

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CAÑA DE AZÚCAR

Juan Patishtan Pérez
Zeferino Vicente Hernández
César Gustavo Ostos Treviño
Marciano Hernández Vázquez
Itzel Alexandra Mar Baltazar



Centro de Investigación Regional Noreste
Campo Experimental Las Huastecas
Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas
Diciembre 2024
Folleto Técnico Núm. 43
E-ISBN: 978-607-37-1743-4



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

inifap
Instituto Nacional de Investigaciónes
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

DR. JULIO ANTONIO BERDEGUÉ SACRISTÁN
Secretario Agricultura y Desarrollo Rural

LIC. LEONEL EFRAÍN COTA MONTAÑO
Subsecretario de Agricultura y Desarrollo Rural

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DR. LUIS ÁNGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE
Encargado del Despacho de los Asuntos de la Dirección General
del INIFAP

DR. EFRAÍN CRUZ CRUZ
Encargado del Despacho de los Asuntos Correspondientes a la
Coordinación de Investigación, Innovación y Vinculación

DR. LUIS ORTEGA REYES
Coordinador de Planeación y Desarrollo

LIC. JOSÉ HUMBERTO CORONA MERCADO
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORESTE

ING. FLORENCIO ANTONIO GONZÁLEZ DE LA FUENTE
Director Regional

DR. HILARIO FLORES GALLARDO
Director de Investigación

C. P. A. JOSÉ CRUZ GONZÁLEZ FLORES
Director de Administración

CAMPO EXPERIMENTAL LAS HUASTECAS

DR. REINALDO MÉNDEZ AGUILAR
Jefe de Campo

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CAÑA DE AZÚCAR

Dr. Juan Patishtan Pérez
Investigador del Programa de Fertilidad de Suelos y
Nutrición Vegetal
Campo Experimental Las Huastecas

M. C. Zeferino Vicente Hernández
Prestadores de Servicios Profesionales en el
Campo Experimental Las Huastecas

Ing. César Gustavo Ostos Treviño
Prestadores de Servicios Profesionales: Asociaciones de
Productores de Caña de Azúcar CNC y CNPR, Xicoténcatl,
Tamaulipas

M. C. Marciano Hernández Vázquez
Prestadores de Servicios Profesionales: Asociaciones de
Productores de Caña de Azúcar CNC y CNPR, Xicoténcatl,
Tamaulipas

Ing. Itzel Alexandra Mar Baltazar
Prestadores de Servicios Profesionales en el
Campo Experimental Las Huastecas

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias
Centro de Investigación Regional Noreste
Campo Experimental Las Huastecas
Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas, México
Diciembre de 2024

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán, C. P. 04010 Ciudad de México.
Teléfono (55) 3871-8700

Folleto Técnico

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CAÑA DE AZÚCAR

E-ISBN: 978-607-37-1743-4

Primera Edición 2024

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Hecho en México.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	1
CONDICIONES AMBIENTALES	4
Periodos de producción de plántulas.....	4
INFRAESTRUCTURA ESENCIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS	5
SIEMBRA DE YEMAS INDIVIDUALES DE CAÑA DE AZÚCAR	6
Edad óptima de la semilla y estimación de yemas por hectárea.....	6
Optimización y tratamiento de semillas de caña de azúcar.....	8
Siembra y germinación de yemas de caña de azúcar.....	10
Porcentaje de germinación de semilla.....	12
Tipos de contenedores para la producción de plántulas de caña de azúcar.....	14
Tipos de sustrato para la producción de plántulas	17
Identificación y etiquetado para variedades.....	19
MANEJO AGRONÓMICO DE PLÁNTULAS EN INVERNADERO	20
Ajuste de pH y conductividad eléctrica del agua de riego.....	20
Fertilización química: nitrógeno, fósforo y potasio	22
BIOFERTILIZANTES EN LA NUTRICIÓN DE PLÁNTULAS	24
Fitorreguladores de crecimiento: raíz y área foliar.	24
Poda y trasplante de plántulas de caña de azúcar	27
MANEJO AGRONÓMICO EN CAMPO ABIERTO	28
Preparación de suelo.....	28
Marco de plantación y procedimiento de trasplante de plántulas.....	29
Sesiones de riego para plántulas de caña de azúcar.....	31
Fertilización química de plántulas de caña de azúcar.....	32
Fertilización química de plántulas de caña de azúcar.....	33
Control de maleza en caña de azúcar.....	34
Control químico de plagas y enfermedades en la producción de plántulas de caña de azúcar.....	36

Manejo de plagas y enfermedades en campo.....	37
PERSPECTIVAS FUTURAS EN LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE CAÑA DE AZÚCAR: HACIA UN ENFOQUE REGENERATIVO.....	40
CONCLUSIONES.....	47
LITERATURA CITADA.....	49
AGRADECIMIENTOS.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
1	Variación mensual de número de yemas de caña de azúcar.....	6
2	Semillero y semilla de la variedad ColMex 94-8....	7
3	Corte transversal de tallos con una guillotina manual e hidratación de yemas de caña de azúcar.....	9
4	Acomodo de posición en la siembra y germinación de yemas de caña de azúcar.....	11
5	Semilla de la variedad ColMex 94-8 y vigor de plántulas.....	13
6	Producción de plántulas de caña de azúcar a partir de yemas individuales.....	15
7	Cepellón de caña de azúcar con raíces primarios y secundarios.....	16
8	Biomasa de plántulas de la variedad ColMex 94-8 en diferentes contenedores.....	16
9	Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de caña de azúcar.....	18
10	Biomasa de plántulas de la variedad ColMex 94-8 en diferentes sustratos.....	18
11	Etiquetado de grupos de plántulas y charolas forestales para la identificación y control de genotipos.....	19
12	Mediciones de pH y CE de agua de riego antes y después de agregar fertilizantes urea, MAP y KSO ₄	20
13	Riegos en plántulas de caña de azúcar en charolas forestales.....	21
14	Biomasa aérea de plántulas a los 30 DDS bajo diferentes niveles de urea, MAP y KSO ₄	23
15	Longitud de tallos de caña de azúcar a los 30 DDS bajo diferentes niveles de urea, MAP y KSO ₄	23
16	Biomasa fresca radicular y aéreo de plántulas de caña de azúcar ColMex 94-8 en diferentes tratamientos.....	25
17	Asociación entre la biomasa radicular y biomasa aérea en plántulas de caña de azúcar ColMex 94-8.....	26

18	Poda de plántulas de caña de azúcar, y plántulas listas para trasplante.....	27
19	Preparación del suelo, subsuelo, rastra, cruza y bordeo.....	28
20	Trasplante de plántulas de caña de azúcar a 0.7 m en surcos sencillos a 1.4 m.....	30
21	Riego rodado aplicado en plántulas de caña de azúcar trasplantadas en surcos sencillos.....	31
22	Fertilización de plántulas de caña de azúcar.....	32
23	Labor de cultivo-mecánico en caña de azúcar.....	33
24	Manejo de población para maleza de hoja angosta y ancha.....	34
25	Muestreo de barrenador de tallos en caña de azúcar.....	38
26	Aplicación de insecticidas y fungicidas en parcelas de semilleros de caña de azúcar en forma manual y dron T30.....	39
27	Cultivos asociados en caña de azúcar.....	42
28	Fitohormonas y microorganismos benéficos en caña de azúcar.....	44
29	<i>Clitoria ternatea</i> y <i>Crotalaria juncea</i> como abonos verdes.....	45
30	Materia fresca de caña de azúcar.....	46

INTRODUCCIÓN

La producción eficiente de plántulas de caña de azúcar está influenciada por las etapas de desarrollo del semillero, variedades diversas, condiciones ambientales y la infraestructura disponible. Dentro de las condiciones ambientales, la radiación solar es un factor determinante, ya que la germinación y el desarrollo vegetativo de la caña están estrechamente correlacionados con la intensidad y duración de la radiación fotosintéticamente activa. En la producción de plántulas, las temperaturas óptimas varían desde los 25 °C hasta los 32 °C. En el noreste de México, el periodo ideal para la producción de plántulas se inicia desde la tercera semana de febrero hasta la cuarta semana de octubre. Los meses de noviembre, diciembre y enero, no son apropiados para la producción de plántulas.

La infraestructura esencial recomendada incluye mesas de trabajo de 1.5 m de longitud, 1.0 m de ancho y 0.50 m de altura, capaces de acomodar 12 charolas con 600 plántulas. Las charolas forestales de 50 cavidades son recomendadas para su uso, ya que son eficientes en el uso de sustrato y generan cepellones de alta calidad. Además, se requiere una regadera manual y presurizada con un equipo de bombeo para mejorar la eficiencia de riego. Para una hectárea de plántulas, se necesita un contenedor de agua con capacidad mínima de 2500 litros, y sería recomendable considerar un invernadero en aquellas regiones donde las precipitaciones son recurrentes.

La semilla ideal para plántulas debe tener entre 8 y 10 meses de edad. El proceso de selección y tratamiento de semillas incluye el corte transversal de los tallos y la hidratación de las semillas en una solución nutritiva de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), junto con un enraizador con auxinas y citocinas. Las semillas se sumergen en esta solución durante 10 minutos para estimular el crecimiento de las raíces. Para la siembra, se recomienda que las yemas estén hacia arriba centralmente posicionadas en las charolas.

La germinación óptima de las yemas se logra con charolas estibadas y cubiertas con polietileno negro para mantener una temperatura de 25 a 30 °C y una humedad del sustrato del 70 %. Se han observado diferentes porcentajes de germinación según la parte del tallo de donde provienen las yemas: 55 % en el primer tercio, y entre 93 % y 100 % en el segundo y tercer tercio, respectivamente.

El riego y la fertilización son cruciales en el manejo agronómico de las plántulas. Por lo cual, se recomienda regar con una solución nutritiva desde la siembra, utilizando una mezcla de 0.75 g de urea (N-46), MAP (N-11, P-52) y KSO_4 por litro de agua. Durante los 30 días posteriores de crecimiento y desarrollo de las plántulas, se requieren 3.75 L de solución nutritiva por charola de 50 cavidades, y alrededor de 750 litros por hectárea para producir 10,150 plántulas efectivas. Además de esto, el uso de biofertilizantes como fitohormonas, micorrizas y consorcios de microorganismos benéficos mejora

significativamente la biomasa radicular y aérea de las plántulas.

La poda de las plántulas se realiza a los 30 días, antes del trasplante, para asegurar el vigor y facilitar el transporte. La preparación del suelo incluye prácticas como subsuelo, rastra cruzada y bordeado, con una distancia de plantación de 0.7 m entre plantas y 1.4 m entre surcos, requiriéndose aproximadamente 10,150 plantas por hectárea.

En términos de manejo en campo abierto, la aplicación de fertilizantes y control de malezas son esenciales, por lo que se emplean herbicidas y fertilizantes específicos, y se recomienda el uso de drones para la aplicación de productos químicos. El control de plagas y enfermedades en las plántulas incluye el uso de insecticidas, fungicidas y hongos entomopatógenos para prevenir y manejar infestaciones. En resumen, la producción exitosa de plántulas de caña de azúcar depende de una combinación de condiciones ambientales adecuadas, infraestructura eficiente y prácticas agronómicas precisas.

CONDICIONES AMBIENTALES

Periodos de producción de plántulas

La respuesta fisiológica de la caña de azúcar está directamente influenciada por la radiación solar, lo que significa que la germinación y el desarrollo vegetativo están notablemente correlacionados con la intensidad y duración de la irradiación. De modo que en condiciones de alta intensidad y prolongada exposición a la radiación solar promueven el desarrollo y la formación de macollos, mientras que un clima nublado y días de menor duración de luz solar afectan adversamente su crecimiento. Por consiguiente, cuando se extiende la duración del día entre 10 y 14 horas, se observa un aumento significativo en el crecimiento de la caña de azúcar (Duarte and Gonzalez, 2019).

De acuerdo con la experiencia y los estudios realizados, la producción de plántulas de caña de azúcar requiere temperaturas mínimas de 25 °C y máximas de 32 °C. En el caso de la región noreste de México, el periodo óptimo para la producción de plántulas abarca desde la tercera semana de febrero hasta la cuarta semana de octubre. Por lo tanto, durante el periodo, las condiciones ambientales permiten optimizar producción de plántulas de caña de azúcar.

INFRAESTRUCTURA ESENCIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

Para la producción de plántulas de caña de azúcar se requiere de infraestructura básica como mesas de trabajo de 1.5 m de longitud, 1.0 m de ancho y 0.50 m de altura. Estas dimensiones facilitan el manejo agronómico de las plantas sobre todo la altura, de modo que con estas características de la mesa se pueden acomodar 12 charolas de 50 cavidades que puede mantener 600 plántulas. Además, se necesita de una regadera que puede ser manual o presurizada, esto dependerá de la cantidad de plantas a producir para una producción mayor-igual a 2000 plántulas, se recomienda un equipo de bombeo de 0.5 caballos de fuerza con una manguera de 1/2" y boquilla presurizadora de gota fina. En el caso de aplicaciones de insecticidas y fungicidas, se requiere de un equipo de aspersión manual de 20 litros para facilitar estas actividades.

Para establecer una hectárea de plántulas, se requiere un contenedor de agua con capacidad mínima de 2500 litros. Cabe mencionar que si se dispone de un invernadero evitaría daño por plagas y lluvias en regiones con altas precipitaciones, sin embargo, se puede producir plántulas en intemperie.

SIEMBRA DE YEMAS INDIVIDUALES DE CAÑA DE AZÚCAR

Edad óptima de la semilla y estimación de yemas por hectárea

La semilla ideal para la producción de plántulas debe tener entre 8 y 10 meses de edad. No obstante, la literatura señala que la edad de la semilla puede variar entre 6 y 8 meses (Sarala, 2017; Salgado-García *et al.*, 2019). En la práctica, el rendimiento de yemas ha^{-1} se puede estimar utilizando la siguiente fórmula: Yemas de caña de azúcar $\text{ha}^{-1} = (\text{Tallos } \text{ha}^{-1} \times \text{Yemas tallo}^{-1}) \times 70 \% \text{ de eficiencia de germinación}$. Por ejemplo, en semilleros con semillas de 8 a 10 meses de edad, se pueden obtener entre 1.2 y 1.5 millones de yemas ha^{-1} (**Figura 1**). Un cálculo concreto sería: $1,223,586 \text{ yemas } \text{ha}^{-1} = (117,000 \text{ tallos } \text{ha}^{-1} \times 14.94 \text{ yemas tallo}^{-1}) \times 70 \% \text{ de eficiencia de germinación}$. Al dividir el total de $1,223,586 \text{ yemas } \text{ha}^{-1}$ entre $10,150 \text{ plantas } \text{ha}^{-1}$, se obtiene una capacidad para cubrir aproximadamente 120 hectáreas.

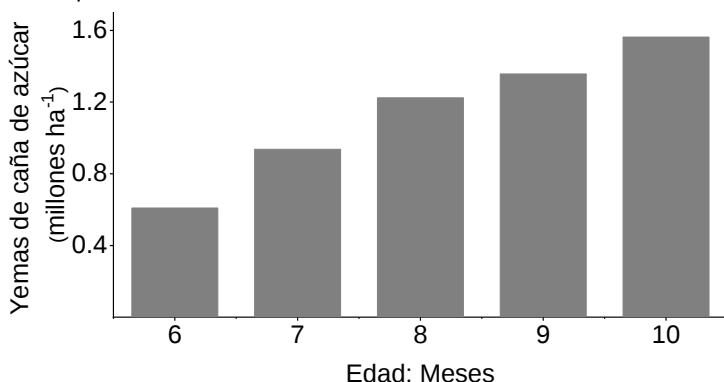


Figura 1. Variación mensual de número de yemas de caña de azúcar.

La semilla para producir plántulas de caña de azúcar, se sugiere obtenerla de un semillero que garantice la pureza varietal y que siga buenas prácticas agrícolas en cuanto a fertilización, riego, control de plagas y enfermedades (**Figura 2 A y B**).



Figura 2. Semillero (A) y semilla (B) de la variedad ColMex 94-8. **NOTA:** Fotografías tomadas a los 8 meses de edad. Esta variedad también es conocida como Mex 94-8.

Optimización y tratamiento de semillas de caña de azúcar

Los tallos seleccionados y despajados se trasladan al área de corte, donde se realiza el corte transversal con una guillotina manual (**Figura 3A**). Durante esta etapa, se lleva a cabo la selección de semillas que presenten yemas vigorosas, saludables y en estado de maduración intermedia, descartando aquellas que no cumplan con estos criterios. La semilla debe tener una longitud total aproximada de 2.5 cm como indica la literatura (Díaz-Sánchez, 2020). La semilla seleccionada se hidrata mediante una solución nutritiva que contiene nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) junto con un enraizador de auxinas y citocinas (**Figura 3B**).

La cantidad de fertilizantes se ajusta según el volumen de la solución nutritiva a preparar, por ejemplo, se prepara una mezcla de 0.75 g de urea, fosfato monoamónico (MAP) y sulfato de potasio (KSO_4), respectivamente, por litro de agua, añadiendo además 5 mL de enraizador. Las semillas se sumergen en esta solución durante 10 minutos.

El enraizador estimula el crecimiento de las raíces primarias, permitiendo la absorción de agua y nutrientes necesarios para el desarrollo de la plántula. Posteriormente, se observará el crecimiento de raíces secundarias en la base de la plántula que tendrán las funciones de formar el cepellón, absorber agua y nutrientes minerales.



Figura 3. Corte transversal de tallos con una guillotina manual (A) e hidratación de yemas de caña de azúcar (B).

Siembra y germinación de yemas de caña de azúcar

Para garantizar una germinación óptima y un acomodo adecuado de las yemas en las cavidades de las charolas, se aconseja que la yema esté posicionada centralmente-vertical, con un margen de un centímetro a cada lado de la yema (**Figura 4 A y B**). Posteriormente las charolas se estiban una sobre otra en grupos de 4 a 6 charolas (**Figura 4C**). Una vez agrupados, se cubren durante 5 y 7 días con polietileno negro, con la finalidad de proporcionar una temperatura de 25 °C a 30 °C y conservar la humedad del sustrato alrededor de 70 %.

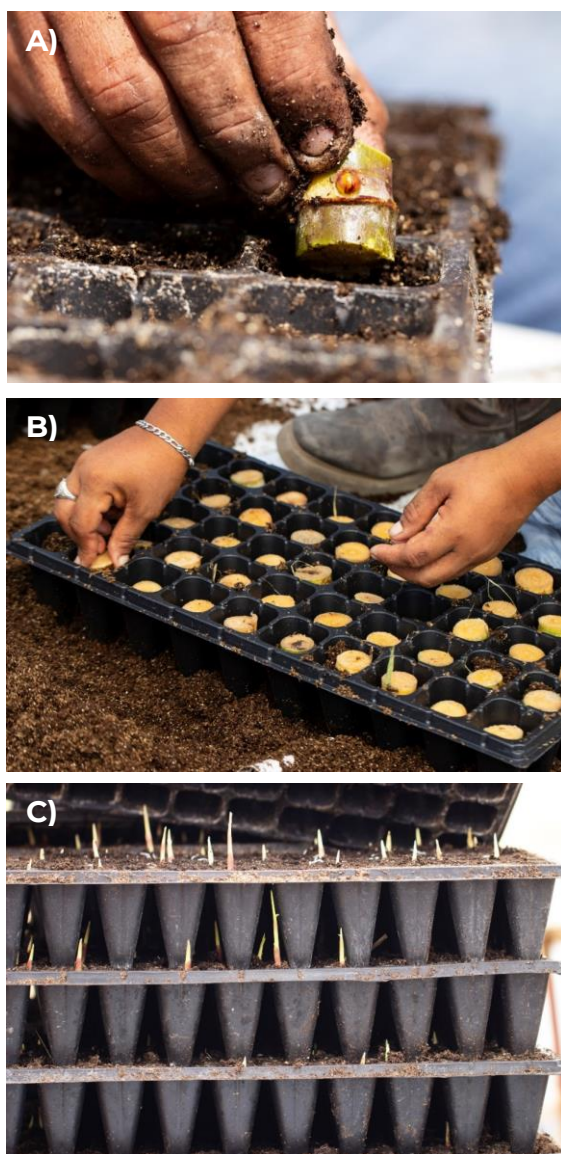


Figura 4. Acomodo de posición en la siembra (A y B) y germinación de yemas de caña de azúcar ©. **NOTA:** módulos de producción a través de charolas forestales de 50 cavidades.

Porcentaje de germinación de semilla

En un estudio, se cuantificó el porcentaje de germinación de yemas de plántulas en los tres tercios de los tallos de la variedad ColMex 94-8 a los 9 meses de edad (**Figura 5A**). En el primer tercio del tallo, se obtuvo un 55 % de germinación, mientras que en el segundo y tercer tercio la germinación fue del 93 % y 100 %, respectivamente. Este alto porcentaje de germinación en los tercios superiores está asociado a un mayor vigor de las plántulas (**Figura 5B**).

De acuerdo con investigaciones de García-Alejandro et al. (2019), los porcentajes de germinación en los tres tercios de las variedades COLPOSCTMEX fueron del 81 %, 87 % y 68 %, respectivamente. En contraste, la variedad Mex 69-290 mostró porcentajes de germinación de 62 %, 52 % y 43 % en los tres tercios del tallo. Los valores más altos de germinación probablemente estén relacionados con la maduración intermedia de las yemas.



Figura 5. Semilla de la variedad ColMex 94-8 (A) y vigor de plántulas (B). **NOTA:** Plántulas producidas del segundo y tercer tercio del tallo de cañas de azúcar a una edad de ocho meses.

Tipos de contenedores para la producción de plántulas de caña de azúcar

En algunos casos, la producción de plántulas es en camas de 0.5 m con líneas de riego por goteo en un invernadero. El método consiste en colocar yemas individuales de caña de azúcar sobre la superficie del suelo de uso agrícola. El número de hileras puede ser de 4 a 8 en las cuales se colocan cintillas de riego. Los riegos pueden ser durante la siembra y posteriormente regar cada tercer día. Este tipo de producción es económica, sin embargo, es para parcelas cercanas al área de producción debido que las raíces están expuestas a deshidratación por no llevar el cepellón como el caso de las plántulas producidas en charolas germinadoras (**Figura 6 A y B**).

Existen una variedad de contenedores de germinación que los productores utilizan según sus necesidades y preferencias. Entre los más comunes se encuentran las bolsas de polietileno negro, los vasos de unigel y las charolas forestales de polietileno con 50 cavidades (**Figura 6 C y D**). Según estimaciones, en un área de 1 m² se pueden acomodar 120 plántulas utilizando bolsas de polietileno de 0.5 kg, 169 plántulas con vasos de unigel número 12, y 323 plántulas en charolas de 50 cavidades. Por esta razón, se recomienda el uso de charolas forestales de 50 cavidades.

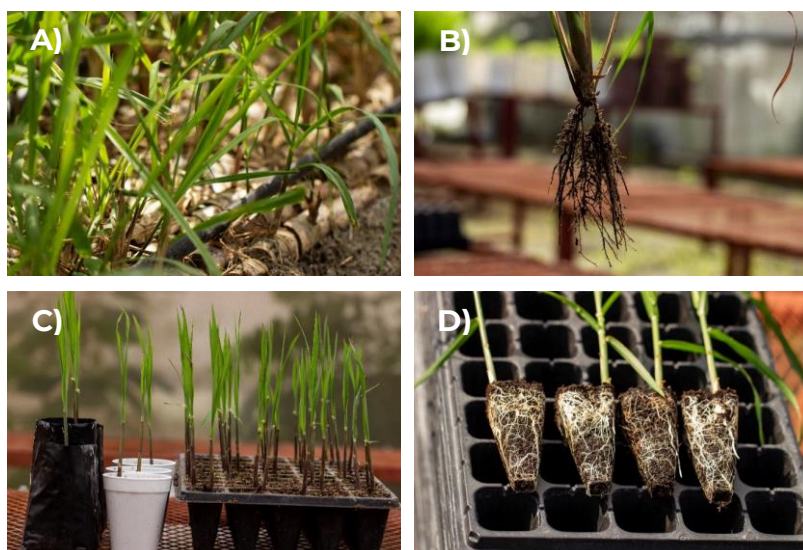


Figura 6. Producción de plántulas de caña de azúcar a partir de yemas individuales. **NOTA:** Plántulas producidas en camas dentro de un invernadero (AB), en bolsas de polietileno, vasos de unisel y charolas forestales de 50 cavidades (CD).

Por otra parte, una de las desventajas de usar contenedores como bolsas de polietileno de $\frac{1}{2}$ litro y vasos de unisel de 350 mL es su mayor demanda de sustrato en comparación con las charolas forestales de 50 cavidades de 60 centímetros cúbicos (cc), que requieren aproximadamente 65 g de sustrato por cavidad con una humedad cercana al 70 %. Es decir, es eficiente en sustrato de dos a cinco veces. Por otra parte, la producción de plántulas en charolas presenta la ventaja de generar cepellones de alta calidad. Debido a que las raíces son capaces de explorar eficientemente la porción reducida de sustrato disponible, lo que resulta en una formación compacta de cepellón con raíces robustas (**Figura 7**).



Figura 7. Cepellón de caña de azúcar con raíces primarios y secundarios. **NOTA:** Raíces de las plántulas a los 30 DDS.

Los resultados de investigaciones han demostrado que no hay diferencias significativas en el peso de las plántulas a los 30 días después de la siembra (DDS) entre los diferentes contenedores, siguiendo los métodos de riego y fertilización química descritos en este manuscrito (**Figura 8**). A los 30 días, las plántulas alcanzan un peso promedio de 8 g, lo cual es suficiente para ser trasplantadas a campo abierto.

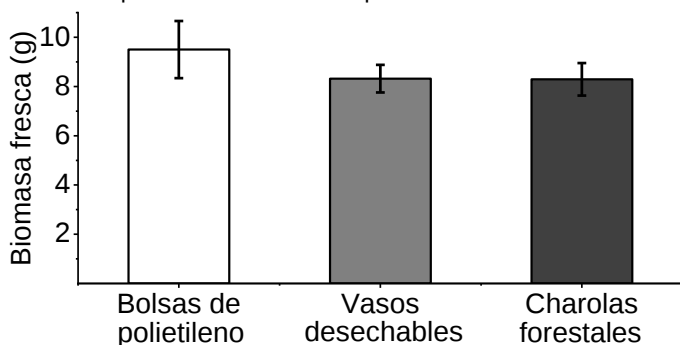


Figura 8. Biomasa de plántulas de la variedad ColMex 94-8 en diferentes contenedores. **NOTA:** Peso de las plántulas registrado a los 30 DDS.

Tipos de sustrato para la producción de plántulas

Los materiales utilizados como sustratos pueden ser diversos, desde arena, tierra agrícola, compost local hasta sustrato comercial. Esta diversidad permite a los productores ajustarse tanto a las condiciones específicas de su entorno como a las necesidades particulares de la caña de azúcar. Sin embargo, los sustratos extremadamente arcillosos o arenosos no son óptimos para la germinación y crecimiento de las plántulas. Además, el peso del sustrato a capacidad de campo varía; la arena y la tierra de uso agrícola tienen un peso aproximado de 7 kg por charola de 50 cavidades, mientras que el sustrato comercial y compost local tienen un peso entre 3.2 y 4.3 kg (**Figura 9**).

De acuerdo con evaluaciones, se encontró que los mejores sustratos son el compost local y sustrato comercial en comparación de arena y tierra agrícola arcillosa (**Figura 9**). La menor biomasa observada en las plantas en arena se puede atribuir a la retención inadecuada de agua, mientras que la biomasa reducida de las plántulas en tierra agrícola arcillosa puede ser asociada a una mala aireación.

Los pesos de las plántulas fueron mejores en compost local y sustrato comercial con una germinación entre 58 y 88 %, obteniendo un peso de plántulas entre 8 y 9 gramos de materia fresca a los 30 DDS (**Figura 10**).

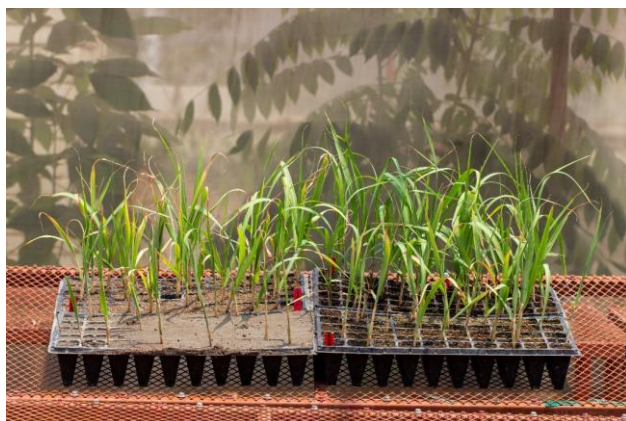


Figura 9. Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de caña de azúcar.

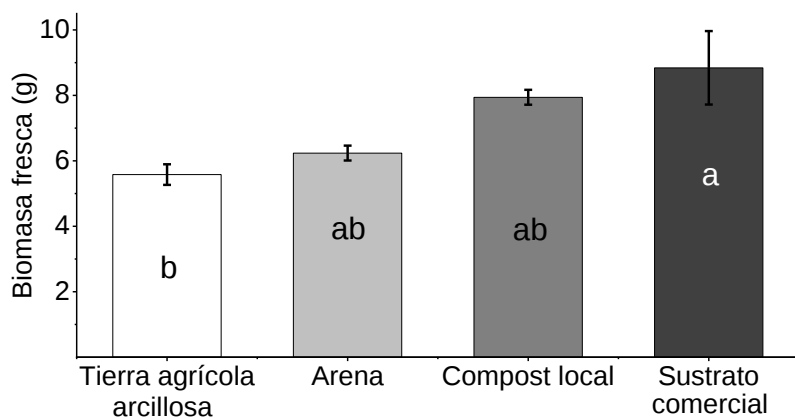


Figura 10. Biomasa de plántulas de la variedad ColMex 94-8 en diferentes sustratos. **NOTA:** Peso de las plántulas registrado a los 30 DDS. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de diferencia honestamente significativa (DHS) de Tukey, $P \leq 0.05$).

Identificación y etiquetado para variedades

Cuando se propaga diferentes variedades, es fundamental organizar las charolas forestales de manera sistemática para controlar eficazmente los genotipos. Por consiguiente, se sugiere usar etiquetas de plástico, las cuales deben ser rotuladas con marcador permanente. Las etiquetas pueden ser de 7 cm de longitud y 1.5 cm de ancho, y se utilizan para escribir el nombre o número de la variedad y la fecha de siembra. En la práctica, se pueden usar pastas para engargolar (**Figura 11**).



Figura 11. Etiquetado de grupos de plántulas y charolas forestales para la identificación y control de genotipos.

MANEJO AGRONÓMICO DE PLÁNTULAS EN INVERNADERO

En este apartado, se discute el manejo agronómico de la producción de plántulas en un periodo de 30 días. Sin embargo, se puede continuar con este manejo hasta los 60 DDS. Las prácticas consisten en riego, fertilización química y poda de hojas.

Ajuste de pH y conductividad eléctrica del agua de riego

En la región noreste de México, el pH del agua es aproximadamente de 7.5. Al aplicar 0.75 g de urea, MAP y KSO_4 en un litro de agua, el pH se reduce a 6.2, lo cual es adecuado para la disponibilidad de nutrientes NPK (**Figura 12**). En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), esta es aproximadamente de 0.52 deciSiemens por metro (dS/m).



Figura 12. Mediciones de pH y CE de agua de riego antes y después de agregar fertilizantes urea, MAP y KSO_4 .

La frecuencia de riego dependerá del tamaño de las plántulas y las condiciones ambientales. El primer riego se aplica a los 7 DDS, con un volumen aproximado de 0.5 litros por charola. Posteriormente, se recomienda regar diariamente con una cantidad de 400 a 600 mL por charola hasta los 30 DDS, lo que mantendrá la humedad del sustrato alrededor del 70 % (**Figura 13**). Sin embargo, si es necesario, se puede regar dos veces por día.



Figura 13. Riegos en plántulas de caña de azúcar en charolas forestales. **NOTA:** Medidor, Pulse-2C35, de conductividad eléctrica y % de humedad.

Fertilización química: nitrógeno, fósforo y potasio

En cuanto a la nutrición química, se recomienda regar con solución nutritiva desde la siembra. Para determinar la dosis óptima económica de NPK en las plántulas de caña de azúcar, se realizó investigación exponiendo varios conjuntos de plantas a diferentes concentraciones de urea, MAP y KSO_4 . Los resultados indicaron que una mezcla de 0.75 g de urea, MAP y KSO_4 es adecuada para la producción de plántulas.

Esta mezcla proporciona concentraciones de 427 ppm de N, 170 ppm de P, y 311 ppm K^+ en la solución nutritiva. La figura 14 ilustra el peso fresco de las plántulas de caña de azúcar a diferentes concentraciones de NPK muestreadas a los 30 DDS. La dosis fue aplicada 2 veces por semana con un volumen de 400 a 600 mL de solución de riego por charola.

Durante el periodo de producción de plántulas de 30 días, se requiere alrededor de 4 litros de solución nutritiva por charola. Considerando 213 charolas ha^{-1} con el 95 % de germinación de yemas, se pueden obtener 10,150 plántulas efectivas. Por lo tanto, se requiere 850 litros de solución nutritiva para producir la cantidad de plántulas por hectárea. Con este manejo nutricional de NPK, se obtiene una biomasa fresca entre 8 y 10 g (**Figura 14**) y longitud de tallos entre 13 y 14 cm (**Figura 15**). Con estas características, se puede manejar eficientemente para el transporte y trasplante.

Producción de plántulas de caña de azúcar

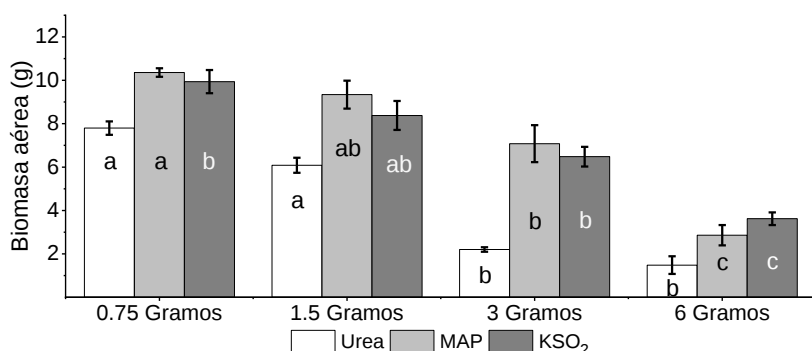


Figura 14. Biomasa aérea de plántulas a los 30 DDS bajo diferentes niveles de urea, MAP y KSO₄. **NOTA:** Peso de las plántulas registrado a los 30 DDS. Las plántulas no fueron podadas durante el periodo de evaluación. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba DHS de Tukey, $P \leq 0.05$).

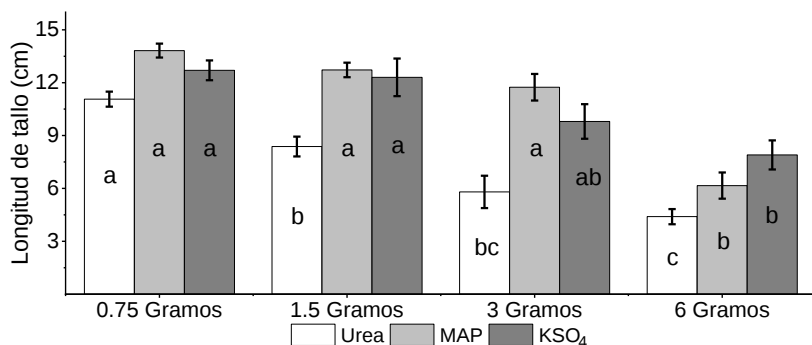


Figura 15. Longitud de tallos de caña de azúcar a los 30 DDS bajo diferentes niveles de urea, MAP y KSO₄. **NOTA:** La altura de las plántulas fue medida desde la superficie del sustrato hasta la base de la última hoja con la lígula desprendida. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba DHS de Tukey, $P \leq 0.05$).

BIOFERTILIZANTES EN LA NUTRICIÓN DE PLÁNTULAS

Fitorreguladores de crecimiento: raíz y área foliar

Los fitorreguladores pueden ser microorganismos benéficos, micronutrientes, fitohormonas y aminoácidos que pueden mejorar el crecimiento de las plántulas de caña de azúcar.

Esta sección presenta los resultados de investigaciones sobre el desarrollo de las plántulas bajo las siguientes condiciones: NPK (0.75 g de urea, MAP y KSO₄), aminoácidos (aminoácidos libres 58 % y bio-inductores de enraizamiento 1.9 %, fósforo 5 % y nitrógeno 9.8 %), fitohormonas (1200 ppm de auxinas y 45 ppm de citocinas), microorganismos benéficos tales como micorrizas (600,000 propágulos), *Trichoderma harzianum* a razón de 1×10^9 conidias por hectárea y consorcio de microbio benéfico que incluyen *Azotobacter vinelandii* ($\geq 300,000$ cfu/mL), *Clostridium pasteurianum* ($\geq 300,000$ cfu/mL), *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Lactobacter*, *Thermoactinomyces*, *Actinomyces*, *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus megaterium* y citoquininas extraídas de algas.

La biomasa radicular y aérea fueron significativamente diferente entre tratamientos. La biomasa radicular osciló entre 2.5 a 4.75 g. En tratamientos sin NPK, la biomasa radicular fue entre 9 y 44 %. Mientras que

combinando NPK y fitorreguladores, el incremento de biomasa radicular fue de 18 a 34 % (**Figura 16A**).

Por otra parte, la biomasa aérea incrementó entre 10 y 32 % aplicando puramente fitorreguladores de crecimiento. En combinación con NPK y fitorreguladores, la biomasa aérea aumentó entre 21 y 38 % (**Figura 16B**).

En condiciones sin NPK, los mejores fitorreguladores identificados fueron micorrizas, consorcio microbiano, fitohormonas y aminoácidos. Mientras que en condiciones con NPK en la solución nutritiva, los mejores fitorreguladores fueron identificados *Trichoderma* micorrizas, fitohormonas y consorcio microbiano. Además, se observó una asociación positiva entre la biomasa radicular y aérea (**Figura 17**).

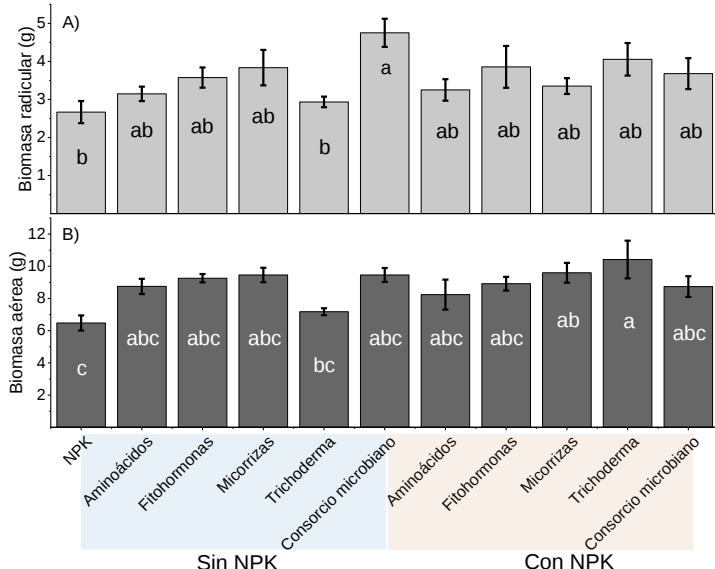


Figura 16. Biomasa fresca radicular (A) y aérea de plántulas (B) de caña de azúcar ColMex 94-8 en diferentes tratamientos.

NOTA: Peso radicular y aéreo de las plántulas registrado a los 30 DDS. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba DHS de Tukey, $P \leq 0.05$).

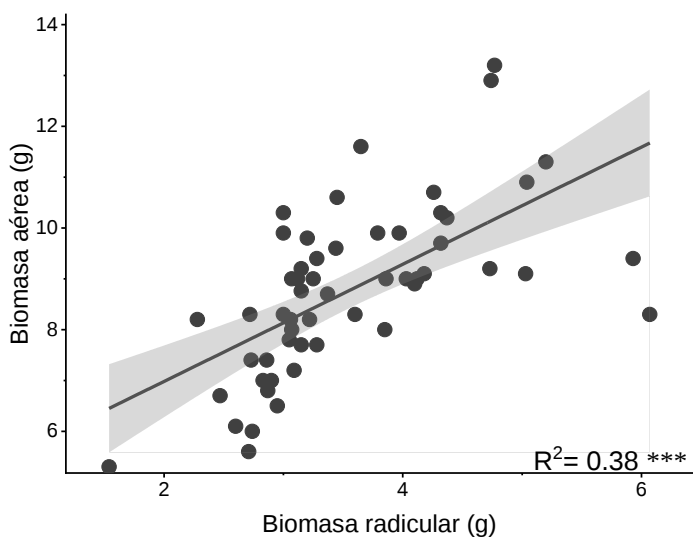


Figura 17. Asociación entre la biomasa radicular y biomasa aérea en plántulas de caña de azúcar ColMex 94-8.

Poda y trasplante de plántulas de caña de azúcar

La poda debe efectuarse a una altura cercana a 1 cm sobre la base de la última hoja con la lígula desprendida. Se recomienda realizar una poda a los 30 DDS a unos tres días antes del trasplante (**Figura 18A**). De acuerdo a investigaciones, la altura de las plántulas debe oscilar entre 35 cm (Elwakeel et al., 2024). Sin embargo, el módulo de producción del INIFAP-Noreste produce plántulas con una longitud de tallo entre 13 y 14 cm para obtener un buen vigor y mejor eficiencia de transporte y trasplante (**Figura 18 B**).

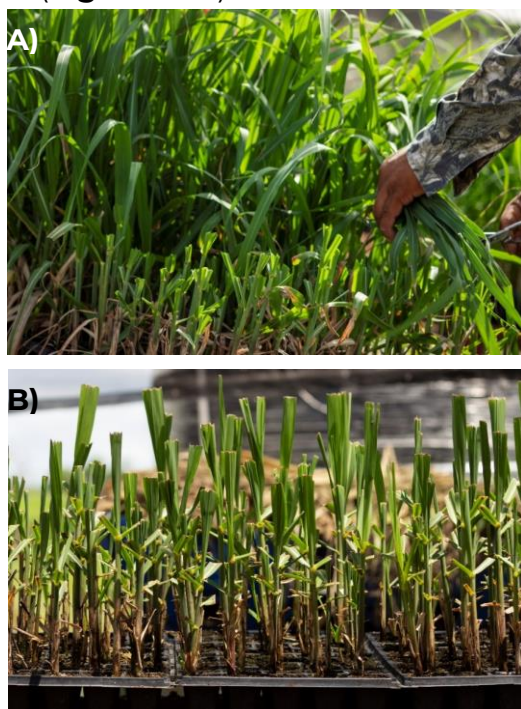


Figura 18. Poda de plántulas de caña de azúcar (A), y plántulas listas para trasplante (B). **NOTA:** Podas realizadas en las plántulas a los 30 DDS.

MANEJO AGRONÓMICO EN CAMPO ABIERTO

Preparación de suelo

En términos de preparación del suelo, se deben llevar a cabo una serie de prácticas que incluyan subsuelo, rastra, cruza y un bordeado a una separación entre surcos de 1.4 m. Estas prácticas de preparación de suelo se sugieren realizar dos meses antes del riego de trasplante o inicio de la temporada de lluvias.



Figura 19. Preparación del suelo, subsuelo (A), rastra, cruza (B) y bordeado (C).

Marco de plantación y procedimiento de trasplante de plántulas

Para asegurar un desarrollo óptimo de las cepas individuales y maximizar la cantidad de tallos molederos, es esencial seguir un esquema de plantación adecuado. Se recomienda una distancia de 0.7 m entre plantas en surcos sencillos, con una separación de 1.4 m entre surcos, esto implica disponer de 10,150 plantas ha⁻¹. Alternativamente, para sistemas de producción con fertirrigación, se puede optar por un marco de plantación con surcos tipo piña, donde la separación entre camas es de 2.0 m y entre hileras es de 0.5 m, lo que resulta en una densidad de 14,300 plantas ha⁻¹. Para optimizar la eficiencia del trasplante, se recomienda transportar las plantas, a una edad de 33 días, en taras de madera o plástico, e hidratarlas en agua con un enraizador a una dosis de 5 mL por litro. Adicionalmente, para prevenir enfermedades causadas por hongos en las raíces, las plántulas deben ser tratadas con Rodazim 500 SC (carbendazim) a una concentración de 1.5 mL por litro, y con Previcur (propamocarb) a 2 mL por litro. Tras el tratamiento, las plantas se distribuyen en los surcos a una distancia de 0.7 m.

Durante el trasplante, se realizan orificios individuales del tamaño aproximado del cepellón usando una estaca. Se introduce la plántula en la cavidad lo más pronto posible para evitar la pérdida de humedad. Luego, se cubre con tierra alrededor y se ejerce presión

para asegurar un contacto adecuado entre las raíces y las paredes de la excavación (**Figura 20**). Estas prácticas permiten alcanzar hasta un 99 % de eficiencia en la supervivencia y crecimiento de las plántulas.

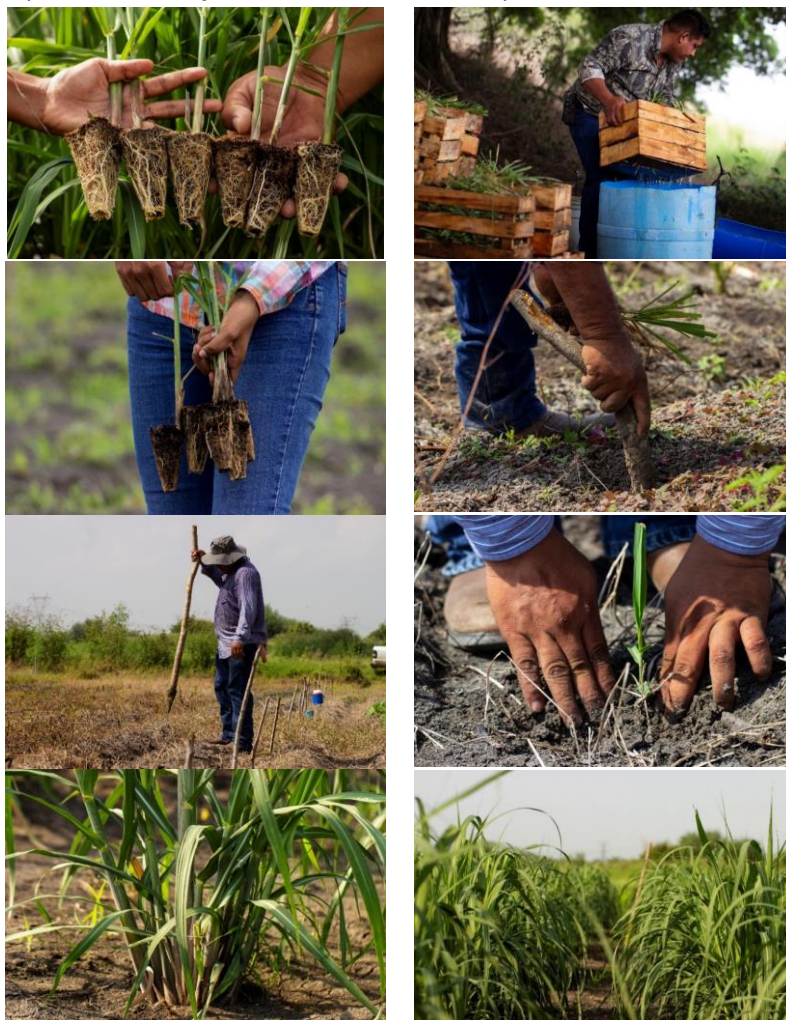


Figura 20. Trasplante de plántulas de caña de azúcar a 0.7 m en surcos sencillos a 1.4 m. **NOTA:** La humedad del suelo promedio registrada entre 52 y 68 %.

Sesiones de riego para plántulas de caña de azúcar

Para un sistema de riego rodado, se construyeron canales principales utilizando el implemento mariposa, a una profundidad entre 40 y 50 cm y con un ancho de 1.10 m. En los canales secundarios, se colocan lonas sostenidas por tres varas verticales de 1.5 m y una vara horizontal de 3.0 m. El propósito de las lonas es formar represas y regar un conjunto de surcos. El número de surcos a regar dependerá de la cantidad de agua que corren en canal de riego principal.

El número y la frecuencia de los riegos dependen de las condiciones ambientales. En la práctica, se puede obtener un rendimiento de alrededor de 150 t ha⁻¹ de semilla de buena calidad en una parcela establecida en noviembre, con cinco riegos: el primero tras la siembra y los siguientes a los 2, 4, 6 y 8 meses, coincidiendo con una estación de primavera y verano favorable con 500 mm de precipitación pluvial.



Figura 21. Riego rodado aplicado en plántulas de caña de azúcar trasplantadas en surcos sencillos.

Fertilización química de plántulas de caña de azúcar

En relación con la fertilización, se emplea 180 unidades de nitrógeno (N), 60 de fósforo (P) y cero de potasio (K^+) por hectárea. Se aplica el 60 % de nitrógeno y 100 % fósforo a 30 días después del trasplante. Coincidiendo con un anclaje adecuado de las raíces de las plántulas al suelo lo que permite también realizar el primer cultivo y la aplicación de los fertilizantes al mismo tiempo. Posteriormente, se realiza el riego rodado de auxilio y se aplica el 40 % restante del nitrógeno a los 45 días después del trasplante cuando el cultivo tiene una altura aproximada entre 40 y 50 cm. Es decir, que la fertilización se completa en dos sesiones (**Figura 22**).



Figura 22. Fertilización de plántulas de caña de azúcar.

Fertilización química de plántulas de caña de azúcar

A los 30 y 60 días después del trasplante (DDT), se recomienda realizar los cultivos-mecánicos para eliminar la maleza entre los surcos, aporcar las plántulas y preparar los entresurcos para aplicación eficiente de riegos (**Figura 23**). Estas labores, realizadas de manera mecánica, implican un consumo promedio alrededor de 10 litros de diésel ha^{-1} en cada sesión, dependiendo de la maquinaria utilizada y las condiciones del terreno.



Figura 23. Labor de cultivo-mecánico en caña de azúcar.
NOTA: La altura de variedad ColMex 94-8 a 60 días después del trasplante es de 60 a 70 cm.

Control de maleza en caña de azúcar

Antes del trasplante de las plántulas de caña de azúcar, es recomendable aplicar 2.5 l ha^{-1} de Faena que puede eliminar maleza de hoja ancha y angosta más alrededor de 30 g de urea por litro, el cual puede ser aplicado a través de un equipo de aspersión manual dron T30. Mientras que, a los 50 DDT, se sugiere aplicar el herbicida Gesapax Combi 80 PH (Ametrina + Atracina) a una dosis de 2.5 kg por hectárea disueltos en 250 litros de agua. Este herbicida es de contacto, residual y selectivo para el cultivo de caña, y se recomienda aplicarlo cuando las malezas alcancen una altura menor a 8 cm para asegurar un control efectivo (**Figura 24**).



Figura 24. Manejo de población para maleza de hoja angosta y ancha.

En los lotes se tuvo presencia de maleza de hoja ancha polocote (*Tithonia tubaeformis*), aceitilla (*Bidens pilosa* L), correhuela (*Convolvulus arvensis* L), quelite (*Amaranthus hybridus* L), malva (*Malva sylvestris* L), tomatillo (*Solanum nigrum*), chicalote (*Argemone mexicana*), golondrina (*Euphorbia indivisa*) y también de la presencia de malezas de hoja angosta, zacate Johnson (*Sorghum halapense* L), zacate grama (*Cynodon dactylon*), zacate de agua (*Echinochloa crus-galli*) y coquillo (*Cyperus rotundus*). Con el manejo realizado, se obtuvo un control del 80 a 90 % de las malezas presentes en las parcelas de semilleros a 60 días después de siembra.

Control químico de plagas y enfermedades en la producción de plántulas de caña de azúcar

El cultivo de caña de azúcar enfrenta diversas plagas que afectan significativamente los rendimientos, incluyendo plagas de raíz, tallo y hoja. En la región Huasteca, las plagas potenciales incluyen la rata de campo, la mosca pinta y el complejo de barrenadores del tallo.

Durante la producción de plántulas, se puede seleccionar manualmente la semilla sana y desinfectar en agua a 60 °C durante 10 minutos. Por otra parte, se puede tratar la semilla con insecticidas químicos u hongos entomopatógenos. Dependiendo de la sanidad de los tallos, la prevención y control de enfermedades fúngicas es esencial. En práctica, se realiza la aplicación de Rodazim 500 SC (carbendazim) a una concentración de 1.5 mL y Previcur (propamocarb) a 2 mL por litro de agua. En el desarrollo de las plántulas, la aplicación de fungicidas se realiza a la base de tallo (cepellón) de manera manual con una bomba aspersora. Mientras que para el control de plagas defoliadores se puede aplicar Cipermetrina (300 mL ha^{-1}), Clorpirifos (1.25 L ha^{-1}) e Imidacloprid (750 mL ha^{-1}) en 200 litros de agua, la aplicación es dirigido al follaje.

Manejo de plagas y enfermedades en campo

El complejo de barrenadores del tallo se integra por varias especies entre la que se encuentran *Diatraea saccharalis*, *Diatraea magnifactella* y *Eoreuma loftini* (Dyar), las cuales pueden llegar a ocasionar pérdidas de hasta un 50 % (Rodríguez-del-Bosque *et al.*, 1989; Rodríguez-del-Bosque and Vejar-Cota, 2008).

La intensidad de infestación se calcula utilizando la fórmula: Intensidad de infestación = ((Canutos dañados) / (Canutos totales)) x 100. En la práctica, el umbral para el control de barrenadores en caña de azúcar se establece cuando el 5 % de los entrenudos están barrenados. Otra metodología de monitoreo es la búsqueda de larvas externas, que consiste en inspeccionar cuidadosamente la presencia de larvas en el despaje de tallos. El umbral de acción para este método es la detección de 4 larvas en una muestra de 50 tallos (**Figura 25**).

Para prevenir y controlar la infestación del complejo de barrenadores en parcelas de semilleros, se aplica Coragen (clorantraniliprol) a una dosis de 100 mL por hectárea. También se puede inocular/aplicar control biológico mediante hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y la liberación de *Trichogramma*. La aplicación de los productos químicos para plagas y enfermedades se puede realizar mediante mochilas aspersores y drones T30 y T40 (**Figura 26**).

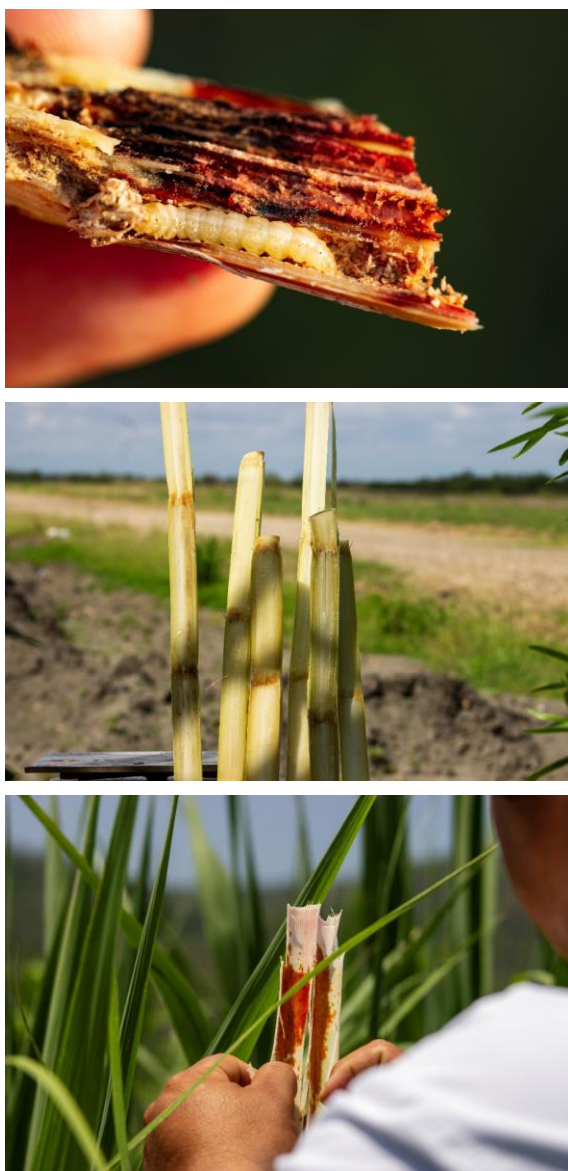


Figura 25. Muestreo de barrenador de tallos en caña de azúcar.



Figura 26. Aplicación de insecticidas y fungicidas en parcelas de semilleros de caña de azúcar en forma manual y dron T30.

PERSPECTIVAS FUTURAS EN LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE CAÑA DE AZÚCAR: HACIA UN ENFOQUE REGENERATIVO

La producción sostenible de caña de azúcar está evolucionando hacia prácticas más regenerativas que favorecen la salud del suelo y la biodiversidad. Una de las estrategias clave en este enfoque es la integración de cultivos asociados o abonos verdes, como se muestra en la **Figura 27**. Los abonos verdes proporcionan una serie de beneficios significativos, especialmente en sistemas de cultivo como la caña de azúcar.

Uno de los principales aportes de los abonos verdes es su capacidad para controlar eficazmente las malezas. Al generar una cobertura vegetal densa, inhiben el crecimiento de malezas indeseables, como el zacate Johnson. Especies como *Clitoria* y *Crotalaria* han demostrado ser particularmente eficaces en la supresión de estas malezas persistentes. Este control natural reduce la dependencia de herbicidas, facilitando un manejo más ecológico y sostenible de la parcela.

Otro beneficio notable de los abonos verdes es su contribución a la conservación de la humedad en el suelo. Al formar una capa vegetal sobre la superficie, disminuyen la evaporación, prolongando la retención de humedad. Este efecto es especialmente valioso en condiciones de sequía o en regiones con precipitaciones irregulares, optimizando el uso del agua y favoreciendo el desarrollo del cultivo principal.

Además, los abonos verdes aportan cantidades significativas de materia orgánica al suelo, mejorando su estructura, así como su capacidad para retener humedad y nutrientes. En estudios previos, se ha demostrado que estos cultivos pueden aportar hasta 20 toneladas de biomasa fresca ha^{-1} , incrementando la fertilidad del suelo y promoviendo la actividad microbiana. Este aporte es crucial para la regeneración de suelos degradados, contribuyendo a la sostenibilidad y productividad del suelo a largo plazo.

Un beneficio adicional es la fijación de nitrógeno atmosférico por parte de las leguminosas sembradas como abonos verdes. Este proceso reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos, promoviendo una nutrición más eficiente para el cultivo principal. Algunas leguminosas, como Canavalia y Crotalaria, también favorecen la disolución de fósforo y potasio, mejorando la disponibilidad de estos nutrientes esenciales.

En la práctica, la siembra de Clitoria se recomiendan de 25 a 30, Crotalaria entre 25 y 32, y Canavalia de 2 a 3 plantas por metro lineal, respectivamente. La siembra puede ser mecánico o manual a los 20-30 días después del trasplante.

En conjunto, los abonos verdes se constituyen como un componente esencial para la producción sostenible de caña de azúcar. Mejoran la fertilidad del suelo, reducen el uso de insumos químicos, protegen contra la erosión

y fomentan una agricultura más resiliente y regenerativa.

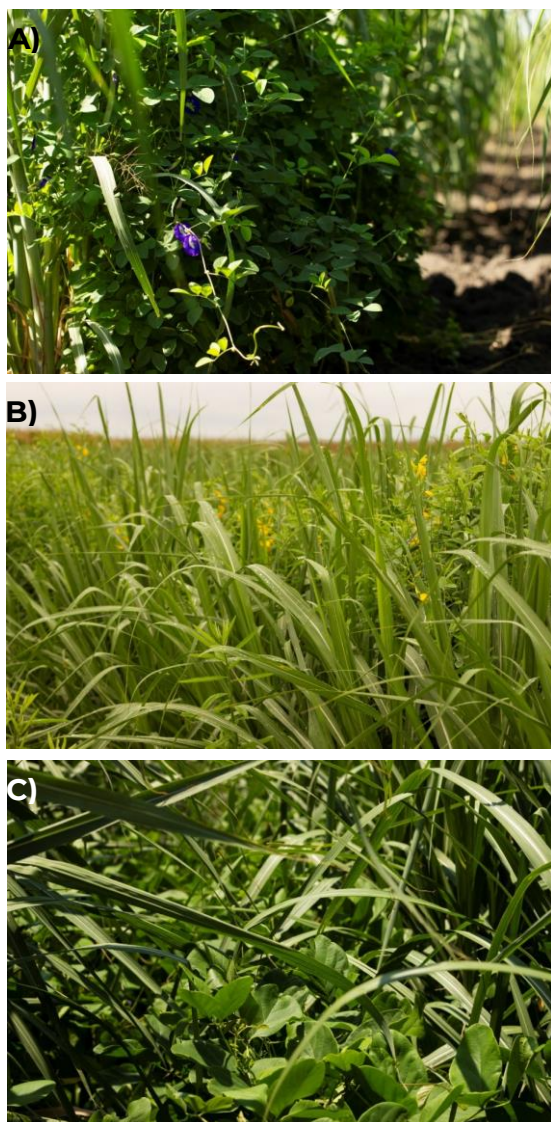


Figura 27. Cultivos asociados en caña de azúcar. **NOTA:** *Clitoria* (A), *Crotalaria* (B) y *Canavalia* (C) en asociación con caña de azúcar.

Los microorganismos en la caña de azúcar ofrecen varios beneficios, como reducir la necesidad de fertilizantes químicos. Rizobacterias como *Bacillus spp* y *Azospirillum spp* fijan nitrógeno y solubilizan fósforo y potasio, mejorando la disponibilidad de nutrientes para el cultivo y disminuyendo el uso de insumos químicos. Otro beneficio clave es el control biológico de plagas y enfermedades. Las rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPR, por sus siglas en inglés) no solo mejoran la nutrición, sino que también protegen a las plantas de patógenos mediante competencia y producción de compuestos antimicrobianos. El uso de rizobacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo y potasio, junto con microorganismos como *Tricoderma spp.* y *Micorrizas spp.*, favorece el desarrollo radicular (**Figura 28**) y la absorción eficiente de agua y nutrientes, mejorando la fertilidad del suelo. Finalmente, el uso de estos microorganismos promueve una agricultura más sostenible, reduciendo el impacto ambiental por el menor uso de fertilizantes químicos, y ayudando a conservar el ecosistema agrícola.



Figura 28. Fitohormonas y microorganismos benéficos en caña de azúcar. **NOTA:** Raíces de plántulas de caña de azúcar a los 30 DDS.

La rotación de cultivos juega un papel fundamental en la gestión sostenible de la producción de caña de azúcar. Alternar la caña de azúcar con otros cultivos como *Clitoria* y *Crotalaria* ayuda a prevenir el agotamiento de nutrientes del suelo (**Figura 29**), reducir la incidencia de plagas y enfermedades específicas, y mejorar la salud general del ecosistema agrícola. Esta práctica, combinada con la selección de variedades resistentes tanto a condiciones bióticas como abióticas,

fortalece la resiliencia de los cultivos frente a desafíos ambientales y biológicos.



Figura 29. *Clitoria ternatea* y *Crotalaria juncea* como abonos verdes.

Finalmente, la retención de residuos de cosecha y la adopción de prácticas de cobertura vegetal ayudan a conservar la humedad del suelo, mejorar su estructura y fomentar la biodiversidad. La combinación de estas prácticas regenerativas no solo aumenta la sostenibilidad de la producción de caña de azúcar, sino

que también contribuye a un sistema agrícola más resiliente y equilibrado a largo plazo.



Figura 30. Materia fresca de caña de azúcar.

CONCLUSIONES

La producción de plántulas de caña de azúcar en el noreste de México requiere considerar la selección de variedades a una edad entre 8 y 10 meses, las condiciones ambientales y la infraestructura adecuada. La radiación solar, las temperaturas óptimas y la duración del día son factores críticos que influyen significativamente en la germinación y el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar. Las temperaturas ideales para la producción de plántulas oscilan entre 25 °C y 32 °C, con un periodo óptimo de producción desde la tercera semana de febrero hasta la cuarta semana de octubre. Los meses de noviembre, diciembre y enero no son adecuados para la producción de plántulas.

La infraestructura esencial incluye mesas de trabajo adecuadas, sistemas de riego eficientes y, en algunas regiones, el uso de invernaderos para proteger las plántulas de las plagas y las inclemencias del tiempo. El uso de soluciones nutritivas adecuadas es fundamental para asegurar una germinación y un crecimiento exitoso.

La aplicación de prácticas agronómicas como el riego, la fertilización y el control de plagas y enfermedades, tanto durante la producción de plántulas como en campo abierto, es crucial para maximizar la eficiencia y la productividad. Por otra parte, el uso de biofertilizantes y fitorreguladores ha demostrado mejorar significativamente la biomasa radicular y aérea de las plántulas, contribuyendo a su vigor y a la eficiencia en el trasplante.

Las cifras y datos presentados en este estudio subrayan la importancia de un manejo preciso y detallado en cada etapa de la producción de plántulas de caña de azúcar. La combinación de variedades, condiciones ambientales adecuadas, infraestructura eficiente y prácticas agronómicas precisas garantiza una producción exitosa y sostenible, contribuyendo al desarrollo del sector agrícola en la región noreste de México.

LITERATURA CITADA

- Díaz-Sánchez, M. d. I. C. (2020). Producción de "Semilla" Yema Artificial en caña de azúcar (*Saccharum* spp. Híbrido). Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
- Duarte, O. & Gonzalez, J. (2019). Guía técnica cultivo de caña de azúcar. *San Lorenzo, Paraguay, se*.
- Elwakeel, A. E., Mohamed, S. M. A., Tantawy, A. A., Okasha, A. M., Elsayed, S., Elsherbiny, O., Farooque, A. A. & Yaseen, Z. M. (2024). Design, construction and field testing of a manually feeding semiautomatic sugarcane bud chipper. *Scientific Reports* 14(1): 5373.
- Rodriguez-del-Bosque, L., Smith Jr, J. & Browning, H. (1989). Exploration for parasites of sugarcane and corn stalkborers in the Huastecas area of Mexico, May 1985. *PR-Texas Agricultural Experiment Station (USA)*.
- Rodríguez-del-Bosque, L. & Vejar-Cota, G. (2008). Barrenadores del tallo (Lepidoptera: Crambidae) del maíz y caña de azúcar. *Casos de Control Biológico en México. Ed. Mundi-Prensa, México-España: 9-22*.
- Salgado-García, S., Álvarez-Sánchez, G. F., Palma-López, D. J., Lagunes-Espinoza, L. d. C. & Ortiz-Laurel, H. (2019). Germination of the artificial sugarcane seed (*Saccharum* spp.).
- Sarala, N. (2017). Influence of Planting Methods, Age of the Seedlings and Nutrient Management on Yield and Quality of Sugarcane raised from Bud Chip Seedlings in Sandy Loam Soils of Andhra

Pradesh. *International Journal of Clinical and Biological Sciences* 2(1): 44-49.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue financiada con recurso de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Proyecto: “GENERACIÓN, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO Y DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE VAINILLA” No. SIGI: 1423235529.

Comité Editorial del CIRNE

PRESIDENTE

Dr. Hilario Flores Gallardo

SECRETARIO TÉCNICO

Dra. Diana Yamilet Ávila Flores

VOCALES

Dra. Aracely Mena Echevarría

Dr. Macotulio Soto Hernández

Dr. Juan Patishtan Pérez

M. C. Moisés Ramírez Meraz

Dr. Jonathan Raúl Garay Martínez

M. C. María Teresa Rivera Lozano

M. A. Javier González Quintero

Revisión Técnica

Dr. Alejandro Moreno Reséndez

Edición

Comité Editorial CIRNE

Formación y diseño

Comité Editorial del CIRNE y Dr. Juan Patishtan Pérez

Imágenes y fotografía

Dr. Juan Patishtan Pérez

Código INIFAP

MX-0-251109-33-03-14-09-43

Publicación Electrónica disponible en
la biblioteca digital del INIFAP:

https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content
www.gob.mx/inifap



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

inifap
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
FAMILIAR, AGROPECUARIA Y FORESTAL

Centros de Investigación y Campos Experimentales del INIFAP



CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL

NOROESTE

- 1 Valle de Mexicali
- 2 Todos Santos
- 3 Costa de Hermosillo
- 4 Dr. Norman E. Borlaug
- 5 Valle del Fuerte
- 6 Valle de Culiacán

NORTE CENTRO

- 7 La Campana
- 8 Delicias
- 9 Valle del Guadiana
- 10 La Laguna
- 11 Zacatecas
- 12 Pabellón

NORESTE

- 13 Saltillo
- 14 Río Bravo
- 15 General Terán
- 16 Las Huastecas
- 17 San Luis

PACÍFICO CENTRO

- 18 Santiago Ixcuintla
- 19 Centro - Altos de Jalisco
- 20 Tecmán
- 21 Valle de Apatzingán
- 22 Uruapan

CENTRO

- 23 Bajío
- 24 Valle de México

PACÍFICO SUR

- 25 Zacatepec
- 26 Iguala
- 27 Valles Centrales de Oaxaca
- 28 Centro de Chiapas
- 29 Rosario Izapa

GOLFO CENTRO

- 30 San Martínito
- 31 Cotaxtla
- 32 La Posta
- 33 Ixtacuaco
- 34 El Palmar
- 35 Huimanguillo

SURESTE

- 36 Edzná
- 37 Mococho
- 38 Chetumal

● Sede de Centro de Investigación Regional

● Campo Experimental

● Oficinas Centrales

CENTROS NACIONALES DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA

- 39 AF (Agricultura Familiar)
- 40 SAI (Salud Animal e Inocuidad)
- 41 PyMA (Fisiología y Mejoramiento Animal)
- 42 RASPA (Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera)
- 43 COMEF (Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales)
- 44 CNRG (Centro Nacional de Recursos Genéticos)

DIRECTORIO

CAMPO EXPERIMENTAL LAS HUASTECAS

Dr. Reinaldo Méndez Aguilar
Jefe de Campo

Lic. Areli Elizabeth González Loredó
Jefe Administrativo

PERSONAL INVESTIGADOR

NOMBRE	PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN
Dr. Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico	Oleaginosas Anuales
M. C. Guillermo Ascencio Luciano	Oleaginosas Anuales
Dr. Ricardo Avilés Ruiz	Carne de Rumiantes
Dr. Oscar Guadalupe Barrón Bravo	Salud Animal
Dr. Cristóbal Ervi Bautista Pérez	Oleaginosas Anuales
Dr. Felipe Victoriano Moisés	Sanidad Forestal y Agrícola
Dr. Jonathan Raúl Garay Martínez	Pastizales y Cultivos Forrajeros
M. C. Julio César García Rodríguez	Oleaginosas Anuales
M. C. Nicolás Maldonado Moreno	Oleaginosas Anuales
Dr. Reinaldo Méndez Aguilar	Hortalizas
Dr. Juan Patishtan Pérez	Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal
M. C. Moisés Ramírez Meraz	Hortalizas
Dr. Juan Valadez Gutiérrez	Oleaginosas anuales
Dr. Lamberto Zúñiga Estrada	Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal



www.gob.mx/inifap

El periodo de producción de plántulas se extiende desde la tercera semana de febrero hasta la cuarta semana de octubre. Se recomienda utilizar charolas forestales de 50 cavidades, colocadas sobre una mesa en invernadero o al aire libre. La semilla seleccionada debe tener entre 8 y 10 meses de edad, con pureza varietal y sin problemas sanitarios. La semilla de caña de azúcar debe ser hidratada previamente con una solución nutritiva de NPK y enraizador. Posteriormente, las semillas de caña se colocan verticalmente en las cavidades. Las charolas se apilan en grupos de 4 a 6 unidades y se cubren con polietileno negro durante 5 a 6 días. Las plántulas a una edad de 7 días en adelante, los riegos deben ser diarios, mientras que la fertilización mineral se aplica cada tercer día, utilizando 0.75 g de urea, MAP y K_2SO_4 por litro de agua de riego.

Para fortalecer la biomasa radicular de las plántulas, se recomienda el uso de *Trichoderma*, micorrizas, fitohormonas y consorcios microbianos. A los 30 días después de siembra, las plántulas pueden ser podadas, y tres días después, estarán listas para el trasplante. El marco de plantación debe ser de 0.7 m entre plantas y 1.40 m entre surcos, requiriendo un total de 10,150 plántulas por hectárea. Después de la preparación del suelo, que incluye paso de cinceles, rastra, cruza y bordeado, se realizan riegos antes y después del trasplante o se aprovecha la temporada de lluvias. Es necesario aplicar herbicidas antes y después del trasplante para controlar la población de maleza de hoja angosta y ancha, y proteger así el desarrollo óptimo de las plántulas.

Con estas prácticas, la efectividad del trasplante y el crecimiento de las plántulas puede alcanzar hasta un 99 %, optimizando la población de cepas de la caña de azúcar en las fases planta, soca y resoca.