

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Características Generales del Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en el estado de Morelos

Por:

ELVER YARED PÉREZ VILLANUEVA

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Características Generales del Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el estado de Morelos

Por:

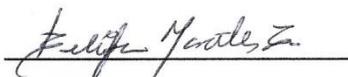
ELVER YARED PÉREZ VILLANUEVA

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito para obtener el título de:

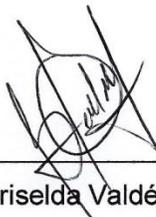
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Felipa Morales Luna

Asesor principal



M.C. Griselda Valdés Ramos

Coasesor



M.C. Martha Vázquez Rodríguez

Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Septiembre 2018

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por cuidar de mí, darme la vida, salud y fuerzas para salir adelante durante esta travesía de formación profesional.

A MI ALMA MATER:

Por haberme brindado esta gran oportunidad, cobijarme durante el periodo de formación académica y forjarme como ingeniero agrónomo.

A MIS ASESORES:

M.C. Felipa Morales Luna, M.C. Adolfo Ortegón Pérez, M.C. Griselda Valdés Ramos, M.C. Martha Vázquez Rodríguez, por su incondicional apoyo en el presente trabajo.

A MIS AMIGOS:

Que a pesar de las circunstancias seguimos con la amistad de siempre. Jaime O. Vergara, Miguel A. Escobar, Jhonatán Sánchez.

A MIS HERMANOS: Con los que comparto el apellido Pérez Villanueva.

Norma, Manuel, Daniel, Celso.

A MIS CUÑADAS: Leidiana Zapatero, Rocío Aguirre, Violeta Sosa.

A MI CUÑADO: Miguel Martínez

A CHICAS: Que fue un gusto conocerlas y coincidir con ellas en esta vida.

Berenice Palma N; Lishet M. Galicia R; Araceli Flores P.

A todos **GRACIAS.**

DEDICATORIA

AMIS PADRES:

Celso Pérez Vásquez: † Que en paz descanse, por apoyarme siempre en vida, por enseñarme valores, y motivarme siempre a lograr una meta en los estudios, que hoy con orgullo podría decir, se cumplió papá.

Sóstenes Villanueva Nopala: La madre más maravillosa, que siempre me apoyó infinitamente, la que nunca dejó de creer en mí, y siempre estuvo a mi lado apoyándome en momentos difíciles, la mujer que con esfuerzo y trabajo, desde pequeño, ha sido parte de la formación de mi persona. Te amo mamá.

A MI ABUELO:

Bartolo Villanueva: El único abuelo que logré conocer y que hasta hoy día a sus 93 años sigue apoyándome, y me brinda consejos, enseñanzas y experiencias de vida.

ÍNDICE

	Página
JUSTIFICACION	1
OBJETIVOS	1
INTRODUCCIÓN	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Origen botánico	3
Origen mundial	3
Países productores de caña de azúcar	5
Introducción de caña de azúcar en México	5
Introducción de caña de azúcar en Morelos	6
Cultivo de la caña en México	7
Estados productores de caña en México	8
GENOTIPOS	9
Variedades	9
Variedades comerciales establecidas en México	10
Nuevos híbridos de caña de azúcar en proceso de multiplicación	12
ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR	13
Labores culturales	13
Siembra	15
Tipos de siembra	16
Asentamiento o tapado de semilla	17
Riegos	18
Nutrición mineral	18
Manejo y control de malezas	20
Manejo y control de plagas	24
Manejo y control de enfermedades	27

Maduración	29
COSECHA	30
Métodos de cosecha	31
INDUSTRIA CAÑERA EN MÉXICO	32
Procesamiento industrial de la caña de azúcar	33
Productos y subproductos	35
Consumo	36
Situación del mercado nacional e internacional	36
Comercialización	37
CONCLUSION	39
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE

Página

Cuadros

2.1 Clasificación taxonómica	4
2.2 Principales países productores de caña de azúcar	6
2.3 Principales estados productores	9
2.4 Descripción de plantilla, soca y resoca	17
2.5 Absorción aproximada de elementos mayores N, P, K, MG y S para un rendimiento de 124 toneladas/ha	21
2.6 Principales malezas en zonas cañeras de México	23
2.7 Principales herbicidas aplicados en los campos cañeros de México	24
2.8 Principales plagas en zonas cañeras de México	25
2.9 Principales enfermedades de la caña y su control	29
3.0 Diferencias entre métodos de cosecha	33
3.1 Tipos de azúcar en el mercado	35

ÍNDICE

Página

Figuras

Origen de la caña de azúcar	5
Cultivo de caña en ciclo de plantilla en Chinameca, Morelos	8

JUSTIFICACIÓN

La caña de azúcar representa una fuente de empleo en zonas tropicales y subtropicales, es de gran importancia en la economía nacional y regiones productoras que son de gran impacto para la sociedad.

La elaboración del presente trabajo, es informar y proporcionar datos actualizados del estado de Morelos, México.

OBJETIVOS

- Integrar datos más relevantes de la distribución, producción y mercado e industria de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en el estado de Morelos, México.
- Determinar las características Generales del Cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*)

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar pertenece a la familia de las poaceas, es un cultivo de ciclo perenne que se cosecha cada 12 a 18 meses, y el cultivo dura entre 5 y 8 años esto dependiendo del manejo y laboreo que el agricultor proporcione al cultivo. Se cultiva extensamente en regiones tropicales y subtropicales, de todo el mundo, siendo los principales países productores Brasil, India, China, Tailandia, Pakistán, México, Colombia, Indonesia, Filipinas y Estados Unidos.

La especie (*Saccharum officinarum L*), es originaria de Nueva Guinea (isla al norte de Australia). SAGARPA, (2015) (b). Siendo introducida en el territorio mexicano en los años 1522 con la llegada de Hernán Cortes y sembrada inicialmente en el estado de Veracruz.

Actualmente se cultiva principalmente en 15 estados de la República Mexicana: Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz. COLPOS, (2003). Este último ocupando el primer lugar nacional en cuanto a producción de caña, sin embargo los mayores rendimientos por hectárea se obtienen en los estados de: Puebla, Morelos, Jalisco Michoacán y Chiapas, logrando un promedio nacional de 69.5 toneladas por hectárea.

Logrando que en la zafra 2017/2018 se industrializaran 784 mil 935 hectáreas sembradas, alcanzando una producción nacional de azúcar que se ubicó en 6 millones 009 mil 237 toneladas. Razón por la cual en producción, México ocupa el sexto lugar a nivel mundial, y el séptimo lugar entre los países exportadores de azúcar.

Palabras claves: Caña, labores culturales, plagas, maduración, maquinaria cosecha, agroindustria cañera, productos, subproductos, producción.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen Botánico

Nombre científico.

(*Saccharum officinarum* L.)

Taxonomía. En el cuadro 2.1, se muestra la clasificación taxonómica del cultivo de la caña de azúcar.

Cuadro 2.1 Clasificación taxonómica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Género	Saccharum
Especie	<i>S. officinarum</i> L.

Fuente: SAGARPA, 2015

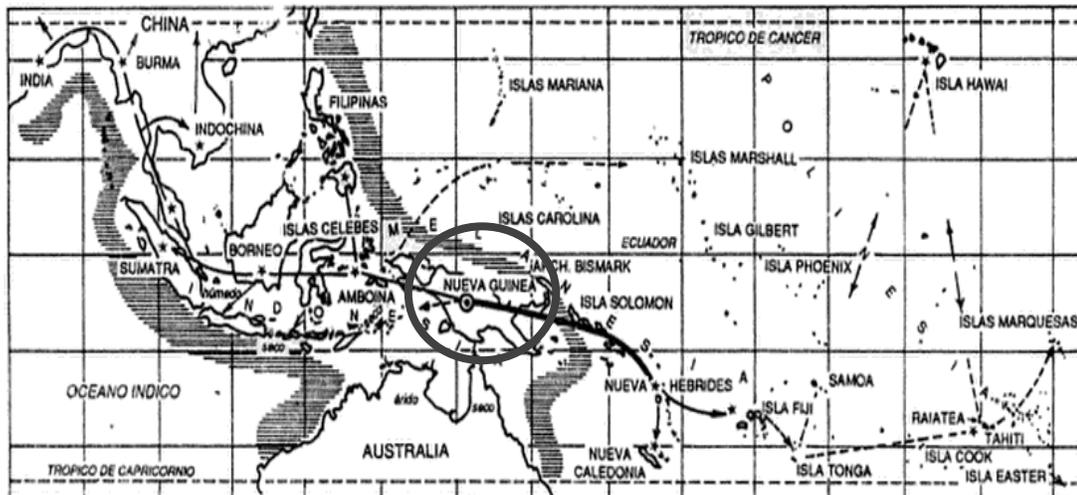
Origen mundial

Subirós, (2000). Citado por EUMED.NET, (2018) Mencionó que se considera el centro de origen del complejo *Saccharum*, en la región que comprende parte de la India, China, Nueva Guinea, y zonas aledañas, por encontrarse ahí el mayor número de especies.

El origen de la caña de azúcar difícilmente puede ubicarse con precisión en relación al espacio y tiempo, sin embargo, la mayoría de autores coincide en que se origina en Nueva Guinea. EUMED.NET, (2018)

La caña de azúcar, *Saccharum officinarum* L., es una gramínea originaria de Nueva Guinea (figura 2.1); se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 a.c. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducida en Egipto alrededor del 647 d.c. y alrededor de un siglo más tarde a España (755 d.c.) SAGARPA, (2015) (b).

Figura 2.1 Origen de la Caña de Azúcar



Desde entonces, el cultivo de la caña de azúcar se extendió a casi todas las regiones tropicales y subtropicales. En los viajes de Cristóbal Colón a América la trasladaron a las islas del Caribe y de ahí pasó a la parte continental americana, particularmente a la zona tropical.

Países productores de caña de azúcar

Los países productores de la caña de azúcar del mundo (figura 2.2) están ubicados entre los 36.7° de latitud norte y 31.0° al sur del ecuador extendiéndose desde zonas tropicales a subtropicales. CONADESUCA, (2015)

Cuadro 2.2 Principales países productores de caña de azúcar

Numeración	País	Producción Estimada
1	Brasil	739,300 TM
2	India	341,200 TM
3	China	125,500 TM
4	Tailandia	100,100 TM
5	Pakistán	63,800 TM
6	México	61,200 TM
7	Colombia	34,900 TM
8	Indonesia	33,700 TM
9	Filipinas	31,900 TM
10	Estados Unidos	27,900 TM

Fuente: Basado en datos de PORTALCAÑA, 2018.

Introducción de la Caña de Azúcar en México

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) llegó a México en la época de la conquista. Su primera plantación tuvo lugar en el estado de Veracruz. Posteriormente se instalaron los primeros ingenios azucareros en las zonas cálidas de nuestro país, como parte de la colonización española de América. SAGARPA, (2015) (c).

En el territorio mexicano, el cultivo de la caña de azúcar se inició a partir de que Hernán Cortes trasladara plantas desde Cuba en 1522, incluso algunos estudios señalan que dos años después, es decir, en el año 1524 ya había cañaverales a orillas del río Tepango en Santiago Tuxtla, Veracruz. EUMED.NET, (2018)

Scharrer, (1997) Señala que en el territorio mexicano el cultivo de la caña de azúcar experimentó un rápido arraigo en las fértiles tierras del centro de Veracruz. Se extendió hacia el occidente en las tierras cálidas de Michoacán y Jalisco, y en el centro se desarrolló cerca de Puebla, en los alrededores de Atlixco e Izúcar, así como también y de manera preponderante en los valles de Cuernavaca y de Cuautla.

Introducción de la Caña de Azúcar en Morelos.

Scharrer, (1997) Menciona que la caña de azúcar, se adaptó bien en los valles de Cuernavaca y Cuautla en el Estado de Morelos.

Parral, (2015) Señaló que las características del clima y la localización geográfica del estado de Morelos han sido de vital importancia para el desarrollo de la actividad cañera.

Se practica esta actividad desde que el conquistador Hernán Cortés se establece en lo que hoy es el municipio de Cuernavaca.

La producción de caña de azúcar se practica en el ejido de Casasano en Cuautla, Morelos, por lo menos desde el siglo XVI, seguido del ejido de Zacatepec.

Cultivo de la caña en México

En el país más de 164,000 productores distribuidos en 15 estados se dedican a la producción de caña de azúcar; y que en el la zafra 1990-2001 se cosecharon 656 mil hectáreas, con un rendimiento promedio de 66 ton/ha, y un rendimiento promedio nacional en fabrica de 10.6%. COLPOS, (2003) en comparación de la zafra 2015-2016, que se aportó un total de 54.1 millones de toneladas de caña a la industria, con un rendimiento promedio nacional en campo de 69.5 toneladas por hectárea, en una superficie de 778,930 hectáreas.

El total de azúcar producido durante el ciclo 2015 - 2016 fue de 6.1 millones de toneladas con un rendimiento promedio nacional en fábrica del 11.3%. CONADESUCA, (2016).

México es el sexto productor mundial de caña de azúcar, con más de 55 millones de toneladas anuales. Los estados de Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí son los principales productores de esta planta, a la que se destinan más de 826 mil hectáreas para su cultivo en territorio mexicano, (figura 2.2). SAGARPA, (2013)

Figura 2.2 Cultivo de la caña en ciclo de plantilla, Chinameca Morelos.



Estados productores de caña en México

Los campos cañeros se encuentran distribuidos en 15 estados de la República: Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz, como se muestra en la (figura 2.3). COLPOS, (2003)

Veracruz es un productor importante, siendo el primero del país, teniendo un promedio de 40 por ciento a nivel nacional, con más de 300 mil hectáreas de caña, alrededor de 70 mil productores, trabajan 19 ingenios de 22 existentes en el estado. SAGARAPA, (2013)

Cuadro 2.3 Principales estados productores

Numeración	Estado Productor	% de Caña Molida
1	Veracruz	37.1
2	San Luis potosí	9.03
3	Jalisco	13.19
4	Oaxaca	5.36
5	Chiapas	5.13
6	Nayarit	4.19
7	Tabasco	4.10
8	Puebla	3.78
9	Tamaulipas	3.66
10	Morelos	3.33
11	Quintana roo	2.76
12	Michoacán	2.74
13	Sinaloa	1.23
14	Campeche	1.22

El estado de Veracruz ocupa el primer lugar nacional en cuanto a producción de caña de azúcar 37.7 %, superficie sembrada y cosechada 40.85 % y, junto con Jalisco 13.2 % y San Luis Potosí 9.03 %, cubre 59.92 % de la oferta nacional; no obstante, los mayores rendimientos por hectárea se obtuvieron en los estados de Puebla 112.36 t/ha, Morelos 109.76 t/ha, Jalisco 96.48 t/ha, Michoacán 93.24 t/ha y Chiapas 90.05 t/ha, con un promedio nacional de 68.79 t/ha. Aguilar, (2014)

GENOTIPOS

Variedades

Las variedades que se escojan para cultivar en un determinado lugar deben ser:

Las que se adapten mejor a las condiciones de clima y suelos de la zona de influencia de cada ingenio, que tengan un alto contenido de sacarosa, que sean tolerantes a las principales plagas y enfermedades y que los rendimientos sean similares en los diferentes cortes (plantilla, soca, resocas).

No todas maduran en la misma época aunque sean influenciadas por los mismos factores, razón por la cual se ha establecido una clasificación de variedades de acuerdo a su madurez.

Variedades de Maduración Precoz o Temprana: Con ellas se inicia la Zafra.

Cañas de Madurez Intermedia: Constituyen la materia prima que mantiene la mayor parte de la Zafra.

Variedades de Madurez Tardía: Cañas cuyo tiempo para lograr la madurez es largo, son las que se cortan de último.

Variedades comerciales establecidas en México

Las variedades comerciales utilizadas, deben de cumplir con características importantes para su establecimiento, por ejemplo: su adaptación a las condiciones predominantes de clima y suelo, presentar tolerancia a las plagas y enfermedades de importancia económica, además de ser ricas en sacarosa y con aceptables rendimientos de campo durante los diferentes ciclos.

Las variedades recomendadas para su plantación son:

Mex 68 P23. (Descendiente de Mex 59-89). El tallo es color verde amarillento cuando está cubierto por la vaina y verde con ligeros tintes violáceos cuando está expuesto al sol. Presenta buena brotación y amacollamiento, se adapta a condiciones de temporal de 1200–1500 mm de precipitación. La floración es nula y es susceptible a algunos herbicidas. El **rendimiento** promedio potencial de esta variedad bajo condiciones de temporal es de 100 ton/ha y en riego de 130 ton/ha. La maduración es media, con un contenido de sacarosa del 15%. Marín y Velázquez, (1997) citados por INIFAP, (2017).

Mex 69-290 (Progenitores: Mex 56-476 x Mex 53-142). Tallos color verde cremoso cuando están cubiertos por la vaina de la hoja y verde claro cuando están expuestos al sol, tallo moledero de 2.5 a 3.0 m de altura, pocos ahuates, de bajo amacollamiento, la floración es nula o escasa. Se adapta a condiciones de riego o temporal en alturas de 30–1200 msnm y con precipitaciones anuales superiores a 1,500 mm.

El **rendimiento** potencial bajo condiciones de riego es de 160 ton/ha y en temporal de 125 ton/ha. Ciclo de maduración es media-tardía y el contenido de sacarosa es de 14% Marín y Velázquez, (1997) citados por INIFAP, (2017).

CP 72-2086 (Progenitores: CP 62-374 X CP 63-588). Tallos erectos, de color verde morado en la exposición al sol y verde claro cubierto por la vaina, tiene buena brotación y amacollamiento, ciclo de madurez precoz y abundante floración. Si se retrasa su cosecha después de la floración forma corcho en la parte superior del tallo y presenta oquedad en la base, la sacarosa es de 14% a finales de diciembre. El **rendimiento** promedio de 110 ton/ha con riegos de auxilio. Marín y Velázquez, (1997) citados por INIFAP (2017).

ITV 92-1424 (Descendiente de CP 72-2086). Tallos color verde amarillento cuando está cubierta por la vaina y verde con ligeros tintes violáceos si está expuesta al sol, escasa presencia de ahuates, tiene floración escasa (15 a 25%) y se adapta a condiciones de riego o temporal en una altitud de 60–1300 msnm y con una precipitación anual mayor a 1,300 mm. El rendimiento potencial bajo condiciones de riego es 170 ton/ha y 110 ton/ha bajo temporal. Cuenta con una maduración precoz-intermedia, al que con un elevado contenido de sacarosa del 16%. Marín y Velázquez, (1997) citados por INIFAP, (2017).

CoIMex 94-8 (Progenitores: L57-7 x SP 71-5574). Es una variedad de reciente introducción comercial, que tiene características favorables para una buena producción en campo, cuenta con un tallo color verde amarillento cuando está cubierto por la vaina y verde con ligeros tintes violáceos al estar expuesto al sol, tiene una buena brotación y amacollamiento en campo y se adapta en altitudes que van de 0 a 1,200 msnm. El **rendimiento** promedio es de 130 ton/ha bajo condiciones de temporal con más de 1,200 mm de precipitación, sin embargo, bajo condiciones de riego su rendimiento potencial oscila entre 160–170 ton/ha. Su ciclo de madurez es precoz y con un alto nivel de sacarosa en caña del 15%. Marín y Velázquez, (1997) citados por INIFAP, (2017).

En el ámbito internacional, México es reconocido por ser el sexto productor de caña de azúcar, logrando esta posición mayoritariamente con la producción de 3 variedades: CP 72-2086, Mex 69-290, e ITV 92-1424, que en conjunto ocupan más del 70% de la superficie sembrada.

Nuevos Híbridos de Caña de Azúcar en Proceso de Multiplicación

Dentro del área de abasto del Ingenio Quesería, se establecieron parcelas de multiplicación de dos nuevos híbridos de caña de azúcar, los cuales han mostrado buenos rendimientos agroindustriales durante el proceso de selección.

CoMex 98-100 (Descendiente de Mex 60-699). Tiene un tallo color verde con tintes blancos, una altura de planta aproximada de 3.40 m y buen amacollamiento en campo. Su ciclo de madurez intermedio-tardío, con escasa floración. El **rendimiento** estimado de campo promedio en condiciones de riegos de auxilio es de 150 ton/ha, con un alto nivel de sacarosa del 15%. (Cervantes *et, al.*, 2016) citados por INIFAP, (2017)

CoMex 98-12 (Progenitores: B 77-40 x CP 72-2086). Cuenta con un tallo de color verde amarillento, altura de planta aproximada de 3.05 m, si como un buen amacollamiento, su ciclo de madurez es intermedio con escasa floración y tiene un **rendimiento** estimado de campo en condiciones de riego de 140 ton/ha, con un promedio de sacarosa del 16.5% (Cervantes *et, al.*, 2016) citados por INIFAP, (2017).

ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Labores culturales

En la preparación de tierras se debe tomar en cuenta las labores agrícolas que acondicionen el suelo, para una buena germinación de los tallos (semilla vegetativa), y un buen desarrollo de las raíces.

Con las prácticas de laboreo se busca ablandar una capa superficial del suelo que en lo general va de 30 a 40 cm mediante la manipulación física con implementos apropiados, incorporar residuos de cosecha anterior, incorporar abonos o mejoradores de suelos, eliminar malezas y destruir los estadios invernantes de plagas y enfermedades, por lo que es de gran importancia hacerlo al menos con un mes previo a la siembra.

La preparación de suelos es la combinación de labores manuales y mecanizadas que proveen a la semilla de caña las condiciones adecuadas y así estimular una buena germinación y un crecimiento vigoroso de la masa foliar y la masa radicular. CENGICAÑA, (2014).

Limpieza o descepada: consiste en eliminar los desechos de los cultivos diferentes a la caña o en la destrucción de las cepas viejas, en caso de renovación.

Subsoleo o cinceleo: Para efectuar esta actividad se utiliza el arado de cinceles a una profundidad de 50 a 75 cm, esto con la finalidad de romper la compactación ocasionada por el pastoreo de ganado o por el tránsito de camiones, también conocida como “piso de arado”. Lo anterior también permitirá reducir los efectos colaterales, tales como: la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua y movimiento del aire, la mayor resistencia mecánica para el crecimiento de las raíces y la dificultad de absorción de nutrimentos aportados por el mismo suelo o por los fertilizantes químicos. INIFAP, (2017)

Se recomienda hacerla a una profundidad de 50-60 cm y una separación entre cortes de 1,50 m.

Barbecho: Esta labor se realiza cuando el suelo está con un grado relativo de humedad, con arado de discos de tracción mecánica en forma trasversal al subsoleo para romper y fragmentar el suelo a 35 y 40 cm de profundidad, es conveniente hacer el primer barbecho a la mayor profundidad posible, con el fin de voltear la capa superior del suelo exponiendo semillas de malas hierbas y microorganismos dañinos a los efectos del sol, agua y aire, así como incorporar maleza y residuos del cultivo anterior. Un segundo barbecho de ser necesario debe realizarse en forma cruzada al primero. INIFAP, (2017).

Rastreo: En esta preparación del terreno, se recomienda dar dos o tres pasos, esto con el objetivo de desbaratar la mayor cantidad de terrones que se forman durante el primer y segundo barbecho, logrando con ello un suelo completamente mullido y por consiguiente una mejor cama de siembra. INIFAP, (2017).

Surcado: Es la última labor en la preparación del suelo para la siembra o plantación, se recomienda trazar los surcos de este a oeste, para una mejor exposición al sol (Cervantes *et, al.*, 2013). Citados por INIFAP (2017).

El tipo de surcado tradicional es 1.20 m y 1.30 m de separación, sin embargo el surcado doble conocido como (australiano o surco piña), consiste en hacer dos surcos de 70 centímetros y dejando un camellón intermedio de 1.40 metros. INIFAP, (2005)

Es muy importante trazar los surcos con una pendiente muy ligera a de cinco por ciento para que el agua ya sea de lluvia o de riego, penetre en el suelo hasta las raíces más profundas y el agua sobrante drene con facilidad pero de forma lenta para evitar arrastre de suelo. SAGARPA, (2015) (a).

Siembra

La semilla de caña la constituye un trozo de tallo con tres yemas como máximo. Previamente obtenido del semillero, el cual tendrá 7-10 meses de edad, donde se realiza la selección de semilla, cortes de hojas y extremos del tallo, seguido de un corte final en trozos con 3 yemas germinales.

El periodo comprendido entre el mes de julio y septiembre es el más favorable para efectuar la siembra, ya que se cuenta con temperaturas altas y con agua de lluvias suficiente, con lo que se ahorran varios riegos, y la siembra inicia un desarrollo en forma rápida. INIFAP, (1997). La densidad de siembra es variable debido a diversos factores, como distancia entre surcos, tipo de surco, tamaño de la semilla, método de siembra, por lo que se requiere un estimado de 10-12 ton/ha de semilla. INIFAP, (2017).

Tipos de siembra

La siembra puede efectuarse manualmente o con sembradoras mecánicas. Hay que tomar en cuenta, que la siembra mecanizada de la caña de azúcar se considera aún una práctica reciente e innovadora en el mundo, por lo que no hay muchas experiencias en México. Por tal motivo en el país se usa la siembra manual. FIRA, (2010).

La Siembra manual posterior al surcado, se realiza a cordón sencillo o cordón doble. La diferencia entre éstos es que el primero se sugiere al emplear surcado doble o a 1.20 mientras que el cordón doble puede emplearse cuando el surcado es 1.30 metros de distancia. SAGARPA, (2015) (a). Es recomendable que la siembra se realice de este a oeste para lograr una mayor captación de luz.

También se realiza si es necesario resiembra en plantilla soca y resoca. A continuación se muestra la descripción de cada una de ellas en el (cuadro 2.4).

Cuadro 2.4 Descripción de plantilla, soca y resoca

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

Aunque esta labor no se lleva a cabo en la mayoría de los campos, se recomienda hacerlo de 20 a 30 días después del corte con el fin de reponer las cepas muertas por el tráfico de la maquinaria de cosecha. Se puede realizar plantando plántulas de 45 a 50 días desarrolladas en viveros o cortando parte de las cepas en la misma plantación. FIRA, (2010).

Asentamiento o tapado de semilla

Esta actividad se realiza inmediatamente al finalizar la distribución de la semilla en el surco, con el objetivo de que la semilla o yemas, queden cubiertas con el suelo y no pierdan humedad, ya que esto puede ocasionar la muerte de yemas. INIFAP, (2017)

El tapado de semilla puede realizarse manualmente por los productores, con azadón o apisonando los tallos de caña en el suelo húmedo y en algunos casos con tracción animal pero cuidando de que no se maltrate en exceso los tallos o se entierren demasiado pues puede provocar un atraso en la emergencia de los brotes. Con el primer riego se realiza el retapado en caso de ser necesario. La profundidad a la que deben cubrirse los tallos es de apenas de 3 a 5 centímetros, para evitar pudrición de yemas por humedad y problemas de emergencia.

Al momento de la siembra pueden aplicarse insecticidas que pueden ser (Furadán o Fipronil) químico, para la prevención de plagas del suelo, así como la primera dosis de fertilizante de formula cañera u otra. SAGARPA, (2015) (a).

Riegos

El primer riego inmediato a la siembra y tapado de semilla, llamado “riego de asiento”, permite que los trozos de “semilla” se reacomoden en el suelo y que las yemas dispongan de suficiente humedad para hincharse y se inicie la nacerencia.

A los 8 ó 10 días después del primer riego se proporciona el segundo, conocido como “riego de germinación,” ya que con éste las plántulas empiezan a brotar y ayuda a uniformizar la nacerencia. SAGARPA, (2015) (a).

En algunas ocasiones es necesario un tercer riego aproximadamente a los 20 días de la siembra con el objetivo que la “caña-semilla” termine de germinar. Los espacios de tiempo entre riego no siguen una regla general, ya que esto depende de la época de siembra, tipo de suelo, cantidad de humedad en el suelo y presencia de lluvias.

Nutrición Mineral

Fertilización

Es necesario conocer el contenido nutricional del suelo para aportar únicamente los elementos que se requieran de acuerdo a la demanda del cultivo; para ello, se recomienda realizar un análisis físico-químico del suelo de la parcela, para realizar una aplicación de fertilizantes en dosis adecuadas, más eficaz. SAGARPA. (2015) (a).

Fertilización tradicional: Es mediante la aplicación de 1.5 toneladas por hectárea de la fórmula “cañera” 180-45-30, que equivale a 180 unidades de Nitrógeno, 45 de Fósforo y 30 de Potasio. La caña de azúcar tiene dos épocas críticas de requerimientos de nutrimentos, por ello esta dosificación deberá proporcionarse al cultivo en dos fechas diferentes. La primera aplicando una tonelada del fertilizante al efectuar la siembra o durante el beneficio del cultivo y el resto a los 6 meses de edad del cultivo. CONADESUCA, (2015).

En el caso de cultivos de 3 ó 4 años, deberán realizarse análisis de suelo y determinar el contenido de nutrientes necesario, además de que inmediatamente después de la cosecha, es recomendable la aplicación de un enraizador para favorecer el desarrollo y crecimiento de raíces en la cepa. En el caso de Morelos es común aplicar como enraizador, caña complex bio, de la empresa ARVENSIS.

Fertilización Moderna: Las investigaciones del Instituto de la Potasa y el Fosforo (INPOFOS) y el Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI) son útiles para conocer en forma aproximada la absorción total de nutrientes por la planta de caña de azúcar, lo cual puede tomarse como referencia para establecer un programa de fertilización al cultivo, con enfoque a nutrición vegetal. No obstante, se deben tomar en cuenta otros datos agronómicos, como la variedad, análisis de suelo, curvas de absorción de nutrientes por la planta, metas de rendimiento esperadas, el suelo, clima u otros. Se muestra la siguiente formula nutritiva para un rendimiento estimado de 124 toneladas/ha en el (cuadro 2.5). FIRA, (2010).

Cuadro 2.5 Absorción aproximada de elementos mayores N, P,K, Mg y S para un rendimiento de 124 toneladas por hectárea (Kilogramos)

Nutrientes	N	P2O5	K2O	Mg	S
Caña de azúcar 124 ton/ha	235	112	370	31	28

Fuente: FIRA, 2010.

Manejo y Control de Malezas

Las malezas constituyen el principal problema de reducción del rendimiento en la caña de azúcar, principalmente por la competencia de agua, nutrientes, espacio y luz. El período crítico de competencia ocurre desde la emergencia del cultivo hasta los 90 días. El crecimiento de la caña de azúcar al inicio es lento, no así las malezas cuyo crecimiento es rápido y vigoroso. Bayer CropScience de México, (2018).

Por ello, en la Agroindustria Azucarera se aplican herbicidas pre-emergentes y pos-emergentes como base para el manejo y control de malezas, en conjunto de labores mecánicas y manuales, que ayudan a disminuir las plantas no deseables.

Malezas en zonas cañeras de México

Las Ciperáceas, son plantas que poseen hojas largamente lineares, presentan una roseta basal de hojas seguida por entrenudo extremadamente alargado que en su ápice muestra un penacho de hojas y las inflorescencias. Esta familia es fácilmente reconocible por sus tallos macizos, de sección triangular. CENGICAÑA, (2013).

Las de hoja ancha, dentro de este grupo se incluyen, todas aquellas malezas de hoja ancha, que muestran un tallo foliado sumamente corto, por lo que presentan en su base una roseta de hojas. Eventualmente, muchas de estas plantas pueden producir un tallo alargado con pocas hojas. CENGICAÑA, (2013).

Las de hoja angosta, Poaeceae principalmente esta familia es muy fácil de reconocer por sus tallos (cañas) de sección cilíndrica y médulas casi siempre huecas en su madurez.

Las plantas pueden formar matas o avanzar longitudinalmente por medio de estolones. Las hojas son alternas con vainas y nervaduras paralelas. Las flores son desnudas y adaptadas a la polinización por el viento, dispuestas en espiguillas, las principales malezas se muestran en el (cuadro 2.6). CENGICAÑA, (2013)

Cuadro 2.6 Principales malezas en zonas cañeras de México

No.	Maleza	Nombre técnico
	Ciperácea	
1	Coquito, coquiyo	<i>Cyperus Rotundus</i>
	Hojas Anchas	
2	Correhuela	<i>Ipomoea Spp.</i>
3	Quelite O Bledo	<i>Amaranthus Spp.</i>
4	Amargosa	<i>Ambrosia Artemisiifolia</i>
5	Flor Amarilla	<i>Melampodium Divaricatum</i>
6	Verdolaga	<i>Portulaca Oleracea</i>
7	Escobilla	<i>Sida Acuta</i>
8	Hierba	<i>Golondrina Euphorbia Spp.</i>
9	Campanilla	<i>Convolvulus Spp.</i>
10	Aceitilla	<i>Bidens Pilosa</i>
11	Gloria De La Mañana	<i>Ipomoea Spp.</i>
12	Dormidera	<i>Mimosa Púdica</i>
	Hoja Angosta (gramíneas)	
13	Zacate Johnson	<i>Sorghum Halepense</i>
14	Zacate De Agua	<i>Echinochloa Colona</i>
15	Zacate Grama	<i>Cynodon Dactylon</i>
16	Cadillo	<i>Cenchrus Equinatus</i>
17	Cola De Zorra	<i>Setaria Spp.</i>
18	Pata De Gallina	<i>Eleusine Indica</i>
19	Pajilla	<i>Leptochloa Spp.</i>
20	Fresadilla	<i>Digitaria Sanguinalis</i>

Fuente: Basado en datos de CENGICANA, 2014

Control de malezas

El control es de vital importancia para evitar disminución en el rendimiento de campo, la calidad del producto económico tallos y la vida productiva de los cañaverales, debido a que las arvenses compiten con el cultivo por nutrimentos, agua, luz y espacio. Cervantes *et, al.*, (2013), citados por Inifap 2017. Utilizando una combinación de los métodos manual, mecánico y químico como se muestra en el cuadro 2.7. Ordoñez, (2000).

Cuadro 2.7 Principales herbicidas aplicados en los campos cañeros de México.

Nombre Comercial	Ingrediente activo	Dosis (por hectárea)	Épocas y formas de aplicación	Tipo de malezas
Gesapax H-375	2,4 + Metrina	4-5 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 – 8 L	Preemergencia	Hoja ancha y zacates

Fuente: INIFAP, 2017

Manejo y Control de Plagas

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un concepto amplio que se refiere a un sistema de manejo de poblaciones plagas, que utiliza todas las técnicas adecuadas en una forma compatible, para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de aquellos niveles capaces de causar daño económico Smith y Reynolds, (1966) citados por CENGICAÑA, (2014.).

El cultivo de la caña de azúcar es afectado por diferentes plagas que disminuyen su producción, las plagas más comunes se muestran en el cuadro 2.8.

2.8 Principales plagas en zonas cañeras de México

No	Nombre común	Especies
1	Barrenadores del tallo	<i>Diatraea magnifactella</i> , <i>D. saccharalis</i> , <i>D. crambidoides</i> y <i>Eoreuma loftini</i>
2	Picudo	<i>Sphenophorus incurrens</i> Gyllenhal
3	Rata de campo	<i>Sigmodon hispidus</i> , <i>Oryzomis spp.</i>
4	Salivazo	<i>Aeneolamia postica</i> y <i>Prosapia simulans</i>

Fuente, INIFAP, 2005

Gusanos barrenadores del tallo: Las larvas de esta plaga miden de 2 a 3 centímetros de longitud, algunas son de color blanquizco con cabeza café y manchitas redondas del mismo color en todo el cuerpo, y otras se distinguen por que tienen líneas punteadas de color violeta o rojas en cada lado del lomo.

Los barrenadores perforan los entrenudos a lo largo de la caña, se alimentan de la pulpa y fermentan el jugo, lo cual retrasa la concentración de azúcar. INIFAP, (2005)

Control Preventivo: Antes de establecer una plantación o siembra de caña de azúcar, se deben seleccionar semilleros libres de plaga, así mismo al momento de la siembra, eliminar los tallos o trozos de semilla que presenten perforaciones de barrenador. SAGARPA, (2012).

Control Biológico: Consiste en la liberación bimestral de la avispa *Trichogramma* spp. Para el control de la plaga en el estadio de huevecillos o larvas muy pequeñas. Por otro lado, para el control de adultos de la plaga, se efectúa la aplicación de hongos entomopatógenos, tales como *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisopliae*, los cuales parasitan al insecto. SAGARPA, (2012).

Control Químico: Este método se emplea solamente si el daño de la plaga es muy severo, en este caso se pueden utilizar insecticidas de contacto o sistémicos de baja toxicidad a base de ingredientes activos, imidacloprid, endosulfan. Cabe mencionar que este tipo de control normalmente es para los adultos, pues difícilmente puede afectar a las larvas que se encuentran barrenando. SAGARPA, (2012)

Picudo del tronco: Los adultos son de forma oval y de color negro brillante. Los machos llegan a medir hasta 14 milímetros de longitud y 6 milímetros de ancho, las hembras son un poco más grandes 15 milímetros y 6.7 de largo y ancho respectivamente, las hembras son de color ligeramente crema con cabeza de color café oscuro y la forma de sus cuerpos es de media luna, subcilíndrica y con pliegues; estos perforan el interior del tallo y a medida que

crecen van formando galerías en diferentes direcciones y cuyo diámetro es mayor al que ocasiona el barrenador , posteriormente se transporta hasta donde inicia el sistema radicular de donde se alimenta causando así el secamiento de sepas completas. Cuando se observe la presencia de adultos deberá procederse a su control. INIFAP, (2005). Llevándose acabo de forma química debido a los hábitos de crecimiento de la plaga usando insecticidas a base de ingredientes activos como, paration metílico, clorpirifos etil y endosulfan.

Rata de campo: Este roedor es de tamaño pequeño, cuyo color varía de gris a café; su hocico es chato y su cola es más corta que su cuerpo, roe el tronco de la caña por lo que éste se debilita y luego se seca. SAGARPA, (2012)

Control mecánico: Consiste en el monitoreo poblacional de roedores, es decir, la utilización de dos tipos de trampas, las de golpe y de jaula, se utilizan normalmente de 7 – 10 trampas de golpe por hectárea para monitoreo y 15 - 20 para control. Para los dos casos, y debido a que las trampas causan la muerte inmediata de la plaga, se recomienda realizar la revisión de las mismas en corto tiempo.

Control químico: se recomienda aplicar cebos envenenados de acción rápida a base de fosfuro de Zinc. INIFAP, (1997)

Mosca pinta o salivazo: Grupo de especies de los géneros Aeneolamia y Prosapia (Hemíptera: Cercopidae), consideradas como plagas relevantes del cultivo de caña de azúcar. La ninfa, comúnmente denominada salivazo debido a una substancia espumosa con la cual se cubren y el adulto de la mosca pinta, chupan la savia de las raíces superficiales y del follaje de las plantas, inyecta toxinas que ocasionan el daño en las hojas y con esto reducen la producción de azúcar. INIFAP, (2017).

Control preventivo: Eliminar todo tipo de maleza de hoja angosta, dentro y fuera del cultivo, además de evitar encharcamientos.

Control Biológico: Al observar las primeras ninfas y adultos de la plaga, realizar aplicaciones de manera manual o con avioneta, de una solución a base de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*.

Control químico: Este tipo de control se realiza solamente cuando la plaga se presenta en el cultivo con índices de afectación muy graves. Productos de baja toxicidad han mostrado buenos resultados a base de ingredientes activos de Bifentrina + Imidacloprid, a una dosis de 1 litro por hectárea.

Manejo y Control de Enfermedades

Algunas de las enfermedades que afectan este cultivo han ocasionado grandes pérdidas a la producción en todo el mundo y motivado intensos estudios y controversias.

Las enfermedades revisten gran importancia económica y quizás son las que menos atención han recibido por parte de los cultivadores de caña en el país. FAO, (2018)

Siendo las enfermedades de mayor importancia económica.

Pokkah boeng o cogollo retorcido (*Fusarium moniliforme*): El primer síntoma consiste en el desarrollo de una clorosis hacia la base de las hojas jóvenes, seguida por retorcimiento, malformación y reducción de las hojas afectadas. En algunas áreas cañicultoras estos síntomas se encuentran acompañados por una pudrición severa del cogollo y muerte de la planta. La mayor incidencia de la enfermedad se observa en plantas de cuatro a seis meses de edad. FAO, (2018)

Roya (*Puccinia melanocephala*) Se encuentra distribuida por todos los países del área del Caribe. La roya ataca el sistema foliar de la planta y se presenta con mayor intensidad en plantas de seis semanas a seis meses de edad. Inicialmente desarrolla pequeñas manchas cloróticas y alargadas de color amarillento, visibles en ambos lados de la hoja; en este estado se puede confundir fácilmente con un desorden genético llamado pecas genéticas. Las manchas, al aumentar de tamaño, toman un color herrumbroso y se rodean de un halo amarillo pálido. Las lesiones forman pústulas en el envés de la hoja. Al ocurrir la rotura de la epidermis, se liberan masas de esporas de color anaranjado, las cuales son fácilmente diseminadas por el viento a grandes distancias. FAO, (2018). A continuación se muestran las principales enfermedades de importancia económica en el cuadro 2.9.

Cuadro 2.9 Principales enfermedades de la caña y su control

No	Nombre común	Nombre técnico	Control químico	Control biológico
1	Cogollo retorcido	(<i>Fusarium moniliforme</i>)	1.- Sportak 45 CE Dosis: 2ml/L de agua	Hongo: Trichoderma spp.
2	Roya.	(<i>Puccinia melanocephala</i>)	2.- Shavit Triadimenol 25%, 3ml/L de agua	-----
Otras enfermedades				
	Nombre común	Nombre técnico	Control cultural	
3	Carbon	(<i>Ustilago scitaminea</i>)	1.- siembra de variedades resistentes 2.- selección de semilleros sanos 3.- entresaca en plantaciones dañadas	
4	Escaldadura de la hoja	(<i>Xanthomonas albilineans</i>)	1.- entresaque de plantas enfermas	
5	Mancha de ojo	(<i>Bipolaris sacchari</i>)	1.- Siembra de variedades tolerantes como H 32-8560	

Fuente: Basado en datos de INTAGRI, 2016

Maduración

En la etapa de maduración la planta de caña disminuye su ritmo de crecimiento y comienza a acumular sacarosa en el tallo. En general, el proceso de maduración es gradual hasta llegar a un punto máximo, después del cual el contenido de sacarosa en los tallos de caña declina. CENGICAÑA, (2014).

En el cultivo de la caña se consideran 2 tipos de maduración; la primera se refiere a la madurez fisiológica de la planta que indica la terminación de su ciclo, y que termina en la floración o brote de la espiga. La segunda es la madurez industrial, la cual está relacionada con el contenido de azúcar y se determina por medio del análisis de una muestra que se extrae de la caña de azúcar. INIFAP, (1997).

Los madurantes son herbicidas que en determinadas dosis trabajan como reguladores de crecimiento de la caña de azúcar, actuando directamente en los meristemas apicales de la planta y catalizan las enzimas responsables de la acumulación de sacarosa inhibiendo parcialmente el crecimiento, entre los herbicidas se encuentra el glifosato.

Dicho producto es aplicado en forma aérea entre 40 a 45 días antes de la cosecha en una cantidad que no excede a un litro por ha. FIRA, (2010).

Maduradores más utilizados y sus mecanismos de acción

Los maduradores químicos se dividen en dos tipos: retardadores del crecimiento e inhibidores del crecimiento.

Entre los retardadores del crecimiento que se utilizan se pueden mencionar el Ethephon, fitoregulador con propiedades sistémicas que actúa sobre la maduración y coloración de los frutos. Diluido en agua y pulverizado sobre las

plantas, penetra rápidamente en los tejidos por vía foliar y es traslocado a los puntos de crecimiento, y el Trinexapac Etil, fitorregulador del crecimiento absorbido esencialmente por las hojas y traslocado a los puntos de crecimiento, son reguladores del crecimiento aplicados en países productores de caña y entre los inhibidores del crecimiento se encuentran el Glifosato. CENGICAÑA, (2014).

COSECHA

Se realiza cuando el cultivo alcanza su madurez industrial; es decir, cuando ocurre la mayor concentración de azúcares en caña (15 a 17%). En las variedades precoces sucede en los meses de noviembre a enero, para las variedades medias de febrero – abril mientras que las variedades tardías alcanzan su mayor concentración de azúcares en mayo y junio principalmente.

Dependiendo también de la fecha de siembra, las condiciones edafoclimáticas y la altitud sobre el nivel del mar donde se encuentran establecidas las variedades. INIFAP, (2017).

La cosecha de la caña de azúcar se realiza durante la zafra que consiste en cortar la caña y extraerle el azúcar que la planta elaboró en el campo. En detalle, la zafra involucra una serie de actividades incluyendo la estimación de caña en campo, reparación de caminos, el equipo de arrastre y maquinaria del ingenio, programación preliminar de cortes, contratación de cortadores, etcétera, todo esto con el fin de asegurar que el equipo material y humano de que se disponga sea el adecuado y eficiente para cosechar, transportar y procesar toda la caña moledera en un periodo de tiempo limitado, que en el caso de Zacatepec es de noviembre a principios de junio del año siguiente. SAGARPA, (2015) (a).

Quema programada de cosecha

Cuando el contenido de sacarosa es óptimo en la caña, se realiza la quema en forma programada para llevar caña fresca a molienda del ingenio. (FIRA 2010). Ya que la tecnología para el manejo de la cosecha en verde no se ha desarrollado, como tal en México.

Métodos de Cosecha

La cosecha puede efectuarse en forma manual o mecánica. Para ello, el corte de la caña debe hacerse al ras del suelo, tanto para recuperar la parte más dulce de los tallos como para ahorrarse la labor del destronque que es cara. SAGARPA, (2015) (a).

La cosecha puede ser realizada por cualquiera de los tres métodos siguientes.

Corte y alza manual. Este método permite un mayor control de limpieza de la caña, sin embargo, es más lento y de mayor costo. INIFAP, (2017).

Corte manual y alza mediante cargadora mecánica. Es el método más utilizado en la zona de abasto de los Ingenios, sin embargo, es importante tener el mayor control del trineo de la cargadora para evitar daños a cepas. INIFAP, (2017).

Corte y alza mecánica con cosechadora combinada. Este método, aunque incrementa el porcentaje de impurezas en caña, es más rápido y económico para el productor, sin embargo, puede ocasionar compactación al terreno y desprendimiento de cepas por las cuchillas de la máquina. INIFAP, (2017).

Los diferentes métodos mencionados pueden ser aplicados a los diferentes tipos de cosecha, en Plantilla, soca, y resoca, como se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. Diferencia entre métodos de cosecha

Corte y alza manual.	Corte manual y alza mediante cargadora mecánica.	Corte y alza mecánica (cosechadora combinada).
Poca compactación del terreno	Menor compactación del terreno	Mayor compactación del terreno
Mayor mano de obra	Menor mano de obra	Casi nula mano de obra
Cero daño a cepas del cultivo	Poco daño a cepas del cultivo	Alto daño a cepas del cultivo

INDUSTRIA CAÑERA EN MÉXICO

La agroindustria azucarera de México registró un cambio radical a en los siguientes años, En 1988 comenzó la venta de los ingenios; en noviembre del año siguiente se eliminaron los permisos de importación de azúcar cruda y refinada, y en 1990 desaparecieron las restricciones a sus importaciones.

El concepto de diversificación en la agroindustria cañera ha evolucionado, desde producciones con tecnologías simples hasta las más recientes, basadas en la química sintética, biotecnología y en los procesos de obtención de nuevos materiales. Aguilar, (2009). Citado por SAGARPA, (2015) (b).

Chi Chou, (2005). citado por Aguilar, (2010) estableció que para ser competitiva, la agroindustria azucarera debe incorporar métodos nuevos de procesamiento, basados en tecnologías bien establecidas en los ingenios, para elaborar azúcar de calidad estándar, blanco o refinado; aumentar significativamente el rendimiento de caña de azúcar, como de sacarosa y establecer criterios comparativos de rendimiento o puntos de referencia, para

los tres elementos principales de la competitividad técnica, rendimientos de campo, agroindustrial y de fábrica.

En México, la agroindustria de la caña de azúcar juega un papel relevante en la vida económica y social del país lo cual se traduce en 267 municipios de 15 estados, con una generación de 460 mil empleos directos, y 2.2 millones de beneficios indirectos para las personas dedicadas a esta actividad. Actualmente se tiene la capacidad de producir 6 millones de toneladas de azúcar con un valor aproximando para el cultivo de la caña de más de 30 mil millones de pesos. SAGARPA, (2016).

Procesamiento Industrial de la caña de azúcar

Una vez cosechada, la caña es enviada al ingenio azucarero, que es la planta industrial dedicada al procesamiento, transformación e industrialización de la caña de azúcar, donde inicia el proceso de obtención de azúcar que consiste en nueve pasos: corte de la caña, molienda, generación de vapor, calentamiento, clarificación, filtración, evaporación, cristalización, evaporado y secado.

Posteriormente se precede a la refinación, aquí ocurre la separación de sólidos, alcalización, clarificación, decoloración, filtración, evaporación, cristalización, centrifugado y finalmente se seca por medio de corrientes de aire, así el azúcar queda lista para empacarse y salir a la venta.

De este proceso **se obtienen cuatro tipos de azúcar: mascabado, estándar, refinado y blanco**, como se muestra en el cuadro 3.1; cada uno de ellas se distingue por el número de veces que ha sido procesada. El primer nivel o con menor número de procesamiento es el azúcar mascabado. SAGARPA (2016).

Cuadro 3.1 Tipos de azúcar en el mercado

	<p>Azúcar Crudo (Mascabado). Constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, que se encuentran cubiertos por una película de su miel madre, en una concentración mínima de 96 % de polarización. Este tipo de azúcar se obtiene mediante proceso industrial conformado de las operaciones unitarias de extracción, clarificación, evaporación, cristalización y centrifugación.</p>
	<p>Azúcar Estándar. Este tipo de azúcar se obtiene mediante proceso similar al utilizado para producir azúcar crudo (mascabado), aplicando variantes en las etapas de clarificación y centrifugación, con el fin de conseguir la calidad del producto deseada.</p>
	<p>Azúcar Refinada. Producto sólido derivado de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, en una concentración mínima de 99,90 % de polarización. Este tipo de azúcar se obtiene sometiendo el azúcar crudo (mascabado) o estándar a proceso de refinación.</p>
	<p>Azúcar Blanco Especial. Producto sólido derivado de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, en una concentración mínima de 99,70 % de polarización. Este tipo de azúcar se obtiene mediante proceso similar al utilizado para producir azúcar crudo (mascabado) y estándar, optimizando las etapas de clarificación y centrifugación, para alcanzar la calidad deseada.</p>

Fuente: Basado en información de CONADESUCA, 2014

Productos y Subproductos

Brunstein, (1994), Citado por Merino, (2017). Propuso que las industrias de procesos que generan varios productos de manera conjunta, a partir de la misma materia prima, pueden clasificar su producción en tres categorías principales: 1) Los productos principales, que derivan de la transformación directa de la materia prima; en este caso, el azúcar de caña.

2) Los productos secundarios, que no son necesariamente deseables, pero tienen una importancia económica significativa y derivan de la transformación de la materia prima, tales como el alcohol de las melazas de caña.

3) Los subproductos, los cuales no representan una importancia económica relevante bajo el criterio de la empresa; son considerados residuos de la transformación de la materia prima, bagazo de caña, vinazas de destilería, y la cachaza que resulta del procesamiento de azúcar de caña y etanol.

Se puede entender que la azúcar, el etanol y la melaza son los principales productos y los coproductos de la industria azucarera, el bagazo, la cachaza, las cenizas de calderas, paja y cogollo, los gases de combustión, vinaza y aguas residuales constituyen los subproductos de esta agroindustria. Merino, (2017)

La cachaza y el bagazo son fibras que son utilizadas en la industria del papel y empleados como abonos orgánicos y en la generación de energía, los subproductos obtenidos del proceso de refinación como la melaza, miel incristalizable son materia prima para la producción de alcohol y el etanol que es útil en la generación de energía alternativa, la glicerina, y el licor, así como productos derivados. SAGARPA, (2015) (b).

Consumo

El comportamiento del consumo mundial de azúcar depende principalmente del crecimiento de la población, el ingreso, el precio y la demanda de productos sustitutos. Durante el ciclo azucarero 2012/2013 el consumo nacional de edulcorantes fue de 5.8 millones de toneladas, del cual el azúcar representó el 73.2% y el JMRF (*jarabe de maíz rico en fructosa*) representó el 26.8% principalmente porque posee un menor 26.8% precio frente al azúcar. CONADESUCA, (2016).

Se estima que el consumo per cápita de azúcar en México para el ciclo 2014-2015 fue de 36 kg. SAGARPA, (2017).

Situación del mercado nacional e internacional

El azúcar es el principal edulcorante natural y un producto estratégico para la fabricación de una gran variedad de alimentos y bebidas, destacando industrias refresqueras, galletera, dulcera, chocolatera, alcoholera y en alimentos procesados. FIRA, (2015). A nivel nacional, a partir de la zafra 2012-2013, se industrializan más de 50 millones de toneladas de caña, cada zafra con un valor aproximado de 29 mil millones de pesos. SAGARPA, (2016).

La agroindustria de la caña de azúcar participó con el 1.69 % del PIB de las industrias manufactureras del país. FIRA, (2015) (b).

Precios nacionales e internacionales

Los precios nacionales e internacionales del azúcar han presentado fluctuaciones, debido principalmente a que por factores de clima y de mercado significativos, la oferta de azúcar pasa de periodos de superávit a periodos de déficit y viceversa. FIRA, (2015).

En octubre de 2011 se presentó un máximo histórico en el precio de referencia del azúcar que fue de \$10,617.72 MXN/t azúcar, lo que implicó un precio promedio de \$693 MXN/t de caña. SAGARPA, (2016).

Comercialización

En el año de 1992 se firmó el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) que facilita la participación comercial de nuestro país con Canadá y EUA.

En el año 2006 se publicó el Decreto para el Fomento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (IMMEX), que sirve para fortalecer la competitividad del sector exportador mexicano, para brindar certidumbre, transparencia y continuidad a las operaciones de las empresas.

A partir de 2008 los edulcorantes quedaron libres de arancel entre México y Estados Unidos de América. Ante esto, en el marco del Consejo Consultivo de Agricultura se creó el Grupo de Trabajo de Edulcorantes México-EUA, que provee un medio por el cual se podrá intercambiar información precisa y puntual de todo lo que suceda referente a edulcorantes en la región.

Desde la entrada en vigor del TLCAN, México se ha mantenido como el principal abastecedor externo de azúcar a los EUA. De enero de 2008 a diciembre de 2015 se exportaron alrededor de 9 millones de toneladas de azúcar a dicho país. FIRA, (2015)

En el mercado internacional, en 2016 se exportaron 1.26 Millones de toneladas a estados unidos, Canadá, República Dominicana, Australia y Mauritania, Principalmente y durante la zafra 2016-2017 México exporto 1.11 millones de toneladas de azúcar. SAGARPA, (2017).

En mercado nacional, diferentes ingenios como Grupo Beta San Miguel, dirige la venta de su producto nacional, principalmente a grandes empresas que elaboran variedad de alimentos y bebidas destacando, la industria refresquera, como (COCA-COLA, PEPSI) y galletera como (BIMBO), entre otros.

CONCLUSIÓN

En la actualidad el cultivo de la caña azúcar enfrenta diversos problemas, en los rendimientos, en donde los sistemas de producción son diferentes debido a su tecnología, factores climáticos, materiales genéticos, originando gran variabilidad en las zonas productoras de caña Azúcar (*Saccharum officinarum* L.).

Lo que permite seguir realizando diferentes investigaciones en mejoramiento genético de la caña Azúcar (*Saccharum officinarum* L.), y así obtener nuevos genotipos dirigidos a incrementar el rendimiento por hectárea (t/ha), tolerancia a plagas y enfermedades, acumulación de sacarosa y mejor calidad de los diferentes tipos de azúcares.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, R.N. 2014. Índice de diversificación de la agroindustria azucarera en México. Agricultura, sociedad y desarrollo. Volumen (11): Pp 441-162

Aguilar. 2010. Factores de competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en México. [Http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1870-39252011000300009&script=sci_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1870-39252011000300009&script=sci_arttext&tlng=pt). (28, Agosto, 2018).

Bayer. 2018. Manual de reconocimiento y manejo de malezas. <http://cropscience.Bayer.Com.ar/upload/PDF/Manejointegradode malezas.pdf>. (25 Agosto, 2018)

CENGICAÑA. 2013. Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar. Cengicaña. Guatemala, p 95

CENGICAÑA. 2014. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar. Cengicaña. Guatemala. Pp 73-107

COLPOS. 2003. Azúcar. Colegio de postgraduados. Colpos. México, D.F. 123 p.

CONADESUCA. 2015. Plagas y enfermedades en la caña de azúcar. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114374/Nota_Tecnica_informativa_Noviembre_2015.pdf.(28, Agosto, 2018)

CONADESUCA. 2016. Para una agroindustria más competitiva es necesario invertir en el desarrollo de nuevas variedades. <https://www.gob.mx/conadesuca/articulos/variedades-de-cana-de-azucar?idiom=es>. (26, Agosto, 2018)

EUMED.NET. 2018. Cultivo de la caña de azúcar. <Http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1333/index.htm>. (28, Agosto, 2018).

FAO.2018. Enfermedades de la caña de azúcar. <http://www.fao.org/search/es/?cx=018170620143701104933%3Aqq82jsfba7w&q=plagas+y+enfermedades+ca%C3%B1a+de+azucar&cof=FORID%3A9&siteurl=www.fao.org%2Ffaostat%2Fes%2F%23home&ref=&ss=5771j1217421j35>. (26, Agosto, 2018)

FIRA. 2010. Producción sostenible de caña de azúcar en México. Fideicomisos Instituidos En Relación Con La Agricultura. Fira. México, D.F. 64 p.

FIRA. 2015. Programa alimentario, Azucar 2015. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61947/Panorama_Agroalimentario_Azucar_2015.pdf. (27, Agosto, 2018)

INIFAP. 1997. Guía para cultivar caña de azúcar en el estado de Morelos. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Inifap. México D.F. p 30

INIFAP. 2005. Guía para cultivar caña de azúcar con el sistema tipo piña o doble surco en el estado de Morelos. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3143/guiaparacultivarcanatipopina.pdf?sequence=1>. (01, Septiembre, 2018)

INIFAP.2017. Tecnología de producción de caña de azúcar para el estado de colima. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Inifap. México .D.F. 39 p.

- INTAGRI. 2016.** Manejo integrado de plagas y enfermedades de la caña de azúcar. <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-la-cania>. (26, Agosto, 2018)
- Merino, F.C. 2017.** La diversificación de la agroindustria azucarera como estrategia para México. Revista agro productividad. Volumen (10): Pp 7-12
- Ordoñez. 2000.** Estudio de las malezas en diferentes ambientes de la caña de azúcar (*Saccharum Ssp.*) En el ingenio San Miguelito, Veracruz, México. Tesis de maestría. UV. Veracruz, Veracruz. 116 p
- Parral. 2015.** Las organizaciones de productores de caña y sus relaciones de poder. el caso de la asociación local de cañeros de casasano, en cuautla de Morelos, México. Pueblos y fronteras. Volumen (9): Pp 81-90
- SAGARPA. 2012.** Manual de plagas y enfermedades en caña de azúcar para el estado de Morelos. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Impresos lluvia. México .D.F. 19p
- SAGARPA. 2013.** Veracruz principal productor de caña de azúcar. <https://www.gob.mx/presidencia/articulos/veracruz-principal-productor-de-azucar>. (25, Agosto, 2013)
- SAGARPA. 2015. (a)** Agenda técnica agrícola Morelos. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Inifap. México, D.F. Pp 75-23.
- SAGARPA. 2015. (b)** Atlas de la agroindustria de la caña de azúcar. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Sagarpa. México, D.F. Pp 11-74.
- SAGARPA. 2015. (c)** Veracruz primer productor de caña de azúcar. <https://www.gob.mx/sagarpa%7cveracruz/articulos/veracruz-primer-productor-de-cana-de-azucar>. (28, Septiembre, 2018)

SAGARPA. 2016. Caña de azúcar, un valioso alimento. <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/cana-de-azucar-un-valioso-alimento>. (28, Agosto, 2018)

SAGARPA. 2017. Planeación agrícola nacional 2017- 2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256427/B_sico-Ca_a_de_az_car.pdf. (26, Agosto, 2018)

Scharrer, 1997. Azúcar y trabajo, tecnología de los siglos XVII y XVIII en el actual estado de Morelos. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=wkktivflcjdg&oi=fnd&pg=pa11&dq=ca%c3%b1a+de+azucar+morelos&ots=rnzikq_0fp&sig=oplih_fagd_In5lkh9randsfoa#v=onepage&q=ca%c3%b1a%20de%20azucar%20morelos&f=false. (28, Agosto, 2018)