

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

MANUAL AGRONÓMICO PARA PRODUCIR CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum
officinarum*)

Prestador de servicio social:

José Manuel Reyes Duran

Matrícula 2163063734

Asesor interno:

Antonio Flores Macías.

Núm. Económico 13174

Asesor externo:

Irving Hernández Gonzáles

Lugar de Realización:

Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco. Universidad
Autónoma Metropolitana Xochimilco.

Fecha de Inicio y Término:

Junio 15 a diciembre 15 de 2021

ÍNDICE

Resumen.....	3
Introducción	3
Marco teórico.....	4
Objetivo general y específicos.....	9
Metodología utilizada	10
Actividades realizadas	10
Objetivos y metas alcanzados	12
Resultados, discusión y conclusiones.....	12
Recomendaciones	14
Literatura citada	15

Resumen

El objetivo del presente trabajo de servicio social fue la elaboración de un manual de producción que proporcione información de manera clara y sencilla sobre el proceso productivo de la caña de azúcar, el cual incluye técnicas agronómicas que se adaptan a productores de pequeña y mediana escala.

El manual se ha realizado mediante una revisión, recopilación y clasificación de información obtenida de fuentes secundarias, tales como reportes técnicos, artículos científicos, revistas especializadas, libros de especialidad y video-documentales que contienen información relevante sobre el manejo agronómico de la caña de azúcar en campo abierto. Debido a la importancia del cultivo, la información relacionada con el manejo debe estar al alcance de todos los sectores productivos.

Introducción

La agricultura es una actividad económica que se encuentra dentro del sector primario, en ella se incluyen todas aquellas actividades humanas que tienden a modificar el entorno que nos rodea con la finalidad de generar una mayor productividad del suelo y obtener alimentos. La adopción de la agricultura ha significado grandes cambios dentro de las sociedades, ya que la mayor disponibilidad de alimentos ha permitido el crecimiento demográfico, la posibilidad de una vida sedentaria, sociedades cada vez más complejas, así como un mayor desarrollo de las actividades comerciales (Raffino, 2020).

Para México, la agricultura es una de las actividades más importantes y prioritarias ya que además de generar una gran cantidad de empleos, también responde a las necesidades alimenticias de millones de personas. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), los sectores agrícola y pecuario son los más dinámicos del país, representando cerca del 10% del PIB nacional. Aproximadamente el 13% del territorio nacional, equivalente a 145 millones de hectáreas, se utiliza como campo agrícola donde se cosechan cerca de 200 productos en diferentes estaciones y temporadas (Seminis, 2018).

México como uno de los principales países productores y exportadores de alimentos en el mundo, cuenta con el potencial productivo, las condiciones agroclimáticas, infraestructura y disponibilidad de mano de obra especializada para adaptarse a la demanda de los mercados nacional e internacional, para posicionar al sector agroalimentario como uno de los principales motores de la economía nacional. En el país se producen cerca de 750 cultivos como papa, cebolla, ajo, pepino, entre otros, de los cuales 38 son considerados cultivos estratégicos del sector agrícola mexicano ya que representan aproximadamente el 75% de la producción agrícola total y tienen un alto impacto económico, social, nutricional; entre estos cultivos se encuentra la caña de azúcar (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2017).

La importancia de la caña de azúcar radica en que es la materia prima de la industria azucarera, con un consumo per cápita promedio al año de 36.7 kg de azúcar. Este cultivo se ha clasificado como cultivo base y uno de los diez más consumidos por las familias mexicanas, cuyo gasto en productos derivados de la caña de azúcar representa el 5% del gasto total de alimentos, bebidas y tabaco (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2018).

Marco teórico

El origen de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se remonta alrededor del año 4,500 a. C. cuando fue transportada por navegantes de su lugar de origen Nueva Guinea a India. Posteriormente fue extendida por China y otras regiones de Oriente, lugar donde se mantuvo durante muchos años hasta la invasión de India por parte de los persas en el año 642 a. C. quienes adoptaron este cultivo nombrándolo la caña que daba miel sin necesidad de abejas. En el siglo VII d. C. el cultivo seguía extendiéndose, pues tras la invasión a Persia, los árabes quedaron fascinados con el dulce de la caña que decidieron llevarla a el norte de África, lugar donde los químicos egipcios comenzaron a perfeccionar el procesamiento y refinación. No fue hasta la edad media que el azúcar llegó a Europa, lugar donde fue ocupada como complemento para un gran número de alimentos, así como pócimas y medicinas. Posteriormente, el cultivo llegó a nuestro continente con el descubrimiento de América, donde se comenzó a

distribuir y producir en la mayoría de las zonas cálidas (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020). La caña de azúcar se introdujo a nuestro país en la época de la conquista, cuando Hernán Cortez trajo este cultivo desde Cuba en 1522, teniendo como primer lugar de plantación el estado de Veracruz. Tiempo después, durante la colonización española, se crearon los primeros ingenios azucareros; principalmente en zonas cálidas de México. El cultivo se adaptó rápidamente a las tierras fértiles que posee el país, extendiéndose a zonas de Michoacán, Jalisco, Puebla y los valles de Cuernavaca y Cuautla (Pérez, 2018).

Debido a su alta productividad, eficiencia en el uso de insumos y recursos productivos, la forma tan accesible con que puede ser procesada de manera local y la gran variedad de productos con valor agregado que se fabrican a partir de este cultivo, es que la caña de azúcar ha generado un enorme valor económico y social. Estas cualidades convierten a la caña de azúcar en un producto de primera necesidad en los más de 130 países donde se cultiva, cuya área de producción supera los 27 millones de hectáreas. Esta superficie representa aproximadamente 1.9% del total cultivado a nivel mundial, donde se producen más de 1800 millones de toneladas de caña de azúcar, siendo este cultivo uno de los que tiene la mayor tasa de biomasa total con un promedio mundial superior a 70 toneladas por hectárea, mismos que pueden aumentar con ayuda del mejoramiento genético y manejo agronómico (Gómez *et al.*, 2017).

La producción de caña de azúcar en México ha sido una actividad de suma importancia dentro del sector agroindustrial desde hace más de 500 años (SIAP, 2020). Actualmente es uno de los cultivos más productivos en el planeta con un gran potencial para la diversificación productiva gracias a las propiedades bioquímicas de la materia prima obtenida de esta planta (Gómez *et al.*, 2017) de la cual se producen variedad de productos como sacarosa, melaza, etanol, energía, así como alimentos procesados como dulces, panes, refrescos, piloncillo. Por ello, el consumo per cápita de azúcar ha ido en aumento desde la década de los 70 llegando hasta el consumo actual de aproximadamente 42 a 52 kilogramos por persona al año (SIAP, 2020). En la actualidad la caña de azúcar representa un motor importante de la economía mexicana, pues se estima que genera un aproximado de 40 a 50 MDP,

440 mil empleos directos y 2.2 millones de empleos indirectos. Se cultivan más de 800 mil hectáreas de caña de azúcar en 267 municipios de 15 entidades federativas, así mismo están en operación 49 ingenios azucareros los cuales se abastecen por más de 170 mil productores agrícolas (SADER, 2021) y en el PIB agrícola representa 13.83 por ciento (Martínez, 2020).

La productividad de este cultivo en México es alta, con rendimientos de campo y fabricación superiores a la media mundial; hoy el país ocupa el sexto lugar como país más productivo a nivel mundial. El estado con el mayor número de superficie cultivada es Veracruz con un 36.7% de total de la producción del país, el segundo puesto lo ocupa Jalisco con 11.4%, en tercer lugar, San Luis Potosí con 10.3% y el 41.6 restante dividido en 12 estados más (SIAP, 2020). Los estados de Veracruz y Jalisco son los más productivos del país, ambos aportan el 50% de la producción azucarera del país (SIAP, 2018).

En el reporte estadístico emitido en octubre de 2021 por el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADUSECA) se reportó una industrialización de 790 mil hectáreas, con una molienda de 51 millones de toneladas de caña bruta, con la cual se obtuvo una producción de azúcar de 5.7 millones de toneladas. El precio de referencia por tonelada de azúcar fue de \$14,804,040. Dicha producción se divide a su vez en azúcar refinada 1,348,267 toneladas, azúcar estándar 3,410,438 toneladas, azúcar blanco especial 182,721 toneladas, azúcar mascabado 35,876 toneladas, azúcar cruda y piloncillo 738,146 toneladas, cubriendo por completo la demanda interna del país (Zafranet, 2021).

En cuanto al mercado internacional, México destina la mayor de las exportaciones a Estados Unidos y Puerto Rico, durante el último trimestre de 2020 y los 3 primeros de 2021 se han exportado 783,50 toneladas a dichos países, 120,939 t a Marruecos, 41,616 t a Canadá, 30,471 t a Rusia, 30,000 t a Republica de Georgia, 13,000 t a Hong Kong, 10,920 t a Camerún, 7,540 t a Benín, 5,645 t a Trinidad y Tobago, 4,550 t a Madagascar, 3,120 t a Colombia, 1000 t a Haití, 1000 t a Jamaica, 780 t a Costa de Marfil y 260 t a Surinam. Teniendo una exportación total de 270,841 t (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar [CONADESUCA], 2021).

La caña de azúcar es una gramínea tropical con tallo macizo que puede alcanzar alturas que varían de dos a cinco metros y diámetros de cinco a seis centímetros, la planta posee forma cilíndrica, alargada y sin ramificaciones, sus hojas tienen forma de lámina y vaina que se envuelven en el tallo y se distribuyen de manera alternada y opuesta que pueden alcanzar de dos a cuatro metros de longitud. La caña está dividida en nudos y entre nudos, en los cuales se almacena el azúcar (SAGARPA, 2017).

De manera silvestre este cultivo se considera semi perenne pero derivado de las mejoras genéticas a las que ha sido sometida para plantaciones comerciales su rango de adaptabilidad a distintos climas es mayor y su ciclo de vida menor pues dependiendo de la variedad este puede tener entre 11 y 24 meses (Zambrano, 2019). La clasificación botánica de la caña de azúcar se muestra a continuación (Instituto de Derecho Ambiental de la Republica Dominicana [IDARD], 2017).

Reino: Plantae

Subreino: Cormobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliatae

Subclase: Commelinidae

Orden: Poale

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andopogoneae

Género: Saccharum

Especie: *S. officinarum* L.

Etapas de crecimiento de la caña de azúcar

Durante su desarrollo, la caña de azúcar atraviesa por cinco etapas: Germinación y emergencia, crecimiento vegetativo, rápido crecimiento y maduración. Dichas etapas tienen requerimientos de nutrición y agua específicos.

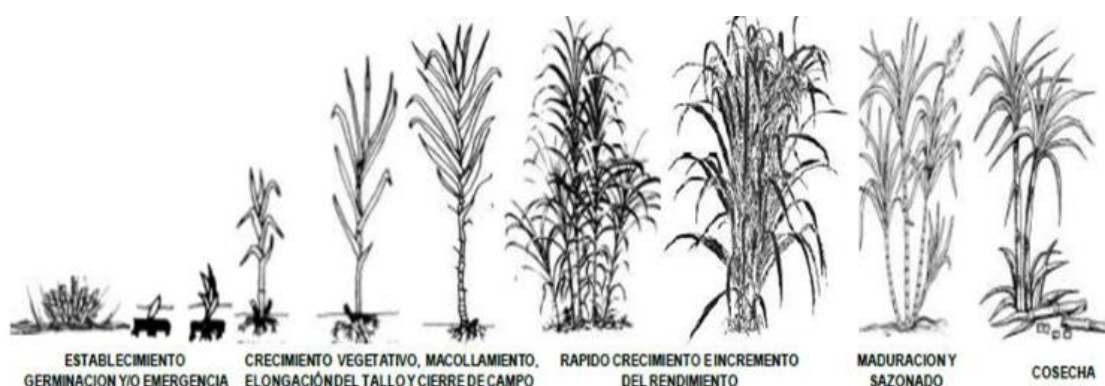


Figura: Etapas de crecimiento de la caña de azúcar. Fuente: CONADESUCA y SAGARPA (2015b)

Fase de establecimiento (30 a 60 días)

Al proceso de crecimiento de las yemas presentes en los esquejes sembrados se le conoce como fase de germinación, que es afectado por el nivel de humedad, temperatura, aireación del suelo, calidad de la semilla y época de siembra (SAGARPA, 2015). En esta etapa la temperatura ideal está entre los 26 a 33°C, pues con temperaturas por debajo de los 20°C este proceso se ralentiza (Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2019).

Fase de crecimiento vegetativo, amacollamiento o ahijamiento (50 a 90 días)

En esta etapa crecen las ramificaciones subterráneas a partir de las articulaciones intermodales del tallo primario, de este modo la planta desarrolla un número de hojas adecuado para su desarrollo. La variedad, radiación solar, temperatura, riego y fertilización influyen en esta etapa, así como la densidad de siembra y nivel de humedad (SAGARPA, 2015). La temperatura ideal para el crecimiento se encuentra entre los 30 a 34°C pues si la temperatura se sitúa por debajo de los 15°C o arriba de 38°C el proceso de crecimiento se paraliza (Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2019)

Fase de crecimiento rápido (180 a 230 días)

En esta etapa ocurre un rápido incremento de la biomasa, elongación y número de tallos por lo que es de suma importancia mantener la humedad del terreno en condiciones óptimas para un buen desarrollo de las raíces que facilitaran la absorción de nutrientes para que los tallos puedan desarrollar un mayor número de hojas y formar de 4 a 5 nudos mensualmente. Los factores que intervienen en esta fase son la radiación solar, temperatura y humedad elevadas.

Fase de maduración (60 a 160 días)

Durante esta etapa se genera un proceso metabólico en el que la planta detiene el crecimiento y empieza a almacenar azúcares desde la base del tallo hasta el ápice. Esta fase debe ser iniciada dos o tres meses antes de la cosecha para cultivos con ciclos de 11 meses y de 12 a 16 meses para aquellos que completan su ciclo entre 18 y 24 meses (SAGARPA, 2015). En esta etapa son deseables temperaturas bajas, pues estas resultan en una reducción del crecimiento y en una mayor producción y almacenamiento de sacarosa (JICA, 2019).

Objetivo general y específicos

Elaborar un manual agronómico para producir caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Los objetivos específicos son:

- Presentar las características principales y requerimientos del cultivo de caña de azúcar
- Resaltar la importancia e influencia del manejo agronómico del cultivo y la relación que tiene con el rendimiento
- Mencionar los nuevos avances y técnicas empleadas actualmente que tienen mejores resultados en la producción de caña de azúcar en busca de generar cosechas de mayor calidad y cantidad

Metodología utilizada

Para la elaboración del manual se realizó una revisión y recopilación de información utilizando fuentes secundarias, sobre el manejo agronómico de caña de azúcar en campo abierto. Las fuentes secundarias empleadas son reportes técnicos, artículos científicos, revistas especializadas, libros de especialidad y video-documentales.

Posteriormente la información recolectada fue clasificada de acuerdo con las etapas de cultivo:

- Material de propagación
- Preparación del terreno
- Nutrición vegetal
- Riego
- Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)
- Cosecha
- Manejo postcosecha

Finalmente, con la información recabada se redactó el manual.

Actividades realizadas

1. Como primer paso se realizó una búsqueda de información en fuentes secundarias las cuales se mencionan en el punto anterior. Esta búsqueda se efectuó de la segunda semana de junio a la tercera semana de agosto según el cronograma de actividades.
2. Toda la información recaba fue sometida a un análisis, tomando como principal criterio descartar aquella que tuviera una antigüedad superior a cinco años a la fecha de su recopilación con la finalidad de que la información contenida en el manual sea reciente. El periodo comprendido para dicha actividad fue de la primera semana de julio a la primera semana de septiembre.

3. Una vez que la información fue recopilada y analizada se procedió a realizar una organización y clasificación de esta con base en los puntos contenidos en el manual; material de propagación, preparación del terreno, establecimiento del cultivo, nutrición vegetal, riego, manejo integrado de plagas y enfermedades, cosecha y manejo postcosecha. Dicha actividad tuvo lugar de la segunda semana de julio a la tercera semana de septiembre.
4. Para esta actividad se tomó la información mas relevante referente a cada punto del manual para su posterior integración a este. Actividad que tuvo lugar de la tercera semana de septiembre a la tercera semana de octubre.
5. Una vez teniendo la información fue recopilada, revisada y clasificada, se procedió con la redacción del manual para la producción de caña de azúcar, así como el reporte final de servicio social. Dicha actividad tuvo lugar de la segunda semana de octubre a la segunda semana de diciembre.

Objetivos y metas alcanzados

Se cubrieron de manera satisfactoria las actividades planteadas en los objetivos y cronograma de actividades correspondientes a la recopilación, revisión, análisis, clasificación y elaboración de un manual de producción en campo y manejo agronómico de la caña de azúcar del presente trabajo.

Resultados, discusión y conclusiones

Derivado de la revisión y recopilación de información proveniente de fuentes secundarias sobre el manejo para la producción de caña de azúcar en campo abierto, se logró elaborar el presente manual agronómico (**Anexo**) en el cual se muestran los factores involucrados durante las distintas etapas de producción de este cultivo, desde la elección del terreno hasta el manejo postcosecha.

Siendo muy numerosos los factores que influyen de manera directa en la producción de caña de azúcar, la interacción, magnitud o intensidad de las variables físicas y económicas propias de cada terreno y zona de siembra son las que tienen un mayor impacto sobre la calidad y cantidad de la cosecha (Pérez, 2018). El factor humano es el que tiene mayor importancia, pues este puede influir de manera benéfica o perjudicial sobre la productividad, calidad y cantidad de producción dependiendo de los recursos, aditamentos y principalmente el manejo agronómico aplicado al cultivo (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b).

Bajo esta premisa el factor humano debe intervenir de manera oportuna para minimizar las pérdidas derivadas de un manejo ineficiente del cultivo, obtener un aumento en los rendimientos de campo, así como una mayor producción de azúcar, aplicando técnicas y manejos agronómicos que han mostrado mejorar la productividad. Estas técnicas incluyen la rotación de cultivos, manejo integrado de plagas y enfermedades, así como la adopción de herramientas biotecnológicas que prometen desarrollar en los próximos años variedades con un deterioro postcosecha lento y alta resistencia a estrés biótico/abiótico (Singh *et al.*, 2019). Dentro del manejo agronómico, el riego y la fertilización toman un papel importante, pues de ser adaptados a las necesidades de cada etapa de desarrollo del cultivo y a los resultados derivados del análisis de suelos se puede

lograr un aumento en la calidad y cantidad de la cosecha (CONADESUCA y SAGARPA, 2015a).

Lo avances en la tecnología actualmente están catalogados como herramientas con el potencial de resolver los principales problemas relacionados con productividad y perdidas en el cultivo de caña de azúcar. En México ante la disminución en el rendimiento de las variedades comerciales más utilizadas durante muchos años, se han desarrollado híbridos con un alto potencial productivo y nivel de sacarosa tales como ATEMEX 99-48, COLMEX 95-27 y ATEMEX 99-1 demostrando un buen potencial para uso comercial (García *et al.*, 2017) Así mismo, en años recientes se han desarrollado estudios sobre micropropagación *in vitro* de las variedades ITV 9214-1424, Laica 82-2220 y Q28-2 a partir de meristemas apicales provenientes de plantas progenitoras con 6 meses de edad, obteniendo buenos resultados de supervivencia de las plantas y presentado este método como una alternativa para las plantaciones futuras de caña de azúcar (Rangel *et al.*, 2016). Por su parte el Centro de Investigación y Desarrollo de Caña de Azúcar (CIDCA), agosto del presente año ha dado a conocer algunos de los avances biotecnológicos relacionados con el cultivo y ha impulsado programas de desarrollo de nuevas variedades híbridas de alta productividad con el objetivo de acercarlas a los productores mexicanos para garantizar un cultivo más productivo, rentable y sustentable (Inforural, 2021) Cabe destacar que estos avances son fruto de muchos años de investigación, pues el proceso para desarrollar una nueva variedad puede tomar hasta 12 años (CONAESUCA y SAGARPA, 2016)

Otra de las tecnologías que están tomando mayor importancia, principalmente en zonas tecnificadas, es la agricultura de precisión, la cual brinda la posibilidad de conocer de manera muy precisa las condiciones de riego, fertilidad, detección de plagas, etc. para implementar las correcciones en el manejo del cultivo y con ello se logre una productividad máxima. En un estudio realizado por Zenteno *et al.* (2017) se demostró que además con estas tecnologías se puede estimar el rendimiento, desarrollo y calidad del cultivo con base en la recolección y análisis de datos, como el índice de vegetación de diferencias normalizadas (NDVI), índice de estrés de humedad (MSI) y evapotranspiración (ETc), obtenidos mediante tecnología satelital (Arkgeek, 2019).

Por otro lado, también se han desarrollado estudios con resultados positivos en la producción de caña de azúcar con la implementación de un manejo orgánico del cultivo, mostrando una buena rentabilidad al compararlo con el manejo convencional (Ibarra *et al.*, 2018). Un ejemplo de esto son los biofertilizantes, los cuales se fabrican a base de microorganismos benéficos, que al ser aplicados al cultivo pueden desarrollar una relación simbiótica, favoreciendo el aumento en el suministro, disponibilidad y acceso a nutrientes (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b) pudiendo obtener rendimientos de hasta 200 toneladas por hectárea en el primer año de aplicación y 150 en el segundo (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar [CONADESUCA], 2020)

La implementación de alternativas orgánicas contribuye a la disminución del uso de agroquímicos, los cuales tienden a ser usados en manera desmedida, provocando problemas de degradación del medio ambiente y daños a la salud. Por esta razón en cualquier sistema productivo se deben adoptar buenas prácticas en el manejo y uso de agroquímicos (SADER, 2019a) para garantizar la producción esperada siendo *amigables* con el medio ambiente, fauna, trabajadores y consumidor final (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar [CENGICAÑA], 2017). Sin embargo, mucha de la información reciente referente al cultivo es de difícil acceso pues se encuentra en otros idiomas por ser generada en otros países, por lo que es poco accesible la información adaptada a las zonas productoras de nuestro país.

Recomendaciones

Es de suma importancia la integración de los contenidos agronómicos generados actualmente por dependencias nacionales tales como CONADESUCA y SAGARPA los cuales pueden ayudar a los productores locales a alcanzar mayores rendimientos en el cultivo en zonas altamente productivas del país.

La información sobre los nuevos avances en la producción de caña de azúcar debe ser accesible y de fácil comprensión para pequeños y medianos productores, ya que actualmente una gran parte de esta se encuentra únicamente en otros idiomas.

Literatura citada

Arcgeek. (2019). *Lista de índices espectrales en Sentinel 2 y Landsat*.

acolita.com. Recuperado 28 de agosto de 2021, de

<https://acolita.com/lista-de-indices-espectrales-en-sentinel-2-y-landsat/>

CENGICAÑA. (2017). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar*.

cengicana.org. Recuperado 16 de octubre de 2021, de

<https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

CONADESUCA y SAGARPA. (2015a). *Ficha técnica del cultivo de la caña de*

azúcar (Saccharum officinarum L.). gov.mx. Recuperado 25 de octubre

de 2021 de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica

[Ca_a_de_Az_car.pdf](#)

CONADESUCA y SAGARPA. (2015b). *Boletín técnico informativo octubre 2015*

“Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes”.

gov.mx. Recuperado 5 de septiembre de 2021, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114366/Boletin_Tecnico

[Informativo_Octubre_2015.pdf](#)

CONADESUCA y SAGARPA. (2016). *Variedades con mejores rendimientos de*

las zonas cañeras en México. gov.mx. Recuperado 25 de noviembre de

2021, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114367/Nota_Informativ

[a_Febrero_2016_Variedades_con_Mejores_Rendimientos_de_las_Zona](#)

[s_Ca_eras_en_M_xico.pdf](#)

CONADESUCA. (2020). *El uso de biofertilizantes a base de bacterias y hongos para elevar la producción de la caña de azúcar (artículo)*. gob.mx. Recuperado 14 de septiembre de 2021, de <https://www.gob.mx/conadesuca/prensa/el-uso-de-biofertilizantes-a-base-de-bacterias-y-hongos-para-elevar-la-produccion-de-la-cana-de-azucar-articulo>

CONADESUCA. (2021). *Reporte de comercio exterior*. gob.mx. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/676332/Reporte comercio exterior al 30septiembre2021.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/676332/Reporte_comercio_exterior_al_30septiembre2021.pdf)

García Preciado, P. C., Álvarez Cilva, M., Cervantes Preciado, J. F., Guzmán Martínez, M. y Bermúdez Guzmán, M. J. (2017). 105. *AGROPRODUCTIVIDAD Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 11, noviembre. 2017. pp: 105–111. Evaluación de variables de calidad en híbridos de saccharum spp. en diferentes ambientes agroecológicos de jalisco, México*. Agroproductividad. Recuperado 4 de octubre de 2021, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwje9p3M7rL0AhWfmWoFHbHXBIQ4ChAWegQICBAB&url=https://www.agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/55/51/86&usq=AOvVaw00brhREs6n5gfRIMly8gRu>

Gómez Merino, F. C., Trejo Téllez, L. I., Salazar Ortiz, J., Pérez Sato, J. A., Santies Herrera, H. E., Bello Bello, J. J. y Aguilar Rivera, N. (2017). *Papel artesanal de paja de caña de azúcar (sacharum officinarum)*. Agro productividad, 10(11), 7–10.

https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AP-10-11-2017_ISSN-e.pdf

Ibarra González, C. V., Mancilla Villa, O. R., Guevara Gutiérrez, R. D., Hernández Vargas, O., Palomera García, C., Can Chulim, A., Huerta Olage, J. J., Ortega Escobar, H. M., Olguín López, J. L. y Paz González, J. (2018). *Rentabilidad de la caña de azúcar con manejo orgánico y convencional*. scielo.cl. Recuperado 1 de noviembre de 2021, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292018000300005&lang=pt

IDARD. (2017). *Caña de Azúcar*. idard.org. Recuperado 18 de julio de 2017, de <https://idard.org.do/catalogo/cana-de-azucar/>

Inforural. (2021). *Impulsa Agricultura variedades mejoradas de caña de azúcar, más productivas y resistentes a plagas*. inforural.com. Recuperado 19 de noviembre de 2021, de <https://www.inforural.com.mx/impulsa-agricultura-variedades-mejoradas-de-cana-de-azucar-mas-productivas-y-resistentes-a-plagas/>

JICA. (2019). *Guía técnica cultivo de caña de azúcar*. jica.go. Recuperado 8 de septiembre de 2021, de https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gk-e-att/gt_01.pdf

Martínez, M. (2020). En el 2020, factores climáticos reducirían en 10% producción de azúcar. *el economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/En-el-2020-factores-climaticos-reducirian-en-10-produccion-de-azucar-20200105-0053.html>

Pérez Villanueva, E. Y. (2018). *Características Generales del Cultivo de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.) en el estado de Morelos*. uaaan.mx. Recuperado 16 de septiembre de 2021, de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45432/K%2065554%20P%C3%A9rez%20Villanueva%2C%20Elver%20Yared.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Raffino, M. E. (2020). *Agricultura*. <https://www.concepto.de/agricultura/>

Rangel Estrada, S. E., Hernández Meneses, E., & Hernández Arenas, M. (2016). *micropropagación de variedades de caña de azúcar cultivadas en México*. redalyc.org. Recuperado 9 de diciembre de 2021, de <https://www.redalyc.org/journal/610/61046936006/html/>

SADER. (2018). *La caña de azúcar y su importancia para la industria azucarera*. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/nayarit/articulos/la-cana-de-azucar-y-su-importancia-para-la-industria-azucarera?idiom=es>

SADER. (2019). *Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo*. gob.mx. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/MANUAL_PAR_A_EL_BUEN_USO_Y_MANEJO_DE_PLAGUICIDAS_EN_CAMPO.pdf

SADER. (2021). *Caña de azúcar un cultivo de importancia para México*. gob.mx. Recuperado 18 de octubre de 2021, de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cana-de-azucar-un-cultivo-de-importancia-para-mexico?idiom=es>

SAGARPA. (2015). *Ficha Técnica del cultivo de Caña de Azúcar*. nutriciondebovinos.com. Recuperado 5 de julio de 2021, de

http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%9ACAR_FICHA_T%C3%89C_NICA.pdf

SAGARPA. (2017). *Planeación agrícola nacional 2017–2030*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeacion_Agricola_Nacional_2017-2030- parte_uno.pdf

SEMINIS. (2018). *El gran potencial de la industria agrícola mexicana*.
Seminis.mx. <https://www.seminis.mx/el-gran-potencial-de-la-industria-agricola-mexicana/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Secretaria,cerca%20del%2010%25%20del%20PIB.>

SIAP. (2018). *La producción de caña de azúcar supera las 55 millones de toneladas en 2018*. gob.mx. Recuperado 15 de julio de 2021, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-produccion-de-cana-de-azucar-supera-las-55-millones-de-toneladas-en-2018>

SIAP. (2020). *Azúcar que endulza mi vida*. SIAPrendes. Recuperado 15 de octubre de 2021, de <http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/3/03-cana-azucar/contexto-3.html>

Singh, P., Singh, S. N., Tiwari, A. K., Kumar Pathak, S., Singh, A. K., Srivastava, S. y Mohan, N. (2019). *Integration of sugarcane production technologies for enhanced cane and sugar productivity targeting to increase farmers' income: strategies and prospects*. springer.com. Recuperado 5 de noviembre de 2021, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-019-1568-0>

Zafranet. (2021). *La importancia de la caña de azúcar en México*. Recuperado 13 de octubre de 2021, de <https://www.zafranet.com/la-importancia-de-la-cana-de-azucar-en-mexico/>

Zambrano, P. (2019). *Caña de Azúcar*. Agrotendencia.tv. Recuperado 7 de julio de 2021, de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Zenteno Cruz, G. A., Palacios Veles, E., Tijerina Chávez, L. y Flores Magdaleno, H. (2017). *Aplicación de tecnologías de percepción remota para la estimación del rendimiento en caña de azúcar*. scielo.org. Recuperado 13 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000701575



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA**
Unidad Xochimilco

División de ciencias
biológicas y de la
salud

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

MANUAL AGRONÓMICO PARA PRODUCIR CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum
officinarum*)

José Manuel Reyes Duran

Asesores

Antonio Flores Macías.

Irving Hernández Gonzáles

Diciembre 15 de 2021

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
MARCO TEÓRICO.....	4
Material de propagación.....	7
Preparación del terreno	11
Establecimiento del cultivo	15
Requerimiento climático.....	22
Nutrición vegetal.....	28
Riego.....	35
Manejo de plagas y enfermedades.....	41
Manejo de plagas	42
Manejo de enfermedades	50
Cosecha	58
Manejo postcosecha.....	64
Consideraciones finales	65
Referencias	68

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad económica que se encuentra dentro del sector primario, en ella se incluyen todas aquellas actividades humanas que tienden a modificar el entorno que nos rodea con la finalidad de generar una mayor productividad del suelo y obtener alimentos. La adopción de la agricultura ha significado grandes cambios dentro de las sociedades, ya que la mayor disponibilidad de alimentos ha permitido el crecimiento demográfico, la posibilidad de una vida sedentaria, sociedades cada vez más complejas, así como un mayor desarrollo de las actividades comerciales (Raffino, 2020).

Para México, la agricultura es una de las actividades más importantes y prioritarias ya que además de generar una gran cantidad de empleos, también responde a las necesidades alimenticias de millones de personas. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), los sectores agrícola y pecuario son los más dinámicos del país, representando cerca del 10% del PIB. La gran biodiversidad de México es la causa de este nivel de productividad, pues aproximadamente 13% del territorio nacional, que equivale a cerca de 145 millones de hectáreas, se utiliza como campo agrícola, cosechando cerca de 200 productos en diferentes estaciones y temporadas (Seminis, 2018).

México, como uno de los principales países productores y exportadores de alimentos en el mundo, cuenta con el potencial productivo, las condiciones agroclimáticas, infraestructura y disponibilidad de mano de obra especializada para adaptarse a la demanda de los mercados nacional e internacional, para posicionar al sector agroalimentario como uno de los principales motores de la economía nacional. En el país se producen cerca de 750 cultivos como papa, cebolla, ajo, pepino, entre otros, de los cuales 38 son considerados cultivos estratégicos del sector agrícola mexicano ya que representan aproximadamente el 75% de la producción agrícola total y tienen un alto impacto económico, social y nutricional; entre estos, cultivos se encuentra la caña de azúcar (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2017).

La importancia de la caña de azúcar radica en que es la materia prima de la industria azucarera, con un consumo per cápita en México con un promedio al año de 36.7 kg de azúcar, por lo que se ha clasificado como cultivo base y uno de los diez más consumidos por las familias mexicanas, cuyo gasto en productos derivados de la caña de azúcar representa el 5% del gasto total de alimentos, bebidas y tabaco (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2018).

JUSTIFICACIÓN

El origen de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se remonta alrededor del año 4,500 a. C. cuando fue transportada por navegantes desde Nueva Guinea, su lugar de origen a India, donde posteriormente se extendió por China y otras regiones de Oriente. Allí, se mantuvo durante muchos años hasta la invasión de India por parte de los persas en el año 642 a. C., quienes adoptaron este cultivo nombrándolo la caña que daba miel sin necesidad de abejas. Ya para el siglo VII d. C. el cultivo seguía extendiéndose, pues tras la invasión a Persia los árabes quedaron fascinados con el dulce de la caña por lo que decidieron llevarla a el norte de África, lugar donde los químicos egipcios comenzaron a perfeccionar el procesamiento y refinación. No fue hasta la edad media que el azúcar llegó a Europa, lugar donde fue ocupada como complemento para un gran número de alimentos, así como pícaras y medicinas. Posteriormente el cultivo llegó a nuestro continente con el descubrimiento de América, donde se comenzó a distribuir y producir en la mayoría de las zonas cálidas (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020). La caña de azúcar se introdujo a nuestro país en la época de la conquista, cuando Hernán Cortés trajo este cultivo desde Cuba en 1522, teniendo como primer lugar de plantación el estado de Veracruz. Tiempo después, durante la colonización española, se crearon los primeros ingenios azucareros principalmente en zonas cálidas de México. El cultivo se adaptó rápidamente a las tierras fértiles que posee el país, extendiéndose a zonas de Michoacán, Jalisco, Puebla y los valles de Cuernavaca y Cuautla (Pérez, 2018).

Debido a su alta productividad, eficiencia de insumos y recursos productivos, así como por la forma tan accesible con que puede ser procesada de manera local y generar gran cantidad de productos con valor agregado, es que la caña de

azúcar ha generado un enorme valor económico y social. Estas cualidades lo convierten en un producto de primera necesidad en los más de 130 países donde se cultiva en todo el mundo, por lo que supera los 27 millones de hectáreas, superficie que representa aproximadamente 1.9% del total cultivado a nivel mundial. Se producen más de 1800 millones de toneladas de caña de azúcar, siendo este cultivo uno con los de mayor tasa de biomasa total con un promedio mundial superior a 70 toneladas por hectárea, mismo que puede aumentar con ayuda del mejoramiento genético y manejo agronómico (Gómez *et al.*, 2017).

La producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en México ha sido una actividad de suma importancia dentro del sector agroindustrial desde hace más de 500 años (SIAP, 2020); actualmente es uno de los cultivos más productivos en el planeta con un gran potencial para la diversificación productiva gracias a las propiedades bioquímicas de la materia prima obtenida de esta planta (Gómez *et al.*, 2017) de la cual se producen variedad de productos como sacarosa, melaza, etanol, energía, así como alimentos procesados como dulces, panes, refrescos, piloncillo, entre otros. Es por ello, que el consumo per cápita de azúcar ha ido en aumento desde la década de los 70 llegando hasta el consumo actual de 42 a 52 kg por persona al año (SIAP, 2020). En la actualidad la caña de azúcar representa un motor importante de la economía mexicana, pues se estima que genera un aproximado de 40 a 50 MDP, 440 mil empleos directos y 2.2 millones de empleos indirectos. Se cultivan más de 800 mil hectáreas de caña de azúcar en 267 municipios de 15 entidades federativas, así mismo están en operación 49 ingenios azucareros los cuales se abastecen con producto de más de 170 mil productores agrícolas (SADER, 2021) y en el PIB agrícola representa 13.83 por ciento (Martínez, 2020).

La productividad de este cultivo en México es alta, con rendimientos de campo y fabricación superiores a la media mundial; hoy ocupa el sexto lugar como país más productivo a nivel mundial. El estado con el mayor número de superficie cultivada es Veracruz con un 36.7% de total de la producción del país, el segundo es Jalisco con 11.4%, en tercer lugar, San Luis potosí con 10.3% y el 41.6 restante dividido en 12 estados más (SIAP, 2020). Los estados de Veracruz y Jalisco son los más productivos del país, ambos aportan el 50% de la producción azucarera del país (SIAP, 2018).

En el reporte estadístico emitido en octubre de 2021 por el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADUSECA) se reporta una industrialización de 790 mil hectáreas, con una molienda de 51 millones de toneladas de caña bruta, con la cual se obtuvo una producción de azúcar de 5.7 millones de toneladas. El precio de referencia calculado con base a la producción estimada para dicho año fue de \$14,804,040 por tonelada de caña de azúcar, siendo este precio uno de los mejores en las últimas 13 zafras (SADER, 2021b). Dicha producción se divide a su vez en: azúcar refinada 1,348,267 t, azúcar estándar 3,410,438 t, azúcar blanca especial 182,721 t, azúcar mascabado 35,876 toneladas, azúcar cruda y piloncillo 738,146 toneladas, cubriendo por completo la demanda interna del país (Zafranet, 2021).

En cuanto al mercado internacional, México destina el mayor volumen de sus exportaciones a Estados Unidos y Puerto Rico; durante el último trimestre de 2020 y los 3 primeros de 2021 se han exportado 783,50 t. a dichos países, 120,939 t a Marruecos, 41,616 t a Canadá, 30,471 t a Rusia, 30,000 t a República de Georgia, 13,000 t a Hong Kong, 10,920 t a Camerún, 7,540 t a Benín, 5,645 t a Trinidad y Tobago, 4,550 a Madagascar t, 3,120 t a Colombia, 1000 t a Haití, 1000 t a Jamaica, 780 t a Costa de Marfil y 260 t a Surinam. Existiendo una exportación total de 270,841 toneladas (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar [CONADESUCA], 2021).

Dada la importancia que tiene este cultivo, la información sobre su manejo debe estar al alcance de todos los sectores productivos, tanto grandes como pequeños productores; por ello, el presente documento tiene como objetivo proporcionar información de manera práctica y sencilla sobre el proceso productivo de la caña de azúcar, con técnicas agronómicas que se adapten a productores de pequeña y mediana escala.

MARCO TEÓRICO

La caña de azúcar es una gramínea tropical de tallo macizo de dos a cinco metros de altura, con cinco a seis centímetros de diámetro, tiene forma cilíndrica, alargada y sin ramificaciones, sus hojas tienen forma de lámina y vaina que se envuelven en el tallo y se distribuyen de manera alternada y opuesta que pueden alcanzar de dos a cuatro metros de longitud. El tallo de la caña está dividido en

nudos y entre nudos, estos últimos se consideran frutos de importancia agrícola ya que allí se almacena el azúcar (Figura 1) (SAGARPA, 2017).

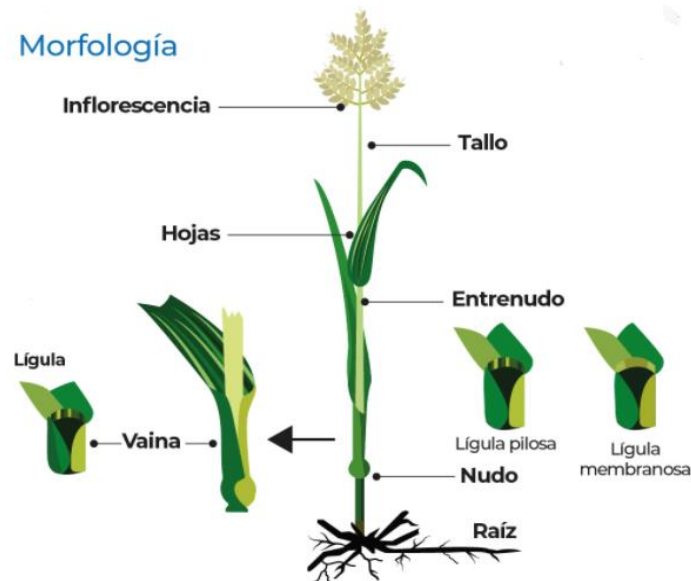


Figura 1: Morfología de la caña de azúcar. Fuente: Agro Krebs (2021).

De manera silvestre, este cultivo se considera semi perenne pero derivado de las mejoras genéticas a las que ha sido sometida para plantaciones comerciales, su rango de adaptabilidad a distintos climas es mayor y su ciclo de vida menor pues dependiendo de la variedad este puede tener entre 11 a 24 meses (Zambrano, 2019). La clasificación botánica de la caña de azúcar se muestra a continuación (IDARD, 2017).

Reino: Plantae

Subreino: Cormobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliatae

Subclase: Commelinidae

Orden: Poale

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andopogoneae

Género: Saccharum

Especie: *S. officinarum* L.

Etapas de crecimiento de la caña de azúcar

Durante su desarrollo, la caña de azúcar atraviesa por cinco etapas (Figura 2): germinación y emergencia, crecimiento vegetativo, rápido crecimiento y maduración. Dichas etapas tienen requerimientos de nutrición y agua específicos.

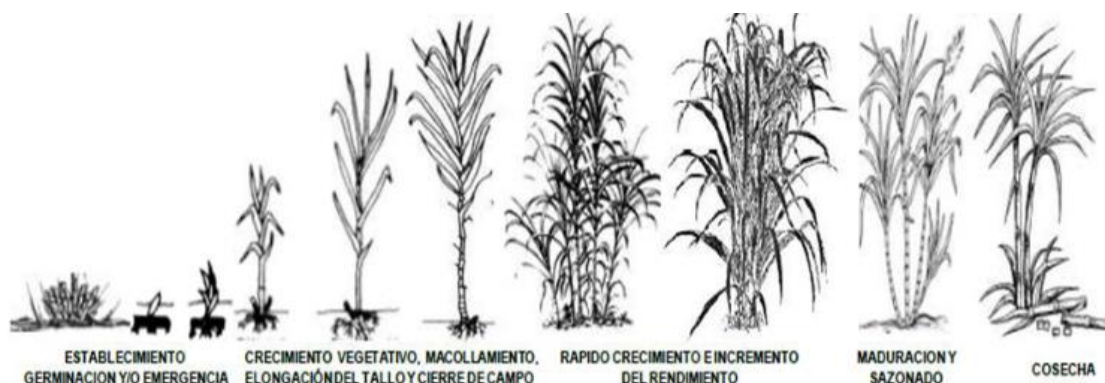


Figura 2: Etapas de crecimiento de la caña de azúcar. Fuente: CONADESUCA y SAGARPA (2015b)

Fase de establecimiento (30 a 60 días)

Al proceso de crecimiento de las yemas presentes en los esquejes sembrados se le conoce como fase de germinación, la que es influenciada por el nivel de humedad, temperatura, aireación del suelo, calidad de la semilla y época de siembra (SAGARPA, 2015a). En esta etapa la temperatura ideal ronda los 26 a 33 °C, pues con temperaturas por debajo de los 20 °C este proceso se ralentiza (Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2019).

Fase de crecimiento vegetativo, amacollamiento o ahijamiento (50 a 90 días)

En esta etapa crecen las ramificaciones subterráneas a partir de las articulaciones intermodales del tallo primario, de este modo la planta desarrolla un número de hojas adecuado para su desarrollo. La variedad, radiación solar, temperatura, riego y fertilización influyen en esta etapa, así como la densidad de siembra y nivel de humedad (SAGARPA, 2015a). La temperatura ideal para el crecimiento se encuentra entre los 30 a 34 °C pues, si la temperatura se sitúa por debajo de los 15°C o arriba de 38°C el proceso de crecimiento se paraliza (JICA, 2019)

Fase de crecimiento rápido (180 a 230 días)

En esta etapa ocurre un rápido incremento de la biomasa, elongación y número de tallos por lo que es de suma importancia mantener la humedad del terreno en condiciones óptimas para un buen desarrollo de las raíces, que facilitarán la absorción de nutrientes para favorecer que los tallos puedan desarrollar un mayor número de hojas y formar de 4 a 5 nudos mensualmente (SADER, 2019b)

Fase de maduración (60 a 160 días)

Durante esta etapa se genera un proceso metabólico en el que la planta detiene el crecimiento y empieza a almacenar azúcares desde la base del tallo hasta el ápice. Esta fase se inicia dos o tres meses antes de la cosecha para cultivos con ciclos de 11 meses y, de 12 a 16 meses, para aquellos que completan su ciclo entre 18 y 24 meses (SAGARPA, 2015a). En esta etapa son deseables temperaturas bajas, pues estas resultan en una reducción del crecimiento y una mayor producción y almacenamiento de sacarosa (JICA, 2019).

Material de propagación

Debido a las características fisiológicas, la planta de caña de azúcar no produce semillas verdaderas en plantaciones comerciales, su propagación se realiza a través de esquejes llamados semilla de origen vegetativo (Ángel, 2016).

Las variedades de caña de azúcar utilizadas de manera comercial son hibridaciones interespecíficas de *Saccharum officinarum*, *Saccharum spontaneum* y *Saccharum robustum* (Zambrano, 2019).

La caña de azúcar es cultivada en la gran variedad de climas y condiciones topográficas que posee la República Mexicana, por lo que existen variedades con características que se adapten a cada región. Los rendimientos de las variedades más utilizadas en México oscilan entre las 72 toneladas de caña por hectárea. La producción porcentual de caña de azúcar en territorio nacional se presenta en varios genotipos: ITV 92-1424 con un 5%, RD-7511 con 4%, Mex 68-P-23 con 4%, Mex 57-473 con 3%, My 55-14 con 2%, Nco 310 con 2%, ATEMEX 96-40 con 1%, SP 70-1284 con 1%, otros con 4%. Son tres las variedades que son utilizadas en mayor medida y ocupan el 74% restante: MEX

79-431 con 9% y un rendimiento de 193 t/ha, MEX 69/-290 con 29% que puede alcanzar las 200 t/ha siempre y cuando el manejo agronómico sea el idóneo, CP 72-2086 que es la más utilizada en México con un 36% y tiene un rendimiento medio de 115 t/ha (CONADESUCA y SAGARPA, 2016a); todas estas variedades con un rendimiento promedio de 112 kg de azúcar/t (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CDRSSA], 2019).

Para obtener material de propagación de buena calidad, este debe ser obtenido de estadios tempranos y de plantaciones de primer ciclo que sean plantados con la única finalidad de producir material propagativo. Los esquejes deben ser sometidos a un tratamiento adecuado para evitar enfermedades propias del sustrato. Regularmente el material propagativo debe ser seleccionado de tallos frescos, tener una longitud aproximada de 60 cm, con tres o cuatro yemas, con una pureza varietal y sanitaria (libres de plagas y enfermedades), además de cualidades como: bajo porcentaje de plantas volcadas, poca o nula floración, resistencia a estrés hídrico y altos rendimientos de corte (Camarena y Romero, 2017).

Semilleros

Para un mayor control sobre la pureza varietal, se puede implementar la utilización de plántulas provenientes de semilleros; al igual que con los esquejes las plántulas deben ser seleccionadas para trasplante solo si se encuentran libres de plagas, enfermedades, un estado nutricional adecuado, tamaño y edad de corte adecuados, así como yemas funcionales. La densidad de siembra para los semilleros debe ser de 80 cm entre plántulas y en variedades con poco macollamiento puede ser de hasta 70 cm (Zambrano, 2019).

Elección de la variedad

Los mejores resultados de producción se logran al considerar los aspectos deseables de la variedad que será sembrada, los que deben ser tomados en cuenta al momento de la elección. Entre ellos están las tasas altas de producción en ton/ha, ser resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades de importancia económica, rendimientos homogéneos en la primera siembra, socas y resocas, buena adaptación a las condiciones climáticas y de suelo de la zona de cultivo, alto porcentaje de producción y contenido de sacarosa en jugo (Centro

Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar [CENGUICAÑA], 2017).

Variedades comerciales cultivadas en México

De acuerdo con las características mencionadas anteriormente se describen a continuación las variedades más utilizadas y recomendadas para ser cultivadas en México (Pérez, 2018):

Mex 68 P23 (Descendiente de Mex 59-89)

Esta planta de maduración media posee un tallo de color verde amarillento al estar cubierto con la vaina, tiene una buena brotación y amacollamiento, se adapta muy bien a zonas de producción temporal con 1200 a 1500 mm de lluvia al año, no desarrolla floración, resiste algunos herbicidas y tiene un contenido de sacarosa del 15%. En condiciones de temporal esta variedad ofrece rendimientos promedio de 100 ton/ha que pueden llegar a las 130 ton/ha en condiciones de riego.

Mex 69-290 (Progenitores: Mex 56-476 x Mex 53-142)

Variedad de maduración media tardía con tallos de color verde cuando están cubiertos por la vaina, pueden alcanzar de 2.5 a 3 metros de altura, poca presencia de tricomas (ahuates) en tallo, bajo amacollamiento con baja o ausente tasa de floración y contenido de sacarosa del 14%. Esta variedad tiene una buena adaptación a la producción con sistema de riego y temporal, tiene un mejor desarrollo en alturas que van desde los 30 a 1200 msnm con precipitaciones anuales arriba de 1500 mm, ofreciendo rendimientos de 160 ton/ha en sistema de riego y 125 ton/ha en temporal.

CP 72-2086 (Progenitores: CP 62-374 X CP 63-588)

Variedad de madurez precoz y floración abundante, con un contenido de sacarosa de 14%, tallos rectos de color verde claro, buena brotación y amacollamiento, así como un rendimiento promedio de 110 t/ha cuando tiene riegos de auxilio. Una desventaja de esta variedad es que al ser retrasada su cosecha después de la floración, la parte superior de la planta toma una consistencia de corcho y oquedad en la base.

ITV 92-1424 (Descendiente de CP 72-2086)

Planta de maduración precoz intermedia, con tallos verdes amarillentos, con escasa presencia de ahuate y floración, adaptable a zonas con altitudes de 60 a 1300 msnm con condiciones de riego o temporal con una precipitación de 1300 mm anuales. En condiciones de riego tiene un potencial de producción de 170 ton/ha y bajo temporal 110 t/ha con un contenido de sacarosa del 16%.

ColMex 94-8 (Progenitores: L57-7 x SP 71-5574)

Variedad introducida recientemente en el país con características adecuadas para una buena producción en campo, posee un ciclo de maduración precoz, un tallo verde amarillento, buena brotación y amacollamiento, con la capacidad de adaptarse en zonas con altitudes de 0 a 1200 msnm con rendimientos promedio de 130 ton/ha en temporal y 160 a 170 t/ha en riego; con un contenido de sacarosa del 15%.

El potencial de producción y adaptabilidad a la diversidad edafoclimática que poseen estas variedades han logrado que México sea reconocido internacionalmente como uno de los principales productores de caña de azúcar en el mundo, dicho reconocimiento se ha alcanzado gracias al potencial de producción que ofrecen las variedades CP 72-2086, ITV 92-1424 y Mex 69-290 las cuales ocupan en conjunto más del 75% de la superficie sembrada (Pérez, 2018).

Cabe resaltar que, a pesar de estar sometidas a las mismas condiciones, no todas las variedades maduran en la misma época; por ello, se han clasificado como variedades de maduración precoz o temprana, media y tardía, dependiendo del tiempo que tardan en alcanzar su etapa de maduración (Vásquez y Rodríguez, 2017). En términos de productividad lo recomendable es utilizar semillas de crecimiento rápido, aproximadamente 12 meses de desarrollo, las cuales serán llevadas a campo para trasplante a los 7 o 9 meses de desarrollo para lograr una producción continua. Para la obtención de semilla debe evitarse el uso de socas, cañas con yemas brotadas y evitar el almacenamiento prolongado de esquejes antes de ser sembrados y tomando en cuenta que para zonas en donde se cultivará caña de azúcar por primera vez, debe realizarse únicamente mediante propagación vegetativa (Vera *et al.*, 2016).

Preparación del terreno

Para el establecimiento de una plantación de caña de azúcar se requiere una buena preparación del terreno, que permita una adecuada germinación de la semilla, la cual consta de varias actividades (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2013).

Antes de utilizar un terreno para la producción de caña de azúcar es necesario tomar en cuenta varios aspectos con la finalidad de tener la mejor producción posible. Se debe realizar un análisis de suelo para conocer sus características fisicoquímicas, de igual modo se deben conocer las características del clima tales como distribución de lluvias, precipitación media, radiación solar, altitud, rango mínimo y máximo de temperaturas de la zona, así como un análisis de agua y si se tiene capacidad suficiente de almacenamiento. Otro aspecto al que se debe tomar importancia es la topografía del lugar, la cual preferentemente debe ser plana para reducir los riesgos de inundaciones (CENGUICANA, 2017)

Una vez contemplados estos aspectos se procede a realizar las adecuaciones necesarias en el terreno para brindar un entorno adecuado de desarrollo al cultivo. La preparación puede ser realizada de manera convencional o con labranza mínima dependiendo de las condiciones geográficas del terreno y variedad a utilizar. También se debe de considerar que el uso de maquinaria pesada al momento de las actividades de preparación tiene influencia directa en la compactación del suelo, la cual puede ocasionar dificultades en el movimiento de aire y agua que su vez originan dificultad en el crecimiento radicular y absorción de nutrientes y agua presentes en el suelo (Instituto de investigaciones de Ingeniería Agrícola [IAGRIC], 2019).

De igual modo, se debe realizar un diseño de campo con la finalidad de facilitar las actividades agrícolas y cosechas. Se recomienda realizar un plan de monitoreo que será útil al momento de hacer correcciones en los aspectos necesarios de la salud del suelo, agua, fertilización, etc. (SAGARPA, 2015b).

La finalidad principal de realizar la preparación del terreno, por lo menos un mes antes de la siembra, es ablandar la capa superficial del suelo, incorporar abonos o mejoradores de suelos, eliminación de semillas de malezas y estadios inactivos de plagas y enfermedades, de este modo se le puede brindar las mejores

condiciones a las plantas para que tengan una buena germinación, producción de biomasa foliar y desarrollo de las raíces (YARA, 2021).

Chapoleo

También conocido como limpieza o descepada. Esta actividad se realiza de manera manual con ayuda de un machete o de manera mecánica con una chapoleadora, con la finalidad de eliminar todas las plantas diferentes al cultivo y restos de cosechas anteriores existentes en el terreno (Pérez, 2018) Generalmente los residuos resultantes tras el chapoleo son amontonados en un sitio designado para ser quemados (Ortiz *et al.*, 2017). Sin embargo, los compuestos que se generan de la quema de estos residuos pueden provocar efectos negativos graves sobre la fauna y medio ambiente. Bajo este escenario una buena gestión y disposición final de los residuos puede contribuir a la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero (SEMANAT, 2015) así como un mejor aprovechamiento de estos, mediante el composteo de los residuos.

Subsoleo

Esta actividad se realiza con la finalidad de revertir la compactación ocasionada por cosechadoras, camiones durante el corte de la caña y actividades humanas como el pastoreo de ganado y labores dentro del terreno (Agropetroleros, 2015) Lo recomendable es realizarlo a profundidades de 50 a 60 m, pudiendo llegar hasta los 70 cm en suelos pesados, con un distanciamiento de cortes de 1.50 m (Pérez, 2018).

En el caso de las cosechas posteriores o “socas” se realiza un segundo subsoleo con la finalidad de deshacer la compactación causada en la cosecha y permitir la aeración del suelo. También se eliminan, generalmente de manera manual con ayuda de un machete, todos los tallos residuales de la cosecha, siempre procurando que el corte sea lo más cercano al suelo posible (CONADESUCA y SAGARPA, 2017).

Primer barbecho

Esta actividad se realiza a la mayor profundidad posible con un arado, ya sea mecánico o de tracción animal, con la finalidad de romper, remover y fragmentar

una capa superficial del suelo (Pérez, 2018), a una profundidad que puede ir de los 20 hasta 40 cm, para arrancar raíces, troncos y plantas residuales de la cosecha anterior. De igual modo se logra exponer a los rayos del sol, agua y aire a raíces, semillas de maleza y microorganismos, larvas y huevecillos de plagas perjudiciales para el cultivo (Zérega, 2017).

Segundo barbecho

Este se realiza de manera perpendicular al primer barbecho, principalmente para triturar terrones grandes e incorporar aire al terreno, regularmente se realiza con arado de discos, de cincel o rastra pesada (CONADESUCA y SAGARPA, 2017). Debe realizarse aproximadamente 30 días después del primer barbecho con la finalidad de mantener a los microorganismos, malezas y larvas de plagas expuestos a una prolongada exposición a los rayos del sol, durante dicho periodo de tiempo

Cuando el terreno es muy duro, tiene relieves irregulares o tallos residuales de cosechas anteriores, es recomendable utilizar un arado de discos o vertedera para voltear el terreno pues las labores realizadas con implementos acoplados a un tractor son más rápidas y eficientes en comparación con las manuales (Zambrano, 2019).

Rastreo de dos pasos

Se realiza para terminar de triturar los terrones de los primeros dos barbechos y así lograr una mejor superficie para la siembra; dependiendo de la textura del suelo esta actividad puede realizarse de dos a tres veces. Es conveniente dejar pasar aproximadamente 10 días después del barbecho antes de realizar el rastreo (INIFAP, 2013).

Nivelación del terreno

Principalmente se deben nivelar los terrenos donde se utilizará un sistema de riego, eliminando así sobresalientes y depresiones que este tenga (CONADESUCA y SAGARPA, 2017), con la finalidad de proporcionarle una pendiente adecuada al terreno (entre 4 y 6%) que permita un buen drenaje para evitar inundaciones o escorrentía durante las temporadas lluviosas (Zambrano, 2019).

Surcado

Después de realizar las labores de arado y rastreo se comienza con el surcado. Lo recomendado es realizarlos a una profundidad de 25 a 30 cm (CONADESUCA y SAGARPA, 2017).

Los surcos deben ser trazados en el mismo sentido de la pendiente del terreno, cuando es muy ligera; esta actividad se realiza con arado de vertedera o bordeadores. En suelos de textura predominantemente arenosa esta labor se facilita, pues no es necesaria la utilización de muchos implementos, con un surcador estándar es suficiente y en zonas donde el uso de controles químicos es muy eficiente es recomendable labranza de conservación o labranza mínima (Zérega, 2017).

El surcado tradicional utilizado en México se realiza con 1.20 a 1.30 m de separación, surcado doble también conocido como piña se realiza haciendo dos surcos de 70 cm y dejando un pasillo intermedio de 1.40 m (Pérez, 2018).

En terrenos con una pendiente pronunciada se debe realizar el surcado de manera perpendicular o siguiendo las curvas de nivel para evitar la erosión y deterioro prematuro del área de cultivo (Marín y Valderruten, 2017).

Limpia de canales

Los canales destinados para drenar el exceso de agua deben tener una profundidad mayor a los surcos de siembra, estos deben ser distribuidos de manera regular alrededor e interior de la parcela (Zambrano, 2019). Esta actividad se hace de manera simultánea al rastreo y surcado para evitar la pérdida de agua por transpiración y facilitar el desplazamiento libre del agua (INIFAP, 2013).

Construcción del sistema de riego

El sistema de riego debe ser seleccionado conforme a los recursos técnicos y económicos disponibles para la producción, se debe capacitar constantemente al personal para optimizar el uso de agua, así como realizar un plan de acciones para la reducción de pérdidas durante la conducción y distribución del agua. Un aspecto importante es que no existe un sistema universal de riego, este debe ser

formulado y adaptado según el lugar donde será implementado (CENGUICAÑA, 2017), ya sea por gravedad, aspersión y goteo.

Establecimiento del cultivo

Se reproduce por trozos de tallo y es recomendable que la siembra se realice de este a oeste para lograr una mayor captación de luz solar. Se sugiere utilizar la parte media del tallo con una edad de seis a nueve meses, preferentemente esquejes con tres yemas, el tapado se puede realizar de tres formas: manualmente, con azadón y mediante tracción animal o mecánica. La profundidad de siembra ideal se encuentra entre 20 a 25 centímetros de profundidad con una distancia entre surcos de 1.30 a 1.50 metros (SAGARPA, 2017).

La densidad y profundidad de siembra van a depender en gran medida de las propiedades del suelo. Es importante tomar en cuenta la época de siembra, pues algunas son más convenientes que otras y tienen un efecto directo en el nivel de producción (JICA, 2019). Existen varias configuraciones para la siembra que varían dependiendo las costumbres locales, por ejemplo: la siembra a “chorrillo”, “cajuela”, “chorrillo doble”, entre otros (Ángel, 2016). Sin embargo, la siembra en hilera simple o doble son más comunes, siendo esta última la mayormente utilizada en las zonas cañeras del país, debido a que proporciona una reducción de costos de siembra y se presta para la rotación con especies que sirven como abono verde y aportan nitrógeno al suelo; al mismo tiempo que rompen el ciclo de plagas, enfermedades y malezas, contribuyendo a un mejor control de estas (Naranjo *et al.*, 2020). Para plantaciones en modalidad de riego y temporal se siembra doble cruzado a 30 cm y para sistemas de riego por goteo doble hilera “tipo piña” a 1.8 o 2 m de separación de centro a centro con 40 a 50 cm entre hileras y 1.3 a 1.4 m de calle (CONADESUCA y SAGARPA, 2017).

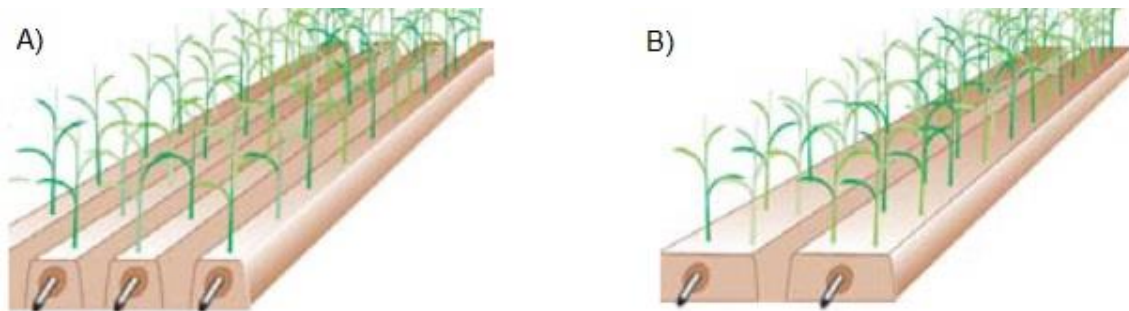


Figura 3: El ancho y distanciamiento entre los surcos dependerán de la fertilidad del suelo, a mayor fertilidad mayor espaciamento. A pesar de la existencia de varios arreglos para la siembra de caña de azúcar, las más utilizadas en el país son A) hilera sencilla y B) hilera doble. Fuente: CONADESUCA y SAGARPA (2017).

La densidad de siembra variara según la longitud y separación de los surcos del arreglo seleccionado, generalmente los arreglos contienen de 9 a 12 yemas por cada metro lineal como se muestra en la Figura 3 y Cuadro 1. Es importante tomar en cuenta la distancia entre surcos puesto que una distancia menor a un metro podría causar problemas de compactación, así mismo una plantación densa dificulta las labores agronómicas y de este modo se genera un incremento en los costos de producción (Pérez, 2018), también se debe considerar que la caña de azúcar al tener una ruta metabólica C4, requiere de radiación directa del sol apropiada, por ello la distancia entre surcos debe permitir una buena exposición a la radiación solar. En zonas donde el nivel de humedad en suelo es alto, se pueden emplear una alta densidad de siembra para lograr una mayor producción de biomasa. Cabe mencionar que, en países con condiciones altamente productivas como India, se han observado grandes rendimientos de hasta 250 t/ha utilizado un método de siembra de 62,000 esquejes con dos brotes a una distancia entre hileras de 1.65 m (CENGICAÑA, 2017).

Cuadro 1: Densidad de siembra en caña de azúcar

Yemas por esqueje	3
Yemas por metro	9 a12
Longitud de surco (m)	100
Distancia entre surcos (m)	1.4
Surcos/ha	72

Fuente: Zambrano (2019).

De manera general, es recomendable que la siembra se realice a una profundidad de 10 a 15 cm, la cual variará según la textura del suelo, pues en suelos livianos se obtienen mejores resultados con profundidades de 20 a 35 cm mientras que en suelos pesados lo ideal es una siembra sea realizada con una

profundidad de 20 a 30 cm para lograr una mayor firmeza de la planta (Zambrano, 2019).

Una vez definida la profundidad, densidad y distanciamiento se deberá proceder a la siembra, la cual será llamada de manera distinta según las cosechas que ya se han realizado, tal como se muestra en el Cuadro 2. Es muy recomendado realizar la siembra de este a oeste para obtener una mayor captación de irradiación solar; en México, se utilizan dos métodos, la siembra manual y la mecanizada, ambas con características que podrían ser favorables o no dependiendo del relieve del terreno, disponibilidad de maquinaria y extensión a sembrar (CONADESUCA y SAGARPA, 2017). Sin embargo, la siembra mecanizada tiene la ventaja de reducir de manera considerable los costos y tiempos de siembra, además de favorecer a un mayor índice de brotación (Pérez, 2018). Usando métodos mecánicos es posible el trasplante de 12,000 plántulas en 8 horas (Zambrano, 2019).

Cuadro 2: Descripción de plantilla, soca y resoca

Plantilla	Es el primer ciclo de cosecha del cultivo
Soca	Es el segundo ciclo de cosecha del cultivo
Resoca	Del tercer ciclo de cosecha en adelante, se le conoce como resoca: resoca 1, resoca 2 así sucesivamente

Fuente: Pérez (2018).

El material propagativo destinado para la siembra debe estar compuesto por esquejes de 7 a 10 meses de edad con un aproximado de tres yemas viables. Se requiere un aproximado de 10 a 12 toneladas de semilla por hectárea y realizar la siembra en los meses de julio a septiembre debido a las altas temperaturas y suficientes lluvias de esta época (Pérez, 2018).

Tapado de semilla

Para evitar la muerte de las yemas causadas por la pérdida de humedad, lograr una mejor germinación, establecimiento y desarrollo de las plantas, se debe realizar el tapado de semilla, cubriéndolas con 5 cm de suelo, inmediatamente después de la siembra ya sea de manera manual, con tracción animal, o mecánica poniendo especial atención en no maltratar o enterrar demasiado los tallos. La profundidad a la que deben quedar las yemas después del tapado es

de 3 a 5 cm para evitar que estas se pudran a causa de la humedad y causen problemas de emergencia y, en caso de ser necesario, se debe realizar un segundo tapado después del primer riego (CONADESUCA y SAGARPA, 2017).

Aporque

Este procedimiento debe realizarse aproximadamente a los 45 días después de la siembra y posteriormente a los 120 días. Dependiendo de los alcances de cada productor, esta labor puede realizarse de manera manual o mecánica con la finalidad de aportar una cantidad pequeña de suelo enriquecido con nutrientes a la base de los tallos, eliminar malezas, mejorar la aireación y desarrollo de raíces, facilitar el drenaje, así como dar apoyo a la planta (Zambrano, 2019).

Malezas

El control de malezas tiene un mayor impacto en los primeros cuatro meses después de la siembra pues en este periodo se genera una mayor competitividad que generan disminuciones considerables en el rendimiento final. Para un mejor control lo ideal es realizar muestreos periódicos con la finalidad de identificar aquellas especies que pueden causar mayores daños económicos y controlarlas de manera correcta y oportuna.

Son muchas las malezas que invaden los cultivos en las zonas productoras del país; sin embargo, se ha observado que las que tienen mayor incidencia y son altamente competitivas con el cultivo son las de hoja ancha y otras pertenecientes a la familia Ciperaceae o Poaceae, como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Las 20 principales malezas que atacan al cultivo en zonas productoras de México

Nombre común	Nombre científico
Hoja ancha	---
Correhuela	<i>Ipomoea Spp.</i>
Quelite O Bledo	<i>Amaranthus Spp.</i>
Amargosa	<i>Ambrosia Artemisiifolia</i>
Flor Amarilla	<i>Melampodium Divaricatum</i>
Verdolaga	<i>Portulaca Oleracea</i>
Escobilla	<i>Sida Acuta</i>
Hierba	<i>Golondrina Euphorbia Spp.</i>
Campanilla	<i>Convolvulus Spp.</i>
Aceitilla	<i>Bidens Pilosa</i>
Gloria De La Mañana	<i>Ipomoea Spp.</i>

Nombre común	Nombre científico
Dormidera	<i>Mimosa Púdica</i>
Hoja angosta	---
Zacate Johnson	<i>Sorghum Halepense</i>
Zacate De Agua	<i>Echinochloa Colona</i>
Zacate Grama	<i>Cynodon Dactylon</i>
Cadillo	<i>Cenchrus Equinatus</i>
Cola De Zorra	<i>Setaria Spp.</i>
Pata De Gallina	<i>Eleusine Indica</i>
Pajilla	<i>Leptochloa Spp.</i>
Fresadilla	<i>Digitaria Sanguinalis</i>
Ciperácea	---
Coquito, coquiyo	<i>Cyperus Rotundus</i>

Fuente: Pérez (2018).

Ciperáceas: plantas que poseen hojas largas con una roseta basal de hojas seguida por un entrenudo muy alargado que posee un penacho e inflorescencias en su ápice. Esta familia botánica tiene como característica tallos macizos de forma triangular.

Poaceae: plantas principalmente de hoja angosta, poseen hojas que se alternan con vainas, nervaduras paralelas, con flores desnuda y adaptadas para polinizarse a través del viento, se reconocen fácilmente por tener un tallo cilíndrico que tiene una apariencia hueca en su etapa de maduras, Estas plantas pueden extenderse fácilmente a través de estolones. Las de hoja ancha incluyen las malezas con tallo foliado de tamaño muy corto con una roseta de hojas en la base, de manera esporádica. también producen un tallo alargado con pocas hojas.

Control de Malezas

Las labores para el control de malezas deben realizarse antes de la siembra y durante el cultivo para proporcionar a las plantas desarrollarse en un entorno limpio evitando así uno de los principales problemas relacionados con la reducción del rendimiento, pues un cultivo con problemas de malezas puede presentar pérdidas que van del 20 hasta el 60% de rendimiento (CONADESUCA y SAGARPA, 2017).

Desyerbe manual

En zonas poco tecnificadas o de producción a baja escala la eliminación de malezas se realiza de manera manual, con labores que se realizan de tres a

cuatro veces a partir de la emergencia de los tallos con repeticiones cada tres o cuatro semanas (Zambrano, 2019).

Además del deshierbe existen otras actividades que ayudan al combate y control de malezas, estas labores además ayudan en gran medida a reducir la erosión y mantener un mayor porcentaje de humedad en el suelo (Earth Observing System, 2021).

Distancia estrecha entre surcos

Dicho control de malezas consiste en reducir el espacio entre surcos. Se puede lograr una disminución de hasta el 50% en la incidencia de malezas realizando la siembra de caña con separaciones de 90 cm a un metro de distancia (Pérez, 2018).

Variedades de caña de azúcar

La utilización de variedades competitivas con malezas puede ayudar a reducir de manera considerable el control ante ellas (Zambrano, 2019).

Cubiertas vegetales

Las más utilizadas son paja y residuos de cosechas anteriores. Se ha demostrado que los residuos de caña tienen propiedades alelopáticas con la capacidad de liberar sustancias que son tóxicas para varias especies de maleza (Terrero *et al.*, 2020).

Rotación de cultivos

Un manejo integrado de malezas incluye la asociación de una leguminosa sembrada de manera sencilla o en surco doble entre los surcos de caña de azúcar; las plantas que son mayormente utilizadas para este fin son maíz, papa, cacahuate y soja que son capaces de suprimir el crecimiento de malezas, también es recomendable realizar barbechos prolongados con la finalidad de exponer las semillas, estolones y tubérculos para que sean desecados por acción de la radiación solar y el viento (Zambrano, 2019).

Pese a que lo ideal es hacer un manejo integrado que incluya actividades como la rotación y utilización de cultivos asociados, tanto en la primera siembra como en las socas también es recomendable hacer un manejo preventivo con la

aplicación de un herbicida en la etapa de preemergencia de las malezas (CONADESUCA y SAGARPA, 2017).

Control químico de malezas

La aplicación de herbicidas va a depender de la disposición de insumos por parte de cada agricultor, lo más recomendable es hacer uso de buenas prácticas en el uso de agroquímicos para minimizar las posibilidades de daños causados a el personal encargado, fauna y cultivos vecinos. En el Cuadro 4 se muestran los herbicidas más utilizados en el país.

Cuadro 4: *Tratamientos químicos contra malezas más utilizados en las zonas cañeras de México*

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis/hectárea	Épocas y forma de aplicación	Tipo de maleza
Gesapax H-375	2,4 + Metrina	4 a 5 L	Postemergencia	Hoja ancha y algunos zacates
Gramopol + gesapax H-375	SMMA + Acido 2,4-D Metrina	1.5 + 3 L	Postemergencia	Hoja ancha y algunos zacates
Sinerge + hierbamina	Clomazone + 2,4-D Amina	3 + 2 L	Preemergencia y postemergencia	Hoja ancha y zacates
Focus + campero	2,4-D + Carfentrazone etil + Ametrina, Diuron y 2,4 D.	1 + 5 L	Preemergencia y postemergencia	Hoja ancha y zacates
Boral + focus	Sulfentrazone + 2,4-D + Carfentrazone etil	4 + 1 L	Postemergencia	Hoja ancha, zacates y Ciperáceas
Gesapax combi	Ametrina + Atrazina	6 a 8 L	Preemergencia	Hoja ancha y zacates

Fuente: Pérez (2018).

Resiembra

Esta actividad se hace con la finalidad de tener un mayor aprovechamiento de las siguientes labores de cosecha, se recomienda efectuarla de 20 a 30 días posteriores a la última cosecha con la finalidad de reponer las cepas muertas a causa de dicha actividad. Se puede llevar a cabo con plántulas de 40 a 50 días de desarrollo provenientes de viveros o de las mismas cepas del cultivo (Pérez, 2018), considerando de suma importancia el tener material vegetativo de respaldo por si se llegan a presentar problemas ajenos al manejo en la brotación (CENGICAÑA, 2017).

Para la resiembra y con la finalidad de garantizar un buen desarrollo de las socas, en lugar de quemar el rastrojo es recomendable dejarlo en el área de cultivo y esparcirlo en las primeras tres semanas posteriores a la cosecha para facilitar el brote de la caña (Dancé y Sáenz, 2016).

Requerimiento climático

La caña de azúcar posee una gran variabilidad y capacidad de adaptación a numerosas condiciones agroecológicas. Condiciones como humedad, temperatura y radiación solar son las que mayor impacto tienen sobre el desarrollo del cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b).

Temperatura

Todo cultivo tiene un rango de temperatura ideal para un buen desarrollo. En el caso de la caña de azúcar, este valor oscila entre los 26 a 33° C el cual varía según la etapa de crecimiento (Zambrano, 2019). Con una temperatura adecuada para la germinación de 30 a 34° C, mientras que para que la planta crezca de manera ideal se necesitan temperaturas con una media diaria entre 22 y 30° C, siendo los 20° C la temperatura mínima que tolera la planta para tener un crecimiento activo y siendo incapaz de soportar temperaturas por debajo de 0 °C. Sin embargo, en la etapa de maduración es deseable tener temperaturas diurnas y nocturnas de 8 a 20° C para lograr una reducción en el crecimiento vegetativo y aumento en la producción de sacarosa con mayor calidad (Vásquez, 2017).

Cuadro 5: *Requerimientos de temperatura en las etapas de crecimiento de la caña de azúcar*

Etapa	Temperatura
Germinación de desarrollo radicular	En esta etapa la temperatura optima se encuentra entre los 26 a 33 °C, si la temperatura desciende por debajo de los 20 °C estos procesos se hacen lentos
Crecimiento	La temperatura optima en esta etapa ronda los 30 a 34 °C, si la temperatura cae por debajo de los 15° C el proceso se paraliza
Maduración	Durante este periodo son deseables relativas bajas temperaturas, las cuales generan una deseable reducción en el crecimiento y el aumento de producción y almacenaje de sacarosa

Fuente: JICA (2019).

La caña de azúcar tiene una mejor adaptación en climas cálidos, teniendo una mayor productividad en zonas tropicales y subtropicales (Vásquez, 2017), cuyo clima se adapta a la demanda de altas temperaturas que requiere el cultivo, las cuales favorecen un mayor desarrollando de tejido vegetativo y desplazamiento de la fotosíntesis a la generación de carbohidratos como celulosa, tejidos de follaje y soporte del tallo (Zambrano, 2019).

Para una mejor maduración de la caña de azúcar son preferibles temperaturas relativamente bajas, en el rango de 12 a 14 °C, ya que ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar de la caña (con 14 % de sacarosa, 14 % de fibra y de 2 % de otros productos solubles). El estrés por temperatura comienza alrededor de los 35 °C, siendo las temperaturas por encima de los 38 °C reducen la tasa de fotosíntesis y aumentan la respiración, así mismo pueden ocasionar la aparición de plagas y enfermedades, disminución del crecimiento y producción de sacarosa por tanto un menor rendimiento de azúcar producida. Este factor es el que más influye en la maduración de la caña de azúcar ya que afecta de manera directa la absorción de agua y nutrientes limitando o acelerando su crecimiento y desarrollo (Vásquez, 2017).

Agua

De manera general el requerimiento de agua de la caña de azúcar está entre los 1,100 y 1,500 mm al año (Pérez, 2018), debido a que las plantas se componen principalmente por agua (75%), 8 a 15% sacarosa y 11 a 16% de fibra (CONADESUCA y SAGARPA, 2017).

Para estimar el consumo de agua de una plantación en específico existen herramientas como el coeficiente de cultivo (K_c), el cual se calcula a partir de los datos meteorológicos de la zona (humedad, temperatura, velocidad del viento, radiación solar) y la evapotranspiración de referencia del cultivo, como se muestra a continuación:

$$ET_c = K_c * ET_r$$

Donde: **ETc** es la evapotranspiración del cultivo expresada en mm, **Kc** es el coeficiente del cultivo y **ETr** es la evapotranspiración (hipotética de un cultivo sin restricciones de agua) expresada en mm.

La ETc obtenida con esta fórmula es la evapotranspiración máxima de un cultivo que se desarrolla en condiciones de nula escasez de agua (Portal frutícola, 2016). Este dato es muy importante para implementar un uso adecuado de los recursos hídricos mejorando así el potencial de producción del cultivo (Hincapié *et al.*, 2017). A continuación, se muestra el coeficiente de cultivo (Cuadro 6) durante las diferentes etapas de desarrollo y en la figura 3 la curva de requerimiento de agua de la caña de azúcar.

Cuadro 6: Kc para diferentes etapas de caña de azúcar

Etapa	Días	Kc
Hasta 25% de cobertura	30 a 60	0.4
De 25 a 75% de cobertura	30 a 40	1.0
De 75 a 100% de cobertura	15 a 25	1.25
Uso pico	180 a 330	1.3
Senescencia temprana	30 a 150	0.8 a 1.5
Maduración	30 a 60	0.6 a 0.7

Fuente: (Sela, 2020)

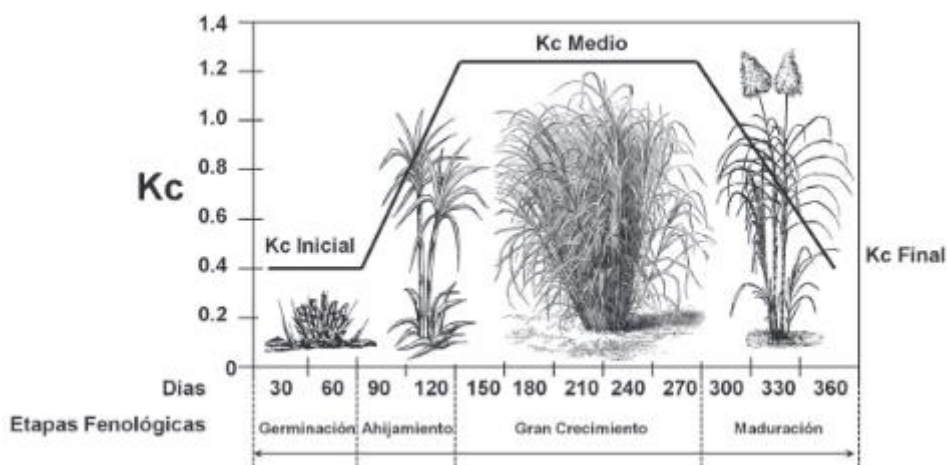


Figura 4: Curva generalizada de requerimiento de agua. Fuente: Aguilera *et al.* (2015).

Este requerimiento varía durante las distintas etapas del desarrollo vegetativo de la planta. El desarrollo radical solo ocurre con condiciones de buena humedad en suelo, de lo contrario las raíces jóvenes mueren; de igual modo, durante la etapa de crecimiento se necesita una gran cantidad de agua pues el déficit hídrico ocasiona un bajo desarrollo de biomasa afectando de manera directa a la producción. Por el contrario, durante el proceso de maduración las

necesidades hídricas del cultivo son más bajas pues el almacenamiento de sacarosa en el tallo tiene lugar cuando se detiene el crecimiento (Salgado *et al.*, 2017).

Suelo

Las condiciones de suelo, como la capacidad de almacenamiento de agua, susceptibilidad a la erosión, ambiente químico (capacidad de intercambio catiónico, acidez, alcalinidad) y clima: distribución, intensidad y frecuencia de la lluvia, temperaturas extremas y vientos pueden repercutir sobre la calidad y cantidad de cualquier producto a cosechar (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b).

El cultivo se adapta de manera óptima a suelos con texturas franco-arenosarcillosos, los cuales presentan una mejor respuesta al riego, debido a su baja capacidad de retención de humedad (CENGICAÑA, 2017), además de presentar buena aireación y una mayor facilidad para las labores de preparación del terreno. Por el contrario, en zonas donde predominan los suelos pesados o existe cierto grado de compactación se generan problemas para que las raíces tengan una buena penetración en el suelo, causando dificultades para la absorción de nutrientes y agua (Zérega, 2017).

Suelos con suficiente cantidad de nutrientes minerales Ca, N, P, K y materia orgánica, pH de 5.0 a 8.5 con una profundidad de 90 a 90 cm, son los que proporcionan las mejores condiciones de desarrollo del cultivo; sin embargo, el rendimiento puede verse afectado debido a la salinidad como se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7: *Rendimiento relacionado con salinidad*

Nivel de salinidad	Disminución de la cosecha
Hasta 1.7	0%
3.3	10%
6.0	25%

Fuente: Pérez (2018).

La salinidad está estrechamente relacionada con zonas áridas y semiáridas, causando un lento desarrollo del cultivo por la reducción de la cantidad de agua que puede ser absorbida mediante las raíces de la planta. En ocasiones, estas sales pueden ser parcialmente removidas con el agua de riego, llevándolas a la

zona debajo de las raíces; sin embargo, en casos severos es necesaria la aplicación de yeso o azufre (Pérez, 2018). En suelos con problemas de pH menor a 5.0, se puede realizar un encalado (aplicación de cal). La cal agrícola es una de las técnicas más utilizadas para balancear el pH del suelo; además esta actividad aporta nutrientes al cultivo, estimula la actividad microbiana, reduce la toxicidad que pueden causar algunos metales como el aluminio presente en el suelo y puede reducir el ataque de algunas plagas (Rasche *et al.*, 2016).

Debido a que la caña de azúcar es un cultivo semi perene con una producción que puede extenderse a varios años, es necesario mantener las condiciones del suelo en buen estado, agregando continuamente materia orgánica o abonos verdes, mantener una cantidad adecuada de nutrientes de origen químico, la cual se determina a través del análisis inicial de suelos que debe realizarse antes de considerar un terreno para la producción de este cultivo (Pérez, 2018).

El cultivo tiene mayor éxito en la mayoría de los suelos que contienen materia orgánica y presentan un buen drenaje, tanto externo como interno y cuyo pH oscile entre 5.5 a 7.8 para su óptimo desarrollo. Se reportan buenos resultados de rendimiento y de cantidad de azúcar en suelos de textura franco-limosa y franco-arenosa (SAGARPA, 2017).

Humedad

El crecimiento de la caña puede reducir drásticamente hasta llegar al punto de marchitamiento si el nivel de humedad en el suelo es bajo, de este modo la demanda de azúcares disminuye y estos se almacenan en los tallos. Si después de este periodo se presentan lluvias extraordinarias o riego la calidad del jugo se deteriora; por otro lado, si se presentan lluvias intensas durante el periodo de maduración de igual modo se produce una pobre calidad del jugo, hay mayor crecimiento vegetativo y por consiguiente se dificultan las actividades de cosecha y transporte. Para un crecimiento vegetativo acelerado son necesarias tasas de humedad relativa de 80 a 85%, mientras que para una mejor maduración son necesarios valores de 45 a 65% (Zambrano, 2017).

Luminosidad

Este cultivo se desarrolla mejor en zonas con buena radiación solar, teniendo un buen desarrollo con 6 a 9 horas de exposición que favorecen una mejor fotosíntesis, logrando de este modo una mayor tasa de ahijamiento, así como mayor producción y almacenamiento de azúcar. El crecimiento del tallo es mayor cuando la luz diurna se extiende de 10 a 14 horas y se reduce con días cortos y nublados. Las hojas superiores son las encargadas de captar más del 70% de la luz solar: por ello, es importante tener una buena densidad de siembra que permita la captación de luz necesaria para un buen desarrollo y producción de azúcares. Variedades con un ciclo de desarrollo corto se desarrollan mejor con densidades de siembra altas, ya que de este modo se intercepta una mayor cantidad de radiación solar obteniendo así los mejores rendimientos (JICA, 2019).

Un aspecto para considerar en la producción de la caña de azúcar es la floración, debido a que causa un deterioro de la sacarosa contenida en el tallo, la floración es controlada principalmente por el tiempo de exposición a la radiación solar, al suministro de agua y nitrógeno, de manera general se evita la floración principalmente con el uso de variedades que no presentan este rasgo (Pérez, 2018).

Se ha estimado que en promedio durante un ciclo de cultivo de 12 meses una plantación puede interceptar hasta 6,350 Mj/m², energía que es de suma importancia durante la fase formativa y de gran crecimiento para logran una mayor producción de materia seca (Vásquez, 2017).

Piso altitudinal

La caña de azúcar puede adaptarse a alturas de hasta 200 msnm; sin embargo, en estas condiciones se obtiene una baja producción. Los mejores rendimientos se obtienen en zonas con alturas de 400 a 1300 msnm (Zambrano, 2019).

La temperatura, la luminosidad y la humedad son los principales factores del clima que controlan el desarrollo de la caña de azúcar (Hernández *et al.*, 2017), esta planta se desarrolla mejor en lugares calientes y soleados, es indispensable también proporcionar una adecuada cantidad de agua durante su crecimiento.

Nutrición vegetal

Uno de los aspectos de mayor relevancia en el manejo agronómico de la caña de azúcar es la fertilización, para un crecimiento óptimo se le deben proporcionar los nutrientes necesarios en cantidades adecuadas, pero sobre todo equilibradas de acuerdo con la etapa fenológica de la planta. El cultivo es un gran consumidor de fertilizantes, principalmente nitrogenados, y responde muy bien a ellos si son aplicados de manera correcta logrando así altos rendimientos. Los fertilizantes nitrogenados tienen la ventaja de ser ampliamente disponibles en el mercado, además del efecto inmediato que tienen sobre el cultivo (CONADESUCA y SAGARPA, 2015a). La razón principal de una buena nutrición vegetal es mantener la superficie foliar durante un largo periodo de tiempo, de este modo se maximiza la longitud de la caña y entrenudos logrando así un mejor y mayor rendimiento. Con base a lo mencionado por (Yara, 2021).

Al tener un ciclo de cultivo largo y una gran capacidad de producción de biomasa, el cultivo de caña de azúcar es capaz de extraer del suelo hasta 1500 kg de nutrientes por hectárea al año como se muestra en el Cuadro 8 (Zambrano, 2019). Por esta razón, y como se mencionó anteriormente, resulta muy útil la realización de un análisis de suelo y agua antes del establecimiento del cultivo, ya que estos resultan ser herramientas muy fiables al momento de crear un programa de fertilización adecuado que sea capaz de brindar los nutrientes que el suelo no puede proporcionar garantizando así la sostenibilidad del sistema.

Cuadro 8: *Cantidad de nutrientes extraídos del suelo por la caña de azúcar*

Nutriente	Potasio	silicio	nitrógeno	Fosforo	Calcio	Azufre	Magnesio
Kg/ha/año	300-350	200-300	130-200	80-100	55-60	20-30	35-45

Fuente: SAGARPA y CONADESUCA (2015a).

Para elaborar dicho plan, además de la fertilidad del suelo, se deben tomar en cuenta factores tales como el nivel de producción y requerimientos de la variedad a sembrar, número de cosechas, drenaje del terreno y control de malezas. De no ser posible la realización de estudios preliminares, los agricultores se pueden apoyar en programas generales, como se muestran en el Cuadro 9, el cual contiene dosis generales de fertilización recomendadas para el cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 9: *Dosis generales recomendadas para cultivo de caña de azúcar en modalidad de riego, temporal y socas*

Dosis N-P-K	Riego
20-10-10	Estas fórmulas se aplican durante la primera labor de deshierbe
16-16-16	Durante el segundo deshierbe se recomienda complementar la fertilización con la aplicación de 46-00-00 o sulfato de amonio
20-10-10	Temporal
18-11-18	Se debe aplicar la mitad de la dosis al momento de la siembra, el resto se aplica después de la primera cosecha
17-17-17	El fertilizante debe aplicarse al fondo del surco
18-06-20	El fertilizante debe ser aplicado solo cuando haya suficiente humedad en el suelo
	Socas
18-46-00	La fertilización debe realizarse al momento cuando inicie el rebrote

Fuente: CONADESUCA y SAGARPA (2017).

Nitrógeno

Este elemento es indispensable si se busca lograr grandes rendimientos pues aumenta el área foliar, logrando así una mejor fotosíntesis y por tanto mayor producción de azúcares, de igual modo la caña de azúcar requiere grandes cantidades de nitrógeno que le permitirá desarrollar una gran cantidad de materia seca. Mediante un experimento realizado por (Yara, 2021) en el cual se realizaron 70 ensayos con distintas concentraciones de nitrógeno se observó que se obtienen los mejores resultados al aplicar 80 kg/ha, logrando una producción promedio de 109 t/ha en caña plantada y 112 t/ha en caña de soca, cabe resaltar que si esta dosis aumenta el rendimiento comienza a disminuir.

Forma de aplicación

Para la primera siembra se recomienda realizar la aplicación de nitrógeno de 45 a 60 días después, ya que este es el momento en que el sistema radicular comienza la absorción y aprovechamiento de los fertilizantes, mientras que para el manejo de socas lo recomendable es aplicarlo en banda e integrarlo a los lados del surco de 30 a 45 días después del corte (CENGUICAÑA, 2017).

En tierras ubicadas a pie de montaña o con textura franco-arenosa, en suelos gruesos o arenosos se logran mejores resultados dividiendo la aplicación de nitrógeno en dos dosis para tener una menor tasa de pérdida causada por lixiviación. De ser posible y para evitar aplicaciones poco eficientes y costosas

se recomiendan fertilizaciones mecanizadas tempranas en lugar de esperar la regularización de las lluvias (Pérez, 2018).

Una de las maneras más utilizadas para aportar nitrógeno en cultivos anuales es la aplicación de urea a una profundidad de 10 o 15 cm, aplicada en los primeros tres meses después de la siembra, pues en esta etapa la planta puede absorber más nitrógeno del necesario, almacenándolo para la fase de gran crecimiento la cual requiere una gran cantidad de este elemento (Morales *et al.*, 2021). Es recomendable aplicar la urea en seco, de este modo permanecerá almacenada en el suelo y comenzará a estar disponible para las raíces con las primeras lluvias.

Cabe destacar que muchos productores del país actualmente presentan problemas de rentabilidad de su sistema generados por los incrementos en los costos que ha tenido este fertilizante en el presente año (InfoAgrónomo, 2021).

Fósforo

Este nutriente favorece principalmente al desarrollo de cañas fuertes con mayor área radicular, mayor macollaje, desarrollo temprano de brotes y mayor extensión de los entrenudos. Yara (2021) demostro que se puede obtener una producción de 160 t/ha con la aplicación de 100 kg/ha de óxido de fosforo (P_2O_5).

En zonas con suelos de origen calcáreo se presenta un bajo nivel de fijación de fosforo, por lo que este nutriente deberá ser aplicado todos los años, enfatizando el monitoreo del contenido de fósforo en el suelo de manera regular para asegurar la aplicación antes de llegar a niveles deficientes (Yáñez, 2019). Las recomendaciones de P deben basarse en los contenidos presentes en el suelo según análisis de suelos y, dependiendo del tipo de suelos, se ajustan las dosis de aplicación (Cuadro 10).

Cuadro 10: *Aplicación de fósforo recomendada según el contenido presente en suelo*

P en suelo	Primera siembra	Socas
Muy bajo (< 5 ppm)	80	40
Bajo (5 - 10 ppm)	60	25
Medio (10.1 – 30 ppm)	40	0
Alto (>30 ppm)	25	0

Fuente: CENGICAÑA (2017).

Al momento de la primera siembra se debe aplicar el 100% de la dosis de fosforo al fondo de los surcos. En el caso de las socas debe aplicarse junto con el nitrógeno en la forma y fecha indicada para la fertilización nitrogenada.

Potasio

Este nutriente ayuda a la actividad fotosintética, favoreciendo el crecimiento de la planta, promueve el desarrollo de tallos más fuertes evitando así el acamado, reduciendo así las pérdidas. Es importante equilibrar la aplicación de potasio con nitrógeno para asegurar una producción con cañas de entrenudos más extendidos, mayor circunferencia y mayores rendimientos. Se realizó un estudio aplicando dos tratamientos, uno que consistía únicamente en la aplicación de 80 kg/ha de potasio y por otro lado una preparación de potasio y nitrógeno, obteniendo un rendimiento de 50 t/ha con el primer tratamiento a diferencia de 64 t/ha que se obtuvieron al agregar 150 kg/ha de nitrógeno (Yara, 2021).

Las dosis de potasio se basan en el contenido intercambiable y nivel de arcilla contenidos en el suelo. Suelos con altos contenidos de arcilla tienen una mayor capacidad de fijar potasio en sus láminas internas. Las dosis recomendadas se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 11: Dosis recomendada de k dependiendo del nivel de arcilla contenida en el suelo

Contenido <30% de arcilla en suelo		Contenido >30% de arcilla en suelo	
K intercambiable en suelo (ppm)	Dosis/ha	K intercambiable en suelo (ppm)	Dosis/ha
< 100	60	< 100	80
100 a 150	40	100 a 300	40
>150	0	>300	0

Fuente: CENGICAÑA (2017).

Azufre, calcio y magnesio

La aplicación de azufre es adecuada en situaciones cuando el nivel de materia orgánica es bajo, la zona de cultivo tiene lluvias recurrentes y los suelos son de textura liviana. De manera general, se pueden tratar deficiencias de azufre con la aplicación de 40 kg/ha (CENGICAÑA, 2017).

Un buen suministro de calcio ayuda a mantener la estructura, sanidad y resistencia de la planta, logrando así una menor formación de grietas en el tallo y hojas, con lo cual se reduce el ingreso de enfermedades, pues el calcio mejora

la estabilidad fisiológica del tejido vegetal, formando paredes celulares fuertes y manteniendo la integridad de las membranas celulares (Yara, 2021).

Los bajos niveles de magnesio resultan en un pobre crecimiento de la caña pues este se ve involucrado con la transpiración de la planta y a diferencia de otros nutrientes como el calcio, el magnesio puede ser traslocado desde hojas maduras a crecimiento nuevo y activo. En un estudio realizado por Hong Lifang *et al.* (2001) se realizaron tres ensayos con dos tratamientos; para el primero se utilizó la fertilización habitual obteniendo un rendimiento promedio de 112.3 t/ha de caña y 16.36 t/ha de azúcar en comparación con el segundo tratamiento que incluía magnesio, con el cual se aumentó el rendimiento a 126.66 t/ha de caña y 18.57 t/ha de azúcar (Yara, 2021)

Los suelos con pH ácido están relacionados con deficiencias de calcio y magnesio, en caso de la detección de esta deficiencia en el suelo de siembra se deberá aplicar el tratamiento correctivo durante la preparación del terreno antes de la siembra (Yáñez, 2019).

Micronutrientes

Estos tienen un papel importante en el incremento del rendimiento, sin embargo, deben aplicarse en niveles bajos para satisfacer las necesidades nutrimentales en la etapa de desarrollo temprano para impulsar la producción (Yara, 2021). Además, intervienen en los procesos enzimáticos, de oxidación-reducción, síntesis de clorofila y transporte de azúcares y pueden conferirles a las plantas resistencia al estrés biótico y abiótico. Además de los estudios de suelo, una herramienta de gran utilidad son los análisis foliares, estos pueden ser complementos ideales para conocer la disponibilidad de nutrientes en el suelo y el estado nutricional del cultivo (CONADESUCA y SAGARPA, 2015c). Se ha observado que el cultivo de caña de azúcar tiene una respuesta positiva al boro, pues con aplicaciones foliares en la etapa de crecimiento se puede obtener un mayor número de kilogramos de azúcar producidos por hectárea.

En México, la fertilización tradicional utilizada para el cultivo de caña de azúcar son 1.5 toneladas de la fórmula cañera 180-45-30, aunque existen otras dosis que ofrecen rendimientos de hasta 124 ton/ha como se muestra en el Cuadro 12. Se recomienda realizar nuevamente estudios de suelos en cultivos de 3 a 4

años de antigüedad y si las condiciones lo permiten después de la cosecha y si los recursos de la zona limitan la realización de estos, se pueden utilizar como referencia los datos del Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI) para conocer de manera aproximada los requerimientos y absorción de nutrientes de la caña de azúcar y así realizar un plan de nutrición adecuado a cada cultivo (Pérez, 2018).

Cuadro 12: *Absorción aproximada en kilogramos por hectárea de N, P, K, Mg y S para el cultivo de caña de azúcar*

Nitrógeno (kg/ha)	P₂O₅ (kg/ha)	K₂O (kg/ha)	Mg (kg/ha)	S (kg/ha)
235	112	370	31	28

Fuente: Pérez (2018).

La aplicación de fertilizantes debe realizarse en dos etapas, la básica y la de cobertura. La básica es aplicada con una mezcla de suelo en el fondo del surco antes de la siembra y la de cobertura a 5 o 10 cm del surco y posteriormente es cubierta con sustrato, debe aplicarse en el cuarto o quinto mes después de la plantación, evitando el atraso ya que esto podría causar problemas en la etapa de maduración (CONADESUCA y SAGARPA, 2015a).

Fertilizantes complementarios

Como se mencionó anteriormente los requerimientos nutricionales puede complementarse con fuentes más accesibles y amigables con el medio ambiente, tales como los abonos verdes y orgánicos. Los cuales además ayudan a mejorar las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, facilitando la disposición de nutrientes para el cultivo y de manera general mejorando la salud del suelo (CONADESUCA y SAGARPA, 2015c).

Como subproducto de la agroindustria alcoholera y azucarera, se generan grandes cantidades de residuos orgánicos, tales como cachaza, ceniza y vinaza, los cuales tienen un valor agronómico y económico para el cultivo de caña de azúcar (CENGICAÑA. 2017).

Cachaza

Este residuo tiene un alto contenido de carbono orgánico, fósforo, calcio y nitrógeno (Cuadro 13).

Cuadro 13: *Composición de la cachaza representada en porcentaje*

Elemento	Porcentaje (%)
Agua	75
pH	5.8
Nitrógeno	1.2
Oxido de fosforo (P_2O_5)	2.2
Oxido de potasio (K_2O)	0.6
Oxido de calcio (CaO)	1.0
Oxido de magnesio (MgO)	0.6
Carbono	40
Relación Carbono/Nitrógeno	33

Fuente: CENGICAÑA (2017).

Cada tonelada de cachaza en estado fresco aporta 3 kg de nitrógeno, 5.5 kg de P_2O_5 y 1.5 kg de K_2O . De dicha cantidad se encuentran disponibles para la planta de 0.6 a 1.5 kg de nitrógeno, 3.3 kg de P_2O_5 y 0.9kg K_2O por cada tonelada de cachaza.

De manera general la cachaza en estado fresco puede ser una alternativa para complementar la fertilización en zonas donde las fábricas se encuentran cercanas al área de cultivo. Otra manera de aplicación es secar o compostear la cachaza, de este modo se reducen las concentraciones de nitrógeno en base seca y se aumentan las concentraciones de fosforo y potasio. A su vez se disminuye la relación C/N del material, logrando una liberación más rápida de los nutrientes y pudiéndola aplicar al momento de la siembra sin necesidad de hacer una compensación de nitrógeno mineral.

Sin embargo, la aplicación necesaria puede alcanzar hasta 300 ton/ha, lo cual supone altos costos para su transporte y aplicación, por lo que se ha dificultado la implementación de esta práctica entre los productores cañeros (Mercado Azúcar, 2020).

Vinaza

Este residuo liquido derivado de la destilación del alcohol tiene concentraciones abundantes de potasio, materia orgánica y minerales, su aplicación en el suelo logra incrementos en la producción de caña de azúcar, pues provee las necesidades de potasio para el cultivo y parte de las necesidades de nitrógeno, aumentando la capacidad de intercambio catiónico y contenido de materia orgánica. Pese a dichas ventajas, se debe tener cierto cuidado con la aplicación de vinaza pues un exceso de estas podría causar desequilibrios en el suelo,

retrasos en la maduración, así como problemas en la cristalización del azúcar en fabrica.

Las concentraciones medias de potasio en la vinaza son de 50 a 70 kg de K_2O/m^3 , pudiendo reducir la fertilización nitrogenada de un 25 a 50% con la aplicación de 30 a 60 m^3 de vinaza diluida en fertirriego.

Para una aplicación apropiada y cálculo de la dosis a aplicar se debe conocer la concentración de potasio en el suelo, la capacidad de intercambio catiónico, el potasio extraído por el cultivo y la concentración del mismo contenido en la vinaza, para evitar problemas de fertilidad. En países como Guatemala se han observado incrementos de hasta 11 ton/ha mas de producción al año con la aplicación de 60 m^3/ha de vinaza diluida (Pérez, 2018).

Para obtener los mejores resultados en rendimiento de campo es de suma importancia crear un plan de fertilización que fraccione la aplicación del fertilizante al suelo de acuerdo con las necesidades nutrimentales que se presenten durante el desarrollo de la plantación y para cada nutriente. De acuerdo con estudios realizados se recomienda adaptar los planes y fórmulas de fertilización para cada zona (INIFAP, 2013).

Riego

Una limitante que se ha presentado para la agricultura en general es la escasez de agua (SAGARPA y FAO, 2019) pues para esta actividad se destina aproximadamente el 70% del total de agua disponible (NETAFIM, 2021a). Esta problemática se ha agravado en países como Colombia, Brasil y México pues mayormente utilizan sistema de riego tradicionales, tal es el caso de México donde el 85% de la superficie total de producción de caña de azúcar es implementada con riego por gravedad. El sistema de riego por goteo es uno de los más antiguos y a pesar de no utilizar energía adicional para su implementación requiere un gran volumen de agua (CENICAÑA, 2015b).

Buenas prácticas de riego pueden garantizar la sostenibilidad del uso de agua destinada para la agricultura por ello es necesario conocer las necesidades hídricas de la caña de azúcar a lo largo de su desarrollo (CONADESUCA y SAGARPA, 2017). Además de un buen programa de riego, la experiencia de

cada productor juega un papel importante al momento de la selección y aplicación de las estrategias y técnicas de utilización de agua (Pérez, 2018).

Como se ha mencionado a lo largo del texto tanto en la fertilización como en el riego, son indispensables la realización de un análisis antes de establecer el cultivo. Este análisis permite el conocimiento de factores como la cantidad de oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, pH, fosfato, nitrito, nitrato, amoníaco, sulfato, coliformes totales y E. coli (CENGICAÑA, 2017), parámetros que son importantes al momento de decidir la lámina de riego y su frecuencia.

Los principales métodos de riego para la caña de azúcar son: por surcos, aspersión y goteo, este último comenzó a implementarse en los años 70 y desde entonces es el que contribuye a la obtención de mejores rendimientos, con una efectividad del 90 al 95% puede alcanzar de 100 a 160 t/ha (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b). En el caso de México el 85% de la superficie cultivada es regada por sistema de riego por gravedad (CONADESUCA y SAGARPA, 2016b). Lo cual causa problemas en la eficiencia del uso de agua pues para obtener una tonelada de azúcar refinada se necesitan 1,500 m³ de agua y el cultivo en el país consume alrededor de 220 mil millones de metros cúbicos al año, lo que equivale al 3.4% del consumo mundial de agua para la producción agrícola (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2017) y en la elaboración de azúcar y alcohol de caña, que son los principales productos obtenidos del proceso de fábrica, se requiere de la utilización de enormes cantidades de agua, que superan el millón de metros cúbicos por día (CONADESUCA y SAGARPA, 2016b). En condiciones adecuadas, el rendimiento se incrementa en función de la cantidad de agua disponible, por cada 10 mm de agua utilizada se puede obtener alrededor de una tonelada de caña por hectárea (CENGICANA, 2017).

Riego por goteo

Debido al incremento en los rendimientos, ahorro de hasta el 40% en fertilizantes, 30% en agua y una eficiencia del 90 al 95% que se puede lograr con este sistema (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura [INTAGRI], 2015), es que se ha convertido en uno de los más utilizados a nivel mundial. Adicionalmente el riego por goteo tiene una influencia en el contenido de

sacarosa en comparación con el riego por gravedad y por aspersores (CENGICAÑA, 2017).



Figura 5: Sistema de riego por goteo en la producción de caña de azúcar. Fuente: Mercado Azúcar (2019).

El espacio entre goteros debe ser distinto según la textura del suelo y modo de siembra como se muestra en la figura 6:

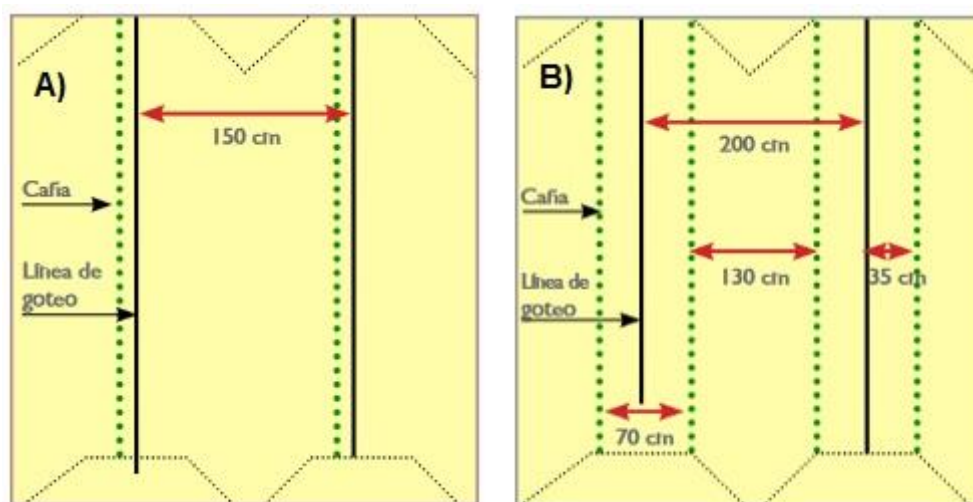


Figura 6: Disposición de riego por goteo según el tipo de siembra A) hilera sencilla, B) hilera doble. Fuente: JAIN (2019).

Durante muchos años este sistema se ha utilizado de manera superficial, pero en los últimos años el sistema por goteo subterráneo está ganando popularidad debido a que facilita la cosecha mecanizada (NETAFIM, 2021b).

Riego por aspersion

Este sistema de riego en caña de azúcar es mayormente recomendable para la aplicación de láminas pequeñas de riego en regiones con lluvias constantes. Debido al bajo nivel de mantenimiento que ofrecen actualmente los sistemas de

riego de aspersión de cobertura total, estos se han convertido en una alternativa económica a largo plazo al momento de implementar un sistema de riego (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia [CENICAÑA], 2015a).

Sin importar cual sea el sistema de riego seleccionado es necesario llevar un control sobre las condiciones del equipo de riego con la finalidad de alargar su vida útil, garantizar una recuperación de la inversión y prevenir el mal funcionamiento. Para ello se debe realizar un plan de mantenimiento de los componentes del sistema de riego (motores, bombas, aspersores, tuberías, canales de distribución de agua, etc.) (CENGICAÑA, 2017).

El sistema de riego cobra mayor importancia, y se recomienda ampliamente el implementarlo si se busca obtener buenos rendimientos, principalmente en zonas donde la precipitación se encuentra por debajo de los 1500 mm anuales (Zambrano, 2019).

Fertiirrigación

Los sistemas de riego por goteo ofrecen la ventaja de permitir la aplicación de fertilizantes directamente en el agua destinada para el riego.

Se recomienda que la duración de cada fertiirrigación debe dividirse en cuatro etapas:

-Al comienzo se debe regar por 15 minutos únicamente con agua, de este modo se logra una presión uniforme en el sistema de riego por goteo, la cual debe ser de 10 a 12 libras

-Con base en los resultados obtenidos en los estudios de agua y suelo, si es necesario estabilizar el pH, en esta etapa se pueden agregar ácido fosfórico, nítrico y sulfúrico para lograr valores óptimos para el desarrollo de la planta

-En esta etapa se agregan los fertilizantes solubles N, P, K y microelementos (Fe, Zn, Cu, Mn y B)

-En los últimos 15 minutos de riego se debe utilizar únicamente agua para evitar la acumulación de fertilizantes en el sistema evitando así averías

Para un mejor rendimiento, las cantidades de fertilizantes, ácidos y microelementos van a depender del volumen de agua calculado con los resultados de los análisis de suelo y agua (Pérez, 2018).

Riego recomendado según la etapa de desarrollo

El cultivo de caña de azúcar tiene diferentes requerimientos de agua a lo largo del cultivo, pero dos momentos importantes para el riego son la etapa de iniciación y elongación pues un riego apropiado en estas etapas puede favorecer el aumento en la población y biomasa respectivamente (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b) Las láminas de riego recomendadas para estas etapas se muestran en el Cuadro 15.

Cuadro 15: *Riegos recomendados para caña de azúcar según la etapa de desarrollo*

Riego	Aplicación
De asiento	Se aplica inmediatamente después de la siembra
De germinación	Se debe aplicar una lámina de 15 cm después de la germinación 8 o 10 días posteriores al riego de asiento. En ocasiones es necesario realizar un riego a los 20 días con la finalidad de que las semillas terminen de germinar
De auxilio	-Durante el desarrollo del cultivo aplicar de 8 a 14 riegos con una lámina de 12 a 15 cm -Durante las socas se requieren de 6 a 10 riegos, los dos primeros después de cada aplicación de fertilizantes y los demás cada 3 a 4 semanas

Fuente: Pérez (2018).

Estas recomendaciones se plantean de manera general pues los riegos nos siguen una regla universal, estos se calculan dependiendo la época de siembra, tipo de suelo y cantidad de humedad contenida en él, así como la cantidad de precipitaciones (Pérez, 2018). Dichos factores deben ser evaluados a lo largo del desarrollo del cultivo, incluyendo la detección de síntomas derivados de un déficit hídrico en las plantas poniendo atención en tener suficiente humedad en etapas críticas del cultivo, de este modo se podrán ajustar las frecuencias, laminas y tiempos de riego de manera adecuada (Hernández y Galvis, 2017).

Una herramienta de suma utilidad para conocer las condiciones de humedad en suelo para la toma de decisiones sobre cómo y cuándo aplicar el riego es el uso del tensiómetro. Para una medición precisa el tensiómetro debe colocarse a una

profundidad de 20 cm y mantener la humedad en valores adecuados según la etapa de crecimiento del cultivo: en etapa de brotación y gran crecimiento 1 a 25 centibars y en etapa de maduración 60 centibars (Jain, 2019).

Otra herramienta útil para el cálculo de la lámina y momento de riego es la realización de un balance hídrico, este evalúa las entradas de agua (lluvia, aporte capilar y riego) y salidas (evapotranspiración), tomando como base, variables climáticas y del suelo para evitar que haya exceso o déficit hídrico (CONADESUCA, 2019).

Los ajustes en el grosor de la lámina, frecuencia y tiempo de riego deben ser realizadas en todas las temporadas de siembra, debido a la irregularidad que pueden presentar las temporadas de lluvias, los datos para esta actividad pueden ser obtenidos de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de cultivo.

La creación de un plan de riego ajustado específicamente a una zona de cultivo disminuye de manera considerable los riesgos asociados a un exceso o déficit de agua, pues condiciones de alta o baja humedad son factores predisponentes para un mayor número de enfermedades y malezas, trayendo problemas de competitividad por agua, luz y nutrientes, poniendo en riesgo el desarrollo y crecimiento del cultivo, generando así bajos rendimientos y contenidos de sacarosa en el tallo (Zambrano, 2019).

La agroindustria azucarera depende de un alto grado de abastecimiento de agua, tanto para la producción de campo como en la etapa de industrialización (CONADESUCA y SAGARPA, 2016b).

Factores relacionados con el déficit o exceso de agua que combinados con condiciones de clima adverso generan pérdidas y baja producción en el cultivo de caña de azúcar:

Sequías

Son tres los tipos de sequía que repercuten en el desarrollo de la caña de azúcar; La sequía fisiológica derivada de bajas temperaturas, sequía atmosférica causada por altas temperaturas tal es el caso de lugares de clima seco o tropical y por último la más perjudicial es la sequía del suelo causada por la falta de

lluvias, al caer la humedad por debajo del requerimiento mínimo el follaje de la planta comienza a secarse evitando así la fotosíntesis, las plantas se vuelven amarillentas y dejan de crecer hasta que terminan por marchitarse, de igual modo las raíces mueren llevando al mismo resultado afectando de manera parcial o incluso completa a la producción (Duarte y Gonzales, 2019). La escasez de lluvias en junio de 2020 ocasiono una disminución del 5% de la producción en zonas cañeras de Jalisco (Inforural, 2021a).

Heladas

Este fenómeno meteorológico representa un enorme riesgo en regiones azucareras de climas subtropicales. Las heladas derivan en la ruptura de las células debido al congelamiento de su contenido líquido, detiene la maduración y reduce continuamente el contenido de sacarosa. El daño puede variar en función al genotipo, etapa fenológica, condiciones edafológicas y duración e intensidad de la helada. Las heladas leves, mayores a -2° C perjudican principalmente a las hojas más expuestas y de menor tamaño, por su parte las heladas moderadas, de -2 a -4° C detiene el crecimiento y causa alteraciones en la maduración debido a la muerte de las yemas laterales expuestas, las heladas severas, menor a -4° C, por su parte causan la muerte de las yemas en su totalidad, causan la disminución en el contenido de sacarosa, así como la pudrición del tallo (Duarte y Gonzales, 2019). En 2020 México experimento perdidas del 10% en la producción nacional con respecto al año anterior derivadas de estos fenómenos atmosféricos (sequía y heladas). En dicho año se obtuvo una de las producciones más bajas desde 2012 (Martínez, 2020).

Manejo de plagas y enfermedades

El MIPE es un sistema de manejo de población de plagas y enfermedades basado en todas las técnicas apropiadas aplicadas de forma compatible con la finalidad de reducir dichas poblaciones a un nivel en el que no puedan causar daños económicos (Pérez, 2018). La importancia de la implementación de este sistema radica en que un mal manejo de plagas y enfermedades deriva en un incremento de los costos de producción y reducción de los rendimientos esperados (CONADESUCA y SAGARPA, 2017). Plagas como la mosca pinta son causantes de grandes pérdidas en la producción de caña de azúcar en el

país, en el presente año esta plaga ha causado la merma de 5,250 toneladas del cultivo en Quintana Roo, representado una pérdida de 80 MDP (Inforural, 2021c).

Manejo de plagas

Plagas de interés económico

Son muchas las plagas que atacan al cultivo de caña de azúcar, las cuales atacan distintas partes de la planta, como se muestra en el cuadro 16 y varían dependiendo la etapa fenológica y región donde se establezca el cultivo, pudiendo desarrollarse hasta causar daños económicos considerables y pérdidas de hasta el 40% de la producción (Rodríguez, 2016).

Cuadro 16: *Plagas que atacan diferentes partes de la planta de caña de azúcar*

Parte afectada	Plaga
Follaje	Falso medidor, Mosca pinta, Acaro anaranjado, Pulgón amarillo, Escama blindada
Tallo	Gusanos barrenadores, Escama café, Roedores
Raíz	Termita, Gallina ciega, Tuza, Gusano alambre, Nematodos

Fuente: Pantaleón (2018).

Las principales plagas de interés agronómico en la producción de caña de azúcar se describen a continuación

Chilo infescatellus

El barrenador temprano ataca durante las fases iniciales del cultivo mientras se desarrollan los entrenudos. Las larvas entran a los tallos o brotes barrenando su interior y afectando el rendimiento y calidad del cultivo (Centre for Agricultural Bioscience International [CABI], 2019).

Diatraea saccharalis

Las larvas del gusano taladrador perforan el raquis de las hojas y plantas más jóvenes creando galerías dentro de los tallos antes de convertirse en pupas, esto causa poca producción de sacarosa, menor porcentaje de grados brix en jugo, pérdida de cañas jóvenes y menor producción de biomasa (Zúñiga y Soto, 2018).

Aeneolamia varia

También conocido como salivazo de la caña de azúcar. Las ninfas se alimentan de la savia de las raíces y en etapas adultas se alimentan de la savia de hojas, al alimentarse infectan a la planta con una toxina que causa necrosis y manchas rojizas que desembocan en la muerte de la planta (CENICAÑA, 2017).

Mocis latipes

El gusano medidor se alimenta principalmente de hojas de las cañas más jóvenes, interrumpiendo la fotosíntesis y el crecimiento de la planta. Una característica visual de este daño son las hojas cortadas de forma irregular por las mandíbulas del gusano que pueden llegar a comer la totalidad de la hoja dejando únicamente el nervio central. Los daños regularmente comienzan en las orillas de la zona de cultivo, pero conforme avanza la infestación esta plaga puede llegar a ser muy voraz especialmente en condiciones de alta humedad y temperatura (Pérez *et al.*, 2019).

Elasmopalpus lignosellus

Las larvas del taladrador de la caña de azúcar se alimentan principalmente de los tallos jóvenes hasta causar la muerte de los retoños. Regularmente la aparición de la plaga sucede después de la siembra, la cual es detectada por la aparición de corazón muerto en brotes delgados. Esta plaga no vive dentro de los tallos de las plantas, únicamente se alimenta de ellos y por el día permanecen debajo del suelo de cultivo (CENGUICAÑA, 2018).

Castnia licus

El gusano tornillo o barrenador gigante de la caña de azúcar causa heridas en la planta al momento de alimentarse, lo cual hace a las plantas más susceptibles al ataque de otros patógenos (CENGUICAÑA, 2017).

Phyllophaga spp.

La gallina ciega se alimenta de las raíces de la caña de azúcar, causando un amarillamiento de las hojas y muerte lenta del follaje. La etapa larval es la que puede causar más daño, el cual se presenta con el amarillamiento de la zona foliar, marchites de la planta, acame y muerte derivada del mal desarrollo y

funcionamiento de la zona radicular, en la mayoría de las veces el problema es detectado en etapas avanzadas de daño (INTAGRI, 2016a).

Metamasius hemipterus

Las plantas más débiles son las que tienen una mayor predisposición a el ataque del picudo rayado. Las hembras ponen huevecillos y segregan agentes que aceleran la pudrición de los tejidos y fermentación del jugo, causando el deterioro de este. Las larvas se alimentan del tejido dañado y crean galerías en entrenudos sanos, lugar donde pertenecen hasta desarrollarse por completo. Los síntomas en la planta se presentan como amarillamiento y déficit en el rebrote, atacando mayormente a las socas (Pérez, 2018).

Saccharosydne saccharivora

El salta hojas santillano se alimenta de la savia de hojas jóvenes, mientras secreta una sustancia azucarada sobre la cual se forma fumagina que dificulta la fotosíntesis e intercambio gaseoso lo cual resulta en pérdidas de rendimiento (CENGICAÑA, 2017).

Termitas

Las termitas se introducen a través de las yemas o cortes presentes en los extremos de los esquejes y se alimentan del tejido succulento, crean galerías en el interior hasta que causan la muerte de la caña. El daño depende del grado de infestación en la plantación (Isuagcenter, 2020).

***Aleurolobus barodensis* Mask**

Las ninfas de esta plaga se alimentan de la savia de las hojas, volviéndolas amarillentas o rosadas causando su desecación de manera gradual y volviéndolas más susceptibles a la aparición de fumagina que afecta la actividad fotosintética (Plant Protection, 2021).

Hasta hace unos años las plagas más comunes en las zonas productoras de México se conformaban por la mosca pinta o salivazo, barrenadores del tallo, falso medidor, roedores, pulgón amarillo, termitas subterráneas, ratas cañeras y tuzas. Recientemente se han encontrado nuevas plagas que causan daños en el cultivo como se muestra en el cuadro 17.

Cuadro 17: Plagas de interés agronómico descritas recientemente en caña de azúcar

Nombre común	Especie
Picudos del tallo	<i>Sphenophorus incurrens</i> , <i>Metamasius hemipterus</i> , <i>Apinocis subnudus</i> y <i>Rhynchophorus palmarum</i>
Acaro anaranjado	<i>Abacarus sacchari</i>
Escama blindada	<i>Duplachinaspis divergens</i>
Escama café	<i>Aclerda sacchari</i>
Termitas	<i>Heterotermes sp.</i> , <i>Amitermes sp.</i> , <i>Nasutitermes sp.</i> , <i>Captotermes sp.</i>
Nematodos	<i>Pratylenchus sp.</i> y <i>Meloidogyne sp.</i>

Fuente: Pantaleón (2018).

A continuación, se muestran las principales plagas que causan daños en la producción de caña de azúcar en México, su distribución y manejo integrado

Cuadro 18: Plagas del orden Lepidóptera presentes en México, distribución y control

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Barrenador del tallo	<i>Diatrea grandiosella</i>	Golfo y centro	Perfora tallos jóvenes, en las galerías se generan enfermedades y plagas secundarias.	Biológico: <i>Trichogramma</i> spp; <i>Cotesia flavipes</i> Cultural: Variedades tolerantes
	<i>D. magnifitalla</i>	Centro		
	<i>D. Saccharalis</i>	Golfo y centro		
	<i>D. considerata</i>	Pacífico		
Barrenador mexicano del maíz	<i>Eoreuma loftini</i>	Todo el país		
Barrenador menor del tallo	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Todo el país	Muerte de meristemo apical del retoño, puede eliminar la cepa completa	Preventivo: riegos, feromonas <i>B. bassiana</i>
Falso medidor	<i>Mocis latipes</i>	Todo el país	Defoliación	Biológico: <i>B. thurigiensis</i> , Depredadores
Gusano cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Todo el país	Se alimentan del cogollo de la planta provocando retardo del crecimiento. En plantas jóvenes puede trozarlas en la base.	Biologico: <i>B. thurigiensis</i>
Barrenador menor	<i>Blastobasis graminea</i>	Centro y golfo	Crea galerías en el tercio superior o parte inferior del tallo pudiendo causar la muerte de la planta	No hay control establecido, enemigos naturales podrían ser la opción

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Cuadro 19: Plagas del género *Coleóptera* presentes en México, distribución y control

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Picudos de tronco de la caña de azúcar	<i>Sphonophorus incurrens</i>	Todo el país	Se alimenta de los esquejes de la semilla dañando su germinación. Las larvas crean galerías por las que penetran hongos que dañan la calidad industrial de los tallos	Prevención, Cultural, Biológico, Físico, Etológico: Trampas con feromonas y atrayentes
	<i>Apinosis subnudus</i>	Golfo y sur		
	<i>Metamasius hemipterus</i>	Todo el país		
	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Golfo y sur		
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> spp. <i>Cyclocephala</i> spp.	Todo el país	se alimenta de la raíz evitando la absorción nutrientes y agua.	Cultural, Físico, Químico, Etológico y Biológico
Gusano de alambre	<i>Dipropus</i> spp. <i>Agrypnus</i> spp.	Todo el país	Se alimentan de la raíz y provocan Fallas en la germinación de la caña por daño a las yemas	Cultural, Físico, Químico, Etológico

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Cuadro 20: Plagas del género *Hemíptera* presentes en México, distribución y control

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Mosca pinta/Salivazo	<i>Aeneolamia</i> spp. <i>Prosapia</i> sp.	Golfo, Sur, Sureste	Succiona la savia de la hoja, inyecta sustancias fitotóxicas, provoca entrada de otros patógenos secando el follaje de la planta y muerte de la planta, Provoca perdida de sacarosa y rendimiento	Cultural: Limpieza del cultivo Físico: Rastra fitosanitaria, trampas adhesivas Biológico: <i>Metarhizium anisopliae</i>
Chinche de encaje	<i>Leptodictya tabida</i>	Centro, Golfo y Sur	Las colonias viven en el envés de las hojas alimentándose de la savia, sus piquetes causan manchas irregulares de colores amarillo cenizo, café rojizo y negras. Los síntomas son más claros durante la época de seca	Biológico: <i>Beauveria bassiana</i>
Escama blindada o piojo blanco	<i>Duplachionaspis divergens</i>	Golfo	se localizan sobre el envés de las hojas, alimentándose de la savia, de acuerdo con los niveles de infestación	Genético: Variedades resistentes Biológico: depredadores

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
			pueden secar por completo el follaje.	
Pulgón amarillo	<i>Sipha flava</i>	Todo el país	Las ninfas y adultos succionan la savia e inyectan toxinas en las hojas, ocasionando inicialmente puntos de color marrón, luego las hojas se tornan amarillas y finalmente se secan	Control biológico: coccinélidos

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Cuadro 21: Plagas del orden Homóptera presentes en México, distribución y control.

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Escama café de la caña	<i>Aclerda sacchari</i>	Golfo	Se alimentan del floema de los entrenudos del tallo, provocando una gran cantidad de entrenudos muy cortos y delgados, causando bajo rendimiento	Genético: variedades resistentes Biológico: depredadores
Salta hoja	<i>Perkinsiella saccharicida</i>	Todo el país	succionan savia y causan heridas al incrustar huevos en las hojas. La secreción azucarada que producen las ninfas y adultos	Control biológico: parasitoides nativos y hongos entomopatógenos
Saltador antillano de la hoja	<i>Saccharosydne saccharivora</i>	Golfo, Sur y Sureste	favorece el desarrollo de la fumagina (<i>Capnodium</i> sp) reduciendo la fotosíntesis y limitando el crecimiento	

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Cuadro 22: Plagas de la clase Arachnida-Acarí presentes en México, distribución y control

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Acaro anaranjado o marrón de la caña de azúcar	<i>Abacarus sacchari</i>	Golfo, Sur y Sureste	Al principio aparecen pequeños puntos cloróticos de color anaranjado que después forman una mancha café-rojiza o rojo- anaranjado que van desde la base de las hojas y se extiende hacia los lados de la lámina foliar hasta la punta de la hoja, hasta secarse completamente	Cultural Biológico Químico

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Cuadro 23: *Plagas del orden Isóptera presentes en México, distribución y control*

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Termita subterráneas de la caña de azúcar	<i>Heterotermes</i> sp.	Golfo y Sur	Causan daños considerables en los entrenudos basales de los tallos, causando degradación de calidad de la caña y pérdidas de hasta 10 ton/ha. azucares reductores	Cultural
	<i>Amitermes</i> sp.	Golfo y Sur		Etológico y Biológico: Trampas de cartón corrugado con <i>Beauveria bassiana</i>
	<i>Captotermes</i> sp.	Golfo y Sur		
	<i>Nasutitermes</i> sp.	Golfo y Sur		Químico

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Cuadro 24: *Plagas del orden Rodentia presentes en México, distribución y control*

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Rata cañera o rata de campo	<i>Sigmodon</i> spp.	Centro, Golfo, Sur y Pacífico	Roen los entrenudos de los tallos generando pérdidas en el rendimiento y calidad del jugo. De manera indirecta causa la entrada de otros patógenos al tallo. En etapas tempranas causa daños en el desarrollo provoca la muerte de la planta	Físico: Trampas de golpeo
	<i>Oryzomis</i> sp.	Todo el país		Químico: Rodenticidas de segunda generación
	<i>Peromyscus</i> spp.	Centro, Golfo, Sur y Pacífico		Etológico: Aves, Perros, Gatos
Tuza	<i>Orthogeomys hispidus</i>	Centro, Golfo y Sur	Dañan al sistema radical y anclaje de la planta, provocando pérdidas por volcamiento y baja el rendimiento	Físico: Trampas del indio Químico: Anticoagulantes

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Cuadro 25: *Plagas del filo Nematoda/Tylenchida presentes en México, distribución y control*

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Nematodo lesionado de la raíz	<i>Pratylenchus zae</i>	Todo el país	Los nematodos están ampliamente distribuidos alrededor del mundo. Los principales signos de este	Cultural: aportación de materia orgánica

Nombre común	Especie	Distribución	Daño	Control
Nematodo agallador	<i>Meloidogyne</i> spp.	Todo el país	fitoparásito se presentan en la zona radical de la planta causando lesiones, necrosis, agallas y destrucción de las raíces secundarias, causando de este modo clorosis en la zona foliar, tallos delgados y cortos y por último la muerte de la planta. Las infestaciones por nematodos ocurren naturalmente en suelos muy arenosos.	y mejoradores de suelos como cal dolomita con silicio. Químico: insecticidas-nematicidas Biológico: <i>Paecilomyces lilacinus</i> , <i>Hirsutella rhossiliensis</i> , y <i>Trichoderma</i> spp, <i>Bacillus subtilis</i> .

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

El control químico resulta ser uno de los más eficaces para el control de plagas, sin embargo, también es uno de los que causa mayores problemas de degradación del medio ambiente y problemas a la salud, por ello que el recurrir a este método de control es recomendable conocer los pesticidas legales, su buen uso y utilizarlos únicamente cuando sea completamente justificable (Ramírez *et al.*, 2018). En el Cuadro 26 se muestra de manera general las dosis y momento de aplicación para combatir a las plagas más comunes en el cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 26: Dosis y momento de aplicación generales para el control químico de las principales plagas en la producción de caña de azúcar

Plaga	Tratamiento	Dosis/ha producto comercial	Época de control
Mosca pinta (<i>aeneolamia postica</i>)	Endosulfan 35	1 a 15 L	Durante la época de lluvias
	Malation 1000	1 L	Durante la época de lluvias
	Clorpirifos	1 a 1.5 L	Durante la época de lluvias
	Metarhizium	20 kg de arroz micosado	En las primeras horas de la mañana
Gusano barrenador (<i>Diatrea</i> spp.)	Tricograma spp.	12 a 15 mil huevecillos	Mensualmente
Ratas	Warfarina sulfato de talio	2 kg	Al detectar presencia de la plaga
	Klerat	2 kg	Al detectar presencia de la plaga

Chinche de encaje (<i>Leptodictya tabida</i>)	Malation	1 L	Al detectar presencia de la plaga
--	----------	-----	-----------------------------------

Fuente: CONADESUCA y SAGARPA (2017).

Manejo de enfermedades

Se han reportado más de 126 enfermedades que atacan a la caña de azúcar en más de 109 países. Debido a la propagación vegetativa y siembra de grandes extensiones con una sola variedad, el cultivo se torna susceptible a enfermedades causadas por la utilización de tallos infectados (CENGICAÑA, 2017).

Las enfermedades son de grande importancia económica pues son causantes de grandes pérdidas en la producción de caña de azúcar en todo el mundo, sin embargo, muchas veces reciben poca atención por parte de los productores lo cual dificulta el control en etapas avanzadas (Pérez, 2018).

Las principales enfermedades de interés agronómico en la producción de caña de azúcar se describen a continuación

Agente causal: Bacterias

Clavibacter spp. / *Xyli* spp.

Debido a las grandes pérdidas económicas que pueden causar estas bacterias son consideradas de importancia en países que se dedican a la producción de caña de azúcar. Los síntomas son diversos con base en factores climáticos, variedad y etapa de desarrollo, pero la disminución del crecimiento, menor número de tallos, tallos delgados y cortos son síntomas que se presentan de manera general que fácilmente pueden ser confundidos con deficiencia de agua y nutrientes.

Una medida preventiva es la utilización de variedades resistentes y sanas, de igual modo se puede someter a los esquejes a un tratamiento de 2 horas en agua calentada a 50° C y realizar una desinfección de la herramienta y maquinaria utilizada (European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO], 2018)

Xanthomonas albilineans

La escaldadura foliar se caracteriza por la aparición de clorosis en las hojas, la cual puede ir desde un albinismo total a una clorosis intervenal de las hojas más jóvenes, provocando una apariencia de arbusto a las plantas con hebras de color rojo al interior de los tallos (López, 2018)

Leifsonia xyli

La bacteria causante de esta enfermedad se encuentra en el sistema vascular y se esparce a través del xilema de la planta causando una interrupción en el transporte de agua y nutrientes. Esto causa un retraso en el crecimiento, menor producción de tallos y raquitismo, un signo característico es la aparición de puntos necróticos y líneas amarillo, rojo, naranja y rosa en la parte inferior de los entrenudos. Las pérdidas causadas por esta enfermedad pueden alcanzar hasta el 60% de la producción en variedades más susceptibles (Delgado *et al.*, 2018)

Acidovorax avenae

Esta enfermedad se presenta con estrías delgadas color rojo con una longitud de 5 a 60 cm, las cuales al inicio secretan exudados propios de la bacteria, posteriormente causan la pudrición de la parte superior de la planta. En la zona foliar se presentan estrías de consistencia acuosa que conforme avanza la enfermedad van tomando un color rojizo y los síntomas se extienden hacia el meristema apical tornándolo de consistencia acuosa, lo cual señala que los tejidos han muerto (Fontana, 2018).

Las enfermedades más recurrentes causadas por bacterias en México se muestran en el Cuadro 27.

Cuadro 27: Principales enfermedades causadas por bacterias en México, síntomas y control

Enfermedad	Agente causal	Síntomas y daños	Control
Escaldadura foliar	<i>Xanthomonas albilineans</i>	Presenta 4 fases: crónica, aguda, latencia y eclipse. Los síntomas representativos van desde rayas finas de color blanco en las hojas, con bordes bien definidos y paralelas a la nervadura central, hasta blanqueamiento general del follaje,	-Uso de variedades resistentes -Material de propagación

Enfermedad	Agente causal	Síntomas y daños	Control
		desarrollo de brotes a partir de las yemas laterales, muerte de los tallos causando bajos rendimientos.	certificado, con sanidad y pureza - Hidrotermoterapia
Raquitismo de las Socas	<i>Leifsonia xyli</i> <i>Clavibacter xyli</i>	No existen síntomas externos característicos, en un cultivo afectado el crecimiento es lento, debido al taponamiento de los vasos conductores, sus entrenudos son cortos, delgados y el número de tallos por cepa es menor, tomando una apariencia "raquítica", la cual se incrementa a través de los cortes (socas). Puede ocasionar pérdidas entre 5 a 30% de la producción en México.	-Cumplir las regulaciones cuarentenarias -Rotación de cultivos
Raya roja bacteriana y pudrición del cogollo	<i>Acidovorax avenae</i>	Produce rayas largas y estrechas en las hojas, con bordes bien definidos y coloraciones verdes, amarillo rojizo hasta rojo oscuro, que se unen para formar bandas que se pueden extender hasta el cuello de la hoja. En presencia de humedad relativa y temperaturas altas, por las estomas secretan gotas de exudado bacteriano blanquecino. Se produce pudrición del cogollo, brote de yemas laterales y muerte de la planta	

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Agente causal: virus

Sugarcane Mosaic virus (SCMV)

Este virus está ampliamente distribuido en países dedicados a la producción de caña de azúcar, esta enfermedad está caracterizada por causar síntomas en la zona foliar, el principal daño es la destrucción de la clorofila acompañadas de manchas verdes oscuras alternadas con manchas cloróticas

El daño principal es la reducción en la producción derivado de la interrupción en el desarrollo de las plantas. Esta enfermedad es una de las más difíciles de tratar pues al no existir tratamientos específicos para virus se opta por la eliminación de plantas enfermas, esquejes libres de virus y siembra de variedades resistentes. La mejor manera de tratar este problema es la prevención (Bermúdez *et al.*, 2018).

Virus de la Hoja Amarilla

Este virus es transmitido por varias especies de áfidos relacionados con el cultivo de caña de azúcar y material de propagación contaminado. Esta enfermedad daña el crecimiento, diámetro de los entrenudos, número de plantas por unidad de producción, pérdida en el contenido de sacarosa y pérdidas en la producción de hasta el 50% y 14% menor producción de azúcar al momento del procesamiento de la caña, generando así pérdidas económicas significativas (Jia *et al.*, 2021).

Las enfermedades más recurrentes causadas por virus en México se muestran en el Cuadro 28

Cuadro 28: Principales enfermedades virales en México, síntomas y control

Enfermedad	Agente causal	Síntomas y daños	Control
Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar	Potyvirus: VMCA o SCMV	Los síntomas se caracterizan por la aparición de mosaicos conformados por manchas amarillas o blancas, con áreas de color verde normal. La intensidad varía con la variedad, condiciones de crecimiento y temperatura	-Control de plantas hospedantes y vectores -Siembra de variedades resistentes al virus
Virus de la Hoja Amarilla	Polerovirus: SCYLV	Los síntomas se presentan con amarillamiento en el envés de la nervadura, necrosis desde el ápice de la hoja, acumulación de pigmentos de antocianina en las hojas, interrupción en la traslocación de azúcar desde las hojas hacia los tallos, y acumulación de azúcar en la nervadura de la hoja.	-Desarrollo de material de propagación con semilleros certificados o propagación in vitro -Tratamiento de tallos mediante tratamiento térmico -Uso de variedades resistentes

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Agente causal: Hongos

Physalospora tucumanensis

Comúnmente llamado Muermo rojo, esta enfermedad se caracteriza por causar la pudrición interna de la caña de azúcar que se extiende según las condiciones de humedad. Esta enfermedad está distribuida en la mayor parte de países productores de caña de azúcar, prefiere ambientes fríos o húmedos y es diseminada a través de esporas que se transportan con el agua y el viento. Este hongo puede permanecer inactivo en el suelo e invadir las semillas causando

una baja tasa de mortalidad en brotes jóvenes. Las medidas preventivas incluyen el tratamiento de la semilla con fungicidas, evitar las heridas en yemas y en general tener un buen manejo de la semilla (CENGICAÑA, 2018).

Ceratocystys paradoxa

También conocida como mal de piña, es una enfermedad presente en todas las zonas productoras, los síntomas se presentan principalmente derivado de un daño físico, presentándose como pudriciones anaranjadas o amarillas que comienzan en las yemas o los extremos de los esquejes. Esta enfermedad inicialmente causa pudrición de las raíces secundarias del esqueje, causando daño posterior en las primarias hasta causar su muerte en el peor de los casos (Martínez y Valdivieso, 2017).

Leptosphaeria sacchari

Conocida como mancha de anillo, es una enfermedad común que no llega a ser altamente perjudicial, en las primeras etapas se manifiesta con manchas rojizas y pequeñas que aumentan de tamaño dejando una mancha ceniza característica rodeado por un círculo café rojizo, dichas manchas se manifiestan en la parte apical de hojas viejas las cuales se distribuyen hacia la parte inferior de la planta. Esta enfermedad esta principalmente relacionada con un mal manejo en la fertilidad del suelo y tiene mayor incidencia en zonas con suelos muy pedregosos o con gran contenido de arena (Zambrano, 2019).

Bipolaris sacchari

La mancha de ojo causa lesiones que inicialmente presenta un centro rojizo y un halo amarillo bien definido, dichas manchas se pueden extender al grado de dañar gran porcentaje de la hoja. Como primer síntoma se desarrolla una clorosis en la base de hojas jóvenes que después presentan enchinamiento, malformaciones, reducción de tamaño y en estados avanzados de la enfermedad se comienza a pudrir el tallo y la planta muere (CENGICAÑA, 2018).

Puccinia melanocephala

La roya se presenta inicialmente en el haz y envés de las hojas como manchas cloróticas pequeñas y alargadas de color amarillento, ataca principalmente las hojas de plantas jóvenes. Una vez que las manchas aumentan de tamaño se tornan color oxido con un halo amarillo claro formando pústulas en el envés de las hojas, en casos graves las lesiones pueden invadir la totalidad de las hojas evitando así en proceso de fotosíntesis. Una vez que las lesiones desgarran la epidermis se liberan esporas que pueden ser transportadas por el viento a grandes distancias (Bermúdez, 2016).

Las enfermedades más recurrentes causadas por hongos en México se muestran en el cuadro 29.

Cuadro 29: Principales enfermedades causadas por hongos en México y sus síntomas

Enfermedad	Agente causal	Síntomas y daños
Roya común, roya café, o roya marrón	<i>Puccinia melanocephala</i>	Manchas pequeñas de color amarillo, visibles en ambas caras de la hoja, que aumentan de tamaño, toman coloración púrpura y halo clorótico. Formación de pústulas café o marrón en el envés, las esporas rompen el tejido epidérmico y se liberan en grandes cantidades. En ataques severos, ocurre necrosis en gran parte del tejido foliar.
Roya naranja	<i>Puccinia kuehnii</i>	Inicia con manchas cloróticas, pequeñas y elongadas, lesiones de color anaranjado-pardo o anaranjado. Formación de pústulas de color anaranjado por el envés, las esporas rompen el tejido epidérmico y se liberan en grandes cantidades.
Carbón	<i>Sporisorium scitamineum</i>	Formación de un apéndice con apariencia de un látigo carbonoso que puede llegar a medir entre 2 y 3 cm de diámetro y hasta 10 a 120 cm de longitud. El látigo está formado por tejido fibrovascular en cuyo centro se desarrolla el micelio del hongo que más tarde produce una masa de esporas negras. En la primera etapa de su crecimiento, el látigo está protegido por una membrana delgada de color grisáceo que al romperse expone las fructificaciones del hongo que parecen una capa gruesa de hollín
Cogollo retorcido o Pokkah Boeng	<i>Giberella fujikuroi</i>	Los síntomas más característicos son manchas cloróticas en la base de las hojas, deformaciones en el cogollo que pueden llegar a producir una pérdida significativa de la orientación del crecimiento del tallo;

Enfermedad	Agente causal	Síntomas y daños
		también se puede presentar la muerte del ápice por pudrición.
Pudrición roja del tallo y de la nervadura hoja	<i>Glomerella tucumanensis</i>	Pequeños puntos rojos en el raquis de la nervadura, que se extienden en ambas direcciones, posteriormente aparece coloración paja, sobre la que se destacan las estructuras negras de la fructificación del hongo. En el interior del tallo, coloración rojo púrpura que se oscurece al envejecer y aparecen bandas blanquecinas transversales, que constituyen la base para el diagnóstico visual. La infección puede ocupar todo el entrenudo, pasar los nudos hasta ocupar todo el tallo. Los daños son inversión de la sacarosa, disminución de la recuperación de azúcar y problemas en el proceso de fabricación. Su propagación es alta debido al daño por barrenadores, termitas, ratas, salta hoja
Mancha de Ojo	<i>Bipolaris sacchari</i>	La enfermedad muestra lesiones alargadas y angostas en la hoja, las cuales siguen la orientación de los haces vasculares. Normalmente son de color café y están rodeadas por una zona o halo clorótico bastante evidente. También se pueden observar lesiones redondeadas de color café con un pronunciado halo clorótico que se alarga en dirección de los haces vasculares de la hoja, lo que le da una apariencia de un ojo, de ahí su nombre. Se observa con mayor frecuencia en zonas con alta precipitación y agua en el suelo
Mancha de anillo	<i>Leptosphaeria sacchari</i>	Esta enfermedad se presenta especialmente en condiciones de alta precipitación y elevada humedad relativa ambiente. El síntoma característico son lesiones de gran tamaño en la hoja, las cuales son color paja y están rodeadas por una coloración rojiza o púrpura
Mancha parda	<i>Cercospora longipes</i>	Esta enfermedad causa manchas de color café en la hoja, de forma bastante redondeada y rodeadas por un halo o anillo clorótico. Pese a que la enfermedad se ha catalogado como casi exclusiva de zonas altas (600msnm), se ha comenzado a observar con menos severidad productiva en zonas bajas
Raya parda o raya café	<i>Cochliobolus stenospilus</i>	Se caracteriza por presentar manchas pequeñas de forma alargada que se tornan de color rojizo y pasan a rojo café. Sus márgenes son definidos y se rodean por un halo amarillento, que se observa a trasluz. Las lesiones se pueden unir y originar la muerte prematura de las hojas y en casos severos se pudre el punto de crecimiento, mueren los tallos y cepas completas
Mancha Púrpura	<i>Dimeriella sacchari</i>	Estas manchas se asemejan a gotas de sangre sobre la superficie de las hojas, se presenta inicialmente como pequeños puntos rojos en las

Enfermedad	Agente causal	Síntomas y daños
		<p>hojas 5 o 6 de la parte media del cogollo. Estas manchas rojas generalmente se desarrollan sobre la superficie del haz de las hojas, pero también se pueden desarrollar en el envés.</p> <p>con el tiempo forman manchas grandes de tamaño irregulares, de color rojo a rojo oscuro, hasta cubrir y secar completamente la hoja</p>
Peca Amarilla	<i>Mycovellosiella koepkei</i>	<p>Se presenta con abundantes manchas irregulares en la hoja, de color amarillo que pueden tornarse anaranjadas o rojizas al madurar. Cuando se presentan condiciones adecuadas de alta humedad ambiental, el hongo esporula por el envés de la hoja y aparece un crecimiento afelpado de color blanquecino o grisáceo. Las manchas pueden unirse y llegan a cubrir grandes áreas de la hoja, en esos casos las hojas pueden deformarse y desprenderse prematuramente</p>
Moteado Blanco	<i>Elsinoe sacchari</i>	<p>Inicialmente aparecen puntos amarillentos, de forma redonda, elíptica o fusiforme, después toman un color café claro y finalmente gris blanquecino o blanco, a veces con márgenes café rojizo. Los daños pueden ser ligeros, medianos o intensos, según las condiciones climáticas que se presenten y la susceptibilidad de la variedad</p>
Mancha roja de la vaina	<i>Mycovellosiella vaginae</i>	<p>Se caracteriza por pequeñas manchas rojo-vino en las vainas, con contornos verdes bien delimitados verde. A medida que crecen las manchas toman formas irregulares y confluentes, para cubrir finalmente casi toda la superficie de la vaina. No existen reportes de daños, a pesar de estar presente en todo el país</p>
Mal de piña	<i>Ceratocystis paradoxa</i>	<p>Generalmente se presenta en plantas recién sembradas. En cultivos establecidos aparece solo si las plantas han sufrido heridas por alguna plaga, cuyas heridas se descomponen y emiten un olor característico parecido a la piña (causado por acetato etílico producido por el hongo), en los días posteriores de siembra la caña. Los mayores daños se producen en condiciones de baja humedad y calor, momento en el que el hongo penetra por los extremos y se propaga por los tejidos</p>
Caña Seca	<i>Cephalosporium sacchari</i>	<p>Los síntomas se manifiestan muy poco en las primeras etapas de infección, después en el desarrollo el cultivo se entristece debido al secamiento original de algunos canutos y del follaje. Las hojas de las cepas enfermas se tornan color amarillento y se secan, similarmente a las afectadas por sequía. Los tallos quedan huecos, pierden coloración y se arrugan</p>
Marchitez y muerte de cepa	<i>Phomopsis phaseoli</i>	<p>Las plantas afectadas presentan síntomas típicos de marchitez. Se ven afectadas plantas jóvenes y adultas, las cuales manifiestan falta de vigor y raquitismo, para después desarrollar marchitez asociada a una coloración café-pajizo que lleva a la muerte de toda</p>

Enfermedad	Agente causal	Síntomas y daños
		la cepa, en esta condición la planta no tiene soporte y cae fácilmente. Los síntomas se acentúan en la etapa de cosecha
Marchitez	<i>Fusarium spp.</i>	Recientemente se detectó esta enfermedad asociada a la raíz, la cual causa marchitez y la posterior muerte de las plantas

Fuente: Adaptado de Pantaleón (2018).

Muchos de los problemas con enfermedades pueden reducirse drásticamente con la implementación de semillas de alta calidad de sanidad y pureza genética (Pérez, 2018). El mejor manejo de plagas y enfermedades deben estar basados siempre en la prevención.

En México de manera regional se han implementado manejos fitosanitarios fundamentados con tres principios: Prevención, Monitoreo y diagnóstico y combate (INTAGRI, 2016b).

Prevención

La prevención deberá estar basada en la georreferenciación de plantaciones vecinas para conocer la flora y si esta pudiera estar relacionada con alguna plaga o enfermedad, un manejo agronómico adaptado a la zona del cultivo y la identificación de insectos benéficos o nocivos propios de la región

Monitoreo y diagnóstico

El diagnóstico ayuda a determinar zonas seleccionadas mediante un muestreo sistemático que permite conocer el nivel de infestación y distribución de las plagas, así como los niveles de intensidad de las enfermedades

Combate

El combate deberá estar relacionado con las características climáticas de la región, las medidas implementadas para el control de plagas y enfermedades, así como la verificación de la efectividad de estas

Cosecha

Los factores propios de cada zona de cultivo son los que determinaran la temporada y método de cosecha, regularmente esta se basa en factores como el nivel de madurez, condiciones del terreno, extensión, presupuesto, entre otros. Algunos puntos importantes para tomar en cuenta antes de realizar esta

actividad son la planificación de la actividad con anticipación, todo el personal involucrado deberá estar capacitado y utilizar el debido equipo de seguridad (CENGICAÑA, 2017).

Muestreo previo a la cosecha

Antes de la cosecha y con la finalidad de coordinar las actividades, se debe realizar un muestreo representativo con la finalidad de conocer las condiciones de madurez del cultivo, el rendimiento de azúcar que se obtendrá por tonelada de caña, plagas o enfermedades presentes y otros indicadores relacionados en el control de calidad, dicho muestreo también servirá para establecer el orden en que serán cosechados los lotes muestreados para que lleguen en las mejores condiciones a la zona de molienda (CENGICAÑA, 2017).

El momento óptimo de cosecha se puede determinar a partir de las manifestaciones internas y externas de la caña de azúcar, los indicadores que pueden ayudar a determinar las labores de cosecha son: detención del crecimiento, desarrollo de entrenudos más cortos, aparición de hojas amarillas, brotes en las yemas, tallos superiores de consistencia corchosa, tallos cerosos, sonido metálico al golpear las cañas, presencia de cristales brillantes de azúcar (Zambrano, 2019). Dependiendo del ciclo de desarrollo de la variedad utilizada, ya sea temprana, media o tardía, se recomienda iniciar el muestreo de dos a tres meses antes de la maduración (Pérez, 2018).

Parámetros de calidad relacionados con la madurez

Existen parámetros como los grados brix, porcentaje del contenido de sacarosa (POL) y la pureza aparente que muestran de manera cualitativa la madurez del cultivo

Grados brix

Estos muestran de manera porcentual el contenido de sólidos solubles en el jugo de la caña. Este porcentaje puede ser medido directamente en el campo de cultivo perforando varias plantas y recolectando el jugo para formar una muestra compuesta y analizarla con la ayuda de un refractómetro manual (Zambrano, 2019).

Contenido de sacarosa en jugo

Para esta prueba se necesitan equipos especializados con los cuales se mide el porcentaje real de sacarosa presente en el jugo. Este parámetro muestra el contenido de sacarosa con respecto al total de sólidos solubles en jugo, a mayor contenido de sacarosa mayor pureza. Este parámetro junto con el porcentaje de sacarosa es útil para determinar la madurez y fecha de cosecha, el rango para tomar esta decisión es de 15 a 17% de sacarosa y 85% de pureza (Zambrano, 2019), cabe mencionar que, dependiendo de la experiencia de los productores y el personal, la madurez del cultivo también puede ser verificada de manera en campo, mediante la extracción de una muestra de jugo de la punta, parte media y base de la caña y analizándolo con ayuda de un brixómetro o refractómetro manual (JICA, 2019) Así mismo, el color de los tallos, reducción de longitud de los entrenudos y tamaño de hojas pueden ser indicios de que el cultivo se encuentra en su punto de madurez (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b).

En el cultivo se distinguen dos tipos de maduración, la maduración fenológica y la maduración industrial. La primera consiste en el término de la floración y una gradual disminución en el crecimiento de la planta, inicia la acumulación de sacarosa en el tallo, la cual empieza a disminuir una vez que se alcanza el punto máximo. Por otro lado, la maduración industrial se alcanza cuando el cultivo comienza a presentar aquellas características deseables relacionadas con la calidad, como el contenido de sacarosa en jugo y nivel de grados brix.

El proceso de maduración también puede ser inducido con la utilización de madurantes de origen químico, aplicados en dosis que funcionan como reguladores de crecimiento de la caña que inducen la síntesis de enzimas relacionadas con la acumulación de sacarosa y detención del crecimiento (Pérez, 2018). Los maduradores más utilizados para la inducción de la maduración del cultivo se describen a continuación.

Retardadores de crecimiento: Entre los más utilizados se encuentra el **Ethephon**®, este fitoregulador posee propiedades sistémicas que influyen en la maduración y coloración de frutos. Para la caña de azúcar es aplicado diluido en agua y se pulveriza, penetrando en las hojas y translocándose a los puntos de crecimiento (Innovación agrícola, 2016).

Otro fitorregulador es el **Trinexapac Etil**®, se absorbe a través de las hojas y se transloca a las zonas de crecimiento, siendo mayormente utilizado como madurador en caña de azúcar (Milanés *et al.*, 2017).

Inhibidores de crecimiento: Uno de los más utilizados es el **Glifosato**®, aplicado en dosis bastante pequeñas, menos de un litro por hectárea, de manera aérea con 40 a 45 días de anticipación a la cosecha (Pérez, 2018).

Cosecha

Una vez que se comprueba que el estado de maduración del cultivo se encuentra en un punto adecuado se procede a la cosecha, la cual puede ser realizada de manera mecánica o manual, esta se programa con base en las características de desarrollo de la variedad sembrada, de manera general se realiza como se muestra en el cuadro 30.

Cuadro 30: *Momentos de cosecha de la caña de azúcar*

Primera cosecha	Se realiza a los 16 meses de la siembra
Socas	Se realiza a los 12 o 14 meses posteriores al último corte
Resocas	Cosechas posteriores a las socas

Fuente: Pérez (2018).

Cosecha manual

Como su nombre lo indica para esta actividad no es necesaria la utilización de maquinaria durante el proceso de cosecha. El uso de equipo de protección es fundamental para este modo de cosecha, de igual modo se debe adecuar la zona, construyendo brechas para un fácil acceso, zonas de sombra, botiquín médico y agua potable para la hidratación de los jornaleros (CENGICAÑA, 2017). En la cosecha manual, el corte debe realizarse en la base de la caña tan cerca del suelo como sea posible, por una parte, porque en esta zona se encuentra la mayor concentración de azúcares y además se favorece la brotación de los nuevos retoños (Pérez, 2018); posteriormente se corta el ápice de la planta a nivel del entrenudo más alto ya que en esa zona se acumulan azúcares reductores, compuestos nitrogenados y almidón los cuales provocan pérdidas en la etapa de industrialización, una vez realizado el corte se arrancan las hojas que

aún quedan unidas a la caña. Dicho proceso puede ser facilitado con la utilización de variedades con deshoje natural (JICA, 2019).

Corte por desguíe

Este método de cosecha consiste en cortar los tallos más maduros mientras se deja a los inmaduros en el surco hasta que alcancen su punto de madurez, este sistema es ideal para pequeños productores debido a que se adapta bien a zonas de cultivo pequeñas y con superficies accidentadas (López, 2015).

Corte por parejo

Este método es mayormente utilizado en zonas tecnificadas con maduraciones y crecimiento uniformes permitiendo cosechar la totalidad en una sola labor (López, 2015).

Quema de la caña

Una práctica común en la cosecha de caña de azúcar es realizar una quema antes para eliminar las malezas que impiden el corte de la caña y posibles plagas como ratas de campo, víboras o tuzas que pudieran dañar a los cortadores (SAGARPA, 2015a), sin embargo, en zonas tecnificadas esto supone el entorpecimiento de la maquinaria y desaprovecho de materia verde que puede ser reincorporada y aportar hasta 45 kg de potasio al suelo, así como mejorar la retención de humedad y evitar la erosión (Zambrano, 2019).

En regiones donde se realiza la quema antes de la cosecha se deben tomar en cuenta medidas que buscan evitar daño a las zonas vecinas del cultivo. Estas medidas incluyen la realización de brechas cortafuegos, conocimiento de la dirección y velocidad del viento previo a la quema, así mismo el personal encargado de esta labor debe de estar debidamente capacitado para evitar cualquier tipo de accidente o contratiempo. En quemas realizadas en zonas cercanas al mar la distancia mínima que debe de haber hasta la zona de cultivo es de 8 kilómetros ya que una distancia menor ocasiona el desplazamiento de partículas resultantes de la combustión (pavesa) que pueden dañar zonas de producción de sal, turísticas, camaroneras y comunidades. En sitios donde hay calles y carreteras cercanas, la quema deberá realizarse cuando el aire no desplace el humo y partículas resultantes de la combustión que pudieran

interferir en la visibilidad de los conductores que transiten por la zona, por lo tanto, en áreas de cultivo localizadas a menos de un kilómetro de distancia de una carretera se deberá realizar labor de quema solo si el viento sopla en dirección contraria. Para las zonas cercanas a cables eléctricos, donde esta actividad podría causar daños o interrumpir el suministro de electricidad a comunidades aledañas, la cosecha deberá realizarse exclusivamente en verde a menos que la parcela se encuentre a una distancia considerable de cualquier torre o poste eléctrico (CENGICAÑA, 2017).

A pesar de que la quema es el método más utilizado para la cosecha, este puede ocasionar problemas en la calidad del aire, fertilidad del suelo y menor contenido de azúcares en la caña derivados de la exposición a altas temperaturas durante la quema (Zambrano, 2019). Ante esta problemática la cosecha en verde puede representar una alternativa para reducir la contaminación derivada de los gases desprendidos al momento de la combustión, además la reintegración de los residuos resultantes pueden ayudar al mejoramiento de las cualidades físicas y químicas del suelo, disminución de la erosión, aumento en la conservación de humedad, reducción de malezas, aportación de nitrógeno, materia orgánica y actividad de los microorganismos responsables de la mineralización natural (INIFAP, 2019) Estos beneficios han hecho que esta técnica sea ampliamente utilizada en zonas productoras del sur del país como Morelos y Colima (Pérez, 2018). Cabe resaltar que con este manejo podrían surgir aumentos de plagas y costos de producción, dificultad para el riego y dificultad para la brotación (CENGICAÑA, 2017).

Cosecha mecanizada

En zonas de producción tecnificadas este método de cosecha es ampliamente utilizado ya que se dispone de una amplia gama de cosechadoras mecánicas que facilitan esta labor y reducen costos de producción, pues los avances tecnológicos ofrecen actualmente maquinaria que además de cosechar realizan de manera simultánea la limpieza de impurezas, corte en pedazos y transporte al vehículo llevará la caña al lugar donde será procesada (Zambrano, 2019).

Para la cosecha mecanizada es necesario realizar de manera previa correcciones al terreno que faciliten el desplazamiento de las máquinas y

vehículos, así mismo se debe realizar una calibración a la maquinaria para evitar cualquier tipo de contratiempo durante las labores (CENGICAÑA, 2017).

Cada método de cosecha posee ventajas y desventajas, por lo tanto, este se debe adecuar en función de las condiciones de cada zona de cultivo, pudiendo elegir solo uno o una combinación de ambos como se muestra en el cuadro 31.

Cuadro 31: Métodos de cosecha, ventajas, desventajas y su combinación

Método de cosecha	Descripción	Ventajas	Desventajas
Corte y alza manual	A pesar de ser una de las técnicas de cultivo que brinda una mayor limpieza de la caña también es una de las más lentas y costosas	Poca compactación del terreno Cero daños a cepas del cultivo	Mayor mano de obra
Corte manual y alza mecánica	Es una de las técnicas mayormente utilizada en México sin embargo se debe ser muy cuidadoso al operar la cargadora para causar un mínimo o nulo daño a las cepas	Menor compactación del terreno Menor mano de obra Poco daño a cepas del cultivo	
Corte y alza mecánicos	Este método puede aumentar el porcentaje de impurezas en la cosecha además de compactación y daño en las cepas por acción de la cosechadora, sin embargo, es el método más rápido y económico	Casi nula mano de obra	Mayor compactación del terreno Alto daño a cepas del cultivo

Fuente: Adecuado de Pérez (2018).

Manejo postcosecha

Generalmente después de la cosecha, la caña de azúcar es tapada con las mismas hojas para evitar una exposición directa al sol y de este modo se mantengan las cualidades de calidad hasta que llegue al lugar donde será procesada (Zambrano, 2019). Sin embargo, durante la manipulación y procesamiento en los ingenios azucareros, existen otros factores que pueden deteriorar la calidad de la planta, siendo las condiciones climáticas, el desfase entre cosecha y molienda, la variedad sembrada, ataques de plagas o enfermedades, los que pueden generar pérdidas de hasta el 30% del total de sacarosa sintetizada por el cultivo. Ante esta problemática se han generado

investigaciones que buscan alargar la vida postcosecha del cultivo con el uso de tratamientos químicos, sin embargo, aún falta realizar más investigación para probar su efectividad (Varucha *et al.*, 2020).

Consideraciones finales

Los rendimientos del cultivo de caña de azúcar se ven afectados directamente por la interacción, magnitud e intensidad de las variables físicas y económicas propias de cada terreno y zona de siembra (Pérez, 2018); siendo el factor humano el que cobra mayor importancia, pues este puede influir de manera beneficiosa o perjudicial sobre la productividad, calidad y cantidad de producción dependiendo de los recursos, aditamentos y principalmente el manejo agronómico aplicado al cultivo (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b). El aumento en los rendimientos de campo, producción de azúcar y reducción de pérdidas se pueden lograr aplicando técnicas y manejos agronómicos que incluyan la rotación de cultivos, manejo integrado de plagas y enfermedades, así como la adopción de herramientas biotecnológicas que prometen desarrollar en los próximos años variedades con un deterioro postcosecha lento y alta resistencia a estrés biótico/abiótico (Singh *et al.*, 2019). Dentro del manejo agronómico, el riego y la fertilización toman un papel importante, pues de ser adaptados a las necesidades de cada etapa de desarrollo del cultivo y a los resultados derivados del análisis de suelos se puede lograr un aumento en la calidad y cantidad de la cosecha (CONADESUCA y SAGARPA, 2015a).

Los avances en la tecnología actualmente están catalogados como herramientas con el potencial de resolver los principales problemas relacionados con productividad y pérdidas en el cultivo de caña de azúcar. En México ante la disminución en el rendimiento de las variedades comerciales más utilizadas durante muchos años, se han desarrollado híbridos con un alto potencial productivo y nivel de sacarosa tales como ATEMEX 99-48, COLMEX 95-27 y ATEMEX 99-1 demostrando un buen potencial para uso comercial (García *et al.*, 2017). Así mismo, en años recientes se han desarrollado estudios sobre micropropagación *in vitro* de las variedades ITV 9214-1424, Laica 82-2220 y Q28-2 a partir de meristemas apicales provenientes de plantas progenitoras con 6 meses de edad, obteniendo buenos resultados de supervivencia de las plantas

y presentado este método como una alternativa para las plantaciones futuras de caña de azúcar (Rangel *et al.*, 2016). Por su parte el Centro de Investigación y Desarrollo de Caña de Azúcar (CIDCA), en agosto del presente año ha dado a conocer algunos de los avances biotecnológicos relacionados con el cultivo y ha impulsado programas de desarrollo de nuevas variedades híbridas de alta productividad con el objetivo de acercarlas a los productores mexicanos para garantizar un cultivo más productivo, rentable y sustentable (Inforural, 2021b). Cabe destacar que estos avances son fruto de muchos años de investigación, pues el proceso para desarrollar una nueva variedad puede tomar hasta 12 años (CONAESUCA y SAGARPA, 2016b).

Otra de las tecnologías que están tomando mayor importancia cada vez, principalmente en zonas tecnificadas, es la agricultura de precisión, la cual brinda la posibilidad de conocer de manera muy precisa las condiciones de riego, siendo este factor el que supone mayores pérdidas en el cultivo (Unión nacional de cañeros A.C., 2019), fertilidad, detección de plagas, etc. para implementar las correcciones y adecuaciones al cultivo y se logre una productividad óptima. En un estudio realizado por Zenteno *et al.* (2017) se demostró que además con estas tecnologías se puede estimar el rendimiento, desarrollo y calidad del cultivo con base en la recolección y análisis de datos como el índice de vegetación de diferencias normalizadas (NDVI), índice de estrés de humedad (MSI) y evapotranspiración (ETc), obtenidos mediante tecnología satelital (Arkgeek, 2019).

Por otro lado, también se han desarrollado estudios con resultados positivos en la producción de caña de azúcar con la implementación de un manejo orgánico del cultivo, mostrando una buena rentabilidad al compararlo con el manejo convencional (Ibarra *et al.*, 2018). Un ejemplo de esto son los biofertilizantes, los cuales se fabrican a base de microorganismos benéficos, que al ser aplicados al cultivo pueden desarrollar una relación simbiótica, favoreciendo el aumento en el suministro, disponibilidad y acceso a nutrientes (CONADESUCA y SAGARPA, 2015b) pudiendo obtener rendimientos de hasta 200 toneladas por hectárea en el primer año de aplicación y 150 en el segundo (CONADESUCA, 2020).

La implementación de alternativas orgánicas además contribuye a la disminución del uso de agroquímicos, los cuales tienden a ser usados en manera desmedida,

provocando problemas de degradación del medio ambiente y daños a la salud. Por esta razón en cualquier sistema productivo se deben adoptar buenas prácticas en el manejo y uso de agroquímicos (SADER, 2019a) para garantizar la producción esperada sin dejar de lado el ser amigable con el medio ambiente, fauna, trabajadores y consumidor final (CENGICAÑA, 2017).

Referencias

- Agro Krebs. (2021). *Morfología de la caña*. facebook.com. Recuperado 18 de agosto de 2021, de <https://sw-ke.facebook.com/agrokrebs/photos/a.565875290563594/1116741682143616/?type=3&theater>
- Agropetroleros. (2015). *Así se prepara la tierra para la siembra de este rubro dulce*. agropetroleros.wordpress.com. Recuperado 15 de noviembre de 2021, de <https://agropetroleros.wordpress.com/2015/11/26/preparacion-de-la-tierra-para-la-siembra-de-cana-de-azucar/>
- Aguilera Rivera, N., Algara Siller, M. y Olvera Vargas, L. A. (2015). *Gestión del agua como factor limitante de productividad cañera en México*. redalyc.org. Recuperado 4 de septiembre de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/300/30041118008.pdf>
- Ángel Restrepo, J. G. (2016). *Técnicas y Métodos de Siembra de la Caña de Azúcar*. [Video] youtube.com. <https://youtu.be/OHQAgH0vkUU>
- Arcgeek. (2019). *Lista de índices espectrales en Sentinel 2 y Landsat*. acolita.com. Recuperado 28 de agosto de 2021, de <https://acolita.com/lista-de-indices-espectrales-en-sentinel-2-y-landsat/>
- Bermúdez Guzmán, M. J. (2016). *Enfermedades ocasionadas por la roya café (Puccinia melanocephala) y la roya naranja (Puccinia kuehnii) de la caña de azúcar en México*. researchgate.com. Recuperado 1 de noviembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/294428089_ENFERMEDADES_OCACIONADAS_POR_LA_ROYA_CAFE_Puccinia_melanocephala_Y

LA ROYA NARANJA *Puccinia kuehnii* DE LA CANA DE AZUCAR
EN MEXICO

Bermúdez Guzmán, M. J., Delgado Virgen, F. J., Fernández Preciado, J. F., García Preciado, J. C. y Farías Cervantes, V. S. (2018). *Detection of Sugarcane mosaic virus (SCMV) in Saccharum spp. in Mexico and phylogenetic origin of one isolate from Jalisco*. scielo.org. Recuperado 12 de agosto de 2021, de <https://www.smf.org.mx/rmf/Vol3612018/RMF1709-2.pdf>

CABI. (2019). *Chilo infuscatellus (yellow top borer of sugarcane)*. cabi.org. Recuperado 9 de noviembre de 2021, de <https://www.cabi.org/isc/datasheet/18767>

Camarena Ramos, J., y Romero Márquez, M. A. (2017). *Elaboración de plántulas a partir de yemas de caña de azúcar*. atamexico.com. Recuperado 4 de octubre de 2021, de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/8.-VARIEDADES-Y-ENTOMOLOG%C3%8DA.pdf>

Carrera Pacheco, D. (2016). *“Afectación a la calidad del jugo de la caña de azúcar causado por Sigmodon toltecus (Rodentia: Muridae), en la región cañera central de Veracruz, México”*. cidigital.uv. Recuperado 22 de octubre de 2021, de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50343/CarreraPachecoD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CEDRSSA. (2019). *Determinación del precio de la caña de azúcar al productor*. gov.mx. Recuperado 15 de octubre de 2021, de

http://www.cedrssa.gob.mx/post_determinacinin_del_n-precio_n-de_la_n-can-a_de_azn-car_n-al_productor.htm

CENGICAÑA. (2017). *Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar*. cengicana.org. Recuperado 16 de octubre de 2021, de <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

CENGICAÑA. (2018). *Guía para la identificación de enfermedades de la caña de azúcar*. cengicana.com. Recuperado 9 de noviembre de 2021, de <https://cengicana.org/files/20180323162522444.pdf>

CENICAÑA. (2015a). *Riego por aspersion*. cenicaña.com. Recuperado 2 de septiembre de 2021, de <https://www.cenicana.org/riego-por-aspersion/>

CENICAÑA. (2015b). *Riego por surcos*. cenicaña.com. Recuperado 24 de junio de 2021, de <https://www.cenicana.org/riego-por-surcos/>

CENICAÑA. (2017). *Manejo de las poblaciones del salivazo Aeneolamia varia*. cenicaña.com. Recuperado 18 de noviembre de 2021, de <https://www.cenicana.org/manejo-de-las-poblaciones-del-salivazo-aeneolamia-varia/>

CONADESUCA y SAGARPA. (2015a). *Boletín técnico informativo octubre 2015 “Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes”*. gob.mx. Recuperado 5 de septiembre de 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114366/Boletin_Tecnico_Informativo_Octubre_2015.pdf

CONADESUCA y SAGARPA. (2015b). *Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)*. gob.mx. Recuperado 25 de octubre

de 2021 de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica_Ca%C3%B1a_de_Az%C3%BAcar.pdf

CONADESUCA y SAGARPA. (2015c). *“Nutrición del cultivo de caña de azúcar y uso eficiente de fertilizantes”*. gob.mx. Recuperado 9 de octubre de 2021, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114366/Boletin_Tecnico_Informativo_Octubre_2015.pdf

CONADESUCA y SAGARPA. (2016a). *Variedades con mejores rendimientos de las zonas cañeras en México*. gob.mx. Recuperado 25 de noviembre de 2021, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114367/Nota_Informativa_Febrero_2016_Variedades_con_Mejores_Rendimientos_de_las_Zonas_Ca%C3%B1eras_en_M%C3%A9xico.pdf

CONADESUCA y SAGARPA. (2016b). *Reducción del consumo de agua en los procesos productivos del ingenio*. gob.mx. Recuperado 21 de octubre de 2021, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114364/Boletin_Tecnico_Informativo_Abril_2016_Reducci%C3%B3n_del_consumo_de_agua_en_los_pr%C3%B3cesos_productivos_del_ingenio.pdf

CONADESUCA y SAGARPA. (2017). *Identificación de paquetes tecnológicos para el cultivo de caña de azúcar en las regiones cañeras de México*. gob.mx. Recuperado 10 de octubre de 2021, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/351202/Paquete_Tecnologico_vFinal_1_.pdf

CONADESUCA. (2019). *Implementación de una herramienta informática de agricultura específica por sitio (AEPS) para el cálculo balance hídrico priorizado en el cultivo de caña de azúcar*. gob.mx. Recuperado 18 de septiembre de 2021, de <https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/siica/Consulta/verDoc.aspx?num=1259>

CONADESUCA. (2020). *El uso de biofertilizantes a base de bacterias y hongos para elevar la producción de la caña de azúcar (artículo)*. gob.mx. Recuperado 14 de septiembre de 2021, de <https://www.gob.mx/conadesuca/prensa/el-uso-de-biofertilizantes-a-base-de-bacterias-y-hongos-para-elevar-la-produccion-de-la-cana-de-azucar-articulo>

CONADESUCA. (2021). *Reporte de comercio exterior*. gob.mx. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/676332/Reporte_comercio_exterior_al_30septiembre2021.pdf

CONAGUA. (2017). *El agua virtual y la huella hídrica*. conagua. gob.mx. Recuperado 19 de octubre de 2021, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Infograf%C3%ADa%20Huella%20H%C3%ADdrica.pdf>

Dancé Caballero, J. J., y Sáenz Yaya, D. F. (2016). *La cosecha de caña de azúcar: impacto económico, social y ambiental*. usmp.edu. Recuperado 25 de noviembre de 2021, de

<https://www.usmp.edu.pe/contabilidadyeconomia/images/pdf/investigacion/cosecha.pdf>

Delgado Padrón, J., Pérez Pérez, J. M., Aday Díaz, O. C., Casas González, M., Casero Rodríguez, T., Pardo Mora, L. y Echeverría, M. O. (2018). *Distribución del raquitismo de los retoños (Leifsonia xyli subsp. xyli) en caña de azúcar en Cuba*. scielo.org. Recuperado 17 de noviembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000100002

Duarte Álvarez, O. J., y Gonzales Villalba, J. D. (2019). *Guía técnica, cultivo de caña de azúcar*. jica.go. Recuperado 29 de octubre de 2021, de https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gk-e-att/gt_01.pdf

Earth Observing System. (2021). *Manejo Integrado De Malezas: Soluciones Y Prácticas*. eos.com. Recuperado 1 de febrero de 2021, de <https://eos.com/es/blog/manejo-de-malezas/>

EPPO. (2018). *Leifsonia xyli subsp. Xyli (CLABXY)*. eppo.int. Recuperado 13 de septiembre de 2021, de <https://gd.eppo.int/taxon/CLABXY>

Fontana, P. D. (2018). *Caracterización de Acidovorax avenae en el agroecosistema caña de azúcar Estudios moleculares y análisis de secuencias relacionadas con la respuesta a estría roja en genotipos diferenciales*. inta.gob. Recuperado 19 de octubre de 2021, de https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/4203/1/NTA_CRTucuman-

[Santiago EEAfamaila Fontana PD Caracterizaci%C3%B3n de Acido vorax avenae.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

García Preciado, P. C., Álvarez Cilva, M., Cervantes Preciado, J. F., Guzmán Martínez, M. y Bermúdez Guzmán, M. J. (2017). 105. *AGROPRODUCTIVIDAD Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 11, noviembre. 2017. pp: 105–111. Evaluación de variables de calidad en híbridos de saccharum spp. en diferentes ambientes agroecológicos de jalisco, México.* Agroproductividad. Recuperado 4 de octubre de 2021, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwje9p3M7rL0AhWfmWoFHbHXBIQ4ChAWegQICBAB&url=http%3A%2F%2Frevista-agroproductividad.org%2Findex.php%2Fagroproductividad%2Farticle%2Fdownload%2F55%2F51%2F86&usg=AOvVaw00brhREs6n5gfRIMly8gRu>

Gómez Merino, F. C., Trejo Téllez, L. I., Salazar Ortiz, J., Pérez Sato, J. A., Santies Herrera, H. E., Bello Bello, J. J. y Aguilar Rivera, N. (2017). *Papel artesanal de paja de caña de azúcar (sacharum officinarum).* Agroproductividad, 10(11), 7–10. https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AP-10-11-2017_ISSN-e.pdf

Hernández Mendoza, T. M. y Galvis Spinola, A. (2017). *Productividad de la caña de azúcar por régimen hídrico y uso de fertilizantes en suelos someros.* interciencia.net. Recuperado 3 de octubre de 2021, de https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/08/218-5856-HERNANDEZ-42_4.pdf

Hernández Pérez, J. M., Landeros Sánchez, C., Platas Rosado, D. E., Martínez Dávila, J. P., Nokolskii Gavrilov, I. y López Romero, G. (2017). *Valoración de la evapotranspiración real estimada y rendimiento de caña de azúcar en Veracruz, México*. Scielo.org. Recuperado 29 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000501013

Hincapié Gómez, E., Carbonell G., J. A., y Chica G., H. A. (2017). *Determinación de la evapotranspiración y de los coeficientes del cultivo de la caña de azúcar mediante lisímetros de pesaje*. ataamexico.com. Recuperado 9 de agosto de 2021, de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/4-FISIOLOG%C3%8DA-2016.pdf>

IAGRIC. (2019). *Propuesta de implemento para la preparación localizada del suelo con doble hilera para caña de azúcar*. revistas.unah.edu. Recuperado 10 de noviembre de 2021, de <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1047>

Ibarra González, C. V., Mancilla Villa, O. R., Guevara Gutiérrez, R. D., Hernández Vargas, O., Palomera García, C., Can Chulim, A., Huerta Olage, J. J., Ortega Escobar, H. M., Olguín López, J. L. y Paz González, J. (2018). *Rentabilidad de la caña de azúcar con manejo orgánico y convencional*. scielo.cl. Recuperado 1 de noviembre de 2021, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292018000300005&lang=pt

IDARD. (2017). *Caña de Azúcar*. idard.org. Recuperado 18 de julio de 2017, de <https://idard.org.do/catalogo/cana-de-azucar/>

- InfoAgronomo. (2021). *¿Cuánto y porque ha subido el precio de la urea?* infoagronomo.net. Recuperado 29 de noviembre de 2021, de <https://infoagronomo.net/cuanto-y-porque-ha-subido-el-precio-de-la-urea/>
- Inforural. (2021a). *La sequía redujo tiempo de molienda.* inforural.com. Recuperado 6 de agosto de 2021, de <https://www.inforural.com.mx/la-sequia-redujo-tiempo-de-molienda/>
- Inforural. (2021b). *Impulsa Agricultura variedades mejoradas de caña de azúcar, más productivas y resistentes a plagas.* inforural.com. Recuperado 19 de noviembre de 2021, de <https://www.inforural.com.mx/impulsa-agricultura-variedades-mejoradas-de-cana-de-azucar-mas-productivas-y-resistentes-a-plagas/>
- Inforural. (2021c). *Mosca pinta arrasó con más de mil hectáreas de caña de azúcar en Quintana Roo.* inforural.com. Recuperado 5 de noviembre de 2021, de <http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/3/03-cana-azucar/contexto-3.html>
- INIFAP. (2013). *Tecnología para el cultivo de la caña de azúcar en riego en el estado de San Luis Potosí 2013.* gob.mx. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/83.pdf>
- INIFAP. (2019). *Medidas de adaptación de la caña de azúcar ante el cambio climático.* gob.mx. Recuperado 17 de julio de 2021, de <https://www.gob.mx/inifap/prensa/medidas-de-adaptacion-de-la-cana-de-azucar-ante-el-cambio-climatico?idiom=es>
- Innovación agrícola. (2016). *Ficha técnica ethephon.* innovación agricola.com. Recuperado 22 de septiembre de 2021, de

<http://innovacionagricola.com/wp-content/uploads/2016/05/FICHA-TECNICA-ETHEPHON.pdf>

INTAGRI. (2015). *Sistema de Riego por Goteo*. intagri.com. Recuperado 26 de julio de 2021, de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>

INTAGRI. (2016a). *Manejo integrado de la gallina ciega*. intagri.com. Recuperado 21 de septiembre de 2021, de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-la-gallina-ciega>

INTAGRI. (2016b). *Manejo integrado de plagas y enfermedades de la caña de azúcar*. intagri.com. Recuperado 28 de julio de 2021, de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-la-cania>

Isuagcenter. (2020). *Saccharosydne saccharivora, The West Indian Canefly (Hemiptera: Delphacidae)*. isuagcenter.com. Recuperado 6 de julio de 2021, de <https://www.isuagcenter.com/profiles/bneely/articles/page1590007205535>

JAIN. (2019). *Caña de azúcar*. naandanjain.com. Recuperado 1 de octubre de 2021, de https://naandanjain.com/wp-content/uploads/2019/04/NDJ_SugerCane_booklet_span_021013F.pdf

Jia Ju, L., Er Qi, H., Wen Qing, B., Jian Cheng, C., Sheng Sen, Q. y San Gi, G. (2021). *Comparative genomics reveals insights into genetic variability and molecular evolution among sugarcane yellow leaf virus populations*.

nature.com. Recuperado 20 de agosto de 2021, de <https://www.nature.com/articles/s41598-021-86472-z>

JICA. (2019). *Guía técnica cultivo de caña de azúcar*. jica.go. Recuperado 8 de septiembre de 2021, de https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gk_e-att/gt_01.pdf

López Bustamante, J. F. (2015). *La caña de azúcar (saccharum officinarum) para la producción de panela. caso: nordeste del departamento de antioquia*. unad.edu. Recuperado 20 de noviembre de 2021, de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/id/5313/1042996781.pdf;jsessionid=B47B0E9D117AEE1093289FF7DAAB4DE1.jvm1>

Lopez-Vazquez, J.J. (2018). *Evaluación a la escaldadura (Xanthomonas albilineans (Ashby) Dowson) de la hoja de variedades de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. agroproductividad.com. Recuperado 17 de septiembre de 2021, de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/734>

Marín Rodríguez, J. A., & Valderruten Vanderhuck, M. (2017). *aps en caña de azúcar para zonas inundables en el estado de tabasco - México (fps in sugar cane for flood areas in the state of tabasco – México)*. atamexico.com. Recuperado 7 de diciembre de 2021, de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/2.-SUELOS.pdf>

Martínez Baldeón, Y. Y. y Valdivieso Guerra, P. A. (2017). *“Comercialización del jugo de caña de azúcar y su aporte al desarrollo comercial del sitio San*

Carlos del Cantón Jipijapa". unesum.edu. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/886/1/UNESUM-ECU-COMEXT-2017-06.pdf>

Martínez, M. (2020). En el 2020, factores climáticos reducirían en 10% producción de azúcar. *el economista*.

<https://www.eleconomista.com.mx/empresas/En-el-2020-factores-climaticos-reducirian-en-10-produccion-de-azucar-20200105-0053.html>

Mercado Azúcar. (2019). *Honduras | Se Posiciona Utilizando Tecnología De Riego Por Goteo En Caña De Azúcar*. mercadoazucar.com. Recuperado

24 de noviembre de 2021, de <https://mercadoazucar.com/honduras-se-posiciona-utilizando-tecnologia-de-riego-por-goteo-en-cana-de-azucar/>

Mercado azúcar. (2020). *La cachaza de caña es un gran fertilizante para el campo*. mercadoazucar.com. Recuperado 27 de septiembre de 2021, de

<https://mercadoazucar.com/la-cachaza-de-cana-es-un-gran-fertilizante-para-el-campo/>

Milanés Ramos, N., Real Garrido, C. J., Tinoco Camarillo, J., Herrera Solano, A.,

Castillo Moran, A. y Rodríguez Lagunés, D. A. (2017). *Efectos del trinexapac–etil (moddus® 250 ce) en la maduración del cultivo de la caña de azúcar, ciclo resoca de temporal en el ingenio central motzorongo, s. a. de c. v. Veracruz*. ataamexico.com. Recuperado 29 de agosto de 2021,

de <https://www.ataamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/4.->

[AGRICULTURA-CA%C3%91ERA.pdf](#)

Morales Morales, E. J., Rubí Arriaga, M., López Sandoval, J. A., Martínez Campos, A. R. y Morales Rosales, E. J. (2021). *Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales*. scielo.org. Recuperado 24 de noviembre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000801875&script=sci_arttext

Naranjo Landero, S., Obrador Olán, J. J., García López, E., Valdez Balero, A. y Domínguez Rodríguez, V. I. (2020). *Arvenses en un suelo cultivado con caña de azúcar con fertilización mineral y abono verde*. scielo.org. Recuperado 8 de septiembre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682020000200119

NETAFIM. (2021a). *¿Por qué el riego por goteo es una tecnología innovadora?*. netafim.com. Recuperado 12 de septiembre de 2021, de <https://www.netafim.com.mx/blog/porque-el-riego-opor-goteo-es-una-tecnologia-novedosa/>

NETAFIM. (2021b). *Incrementa tus rendimientos de caña con el riego por goteo*. netafim.com. Recuperado 17 de agosto de 2021, de <https://www.netafim.com.mx/cultivos/cana-de-azucar/>

Ortiz Laurel, H., Salgado García, S., y Aranda Ibáñez, E. M. (2017). *Efectividad de la recuperación de residuos de cosecha de la caña de azúcar con equipo mecánico*. atamexico.com. Recuperado 12 de octubre de 2021, de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/6.-EDAFOLOG%C3%8DA-Y-FERTILIZACI%C3%93N.pdf>

Pantaleón P., G. (2018). *Situación actual de las plagas y enfermedades de la caña de azúcar en México*. ataamexico.com. Recuperado 8 de noviembre de 2021, de <http://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2018/03/PONENCIA-SENASICA-02.pdf>

Pérez Cordero, C. R., ITTA, y FNA. (2019). *Anotaciones biotecnológicas de Mocis Latipes (Guenee) en el cultivo de Arroz en Colombia*. engormix.com. Recuperado 27 de agosto de 2021, de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/ anotaciones-bioecologicas-mocis-latipes-t43228.htm>

Pérez Villanueva, E. Y. (2018). *Características Generales del Cultivo de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.) en el estado de Morelos*. uaaan.mx. Recuperado 16 de septiembre de 2021, de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45432/K%2065554%20P%C3%A9rez%20Villanueva%2C%20Elver%20Yared.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Plant Protection. (2021). *Efficacy of different insecticides against sugarcane whitefly (aleurolobus barodensis mask)*. esciencepress.com. Recuperado 12 de noviembre de 2021, de <https://esciencepress.net/journals/index.php/PP/article/view/3697>

Portal frutícola. (2016). *¿Qué es el coeficiente de cultivo (Kc) en riego? Valores por especie*. portalfruticola.com. Recuperado 18 de septiembre de 2021, de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/08/14/que-es-le-coeficiente-de-cultivo-kc-en-riego-valores-por-especie/>

Raffino, M. E. (2020). *Agricultura*. <https://www.concepto.de/agricultura/>

Ramírez Mora, E., Pérez Vázquez, A., Landeros Sánchez, C., Martínez Dávila, J. P., Villanueva Jiménez, J. A., & Lagunés Espinosa, L. (2018). *Uso histórico de plaguicidas en caña de azúcar del DR035 La Antigua, Veracruz*. redalyc.org. Recuperado 6 de octubre de 2021, de <https://www.redalyc.org/journal/416/41657172007/41657172007.pdf>

Rangel Estrada, S. E., Hernández Meneses, E., & Hernández Arenas, M. (2016). *micropropagación de variedades de caña de azúcar cultivadas en México*. redalyc.org. Recuperado 9 de diciembre de 2021, de <https://www.redalyc.org/journal/610/61046936006/html/>

Rasche Alvares, J. W., Cabral Autunez, C. C., Muller, E. A., Laerson Drescher, G. y Souza De Silva, L. (2016). *Fertilización fosfatada y encalado y su efecto sobre el desarrollo, productividad y ataque del barrenador en caña de azúcar*. scielo.cu. Recuperado 28 de septiembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852016000100005

Rodríguez Lagunes, D. A. (2016). *Manejo integrado de plagas y enfermedades de la caña de azúcar*. Intagri.com <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-la-cana>

SADER. (2018). *La caña de azúcar y su importancia para la industria azucarera*. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/nayarit/articulos/la-cana-de-azucar-y-su-importancia-para-la-industria-azucarera?idiom=es>

SADER. (2019a). *Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo*. gob.mx. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/MANUAL_PAR_A_EL_BUEN_USO_Y_MANEJO_DE_PLAGUICIDAS_EN_CAMPO.pdf

SADER. (2019b). *Etapas del cultivo de caña*. gob.mx.

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/etapas-del-cultivo-de-cana>

SADER. (2021a). *Caña de azúcar un cultivo de importancia para-México*. gob.mx. Recuperado 18 de octubre de 2021, de

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cana-de-azucar-un-cultivo-de-importancia-para-mexico?idiom=es>

SADER. (2021b). *Da a conocer Agricultura el precio de referencia del azúcar base estándar para efectos del pago de la caña zafra 2020–2021*. gob.mx.

Recuperado 13 de noviembre de 2021, de

<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/da-a-conocer-agricultura-el-precio-de-referencia-del-azucar-base-estandar-para-efectos-del-pago-de-la-cana-zafra-2020-2021>

SAGARPA y FAO. (2019). México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. crmds.gob. Recuperado 21 de octubre de 2021, de

<https://www.cmdrs.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-cambio-climatico.pdf>

SAGARPA. (2015a). *Ficha Técnica del cultivo de Caña de Azúcar*. nutriciondebovinos.com. Recuperado 5 de julio de 2021, de

http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%9ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA.pdf

SAGARPA. (2015b). *Estudio del cultivo de la caña de azúcar para fomentar la productividad y competitividad del sector agroalimentario y rural en su conjunto. (Colima - Jalisco)*. gob.mx. Recuperado 14 de noviembre de 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/347523/Ca_a_Detallado.pdf

SAGARPA. (2017). *Planeación agrícola nacional 2017–2030*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255627/Planeacion_Agricola_Nacional_2017-2030- parte_uno.pdf

Salgado García, S., Castelán Estrada, M., Méndez Adorno, J. M., Lagunés Espinosa, L. C., Córdoba Sánchez, S. y Mendoza Hernández, R. (2017). *Suspensión del riego durante el sazonado de la caña de azúcar cultivada en el ingenio pujiltic de Chiapas, México*. ataamexico.com. Recuperado 2 de noviembre de 2021, de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/1.CAMPO-III.pdf>

Sela, G. (2020). *Manejo de riego en caña de azúcar*. cropaia.com. Recuperado 16 de noviembre de 2021, de <https://cropaia.com/es/blog/riego-cana-de-azucar/>

SEMARNAT. (2015). *RESIDUOS*. gob.mx. Recuperado 14 de diciembre de 2021, de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap7.html>

SEMINIS. (2018). *El gran potencial de la industria agrícola mexicana*. Seminis.mx. <https://www.seminis.mx/el-gran-potencial-de-la-industria-agricola->

[mexicana/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Secretaria,cerca%20del%2010%25%20del%20PIB.](#)

SIAP. (2018). *La producción de caña de azúcar supera las 55 millones de toneladas en 2018*. gob.mx. Recuperado 15 de julio de 2021, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-produccion-de-cana-de-azucar-supera-las-55-millones-de-toneladas-en-2018>

SIAP. (2020). *Azúcar que endulza mi vida*. SIAPrendes. Recuperado 15 de octubre de 2021, de <http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/3/03-cana-azucar/contexto-3.html>

Singh, P., Singh, S. N., Tiwari, A. K., Kumar Pathak, S., Singh, A. K., Srivastava, S. y Mohan, N. (2019). *Integration of sugarcane production technologies for enhanced cane and sugar productivity targeting to increase farmers' income: strategies and prospects*. springer.com. Recuperado 5 de noviembre de 2021, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-019-1568-0>

Terrero Mateos, W., Castellanos Gonzales, L., & Vicet Muro, L. (2020). *Potencialidades alelopáticas del residual paja de la caña de azúcar (saccharum spp., hybrid) para el manejo de arvenses*. unipamplona.edu. Recuperado 21 de noviembre de 2021, de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiKqLLJx7_0AhW4kWoFHVfOCPA4ChAWegQIAxAB&url=http%3A%2F%2Frevistas.unipamplona.edu.co%2Fojs_viceinves%2Findex.php%2FRA%2Farticle%2Fdownload%2F3995%2F2435&usq=AOvVaw2vO01E2bxnka8_EgbEXVD5

- Unión nacional de cañeros A.C. (2019). *Prolongada sequía pone en riesgo zonas productoras de caña en México*. caneros.org. Recuperado 29 de octubre de 2021, de <http://caneros.org.mx/prolongada-sequia-pone-en-riesgo-zonas-productoras-de-cana-en-mexico/>
- Varucha Misra, A., Solomon, B., Abeer Hashem, C. D., Elsayed Fathi, A. A., al Arjani, A. F., Mall, A. K., Prajapati, C. P., & Israil Ansari, M. (2020). *Minimization of post-harvest sucrose losses in drought affected sugarcane using chemical formulation*. nih.gov. Recuperado 21 de septiembre de 2021, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6933229/>
- Vásquez Condado, J. J. (2017). *Efecto del clima en la producción de caña y azúcar en central progreso*. atamexico.com. Recuperado 14 de octubre de 2021, de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/5.-AGRICULTURA-CA%C3%91ERA.pdf>
- Vásquez Condado, J. J., y Rodríguez Utrera, D. N. (2017). *Comportamiento agroindustrial de las variedades de caña de azúcar (saccharum spp) y estrategias de cosecha en central progreso*. atamexico.com. Recuperado 4 de noviembre de 2021, de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/7-VARIEDADES-2016.pdf>
- Vera Espinosa, J., Carrillo Ávila, J., Flores Cáceres, S., Arreola Enríquez, J., Osnaya Gonzales, M., & Castillo Aguilar, C. (2016). *Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (saccharum spp.)*. agroproductividad.org. Recuperado 10 de julio de 2021, de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/730/597/1340>

- Yañez, A. (2019). *Todo lo que hay que saber del fósforo en los cultivos agrícolas*. zoerberac.com. Recuperado 17 de octubre de 2021, de <https://zoerberac.com/todo-lo-que-hay-que-saber-del-fosforo-en-los-cultivos-agricolas/>
- YARA. (2021). *Incrementar el rendimiento de caña de azúcar*. Yara knowledge grows. Recuperado 22 de octubre de 2021, de <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/incrementar-el-rendimiento-de-cana-de-azucar/>
- Zafranet. (2021). *La importancia de la caña de azúcar en México*. Recuperado 13 de octubre de 2021, de <https://www.zafranet.com/la-importancia-de-la-cana-de-azucar-en-mexico/>
- Zambrano, P. (2019). *Caña de Azúcar*. Agrotendencia.tv. Recuperado 7 de julio de 2021, de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>
- Zenteno Cruz, G. A., Palacios Veles, E., Tijerina Chávez, L. y Flores Magdaleno, H. (2017). *Aplicación de tecnologías de percepción remota para la estimación del rendimiento en caña de azúcar*. scielo.org. Recuperado 13 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000701575
- Zerega Méndez, L. O. (2017). *Labranza del cultivo de la caña de azúcar*. engormix.com. Recuperado 22 de noviembre de 2021, de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/labranza-cultivo-cana-azucar-t41259.htm>

Zúñiga Oviedo, M. A., y Soto Giraldo, A. (2018). *Control microbiológico de diatraea saccharalis fabricius (lepidoptera: crambidae) en caña panelera a nivel de campo*. scielo.org. Recuperado 5 de diciembre de 2021, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682018000200033