
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



IMPORTANCIA INTEGRAL DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR
Saccharum officinarum (L.)

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A N

MIGUEL ANGEL CARRILLO VELAZQUEZ
DAVID ROMERO DEL RINCON
CARLOS AVILA GONZALEZ

GUADALAJARA, JALISCO AGOSTO 1993



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COMITE DE TITULACION
SOLICITUD Y DICTAMEN

RECCION COM. DE TIT.
 EXPEDIENTE _____
 NUMERO OGA86022/93
 OGA91022/93
 OGA86022/93

SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA.
 PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION.
 P R E S E N T E.

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento Interno de la Facultad de Agronomía, he reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicito su autorización para realizar mi TESIS PROFESIONAL, con el tema:

IMPORTANCIA INTEGRAL DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR
 Saccharum officinarum (L.)

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DEL TRABAJO DE TITULACION.

MODALIDAD: Individual () Colectiva (X).

Nombre del Solicitante	Código	Generación	Orientación o Carrera	Firma del Solicitante
MIGUEL ANGEL CARRILLO VELAZQUEZ	077094768	81-86	GANADERIA	
DAVID ROMERO DEL RINCON	082535004	86-91	GANADERIA	
CARLOS AVILA GONZALEZ	077259058	81-86	GANADERIA	

Fecha de Solicitud: 29 DE JULIO DE 1993

DICTAMEN OGA86022/93

OGA91022/93

APROBADO (X) NO APROBADO () CLAVE: OGA86022/93

DIRECTOR: **ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA**

ASESOR: **ING. CARLOS R. GONZALEZ FLORES** **ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ**

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA
 PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION

AUTORIZACION DE IMPRESION

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
 DIRECTOR

ING. CARLOS R. GONZALEZ FLORES **ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ**
 ASESOR ASESOR

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA
 VO.BO. PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION

FECHA: _____

I N D I C E

1	INTRODUCCION	1
	1.1 Objetivo.	2
2	REVISION DE LITERATURA	4
	2.1 Historia de la Caña de Azúcar	4
	2.2 Ingenios Azucareros en la República Mexicana.	14
3	MATERIALES Y METODOS	18
	3.1 Citología	18
	3.2 Botánica.	20
	3.3 Variedades.	21
	3.4 Morfología.	25
	3.5 Anatomía.	36
	3.6 Sistemática	47
	3.6.1 <u>Saccharum officinarum</u>	48
	3.7 Madurez	53
	3.7.1 Clave para las especies del género <u>Saccharum</u>	55
	3.8 Suelo	57
	3.9 Labores de Preparación.	64
	3.9.1 Requisitos para una buena labor de preparación	66
	3.10 Clima	68
	3.10.1 Efecto de la temperatura y la insolación	69
	3.10.2 Factores climatológicos.	70
	3.10.3 Temperatura.	71
	3.10.4 Precipitación.	71
	3.11 Fertilización	72
	3.11.1 Indices para diagnosticar en el campo.	72
	3.11.2 Formulación y dosificación de fertilización.	77
	3.11.3 Fórmulas de fertilización.	78
	3.11.4 Aplicación de los fertilizantes.	78
	3.12 Mejoramiento Genético	81
	3.12.1 Selección de progenitores.	81
	3.12.2 Sincronización de la floración	85
	3.12.3 Cruzamientos	86
	3.12.4 Selección de híbridos.	87
	3.12.5 Experimentos de adaptabilidad de variedades.	88
	3.12.6 Hibridaciones.	89
	3.13 Variedades.	91
	3.14 Insumos	93
	3.15 Plagas y Enfermedades	99
	3.15.1 Plagas	99
	3.15.2 Enfermedades	107
	3.16 Productos Derivados	112
4	RESUMEN.	116
5	LITERATURA CITADA.	117

1. INTRODUCCION

La caña de azúcar no es un cultivo más entre el repertorio de todos aquellos que se siembran en nuestro país. Es un cultivo de gran importancia nacional y aún internacional, por un producto que de ella se obtiene, la codiciada azúcar. No sólo es el azúcar lo único que proporciona la caña de azúcar, pues se obtiene de ella papel, forraje, alcohol, glicerina, ácidos orgánicos y un sinfín más de productos industriales de gran demanda. Pero en sí, el azúcar es el que ocupa el primer lugar en el proceso de industrialización de la caña, pues se ha convertido en un alimento indispensable en la dieta del mexicano, al grado de que se consume en México 40 kg per cápita. Esto equivale a uno de los índices de consumo más alto del mundo.

Las condiciones geográficas de nuestro país son propicias para su cultivo. Tal hecho lo demuestra la existencia de 65 ingenios, distribuidos en 15 Estados de la República. La capacidad de todos ellos, trabajando con firmeza, aumentarían considerablemente la producción nacional, que por cierto, se ha venido degradando en los últimos años, por lo que parece ser debido a una crisis política

y económica.

Esa escasez parece ser debido a dos causas principales: una, es la irresponsabilidad de funcionarios públicos que controlan los ingenios; y la otra, la voracidad de los comerciantes y distribuidores del dulce que lo acaparan para propiciar su alza y así obtener más ganancia, sin preocuparse de que toda la población se afecta por ello.

Todo esto ha originado una serie de declaraciones por parte de funcionarios públicos, que lo único que han causado ha sido una confusión y una consternación general, pues se contradicen unos a otros.

El presente trabajo se desarrolló, en gran parte, en el Ingenio "San Francisco Ameca", ubicado en el poblado de Ameca, Jalisco, de donde se presentan aquí algunos datos relacionados directamente a este Ingenio.

1.1 Objetivo

El objetivo que se persigue con este trabajo, es el de conocer en una forma más o menos amplia, todo el proceso de cultivo de la caña de azúcar, que ocupa un papel preponderante en el aspecto agronómico y económico de nuestro país.

Dar a conocer la problemática del cultivo de la caña de azúcar y sus alternativas y soluciones.

Ver el uso potencial que tenga este cultivo en el aspecto de la industrialización.

Que maestros y alumnos del campo agropecuario, tengan una base bibliográfica sencilla y entendible, para incidir en este cultivo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Historia de la Caña de Azúcar

La caña de azúcar ya se cultiva en la India en el año - 400 a.C., y aún desde estos tiempos antiguos, el azúcar se presentaba por métodos que no eran considerablemente distintos de aquellos que se utilizan en los ingenios primitivos. La caña de azúcar y el arte de obtener su azúcar fueron llevados, en un principio, de India a China, así como de Arabia, y de este último país, a la Costa del Mediterráneo, en donde se desarrolló una industria azucarera próspera.

Durante muchos años, el sur de Europa abasteció los mercados del mundo, hasta que la caña de azúcar se introdujo a Madeira y a las Azores, alrededor de 1420. Se adoptó tan bien en estas islas, que la industria del sur de Europa ya no pudo competir y prácticamente desapareció en corto tiempo. Colón llevó con él caña de azúcar a La Española durante su segundo viaje al Nuevo Mundo, en 1493.

Muy poco después fue llevada a Cuba y Puerto Rico, y algo más tarde a México, Perú y Brasil. La caña se produjo bien, casi en todos los lugares donde se sembró

y para el principio del siglo XVI se estaba exportando azúcar producida en las grandes Antillas. El siguiente acontecimiento importante en la historia de la caña de azúcar, tuvo lugar casi 300 años después, cuando el capitán Bligh transportó variedades de Saccharum officinarum (L.), de Haití a Jamaica, en 1791.

Antes de la famosa importancia del capitán Bligh, las únicas cañas de azúcar sembradas en gran escala eran formadas de tallos delgados, probablemente primitivas del área cercana a la Bahía de Bengala. Estas variedades pertenecen a las dos especies estrechamente relacionadas: Saccharum sinense Roxb y Saccharum barberi Jesw. La S. officinarum, de tallos gruesos, sobre la cual se sustenta la industria moderna, provino aparentemente de las Islas del Pacífico Sur, siendo Nueva Guinea el probable punto local. No se tienen pruebas directas con respecto al verdadero centro, pero se han descubierto muy numerosas variedades, tanto en Nueva Guinea como en sus proximidades. Demasiada extrañeza causa en la actualidad, que muy poca o ninguna caña sea procesada, aún cuando existen plantaciones de tamaño considerable de caña para mascar.

Numerosas variedades silvestres o semisilvestres se han llevado a varios países durante los últimos 60 años, para utilizarse en forma muy importante en programas de mejoramiento genético.

La S. officinarum, de tallos gruesos, reemplazó rápidamente a las formas de tallos delgados, después de su industrialización. Las variedades más importantes (clones) en el Nuevo Mundo eran: Bourbon, La Haina, Caña Blanca y Otaheite.

Probaron tener éxito donde quiera que se plantó, produciendo buenos rendimientos durante casi un siglo.

Todavía pueden competir con las variedades más frecuentes, siempre y cuando se siembren en buen suelo y bajo condiciones favorables y se conserve libre de plagas y enfermedades.

La desaparición gradual de estas líneas puras de S. officinarum no fue el resultado de una degradación de variedades, ya que ésto no existe, aún cuando clones de la misma pudieran haberse perpetuado a través de numerosas generaciones.

Lo cierto es que en tiempos pasados y aún en la actualidad, los rendimientos de la caña en tierras vírgenes recientes al cultivo fueron de gran magnitud durante los primeros años, pero disminuyeron considerablemente al agotarse la fertilidad del suelo. Se pueden encontrar ejemplos de esta situación en casi todos los países productores de azúcar de Centroamérica y de América del Sur, así como cualquier otra parte del mundo.

Se ha establecido que es necesario restituir, cuando

menos, parte de las extracciones del cultivo al suelo, excepto en donde la caña se siembra en suelos extremadamente fértiles y productivos.

Las cañas cultivadas pertenecen a dos grupos las llamadas nobles, por su tamaño, suavidad y alto contenido de azúcar, que pertenecen a la especie de S. officinarum y S. spontaneum o caña del norte de la India. Se han obtenido, además, numerosos híbridos de valor comercial, cruzando S. officinarum con S. spontaneum y aumentando por retrocruza se eleva la proporción de la primera por este proceso denominado "ennoblecimiento", se han logrado cultivar y es superior en producción y resistencia.

ORIGEN.- Las cañas nobles son un conjunto cerca de un centenar de clones, es decir, de cultivares de propagación asexual que eventualmente puede producir semillas y propagarse por ese medio.

Difieren considerablemente entre si, en carácter morfológico o fisiológico, su dispersión por todo el mundo hizo muy difícil señalar el área de origen, hasta que se encontraron en Nueva Guinea, en sus cultivos, la gran mayoría de tipos.

Nueva Guinea está al norte de Australia, una de las islas más grandes del mundo, tiene una gran variedad de ambientes desde altas montañas de nieve perpetuadas hasta llanuras ecuatoriales.

Sus habitantes mantienen una cultura de la Edad de Piedra; las cañas de mascar son un alimento principal y conservan y seleccionan para ese propósito.

Se supone que S. officinarum, la especie tropical noble, se originó en esa Isla, derivada de una especie local: S. robustum que crece silvestre y se cruza con S. officinarum. También se cree que pudiese derivarse de una especie de otro género: Erenthus maximus, o que ésta se hibridizara con S. officinarum, para dar origen a las cañas nobles. Tanto S. officinarum como S. robustum son plantas tropicales que florecen en los días cortos, son susceptibles a las mismas enfermedades como el mosaico y su número cromosómico es $2n=80$ (octoploides).

Cuando Alejandro El Grande invadió la India en el año 327 a.C., sus escribas anotan que los habitantes "mascaban una caña maravillosa que producía una especie de miel, sin ninguna ayuda de las abejas". La caña de azúcar llegó a Persia y después a Egipto, a través de las invasiones árabes. El uso del azúcar se difundió en Europa con la extensión del cultivo de la caña en la región del Mediterráneo a principios del siglo XII (Humbert, 1963).

Menos de 200 años después, Cristóbal Colón, en su segundo viaje al Nuevo Mundo, llevó semilla de caña, que plantó por primera vez en Santo Domingo. Para el siglo XVI el azúcar se había convertido en un artículo

importante del comercio entre Europa y los países productores: Brasil, Cuba y México (Humbert, 1963).

A fines del siglo XVIII, A.S. Marggraf, Director de Academia de Ciencias de Berlín, descubrió una nueva fuente de azúcar. Analizó muchas plantas de sabor dulce y encontró en ellas azúcar idéntica a la que se extraía de la caña de azúcar. Escogió la remolacha como la más digna de atención, porque logró extraer de la raíz 1.3% de azúcar. Francisco Achard prosiguió el trabajo de Marggraf y logró interesar a Federico Guillermo III, Rey de Prusia, en la producción de azúcar. La primera fábrica de azúcar de remolacha se estableció en Kunnern, sobre el Oder, en 1802 (Humbert, 1963).

En la Edad Media el azúcar fue un lujo en la Europa Occidental y se usaba, principalmente, para dulces exóticos y para preparación farmacéutica (Humbert, 1963).

En 1840 la producción mundial fue de 1'320,000 ton cortadas y para 1890 se elevó a 6'767,000 ton cortadas (2'810,000 ton de caña de azúcar y 3'945,000 ton de remolacha). A partir de entonces ha venido en constante aumento, como puede verse en 1958-1959 se produjeron aproximadamente 32 millones de toneladas cortas de azúcar de caña, contra 24 millones de remolacha (Humbert, 1963).

El azúcar de caña se ha convertido en el más formidable competidor del azúcar de remolacha, porque los rendimientos de la caña se han ido elevando incesantemente. En los

Últimos años ha contribuido con el 70% de la producción mundial. El rendimiento medio en Java alcanzó 15.2 ton. métricas/ha (6.8 ton/acre de caña contra 4.0 ton/ha de azúcar de remolacha) en Bélgica y Checoslovaquia y 3.1 ton/ha (1.4 ton/acre) en Francia. En Hawai dos plantaciones han logrado más de 33.6 ton/ha (15 ton/acre) de azúcar de caña como rendimiento medio de una zafra completa (cultivo de dos años) (Humbert, 1963).

La aguda competencia de mercados y la incosteabilidad consiguiente de los precios de venta se han venido resolviendo desde 1902 a través de acuerdos y convenios internacionales. En 1934 se dictó el decreto Jones-Costigan que estableció el sistema de cuotas para el mercado de los Estados Unidos (Humbert, 1963).

Desde el año de 1900 la caña es uno de los cultivos mayores en más de 69 países de los trópicos y el azúcar artículo principal de su comercio internacional. Los índices de producción son indicadores de la intensidad de las operaciones agrícolas, grado de aplicación de la ciencia moderna, estandar social y adelanto industrial (Humbert, 1963).

El ciclo de desarrollo de la caña varía desde 10 meses en Lousiana hasta 2 años en el Hawai, Perú y Sudáfrica. En los demás países es de 14-18 meses para la planta y 12 meses para las socas. La zafra dura 5-6 meses en

la mayoría de los países productores y en el Hawai 10 meses por año, en promedio (Humbert, 1963).

Según Honig, no más del 10% de la superficie cultivada con caña en el mundo, dispone de agua para riego y menos del 20% se fertiliza debidamente.

Las estaciones agrícolas experimentales dedicadas a la producción de variedades de alto rendimiento y al mejoramiento de las prácticas agrícolas se iniciaron en Java, en 1885; en el Hawai en 1895, y en Queensland, en 1900 (Humbart, 1963).

El Hawai invierte más de medio millón de dólares por año, en los trabajos de genética para la creación de variedades de alto rendimiento y resistencia a las plagas y enfermedades y Bayer considera que el mayor porcentaje de los aumentos de rendimiento que se han logrado debe atribuirse a la introducción al cultivo de nuevas y mejoradas variedades.

Martineau (1910) decía: "se producen plántulas y se seleccionan, propagan y fertilizan variedades hasta que finalmente Java ha alcanzado el notable rendimiento en caña de 94 ton/ha (42 ton/acre), como un promedio de toda la isla".

Entre 1840 y 1910 el rendimiento en Java aumentó de 1.8 ton. a 18 ton. de azúcar/ha y Van Dillewijn indica que el 30% del aumento en los rendimientos, desde fines

de 1930 se debe a la introducción al cultivo de la P.C.J. 2878, que pagó en un solo año todos los gastos de la estación experimental, erogados en los últimos 40 años (Humbert, 1963).

Las centrales azucareras de todo el mundo, con su avanzada tecnología industrial y su fuerte capital, han despreciado la investigación de campo, particularmente cuando la caña es abastecida por un gran número de pequeños cañeros. Se ha alcanzado un mayor progreso cuando la fábrica y el campo pertenecen a los mismos propietarios (Humbert, 1963).

El efecto combinado de la implantación al cultivo comercial de los resultados logrados por las estaciones experimentales en variedades de alta producción, mejores prácticas culturales, fertilización y riegos adecuados, combate de las malas hierbas, plagas y enfermedades, conducirá a mejorar la producción para hacer frente al creciente consumo de azúcar. Hawái es un buen ejemplo (Humbert, 1963).

Es necesario, además, coordinar las operaciones del campo y de la molienda con un mejoramiento en los sistemas de transporte. Los estudios en el Hawái muestran pérdidas del 20% del azúcar, recuperable con un retraso de 8 días, entre corte y molienda. Resultados que han sido confirmados por los estudios hechos en San Cristobal, Veracruz, que indicaron una declinación lenta de la pureza

de los jugos durante los 5 primeros días siguientes al corte, y después un descenso de 1.5 puntos por día en el período de 9 a 21 días después del corte (Humbert, 1963).

En Cuba, principal país productor de azúcar en el mundo, que dedica las tres cuartas partes de sus tierras de labor al cultivo de la caña, a pesar de la alta eficiencia de sus fábricas, la producción del campo es baja. Solamente en los últimos años se han venido haciendo esfuerzos para aplicar el "saber cómo" (know how) en la táctica del campo. La producción fluctúa, principalmente, con la extensión de las áreas de caña cortada y de caña quedada (Humbert, 1963).

La mecanización del cultivo, corte y alicé de caña se ha desarrollado principalmente en el Hawai y en Lousiana, debido a los problemas de altos salarios y, como consecuencia, ha ocasionado la introducción de mayor cantidad de impurezas a los molinos, menor recuperación de azúcar y problemas de compactación e impermeabilización del suelo. Los países que aún no confrontan problemas de escasez de mano de obra y de aumentos indebidos de salarios se conforman con observar los adelantos logrados (Humbert, 1963).

2.2 Ingenios Azucareros en la República Mexicana

1. REGION SINALOA
 - 1) Los Mochis
 - 2) La Primavera
 - 3) Rosales
 - 4) El Dorado

2. REGION NAYARIT
 - 1) Puga
 - 2) El Molino

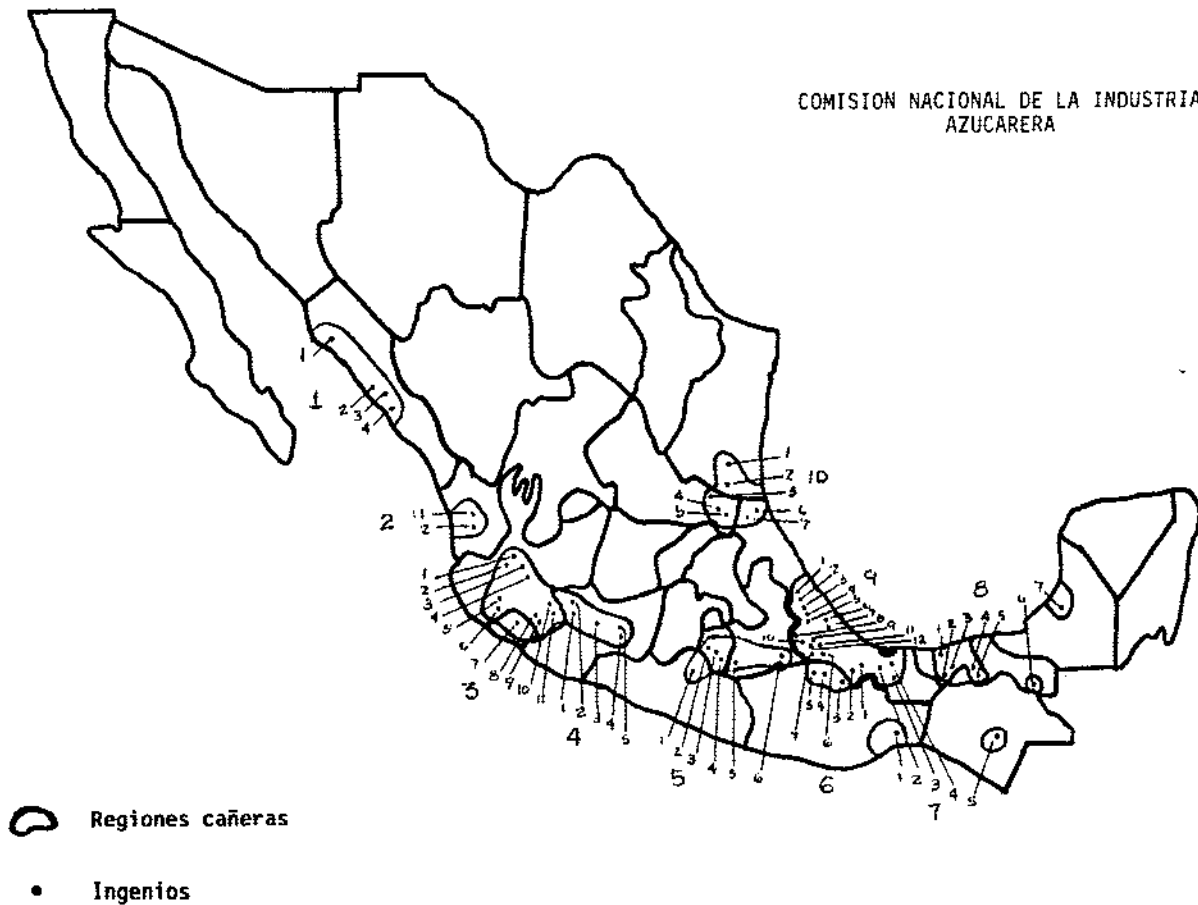
3. REGION JALISCO-COLIMA
 - 1) San Francisco Ameca
 - 2) Tala
 - 3) Bellavista
 - 4) Estipac
 - 5) Melchor Ocampo
 - 6) José Ma. Morelos
 - 7) Quesería (Col.)
 - 8) Guadalupe
 - 9) Purísima
 - 10) Tamazula
 - 11) Santiago

4. REGION MICHOACAN
 - 1) San Sebastián
 - 2) Santa Clara
 - 3) Lázaro Cárdenas
 - 4) Puruarán
 - 5) Pedernales

5. REGION BALSAS
- 1) San Martín (Gro.)
 - 2) Emiliano Zapata (Mor.)
 - 3) Dacalco (Mor.)
 - 4) Casasano (Mor.)
 - 5) Atencingo (Pue.)
 - 6) Calipan (Pue.)
6. REGION PAPALOAPAN
- 1) San Cristobal (Ver.)
 - 2) San Gabriel (Ver.)
 - 3) Adolfo López Mateos (Oax.)
 - 4) La Margarita (Oax.)
 - 5) El Refugio (Oax.)
 - 6) Constanca (Ver.)
 - 7) Motzorongo (Ver.)
7. REGION TUXTLAS-ISTMO-
CHIAPAS
- 1) Santo Domingo (Oax.)
 - 2) San Fco. Naranja (Ver.)
 - 3) Cuatotolapan (Ver.)
 - 4) San Pedro (Ver.)
 - 5) Pujilic (Chis.)
8. REGION TABASCO-
CAMPECHE
- 1) Pdte. Benito Juárez (Tab.)
 - 2) Nueva Zelanda (Tab.)
 - 3) Santa Rosalía (Tab.)
 - 4) Progreso (Tab.)
 - 5) Dos Patrias (Tab.)
 - 6) Hermenegildo Galeana

- 7) La Joya
9. REGION CORDOBA-JALAPA
- 1) Independencia
 - 2) La Concepción
 - 3) Mahuixtlán
 - 4) El Modelo
 - 5) La Gloria
 - 6) Central Progreso
 - 7) El Potrero
 - 8) San Miguelito
 - 9) San Nicolás
 - 10) El Carmen
 - 11) La Providencia
 - 12) San José de Abajo
10. REGION LAS HUASTECAS
- 1) Xicoténcatl (Tams.)
 - 2) El Mante (Tams.)
 - 3) Ponciano Arriaga (SLP)
 - 4) Alianza Popular (SLP)
 - 5) Plan de Ayala (SLP)
 - 6) Zapoapita (Ver.)
 - 7) El Higo (Ver.)

COMISION NACIONAL DE LA INDUSTRIA
AZUCARERA



3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Citología

Bremer fue el primero en señalar que el número cromosómico base en la tribu Andropogoneae es 10, así como que gran número de variedades pertenecientes a la especie Saccharum officinarum poseen 40 cromosomas haploides y 80 cromosomas en su fase diploide. En Erianthus se encontró el mismo número base, el número cromosómico haploide 20 o 30, y el contenido cromosómico en las células somáticas debería ser 40 y 60, concluyendo que las especies de Erianthus estudiadas tetraploides y hexaploides. Que la especie Saccharum officinarum estudiada es un octaploide con 8 grupos de 10 cromosomas, así como que las especies conocidas del género Saccharum son poliploides complejos cuyo número cromosómico varía de variedad en variedad. Los estudios citológicos de Bremer le permitieron indicar que Clagh tabago, variedad perteneciente a Saccharum spontaneum de Java, presentó la misma condición citológica señalada para Saccharum officinarum, observó en cambio, que otras variedades de Saccharum officinarum poseen 56 cromosomas haploides; 46 existen en Saccharum barberi, y más o menos 58 en Saccharum sinense. Estas formas o

especies del género Saccharum no exhiben un número cromosómico múltiplo del número básico 10, y señaló que estos números se originaron por hibridación o por aberración cromosómica.

Al estudiar el grano de polen observó que durante su formación, en el proceso de división, la reducción cromática en la célula materna del grano de polen ocurre en forma anormal, frecuentemente favorecido por condiciones ecológicas adversas al crecimiento de la planta.

Bremer estudió algunas plántulas de la progenie de Saccharum officinarum y Saccharum spontaneum de Java, en la que la primera fue utilizada como progenitor femenino y encontró que estas plántulas exhibieron 68 cromosomas bivalentes en la profase y 136 en la anafase, lo que significó un aumento de 40 cromosomas sobre el número esperado. Como explicación indicó que la reducción cromosómica en la división de la célula pudo no haber ocurrido, resultando el cigoto con un contenido cromosómico diploide semejante al encontrado en las células somáticas del progenitor femenino, huevecillo que al ser utilizado y fertilizado por el gameto masculino producido por Saccharum spontaneum produjo una progenie con 136 cromosomas. En estudios posteriores concluyó que lo acontecido fue la división longitudinal de los cromosomas durante el proceso de fertilización de Saccharum officinarum, no

acontecido ésto en Saccharum spontaneum, y que esta duplicación no se presenta en los híbridos durante el proceso de nubilización, sino que por el contrario, se observa una reducción en el número cromosómico.

3.2 Botánica

Reino	-	Vegetal
División	-	Espermatofitas o fanerógamas
Subdivisión	-	Angiospermas
Clase	-	Monocotiledóneas
Orden	-	Zacates o glumifloras
Familia	-	Gramíneae
Subfamilia	-	Panicoideae
Tribu	-	Andropogonia
Subtribu	-	Sacaríneas
Género	-	<u>Saccharum</u>
Especie	-	spp.

El género Saccharum contiene 5 especies: la caña "noble" o de tallo grueso, S. officinarum L.; las cañas duras de tallo delgado de China e India S. sinense Roxb y S. barberi Jesw, y la caña silvestre de la parte sudoriental de Asia: S. spontaneum L. y S. robustum Jesw y Brandes. La primera constituye la fuente más importante de azúcar; las dos siguientes fueron: las cañas comerciales originales, pero ya fuera de uso, excepto en muy pocas áreas. Las

dos últimas no son de importancia en la manufactura de azúcar, debido a que sus tallos son delgados y con frecuencia fofos; sin embargo han sido de gran valor en el trabajo de mejoramiento genético. El número cromosómico diploide ($2n$) en S. officinarum es 80, mientras que en S. sinense tiene 118. El número cromosómico en S. barberi es variable, lo cual indica que esta especie es una mezcla heterogénea de varias formas íntimamente relacionadas entre sí. Las tres especies se han cultivado por un tiempo tan largo que no se conocen líneas silvestres.

3.3 Variedades

El número de variedades de caña de azúcar encontradas en las diferentes regiones del mundo es muy grande; cada año aumenta enormemente, debido a los trabajos que se llevan a cabo en las diferentes estaciones experimentales dedicadas a trabajos de genética y propagación. Cabe hacer notar que las variedades de caña de azúcar no tienen una duración indefinida en el campo cuando son cultivadas comercialmente, pues producen su rendimiento máximo durante un tiempo variable y posteriormente éste va decreciendo. Cuando llega al máximo, el campo y la industria eventualmente las excluyen, haciéndose necesario sustituirlas por otras variedades que posean características deseables

para su cultivo.

Genealogía de las variedades comerciales de caña que han sido cultivadas en algunos países del mundo cañero.

ARGENTINA	TUC 1406++
	TUC 1316+
	TUC 2645++
	TUC 2680++
	TUC 2683+

AUSTRALIA	Comus++
	Pindar++
	Trojan++
	Q. 28+
	Q. 44+
	Q. 47++
	Q. 49+
	Q. 50++
	Q. 813+

BARBADOS	B. 3439
	B. 37161++
	B. 4098++
	B. 41211++
	B. 41227++
	B. 4362++
	BH. 10112

++ Variedades cultivadas comerciales en la actualidad.

+ Variedades que son o han sido de importancia comercial en el país de origen y en otros países.

GUAYANA	D. 74+
	D. 95+
	D. 625+
	D. 1135+
	D. 14134
CUBA	ML. 3-18+
HAWAI	H. 28-2055+
	H. 31-1388+
	H. 32-1063+
	H. 32-8560+
	H. 37-1933+
	H. 38-2915+
	H. 39-3633+
	H. 44-3098+
INDIA	Co. 213+
	Co. 281+
	Co. 285+
	Co. 290+
	Co. 312+
	Co. 313+
	Co. 331+
	Co. 419+

++ Variedades cultivadas comerciales en la actualidad.

+ Variedades que son o han sido de importancia comercial en el país de origen y en otros países.

	Co. 421+
	Co. 513+
	Co. 527+
	Co. 5109+
JAVA	EK. 28+
	POJ. 36+
	POJ. 36M+
	POJ. 213+
	POJ. 234+
	POJ. 2714+
	POJ. 2878+
	POJ. 2961+
	POJ. 2967+
MAURICIO	M 134/32++
PUERTO RICO	M 336+
	PR 1000+
TAIWAN	F 108+
	F 134+
AFRICA DEL SUR	N:Co 310+
ESTADOS UNIDOS	CP. 28-11+

++ Variedades cultivadas comerciales en la actualidad.

+ Variedades que son o han sido de importancia comercial en el país de origen y en otros países.

CP. 28-19+
CP. 29-103+
CP. 29-116+
CP. 29-120+
CP. 33-243+
CP. 33-310+
CP. 33-425+
CP. 34-120++
CP. 36-13+
CP. 36-105++
CP. 36-183++
CP. 43-47+
CP. 44-101+
F 31-436+
F 31-962+

3.4 Morfología

Las principales partes de la caña de azúcar son: el tallo, la hoja, la inflorescencia, la raíz y el rizoma, constituyendo este último la parte subterránea del tallo. Todas ellas tienen características más o menos sobresalientes que se pueden utilizar para la identificación de las distintas variedades.

La caña de azúcar tiene un tallo sólido compuesto de un conjunto de entrenudos separados por nudos. En

su parte subterránea y en la base de la planta, son cortos, siendo de mayor longitud en toda la parte media del tallo para luego disminuir de tamaño en la porción terminal. Desde el punto de vista comercial, la parte central de la caña es la más importante. Es deseable que esa recta de entrenudos largos y uniformes y que esté libre de hojas. Los entrenudos proporcionan la historia completa del desarrollo de la planta a simple vista, ya que no adquieren su máxima longitud si el crecimiento es limitado, debido a circunstancias desfavorables, tales como la falta de humedad y la baja temperatura; por lo tanto, en el caso de que se presente una sequía durante el desarrollo vital de la planta, los entrenudos serán más cortos de lo normal, lo cual puede distinguirse fácilmente comparándolas con los de más arriba o más abajo. El tallo de sección transversal, circular u oval, y la forma y longitud media de los entrenudos es distinta para las diferentes variedades. Su color depende también de la variedad pudiendo ser verde, amarillo, morado, café rojizo, o con franjas. En algunas ocasiones una capa densa cerosa les puede dar una tonalidad blanquisca. Estas características son de gran utilidad en la clasificación de variedades aún cuando puedan ser afectadas por condiciones ambientales y tienden a ser algo inestables.

Internamente, el tallo está formado por un tejido parenquimatoso desmenuzado, en el cual se encuentran

numerosos haces vasculares con una capa epidérmica dura en su exterior. Esta capa exterior o anillo duro sirve para sostener el tallo y proteger las células adyacentes; el sistema vascular es el canal por medio del cual los nutrimentos se transportan de una a otra parte de la planta. Las células del parénquima, son de interés primordial para el productor, ya que son los que contienen savia rica en azúcar. Bajo condiciones normales estas células permanecen llenas de jugo hasta la cosecha de la caña, pero parte del tejido desgregado puede desecarse y morir si se presenta una sequía durante el período de crecimiento. Bajo tales circunstancias, el tallo adquiere una apariencia fofa y contiene mucho menos azúcar de lo normal. Ciertas partes de la planta, especialmente los últimos entrenudos, generalmente pierden bastante humedad, a medida que se desarrolla la inflorescencia de tal manera, que pueden secarse por completo. Prácticamente no tienen valor y, por lo tanto, se desechan al tiempo de la cosecha, dejándolos en el campo.

Las yemas están generalmente ocultas en forma parcial o total por las bases de las hojas. Su tamaño, forma, color y pilosidad, constituyen buenas características de diagnóstico, para una determinada línea. Cada nudo tiene una yema única colocada alternamente en lados opuestos del tallo. Las yemas pueden ser grandes o pequeñas; redondas, puntiagudas, triangulares o aladas; y de coloración

variada. Inmediatamente adyacente a las yemas, se presentan dos o más hileras de puntos translúcidos colocados en una franja de coloración clara alrededor del tallo. Estos constituyen el primordio radicular y, de igual manera que las yemas, permanecerán inactivos en tanto el tallo esté intacto, a menos que se encuentren en los nudos basales o en el rizoma. Excepto por los brotes laterales, que se desarrollan como resultado del daño a las partes terminales, la caña de azúcar no produce ramas verdaderas arriba de los nudos basales. Por supuesto, los pequeños pedazos del tallo que contengan una sola yema pueden reproducir la planta entera cuando se les coloca en condiciones apropiadas.

La planta de la caña de azúcar está constituida por hojas largas y angostas que pueden crecer hasta 100 cm o más de longitud y unos 8 cm de ancho. Las hojas están divididas por su nervadura central. Observando de arriba la nervadura central, contrasta fuertemente con el resto de la hoja, ya que está claramente hundida y tiene color blanco; en el envés es de sección transversal, convexa y de color verde. La forma de la hoja y su firmeza determinan el hábito de la variedad. Algunas tienen hojas largas, anchas e inclinadas, en tanto que otras tienen hojas cortas, angostas y erectas. La parte inferior de la hoja, o sea la base envolvente, con frecuencia envuelve al tallo en una parte que comprende varios entrenudos antes

de terminar en la parte en donde pueden acumular agua. La junta se puede distinguir por dos o más zonas de forma triangular y coloración oscura en cualquier lado de la hoja. El extremo de la envoltura central basal tiene una o dos aurículas de color paja, que juntamente con la ligula, a lo largo del margen interior tienen forma típica en una variedad determinada.

La longevidad de una determinada hoja de la caña, es corta, cuando mueren y se secan pueden caerse en un corto tiempo, en algunas variedades; en otras permanecen adheridas a los tallos estorbando las operaciones del campo.

La inflorescencia es una panícula terminal que contiene innumerables y pequeñísimas flores perfectas en sus ejes laterales. Algunas variedades florecen profusamente. Otras apenas lo hacen. La edad de la caña y las condiciones ambientales, como son: temperatura, humedad y especialmente duración del día; tienen una gran influencia respecto a si las flores aparecen y cuándo van a aparecer. Aunque constituyen problemas para el productor, debido a que absorben nutrientes que de otra manera serían acumulados como azúcar; las flores son de vital interés para el fitogenetista, ya que éste debe utilizarlas para la obtención de nuevas variedades. El término semilla se usa tan extensivamente en toda la industria, para referirse

a los trozos de tallo que normalmente se emplean para la propagación vegetativa de la caña, que hace dicho término inapropiado en la práctica, ya que hablando en forma estricta, esas semillas no son sino trozos de caña.

La morfología, al descubrir la forma de los diversos órganos de la planta, nos es de gran importancia, ya que nos es útil para diferenciar no sólo las distintas especies de caña de azúcar, sino también para la correcta tipificación de unas y otras variedades.

HABITO.- En la consideración de su hábito o apariencia, debemos tomar en cuenta la forma como se desarrolla la planta y, por lo tanto, su aspecto. Esta es recta si desde el comienzo de su desarrollo tiene el tallo en posición vertical o casi vertical; es ascendente o postrado si los tiene inclinados, como acamados o con tendencia a acamarse, o en gran parte de su longitud, rastreros. Asimismo, al ser buena o mala retoñadora, tendrá muchos o pocos, respectivamente; o también conviene tomar en cuenta el vigor. Así decimos, por ejemplo, de la variedad Co. 421 que es erecta, buena encepadora y de buen vigor; o de la P.R. 803, que es postrada (acostada), poco encepadora y de buen vigor.

TALLO.- Constituye la parte aérea de sostén de las hojas, está formado por secciones llamadas entrenudos separados por los nudos. El crecimiento es, en tal forma,

que los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, luego aumentan en longitud, para disminuir en la zona apical. Lo mismo sucede con su grosor, son delgados en la base y en el extremo superior. El hecho de que los entrenudos de la base sean más cortos es de gran valor, pues cada uno tiene una yema, las cuales son de importancia para la formación de tallos secundarios. Es muy importante que el grosor del tallo en la superficie del nudo es mayor que en la parte superior, pues éste le da resistencia al tallo, evitando así su caída.

Indudablemente que los factores externos o climáticos tienen gran influencia en la forma o tamaño de los entrenudos; así, por ejemplo, la sequía hace que los entrenudos sean más cortos y de mayor contenido de fibras. Lo mismo sucede con el frío, pues paraliza el crecimiento.

El peso molible varía según la variedad, edad de corte, condiciones de crecimiento, etc., pero en general, el peso puede ir desde 2 a 4 kg. En muy raros casos, se ha presentado tallos dobles o bifurcados, pero esto es más una anomalía que una condición regular de la caña.

HOJAS.- Uno de los aspectos importantes en cuanto a la diferenciación de las hojas es su nomenclatura, cuestión de gran importancia, pues sirve para localizar rápidamente la hoja de que se habla y así también del entrenudo. Anteriormente se hacía referencia a las hojas

en forma arbitraria, sin tener una base exacta para su diferenciación, lo que ocasionaba grandes dificultades para la interpretación de los resultados experimentales o agronómicos.

Clements (1941) desarrolló una técnica para la identificación de las hojas y de los entrenudos. El tallo fue dividido en dos partes:

- a) Tallo industrial o caña molible.- Sin hojas, se numeran los entrenudos desde la base yendo hacia arriba.
- b) Tallos con hojas o caña verde o merismética.- Los entrenudos se clasifican según las hojas, para lo cual llama hoja número 1 al epicifolio o ápice caulinar con las hojas no abiertas o desarrolladas y de aquí hacia abajo reciben los números 2, 3, 4, etc. Los entrenudos de esta zona se numeran por el correspondiente a la hoja. Las hojas nacen en dos filas, una de cada nudo y su número en cada tallo varía de acuerdo con las variedades. Ese número permanece más constante al abrirse las nuevas del ápice y secarse las de abajo. Cada hoja consiste en la vaina y el limbo o lámina. En la unión de una y otra está la articulación con sus diferentes regiones, en tanto que en la base de la vaina donde ésta se une al tallo, existe un ensanchamien-

to, que es la base de la vaina.

INFLORESCENCIA.- Cuando un conjunto de condiciones climáticas (temperatura, humedad, luminosidad), y fisiológicas (edad, estado nutricional) se conjugan la yema vegetativa terminal, deja de formar nuevos tejidos y se transforma en yema floral. En Venezuela ésto ocurre, generalmente, en los meses de agosto y septiembre, notándose que las vainas de las hojas terminales se hacen cada vez más largas, el crecimiento prácticamente se paraliza, no así el alargamiento, y al fin aparece una hoja con una vaina muy larga con una lámina muy pequeña, que nuestros agricultores denominan "bandera" a los pocos días; dependiendo de la variedad y de las condiciones, aparece la inflorescencia que es llamada "espiga".

La inflorescencia es una panícula, pues tiene más anchura en la base que en el ápice, de tal manera que tiene una forma conoidal. Su forma, color, tamaño y grado de ramificación depende de las variedades. En el S. officinarum la panícula es larga, mientras que en el S. spontaneum es más corta.

Del eje principal de la inflorescencia se insertan los ejes primarios, y sobre éstos los secundarios; en algunos casos pueden haber terciarios. La parte inferior es más ramificada que la superior. Las espiguillas o espículas están unidas al eje, por medio del pedicelo;

estas espiguillas o espículas están arregladas en pares -una sésil y otra pedicelada-. La floración de una u otra se utiliza por diferencia, según especies.

Generalmente las espiguillas están rodeadas de pelos largos, dándole así apariencia cedosa a la inflorescencia; las flores son hermafroditas, pero a veces son autoestériles macho, pudiendo ser en este caso interfértil hembra. La estructura de fuera hacia adentro es como sigue:

- a) Dos brácteas, llamadas glumas, distinguiéndose por los nombres de exterior e interior.
- b) Siguiendo hacia el interior, encontramos lemma estéril (tercera gluma); pueden ser dos o una, según la especie. En la base del ovario hay dos lodículos, que pueden ser ciliados o no. Corpúsculos de consistencia hialina que una vez maduros absorben humedad, forzando a las glumas y glumelas a separarse para que la flor abra.
- c) El androceo consiste en tres estambres versátiles, de tal manera que ellos pueden ser mecidos libremente por el viento.
- d) El gineceo tiene un ovario con un pistilo, que se divide en dos estilos que terminan en sendos estigmas. El ovario tiene una sola cavidad con un solo rudimento seminal. El fruto es una cariópside. En algunas especies se diferencian por el

raquis, si está cubierto de pelos o no.

RAICES.- Tan pronto sembramos un esqueje, se desarrollan los primordios, dando así origen a las raíces primarias las cuales son delgadas y muy ramificadas; posteriormente, cuando la yema nace y crece (que forma sus propios entrenudos) se desarrollan las raíces permanentes o raíces de brote. Las raíces primarias son de vida relativamente corta, pues desaparecen tan pronto entran en función las permanentes, que son gruesas y blancas al principio; pero cuando se hacen más largas pierden apariencia y se tornan de color obscuro. En un corte de la punta de la raíz, podemos distinguir la cofia, la zona de multiplicación o crecimiento, la zona de alargamiento y la zona de pelos radicales. La función fundamental de las raíces primarias es la de suministrar agua y algunos nutrientes del esqueje para el desarrollo de la yema; la de las raíces del brote para sostén o anclaje, absorción de agua y sales minerales.

La longitud de las raíces depende fundamentalmente de las variedades, de la textura del suelo y de la suplenia de agua. Así, cuando crece en suelos sumamente compactos, la penetración es poca; lo mismo cuando el nivel freático es muy superficial o con precipitación constante o muy abundante. En suelos sueltos y con riego o precipitación bien distribuida, la penetración es muy profunda, pudiendo llegar hasta más de 180 cm. Algunos investigadores han

reportado tres metros de profundidad. Al efecto, Lee, Roxas y Vilano, han encontrado estudios sobre profundidad y desarrollo del sistema radicular de la caña de azúcar, que el 80% de la masa radicular está concentrado en los primeros 60 cm. de profundidad y 14 cm. de radio; el resto sigue hacia abajo. Es indudable que el estudio de la distribución del sistema radicular presume técnicas especiales, pues es necesario cavar túneles debajo de las plantas en crecimiento, para poder conocer en el propio campo el desarrollo radicular.

En términos generales, se considera que las variedades comerciales, en buenas condiciones, tiene su máxima concentración radicular entre 40 y 80 cm. de profundidad.

3.5 Anatomía

Para su mejor comprensión, la estudiaremos en las siguientes partes: tallo, hojas y raíces, analizando cada uno de los elementos constitutivos.

TALLO.- La sección transversal del tallo nos muestra de fuera hacia adentro, los siguientes elementos constitutivos:

1. Epidermis: Cuyas células se estudian mejor en la parte central del entrenudo maduro; está constituida por células lignificadas, silicias

y corchosas. Sus características las hemos estudiado en la morfología, por ser un elemento de distinción de variedades. Algunas de estas tienen tricomas o pelos en forma de pequeñas púas, que pueden ser unicelulares o bicelulares.

2. Corteza o parte exterior debajo de la epidermis: Da protección, dureza y resistencia al entrenado. Está constituido por:

- Hipodermis o capa de células inmediatamente debajo de la epidermis; puede ser una o dos capas de células esclerenquimatosas, muy lignificadas. En las variedades de color distintas al verde, el protoplasma tiene pigmentos antociánicos, que dan color rojo, amarillo, etcétera.
- El tejido cortical, constituido por una o dos capas de células de paredes delgadas, tienen cloroplastos y le dan el color verde a los entrenados.
- El tejido cortical esclerenquimatoso, constituido por una o dos capas de células lignificadas, o sea, de paredes gruesas. La corteza es la que le da dureza al entrenado y ésta se determina con aparatos especiales; pero no debe olvidarse que las condiciones climáticas y fisiológicas hace que sea más o menos dura, por ejemplo: cuando la caña espiga, hay una disminución

de dureza por movilización de las sustancias acumuladas en la pared celular, es motivo de discusión si es lignina o no.

3. Parénquima o tejido de almacenamiento: Con células - de paredes delgadas, vistas desde la parte superior parecen redondeadas, pero de frente son alargadas; sus bordes están recortados, de modo que entre ella hay espacios interfibrovasculares.
4. Haces fibrovasculares: Están distribuidos dentro - del tejido parenquimatoso, siendo más numerosos hacia la superficie, pero más pequeños que los que están hacia el centro. Se ha establecido que el número de vasos por milímetro cuadrado está correlacionado directamente con la resistencia de la variedad a la sequía; así, las variedades más resistentes llegan a tener hasta 22 vasos por milímetro cuadrado, mientras que las menores resistentes tienen sólo hasta 11 vasos por milímetro cuadrado. En los vasos podemos distinguir:
 - Esclerénquima: Tejido de células de paredes gruesas que rodean el floema y le sirven de protección; también las hay hacia el xilema, pero éstas son menos lignificadas. La lignificación de este tejido aumenta con la edad, pero es posible que la planta la use en determinados

momentos, por ejemplo: cuando la caña florece, el centro del tallo próximo al meristemo terminal adquiere una consistencia esponjosa y flácida. Algunos autores las llaman fibras del floema y del xilema.

- Floema: Está constituido por dos clases de células:

a) Tubos cribosos.

b) Células anexas.

Las primeras son células vivas alargadas y separadas entre si, por membranas perforadas o acribilladas. Las segundas, son más delgadas y el protoplasma es más denso y con núcleo grande. Las paredes que separan a las células cribosas de éstas, están también perforadas.

Probablemente la función principal del floema es el transporte de las sustancias elaboradas por las hojas.

- Xilema: Constituido por:

a) El esclerénquima del xilema, aunque es menos lignificado que el del floema.

b) Tráqueas grandes. Tubos constituidos por células muertas de paredes lignificadas, presentando las características que los entrenudos de las células se han disuelto. Generalmente son dos grandes vasos o tubos

por cada haz fibro-vascular.

- c) El protoxilema o xilema primario, constituido por las células anulares o espirales. Son células muertas alargadas y punteadas muy lignificadas. El espesor es en forma circular o en espiral.
- d) Vasos pequeños y parénquima. A veces presente entre los dos grandes vasos.
- e) Bajo el protoxilema se encuentran la lúgula protoxilemática, una cavidad lisígena. Se considera que el xilema es el tejido conductor del agua y las sales minerales del suelo hacia las hijas.

Un alto porcentaje de la fibra del bagazo de la caña está constituido por los haces fibro-vasculares. En el anillo de crecimiento, los haces permanecen sin lignificación y el esclerénquima es reemplazado por colénquima; aquí los vasos no son tan paralelos como en el centro del entrenudo y más hacia la zona radicular se anastomosan para los primordios, hoja y yema.

5. Meristema terminal o yema terminal: Constituida por células meristemáticas; tiene la forma de domo, dando origen a las yemas, laterales, entrenudo y hojas. El número de primordios de hojas y yemas presentes en esta zona parece ser constante

para cada variedad que el número de las hojas que se encuentran en el apicifolio sea de 9. Se han podido contar hasta 11 primordios de hojas y yemas en esta zona meristémica. Es una zona de gran actividad, muy rica en sales minerales, azúcares invertidos y escasa en sacarosa.

ANATOMIA DE LA HOJA.- Se refiere a la histología o estructura interna y para su mejor sistematización la dividiremos en tres partes: la de la vaina, la lámina y la del nervio central.

En un corte transversal de la vaina, encontramos de afuera hacia adentro:

1. La epidermis: Constituida por células parecidas a las del tallo; lignificadas y generalmente con pelos o tricomas que pueden ser unicelulares o bicelulares. La epidermis interior, hacia el lado del tallo, está constituido por células más largas, menos lignificadas y sin pelos.
2. El tejido parenquimatoso o de almacenamiento: Constituido por paredes delgadas y más o menos redondeadas.
3. Haces fibrovasculares: Ubicados en posición radial de dos o cuatro vasos, los más grandes están hacia el centro y los más pequeños hacia la epidermis exterior; su composición es muy

parecida a la del tallo y están embebidos por el tejido parenquimatoso. Cuando los vasos se unen, están protegidos por tejido esclerenquimatoso, siendo reemplazado por colénquima, lo que da más flexibilidad a la hoja y los vasos no están en posición radical. En la lámina podemos distinguir:

- La epidermis: Constituida por células muy lignificadas, que protegen el tejido interno del ataque de insectos, hongos y de las condiciones climáticas.

A diferencia de la epidermis del tallo, las células no son tan uniformes, distinguiéndose: células centrales, marginales y las vecinas a estomas; y en el envés distinguimos dos tipos: las que van sobre los vasos, llamadas costales, y las que van entre ellos, que se llaman intercostales; estas últimas células (corchosas o a veces silíceas) y células de longitud intermedia; y las costales de estomas y células alargadas, alternantes, en tanto que la fila central consta solamente de células alargadas, silíceas y espinosas. Se ha determinado que los factores que influyen en la resistencia de una variedad a la sequía, tienen una epidermis hasta de 14.5 a 15 micras por el

lado superior y por el inferior de 8 a 9.5 micras. Por el contrario, las más susceptibles tienen la epidermis superior de 9 a 9.5 micras y la inferior de 4.5 a 5 micras.

- Los estomas: Pequeñas aberturas ubicadas en la superficie de la hoja, siendo más abundantes en la superficie inferior (envés) que en la superior (haz). Permiten la salida y entrada de gases dentro de la hoja y también sirven para la transpiración. Son formados por un par de células en forma de media luna, llamadas las células de cierre, las cuales contienen cloroplastos y, por lo tanto, están en capacidad de realizar fotosíntesis; al efecto, la acumulación del azúcar produce mayor presión osmótica, que hace mayor la suplencia de agua de la célula vecina; tal turgor permite que el estoma se abra, pero cuando hay poca suplencia de agua, no hay turgencia y las estomas permanecen más cerradas. Este mecanismo obra como protector de la planta, al reducir la pérdida de agua.
- Células buliformes o motoras: Son células grandes de paredes delgadas, ubicadas encima y a los lados de los vasos medianos y pequeños; algunas veces llegan casi a la superficie o epidermis de la hoja, lo que hace allí a la epidermis

sumamente delgada. Constituyen las células más grandes de la hoja y tienen mucha agua, lo que las hace sumamente sensibles a la falta de este elemento; por tanto, la falta de agua las produce haciendo que la hoja se desarrolle hacia adentro y hacia arriba, protegiendo la planta de la excesiva sequía, al reducir la superficie.

- Haces fibrovasculares: Corresponden a las llamadas venas de las hojas, se presentan en tres tamaños, dos grandes y medianos; son de forma romboidal y oval; y los pequeños circulares o redondeados. Los grandes ocupan casi todo el ancho de la hoja y están rodeados por pequeños o medianos. Su composición es similar a las del tallo floema (células compañeras y tubos cribados); las células compañeras a los lados de los tubos cribados y les ayudan en el transporte de las sustancias orgánicas. Los tubos cribados están compuestos de células alargadas, teniendo sus paredes cribadas; son más grandes en diámetro y tamaño que las células compañeras.

Las células lignificadas que rodean al floema se llaman fibras del floema, que además de protección le dan rigidez a la hoja. El xilema

constituido por grandes vasos, hechos por células de paredes gruesas y pequeñas, llamadas las fibras del xilema. El xilema sirve para el transporte del agua y las sales minerales.

- Parénquima: Células en empalizada o tejido de almacén y elaboración, constituido por células de paredes delgadas, más o menos isodiamétricas, tienen cloroplastos donde se desarrolla la actividad fotosintética. Son del mismo tipo de células parenquimatosas que rodean a los vasos. La anatomía del nervio central tiene una muy definida estructura; los vasos están ubicados hacia la epidermis inferior o envés; sobre ellos, o sea, hacia la epidermis superior, existe un tejido parenquimatoso muy esponjoso que carece de clorofila, así que es de color blanco; por el contrario, el tejido parenquimatoso hacia la parte inferior tiene clorofila, siendo así de color verde. La estructura de los vasos es similar a las nombradas para el tejido del tallo y la lámina de la hoja, pero tiene más tejido esclerenquimatoso debajo de ellos, dándole así rigidez al nervio central. Las células de la epidermis son en forma de ladrillo y de paredes gruesas lignificadas, con su eje más largo en dirección

del nervio central.

ANATOMIA DE LA RAIZ.- La raíz es de forma cilíndrica, distinguiéndose:

1. La cofia: ubicada en la punta, constituida por células de paredes delgadas y no muy apretadas: su función de protección.
2. Región de crecimiento: Donde la multiplicación celular ocurre, es de tejido meristemático; las células del extremo constituyen la cofia y las de la parte superior la zona de alargamiento. Son de paredes delgadas, muy pequeñas y con un definido núcleo. Esta zona se puede usar para el estudio citológico de las variedades.
3. Elongación: Está constituida por las células que provienen de la zona meristemática, pero aquí crecen hasta alcanzar su tamaño normal; este alargamiento es lo que empuja la raíz hacia abajo.
4. Zona de pelos radicales: Se caracteriza porque las células de la epidermis desarrollan pequeños pelos unicelulares hacia el exterior, lo que aumenta la superficie de absorción. La sección transversal de la raíz nos muestra la epidermis compuesta de:
 - La exodermis: Células de paredes delgadas y pentagonales, de donde nacen los pelos radica-

les; una capa de tejido esclerenquimatoso, de células con paredes más gruesas, la corteza constituida por células parenquimatosas, algo desintegrada, lo que da origen a grandes cavidades llamadas "einer".

- Endodermis: Células de paredes gruesas que rodean el cilindro central, el cual está constituido por el periciclo; células parenquimatosas de paredes delgadas; en seguida el parenquima interticial, los vasos fibrovasculares (xilema y floema), tejido parenquimatoso, las raíces secundarias, las cuales se desarrollan del periciclo. Se ha utilizado el número de vasos fibrovasculares por milímetro cuadrado, de raíces bien desarrolladas para determinar su resistencia a la sequía, encontrando que las más resistentes tienen hasta 17 vasos por milímetro cuadrado.

3.6 Sistemática

La caña de azúcar pertenece a la familia de las Gramíneas, tribu Andropogoneas, género Saccharum.

Linneo, en su "Species Plantarum" publicada en 1953, incluye dos especies dentro del género Saccharum: el

S. officinarum y el S. spicatum; el primero incluye todas las cañas con alto contenido de sacarosa; y la segunda, fue posteriormente eliminada de este género, por no pertenecer a él.

Hay varias especies de Saccharum, pero la S. officinarum es la de mayor importancia, siendo la que se estudiará más a fondo.

3.6.1 Saccharum officinarum

Esta especie es de bajo contenido de fibra y de alto contenido de sacarosa, que constituyen realmente las variedades tropicales cultivadas por las tribus primitivas para la obtención de azúcar, por lo que reciben el nombre de "noblwa", "originales" o "tropicales gruesas". Probablemente Linneo le dio el nombre de officinarum a la variedad criolla (creole), caña estéril con 18 cromosomas; según Earle, esta caña se llama también "Country cane" en Jamaica, "Puri" (pooree) en la India, "Canna da terre" en el Brasil, "Brazilian" en las Indias Occidentales, antes de la introducción de la "Ota heiti".

Debido a su gran peso, alto contenido de sacarosa y bajo contenido de fibra, son las variedades ideales, tanto desde el punto de vista agrícola como industrial. Son susceptibles a muchas enfermedades: mosaico, sereh,

etc., pero también, aunque menos conocido, son resistentes a otras importantes enfermedades originarias del Trópico y tienen gran adaptabilidad a otros climas. Para trabajos de mejoramiento tienen la propiedad, cuando son usadas como hembra, de mantener en el F_1 igual número de cromosomas, es decir, no sufre reducción cromosómica, cuestión conocida con el nombre de Endomitosis. Así pues, sus variedades, además de haber sido las que iniciaron el cultivo de la caña de azúcar en muchas partes del mundo, han servido para el mejoramiento de las variedades silvestres, aspecto conocido con el nombre de Mobilización, con el cual se quiere decir "aumentar el contenido de sacarosa de los rústicos que no la tienen".

Las variedades de esta especie deben haber sido las primeras cultivadas e introducidas en distintas partes del mundo, desde hace muchos años; pero, debido a que una misma variedad tiene diferentes nombres, según la región, ha ocasionado una verdadera confusión de origen. Muchos investigadores: Deer, Earle y Bremer han estudiado este aspecto, logrando establecer algunos sinónimos de las más importantes variedades.

Se considera el S. officinarum, originario de Nueva Guinea, derivándose del S. robustum. Cuestión que sucedió entre 8000 a 15000 a.C. Son cañas de entrenudos cortos en forma de barril, hojas anchas que se desprenden del tallo. Generalmente los tallos son coloreados, extendiéndose

desde el negro hasta el crema claro; algunos tienen franjas de otros colores que las hacen llamar rayadas. Además de estas características, se distinguen de las otras especies porque es eje principal de la inflorescencia, no tiene pelos. El número de cromosomas es de 80, con excepción de la "Criolla" que tiene 81.

Entre la S. officinarum hay varias variedades, las más importantes son:

- a) S. officinarum (OTAHEITI).- También se conoce con los nombres de caña solera, en Colombia; Green cane, en la Florida y Georgia; Caña blanca, en Puerto Rico; Bourbon o Borbón, en los Trópicos - y en los Estados Unidos de Norteamérica; Lahaina, en Hawai; Colony cane (caña colonial), en Demerara (Guayana Británica); Jamaica o Jamaica amarilla, en el Perú. Fue la caña que rápidamente reemplazó a la caña criolla, en las plantaciones del mundo. En Venezuela se cultivó hasta hace poco.
- Entrenudos de color verde, cilíndricos pero con tendencia a forma de barril, canal de yema poco desarrollada, eliptiozada en un tercio de la zona de crecimiento, tiene ala o halo rojizo, anillo de crecimiento, color verde olivo tumescente. Hojas con vainas largas y láminas largas y anchas. Son cañas muy blandas, por lo que se usan para chupar o mascar. Las zocas

son pobres, muy susceptibles a la sequía y fuertemente atacadas por el mosaico, pudrición radicular y pudrición roja. Tiene valor sólo genético.

b) S. officinarum (RAYADA).- También conocida en Lousiana con el nombre de Green Ribbon, verde rayada; Sympson, en Florida; Imperial, en el Brasil y República de Indonesia, donde se han originado. Es considerada como Sport de la Otaheiti pues es muy parecida a ésta. Sólo un especialista puede diferenciarle pequeños detalles. Su característica son los tallos de color verde, alternos con amarillo verdoso. Tiene más o menos los misos defectos y cualidades que la Otaheiti.

c) S. officinarum (MORADA).- También conocida en Lousiana con el nombre de Home Purple o Red, Black Cheribon o Caña de Batavia, Criolla Morada, Red Cane, Caña Morada Violeta o Purple Transparente. Caña muy utilizada en la fabricación del papelón y de ron -desde hace muchos años-. Son cañas con entrenudos en forma de barril, maduración temprana y jugo de buena pureza. Es altamente susceptible al mosaico. Debido al color morado de sus tallos, le comunica cierto color a sus jugos.

Las características botánicas más destacadas

son: tallos color morado, con una buena capa de cera, entrenudos cilíndricos con prominente canal de yema. Anillo de crecimiento de color morado estrecho. Banda radicular cilíndrica con tres fibras de primordios. Hojas con vainas relativamente largas y lámina también larga.

- d) S. officinarum (CRISTALINA).- También conocida con el nombre de caña transparente, Light Cheribon, White Cheribon. Este último nombre viene de Distrito de la Isla de Java; la Black Cheribon o Morada, la White Cheribon o Cristalina y la Striped Cheribon, que son conocidas con una misma variedad, diferenciándose sólo por el color de los tallos. La variedad morada recibe el nombre de Batavia.

Las características son muy parecidas a las ya citadas para la Morada, diferenciándose sólo en el color, que son verde claro o amarillo.

- e) S. officinarum (MORADA RAYADA).- También conocida con los nombres de Louisiana Striped, Cheribon, Red Ribbon, Tibbon Cane, Listada de Verde y Morado. Como ya hemos indicado, se considera que estas variedades fueron introducidas con la Otaheiti a la América en forma de mezcla, y posteriormente han ido separándola los propios

agricultores. Se caracteriza por sus fajas alternas en el tallo, de verde con morado. Los jugos en cuanto a color es indeterminado entre la morada y la cristalina. Por lo demás sus características son muy similares a la morada.

En general, la S. officinarum se ha clasificado en 110 variedades, de las cuales sólo se mencionaron las más comunes e importantes.

Contenido de sacarosa de las especies:

<u>S. officinarum</u>	Alto
<u>S. sinense</u>	Mediano
<u>S. barberi</u>	Mediano
<u>S. spontaneum</u>	Muy bajo
<u>S. robustum</u>	Muy bajo

Estas dos últimas son especies silvestres.

3.7 Madurez

S. officinarum es de madurez variable, mientras que barberi y sinense temprano no tienen casi contenido de sacarosa.

CONTENIDO DE FIBRA:

- Bajo en officinarum.
- Alto en barberi.

- Muy alto en spontaneum y robustum.

GROSOR DEL TALLO:

- Gruesos en officinarum.
- Medianos a delgados en sinense y barberi.
- Muy delgado en spontaneum.
- Mediano a grueso y muy largo en robustum.

ANCHO DE LAS HOJAS:

- Hojas anchas en officinarum.
- Angostas a medianas en sinense y barberi.
- Angostas en spontaneum.
- Medianas en robustum.

ADAPTABILIDAD:

- officinarum: su origen está considerado a los trópicos.
- sinense: es de gran adaptabilidad a distintos climas.
- barberi: se adapta a los climas templados y sud-trópicos.
- spontaneum: es de gran adaptabilidad.
- robustum: su origen está confiado a los trópicos, pero parece adaptarse a varios climas.

REACCION A LAS ENFERMEDADES:

- officinarum: es susceptible al mosaico, sereh, moderadamente susceptible al carbón; algunas variedades re-

sistentes a la enfermedad de fidji y gomosis; casi to das sus variedades son cultivadas.

- sinense: inmune al sereh; algunas variedades susceptibles al mosaico, susceptible al carbón; algunas cultivadas son de gran vigor.
- barberi: inmune al sereh, susceptible pero tolerante al mosaico, moderadamente susceptible al carbón, la mayoría de las variedades cultivadas.
- spontaneum: sus variedades son inmunes al sereh y al mosaico y moderadamente susceptible al carbón. Variedades de gran vigor, susceptible al mildium y a la mancha de las hojas.
- robustum: no ha sido tan determinadamente estudiado en cuanto a su comportamiento a las enfermedades, pero se sabe que sus variedades son susceptibles al mosaico.

3.7.1 Clave para las especies del género Saccharum

- 1a Eje principal de la inflorescencia y sus ramificaciones con pelos largos. Glumas siempre cuatro. Si las espiguillas del mismo par no florecen simultáneamente, las pedicelas abren primero. Tallos verde grisáceos, verde bronceado, marfil o blanco.

- 1b Eje principal de la inflorescencia sin pelos largos, a menudo glabro. Glumas generalmente tres, algunas veces cuatro. Lodículos no ciliados. Si las espiguillas del mismo par florecen a diferentes tiempos, las semillas lo hacen; los tallos difieren en color del verde pálido oscuro, rojo violeta.
- 2a Lodículos ciliados, estolones largos presentes. Silvestre (S. spontaneum).
- 2b Lodículos no ciliados. Estolones cortos. Plantas con mediano contenido de azúcar, cultivada.
- 3a Hojas anchas (más de 50 cm). Plantas altas, con entrenudos en forma de carrete y color verde-bronceado. S. sinense (Roxb).
- 3b Hojas angostas. Tallos pequeños, nudos generalmente cilíndricos de color verde grisáceo, blanco o marfil. Nativas de la India y Pakistán: S. barberi (Jeswiet).
- 4a Plantas silvestres de más de 10 m de alto, tallos con alto contenido de fibra y bajo contenido de azúcar. Crece en forma perenne en las orillas de los ríos. S. robustum var. Jes.
- 4b Plantas cultivadas.
- 5 Inflorescencia abortiva, hojas más o menos

pubescentes. Tallos con bajo contenido de fibra y alto contenido de sacarosa. S. officinarum.

Dentro de la última especie se diferencian dos grupos:

- Cuatro glumas presentes. Plantas vigorosas con relativamente bajo contenido de sacarosa: Fidji, Nueva Guinea.
- Tres glumas presentes. Plantas con alto contenido de sacarosa: Cheribon, Otaheiti, Criolla, Cristalina, Bandermasin y otras.

3.8 Suelo

Durante muchos siglos se ha tratado de descifrar el misterioso manto de roca desintegrada y materia orgánica que cubre la Tierra.

Grandes civilizaciones se han extinguido porque sus gobernantes olvidaron que su herencia más valiosa: el suelo, debe ser conservada y evitar que se degrade.

En los trópicos la fertilidad declina rápidamente; en ciertos casos se agota en el curso de 2 a 3 años de cultivo y se desarrolla el tipo de "agricultura nómada" con emigraciones continuas, en busca de tierra virgen, para esperar que transcurra un lapso de 10 a 15 años, a fin de que la tierra agotada se recupere.

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo, ejercen una influencia dominante en la agricultura de la caña, particularmente en el desarrollo del sistema radicular.

Las propiedades físicas: las malas características físicas del suelo, ya sean naturales o por la compactación e impermeabilización producida por el equipo pesado, sobre todo si se mete al campo húmedo, afectan la permeabilidad al aire y al agua, así como la asimilación de nutrientes, destruyendo la estructura del suelo y creando condiciones anaeróbicas que restringen el desarrollo de las raíces y el rendimiento de la caña. La cosecha mecanizada en los campos húmedos de la costa de Hilo en Hawai, bajo los rendimientos de 200 a 112 ton/ha (90 a 50 ton/acre).

Se acepta generalmente que los cambios en la densidad aparente del suelo, en el tamaño y distribución de los poros y en la estabilidad de los agregados, afectan el intercambio de Oxígeno y bióxido de Carbono entre el suelo y la atmósfera. La compactación y la excesiva humedad restringen la difusión del Oxígeno.

Un suelo normal de aluvi6n con peso de 1000 kg/m^3 (65 lbs/pie) tiene 35% de volumen ocupado por s6lidos, 25% por agua y 40% por aire. Cuando la compactaci6n alcanza el nivel cr6tico de 1500 kg/m^3 (97 lbs/pie c6bico), la distribuci6n por volumen es de 50% de s6lidos, 40% de

agua y 10% de aire.

Cuando el cultivo con equipo pesado causa la impermeabilidad y compactación del suelo a niveles críticos, se requieren medidas correctivas que restauran el mullimiento satisfactorio.

Las propiedades químicas del suelo ejercen una gran influencia en el desarrollo de la caña. El suelo es un medio dinámico sujeto a continuos cambios, cuyo contenido de nutrientes disponibles cambia también continuamente y la historia de la agricultura demuestra la necesidad de suplementar los nutrientes del suelo para levantar mejores cosechas. La industria azucarera de Hawai invierte anualmente 9 millones de dólares en sus programas de fertilización, para suministrar a la caña un abastecimiento óptimo de nutrientes.

Los consumos medios en kilogramos, por tonelada métrica, de caña de azúcar cosechada, son como sigue:

Nitrógeno (N)	0.937 kg
Fósforo (P)	0.112 kg
Potasio (K)	1.918 kg
Calcio (Ca)	0.313 kg
Fierro (Fe)	0.022 kg
Manganeso (Mn)	0.013 kg
Cobre (Cu)	0.001 kg
Aluminio (Al)	0.003 kg

Magnesio (Mg)	0.252 kg	
Sodio (Na)	0.062 kg	
Boro (Bo)	0.001 kg	
Total por tonelada métrica de caña		3.636 kg
Cenizas totales por tonelada métrica de caña		8.192 kg

Además, la leixiviación y la erosión consumen también las reservas de nutrientes del suelo, cuyas pérdidas -a menudo se aceleran con las malas prácticas culturales. Asimismo, el uso continuo de fertilizantes de residuo de ácido, aumenta la acidez que frecuentemente debe ser corregida con encalados.

El rendimiento de azúcar se ha mejorado en Hawai, siendo las reservas hasta de 2.24 ton/ha (2 ton/acre), con aplicaciones de roca coralífica molida, cuando el contenido de Calcio intercambiable en el suelo disminuye a menos de 336 kg/ha (300 lbs/acre) en la capa superficial de 30 cm de espesor.

El material de residuo ácido es: fosfato y sulfato de amonio, cloruro de potasio. Con ésto aumentó de acidez de pH de 6.1 a 4.4; cuando se han aplicado encalados, la acidez bajó el pH de 6.1 a 6.4.

Con aplicación de materiales de residuo básico: superfosfato, nitratos de sodio y potasio, disminuye la acidez del pH de 6.1 a 6.4

En lo que se refiere a la flora microbiana del suelo, los hongos, virus y nemátodos son factores en la declinación de los rendimientos de la caña. La enfermedad de Lahaina, que ocasiona la pudrición de la raíz, es causada por el hongo Pythium graminicolum. Según Carpenter, en Java la pudrición de la raíz se considera como el peor enemigo de la caña y ocurre principalmente en suelos arcillosos.

Las investigaciones sobre nemátodos se iniciaron desde 1906 y se llegó a la conclusión de que la caña de azúcar sufre perjuicios por los nemátodos que forman nódulos y por los que lesionan las raíces. Entre 1920 y 1954 el daño fue ligero. Estudios posteriores han demostrado que la formación de grandes poblaciones de hongos y nemátodos en el suelo, es causa frecuente de la declinación de los rendimientos.

A medida que cambian las propiedades físicas y químicas del suelo, la población de las especies de microorganismos cambia también. Las interacciones de los factores físicos, químicos y biológicos dificultan frecuentemente precisar los factores causales de la declinación del rendimiento.

La relación suelo-planta en el desarrollo de la caña, es más eficiente en Saccharum officinarum, para almacenar la energía solar si se aprovecha al máximo su potencialidad. Y para ello se requiere que la relación suelo-planta, así como los demás factores que intervienen

en el desarrollo de la caña, se integren al óptimo. La amplia variación de 10 a 3 en los rendimientos de azúcar por hectárea, entre las diferentes zonas de Hawai, da una medida de la variabilidad de la fertilidad del suelo y del clima.

La caña se siembra por trozos de tallo (estacas) con una o más yemas, de las cuales nacen las matas o plantas formadas por tallos primarios, secundarios; cada uno con sus propias raíces. El crecimiento difiere de una a otra variedad y con las demás circunstancias, pero, en general, se forman 3 canutos por mes y una longitud de tallo de 2.40 a 3.60 mt/año. El crecimiento tiene lugar con la formación de nuevos tejidos en el meristemo de la punta del tallo o "cogollo", y no es uniforme en el curso del ciclo vegetativo: es lento al principio y se acelera gradualmente hasta que la superficie de las hojas llega a su máximo, alcanzando entonces el período "desarrollo pujante" (boon stage) cuya duración varía de unas cuantas semanas a algunos meses, según las circunstancias locales. Cuando se aproxima la madurez, disminuye el número de hojas activas.

El desarrollo de la caña se puede regular a través de la fertilización, las relaciones clima-riegos y de la síntesis y almacenamiento de la sacarosa.

Para una buena germinación, se debe plantar buena

semilla y el suelo debe estar debidamente mullido, para asegurar el balance adecuado suelo-agua-aire. El Fósforo estimula el desarrollo temprano de las raíces y es necesario tomar todas las precauciones para que el suelo ofrezca un abastecimiento adecuado alrededor de la estaca de caña, e inmediatamente abajo del lugar donde se desarrollarán las primeras raíces. A medida que el sistema radicular crece y se forman hojas nuevas, el desarrollo de la caña se acelera.

La raíz tiene una doble función:

- 1) Anclar y sostener la planta en su lugar en el suelo.
- 2) La absorción e introducción al tallo, en el agua, y los nutrientes minerales del suelo.

Durante el primer mes de edad de la caña, la planta vive casi exclusivamente de las raíces que brotan de la banda de las raíces; el segundo mes es un período de transición, cuando la planta empieza a formar sus propias raíces; y, a partir del tercer mes, la nutrición de la planta depende exclusivamente de sus propias raíces.

La zona de máxima concentración de las raíces está abajo de la cepa, generalmente a la profundidad del barbecho. En los suelos con subsuelo muy pesado y particularmente en los pobres de Fósforo. El sistema radicular queda confinado a la capa superficial del suelo. Algunas de las muy importantes en los períodos de sequía, cuando

la humedad en las capas superficiales ha llegado casi al punto de marchitamiento. Las raíces alcanzan mayores profundidades en los terrenos de temporal, sujetos a cortos períodos de sequía, que en los terrenos de riego que se riegan cada vez que se han consumido las dos terceras partes de la humedad disponible.

Según los distintos investigadores, en los primeros 20 cm, se concentra el 50% de las raíces. A los 30 cm de profundidad se aumenta al 70%; a los 40 cm, al 82%; y en la capa de 60 cm de profundidad, se concentra el 85% de las raíces. Solamente de la octava a la novena parte de los pelos radiculares, se desarrollan en los primeros 30 cm, alrededor de la planta, y son más numerosos a distancias de 90 cm a 1.20 mt.

En lo que se refiere a la acidez del suelo y al desarrollo de la raíz (Khanna, en la India) observó que la caña se desarrolla normalmente entre un pH de 6.1 a 7.7 e indicó que la reacción ácida del suelo es más perjudicial que la alcalina. Sin embargo, en Hawai la caña produce excelentes rendimientos en suelos de pH de 4.5 a 5.00; y también se han obtenido buenos rendimientos en suelos con pH de 8.0 a 8.3.

3.9 Labores de Preparación

Para plantar la caña, se puede hacer solamente un

agujero para enterrar el trozo de semilla, como se hace en los desmontes de tierras vírgenes sin destroncar; o bien, como en la técnica avanzada, preparando la tierra con maquinaria pesada para dar subsuelo, barbecho, cruza, rastreo y nivelación.

El barbecho profundo es necesario para lograr rendimientos óptimos de la caña de azúcar. El arado egipcio no hace sino arañar el suelo. El barbecho a poca profundidad, sobre todo cuando el subsuelo es pobre, promueve el enraice superficial que quebranta los rendimientos, especialmente cuando se presentan períodos de sequía en tierras con subsuelo arcilloso, compacto y pobre. Se recomienda profundizar paulatinamente el barbecho tan sólo unos cuantos centímetros, cada vez que se voltea el campo.

La labor de subsuelo afloja y desmorona el suelo, mejora la aereación, facilita la penetración del agua y de las raíces y permite hacer barbechos profundos. En suelos duros compactados se requiere cincelar cruzando.

El arado de vertedera es el instrumento más eficiente para el barbecho, cuando la tierra desprende bien de vertedera; para suelos pegajosos se requiere recubrir la bien, usar arado de vertedera con una hoja de plástico "teflón" antiadhesivo, o bien, usar arado de disco. Generalmente se usan discos de 44 pulgadas (1.10 m), para barbechar de 35 a 50 cm de profundidad.

3.9.1 Requisitos para una buena labor de preparación

Son requisitos básicos (según Slipher):

- 1.- Permitir la rápida infiltración y retención del agua.
- 2.- Tener suficiente porosidad e intercambio fácil de la atmósfera del suelo con el aire.
- 3.- Poca resistencia a la penetración de las raíces.
- 4.- Resistencia a la erosión.
- 5.- Facilitar la aplicación de residuos agrícolas en la superficie.
- 6.- Proveer una tracción estable de los instrumentos aratorios.

El buen barbecho es requisito indispensable, para mullir bien el campo.

Los suelos arenosos se pueden trabajar casi en todo tiempo, no así los arcillosos pesados que solamente se deben barbechar cuando la tierra está de punto y sólo se mantienen así por un lapso breve. Si se barbechan cuando es tan húmedo, se levantan lonjas de tierra mojada, que al secarse endurecen mucho y es muy difícil desintegrar debidamente; además, forman un "piso de arado" compacto e impermeable, que limita en años sucesivos la profundidad del barbecho. Este inconveniente se agrava cuando la estructura del subsuelo es columnar con grandes grietas, que no cierran e impiden el contacto de las raíces con

el suelo, deteniendo su desarrollo.

Si el barbecho se hace cuando estos suelos están secos, se levantan grandes terrones, duros como piedra y muy difíciles para la caña. Hay que romperla con labores de cultivo.

La velocidad de los tractores en el barbecho es muy importante: a más de 5.6 km/hr (3.5 millas/hr) se ejerce un efecto de rodamiento de los terrones, que los desmorona en parte, y facilita las labores de preparación subsecuentes.

Si el barbecho se hace o es profundo, destruye la estratificación del suelo y aumenta los rendimientos; pero cuando el subsuelo es ácido y pobre en Fósforo, es necesario encalar y agregar fosfatos para corregir estas deficiencias en el subsuelo, que aflora el arado.

El disqueo, rodillado, rastreado y barbecho, etc., se consideran como "labores de cultivo" y tienen como finalidad:

- a). Romper la costra superficial que se forma en algunos suelos cuando llueve.
- b). Para el combate de las malas hierbas, principalmente. Todavía en muchos lugares el deshierbe mecánico es más barato que el combate químico.
- c). Mullir el suelo, sobre todo después del paso de vehículos.

- d). Facilitar la infiltración del agua, sobre todo en terreno ondulado, y conservar adecuada aereación, principalmente en campos de topografía plana.
- e). Formar surco, dejando la caña en el lomo para dar mayor soporte contra el acame y aminorar sus perjuicios, a la vez que limitar los malos efectos del encharcamiento en campos mal drenados.

La frecuencia de las labores de cultivo varía de un campo a otro. Suelos que pierden fácilmente su estructura o que se enhierban mucho, requieren labores frecuentes. En cambio, los suelos de estructura estable, como los latosoles, no requieren cultivo para mantenerlos mullidos.

3.10 Clima

La temperatura, la insolación y la humedad, son los factores determinantes del clima para el desarrollo de la caña; planta tropical que prospera mejor en lugares calientes y soleados. Mangelsdorf, establece como características de un clima ideal, para la producción de caña de azúcar:

- a). Un verano largo y caliente, con lluvia adecuada durante el periodo de crecimiento.
- b). Un clima seco, asoleado y frío, pero sin heladas,

en la época de maduración y cosecha.

c). Ausencia de tifones y huracanes.

3.10.1 Efecto de la Temperatura y la Insolación

En el Hawai, durante el invierno, la caña retrasa su desarrollo un tercio en relación con el del verano y ésto se ha atribuido principalmente a la temperatura, pero las investigaciones de Clements, indican que el factor dominante es la insolación. Y los registros de los actinómetros han dado una buena relación entre la insolación y los rendimientos. Las investigaciones de Bur et al., con cultivo hidropónico indican que abajo de 21°C (70°F) se retarda el desarrollo de las raíces y que se paralizan a 10°C (50°F).

La temperatura óptima, tanto para el desarrollo de la caña como para la absorción de nutrientes es de 27°C (80°F). La absorción del Fósforo es muy lenta a 19°C (66°F), se reduce a una tercera parte y la del Nitrógeno a la mitad.

La óptima germinación se obtiene entre los 32°C y 38°C (90°-100°F), abajo de 21°C (70°F) es muy lenta.

Las noches frías continuadas durante 20 semanas han reducido a la mitad el desarrollo de la caña y la translocación al tallo de la sacarosa elaborada por las

hojas. La caña que se cultiva en circunstancias de clima desfavorables, no se debe abonar con exceso, porque se obtiene una cosecha de inferior calidad.

3.10.2 Factores Climatológicos

La temperatura óptima, tanto para el desarrollo de la caña, como para la mejor absorción de nutrientes es de 27°C.

El consumo de agua necesaria para la caña de azúcar, determinado por el método de Blaney y Criddle, de acuerdo con las condiciones de las zonas cañeras de México, varía de 5.48 mm/día (2000 mm/año) a 6.84 por día (2500 mm/año).

Otras fuentes indican que para producir 1.0 kg de azúcar, se requiere aproximadamente 500 litros de agua. El consumo de agua necesario para la caña de azúcar varía según las regiones y para un año completo tiene fluctuaciones de 3.8 a 8.6 mm/día en clima templado cálido (subtropical) y de 4.8 a 8.9 mm/día en clima cálido, lo que en el primer caso significa una lámina anual de 1387 a 3139 mm; y en el segundo de 1752 a 3248 mm, las que se abastecen con las lluvias, sólo se tiene un aprovechamiento fluctuante entre 70 y 74, sobre todo, cuando no son lluvias torrenciales.

3.10.3 Temperatura

- a). Margen de germinación óptima: 32 a 38°C.
- b). Margen óptimo para el desarrollo y absorción de nutrientes: 37°C.
- c). Margen de desarrollo normal de la caña: 21 a 38°C.
- d). Margen en que la caña retarda su desarrollo: de 10 a 21°C.
- e). Margen en que la caña paraliza sus funciones: menores de 10°C.
- f). El Margen en que la caña se daña: menor de 2°C.

3.10.4 Precipitación

- a). Las zonas con precipitación pluvial menor de 1,500 mm anuales y muy distribuida, requiere riegos de auxilio.
- b). La necesidad de agua para la caña en clima templado cálido (subtropical), varía de 3.8 a 8.6 mm/día en un año completo.
- c). La necesidad de agua para la caña en clima cálido varía de 4.8 a 8.9 mm/día en un año completo.
- d). En México, el promedio general acusó valores

de 5.48 a 8.84 mm/día, en un año completo.

3.11 Fertilización

3.11.1 Índices para diagnosticar en el campo

La caña de azúcar muestra determinados síntomas, cuando sufre deficiencia de algunos de los elementos mayores o menores. La sintomatología puede servir de base para diagnosticar en forma aproximada el nivel de fertilidad de los suelos. Los síntomas más frecuentes que muestra la caña, cuando su carencia externa determinada sintomatología, cuyas principales características se dan a continuación:

1.- Elementos mayores.- El Nitrógeno, Fósforo y Potasio son los elementos que las plantas consumen en mayores cantidades, por lo cual se agotan más rápidamente en el suelo y consecuentemente tienen que agregarse por medio de los fertilizantes. Cuando alguno de ellos falta en la planta, ésta muestra su carencia, externando determinada sintomatología, cuyas principales características se dan a continuación:

- Deficiencia de Nitrógeno: Cuando falta Nitrógeno se presenta un color amarillo verdoso en las hojas más jóvenes (clorosis).

Las puntas y los márgenes de las hojas viejas empiezan a secarse prematuramente, tomando un color café o pajizo que algunas veces se denominan "chamuscado de las hojas". Las hojas maduras mueren mucho más pronto que las correspondientes de las plantas sanas. El desarrollo del tallo se detiene y todas las hojas de la punta parece que emergen de un punto común, que es la característica de la planta de caña que no está creciendo. El tallo se adelgaza y toma un color rojo claro.

Es pertinente señalar que en ocasiones se suele confundir la clorosis causada por deficiencias de Nitrógeno o con aquellas ocasionadas por falta de Hierro o Manganeso; o bien, la inducida por condiciones de regamiento (mal drenaje), e inclusive, por daños de plagas en el sistema radicular de la caña, o por chupadores. Sin embargo, cada una de las condiciones señaladas guardan características que las diferencian entre sí, por lo cual antes de diagnosticar hay que observar cuidadosamente las condiciones locales.

- Deficiencia de Fósforo: Independientemente

de la variedad de caña en explotación, la deficiencia de Fósforo provoca un mal amarcollamiento y una baja deficiencia en la población de campo. Los tallos son de diámetro pequeño, con entrenudos cortos y se adelgazan rápidamente hacia la punta. Las hojas de la caña toman un color verde azulado y son angostas en contraste con las hojas anchas de color verde oscuro en las plantas normales; las hojas viejas muestran una desecación en las puntas y en los bordes del limbo. El desarrollo radicular es muy limitado.

- Deficiencia de Potasio: La deficiencia de Potasio produce en la caña de azúcar una depresión en el desarrollo de las plantas. Las hojas viejas toman un color amarillo-anaranjado con numerosas manchas cloróticas, que después toman una coloración café con el centro necrótico. Cuando las manchas se juntan, las hojas toman una coloración general café y se secan. En la parte superior de la nervadura media de las hojas aparecen manchas rojas con la coloración limitada a la epidermis en contraste con las manchas producidas por el muermo rojo, que tñe

todo el grueso de la nervadura central. Después, las hojas empiezan a secarse en la punta y en los márgenes, como en el caso de las deficiencias de Fósforo; y la planta toma el aspecto de estar chamuscada. Es notable observar, en la deficiencia de Potasio, que las hojas jóvenes conservan su color verde oscuro y solamente las hojas viejas se amarillan; además se observan en el cogollo como si las hojas se desprendieran del mismo punto, lo cual indica que el desarrollo de la caña se ha detenido. Lo anterior es consecuencia de la traslocación del Potasio de las partes viejas, a las zonas jóvenes.

- 2.- Elementos Secundarios.- El Calcio, el Magnesio y el Azufre son elementos secundarios. En las plantas son esenciales y se consumen en cantidades relativamente grandes; sin embargo, como generalmente los suelos los contienen en cantidades suficientes, no es necesario agregarlos como abono, aunque en algunos casos se añaden como mejoradores del suelo. Los síntomas más notables de su deficiencia, son los que se dan en seguida:
- Deficiencia de Calcio: Aparición de pequeñas manchas cloróticas con el centro muerto,

que después toman una coloración café-rojiza oscura. El número de manchas aumenta a medida que la hoja envejece, el desarrollo se retarda y las plantas se debilitan, a la vez que se suaviza la corteza de la caña.

- Deficiencia de Magnesio: Las hojas jóvenes toman una coloración verde clara, y las viejas verde amarillenta. Aparecen manchas cloróticas, que toman un color café oscuro a medida que la hoja envejece, y cuando estas manchas son muy numerosas se juntan y dan la apariencia de "roya" o "chahuixtle". Cuando la deficiencia de Magnesio es grave, la clorosis se acentúa y las hojas presentan numerosas manchas; el tallo disminuye de diámetro y los entrenudos se acortan, tomando una coloración café en su interior.
- Deficiencia de Azufre: Los primeros síntomas son similares a los de la deficiencia de Nitrógeno: las hojas más jóvenes empiezan a perder su color verde normal, tomando un tinte amarillento-verduzco claro; después, las hojas jóvenes y las más viejas toman un tinte purpurino, característica básica de la deficiencia de Azufre, ya que no

se forma con la deficiencia de Nitrógeno; las hojas se hacen más angostas y no desarrollan su longitud completa; las plantas pierden desarrollo y vigor, y los tallos son de diámetro reducido, adelgazándose rápidamente hacia la punta, con lo cual la caña queda "achaparrada".

3.11.2 Formulación y dosificación de fertilización

Las recomendaciones de fertilización son el resultado de la interpretación meditada y práctica de los análisis de suelos y plantas, así como de las condiciones generales de cada suelo, del clima, disponibilidad de agua (de riego o de lluvia), de la variedad de la caña, de las prácticas o sistemas de cultivo, de la cosecha, y, sobre todo, de la rentabilidad y beneficios que recibe el agricultor. Con base en el último, considerando y partiendo que se tienen ponderados y analizados todos los que le anteceden, se deberá tomar en cuenta que en la práctica de los fertilizantes aplicados, la planta utiliza efectivamente:

60% de Nitrógeno

30% de Fósforo (P_2O_5)

50% de Potasio en forma de (N_2O)

3.11.3 Fórmulas de Fertilización

Por lo general, las recomendaciones de los fertilizantes se hacen mediante fórmulas abiertas que hacen referencia a las unidades de Nitrógeno asimilable de ácido fosfórico (P_2O_5) soluble en agua y en nitrato de potasio (K_2O) soluble en agua, expresadas como N-P-K. El método más sencillo para el cálculo de las fórmulas es mediante la aplicación de reglas de tres, simples. Por ejemplo: cuando se supone aplicar la fórmula 12-6-6 y se cuenta con la fórmula 20-10-10 y 18-12-12 y con nitrato de amonio, superfosfato triple y cloruro de potasio:

- 1.- Se aplicaron 600 kg de fórmula 20-10-10 para obtener la 12-6-6 por hectárea.
- 2.- Se aplicarían 500 kg de la fórmula 18-12-12, para obtener la 9-6-6 por hectárea; las tres unidades de Nitrógeno faltantes, se obtendrían del nitrato de amonio con 100 kg/ha.

3.11.4 Aplicación de los Fertilizantes

Uno de los problemas más frecuentes que se presentan en las zonas de los Ingenios, con respecto a la fertilización, es la aplicación de los fertilizantes. Esto se debe a que no se le concede la importancia que tienen, por ignorar de que una correcta aplicación depende, en

gran parte, el éxito o fracaso del abonamiento, ya que en muchas zonas no se cuenta con los implementos para mecanizar la fertilización. Esta por lo general se hace manualmente. La aplicación de fertilizante no es económica, comparativamente con la aplicación mecanizada; sin embargo, en las regiones donde disponen de mano de obra, de los cuales viven de los créditos de año, es justificable. La aplicación manual de los fertilizantes puede ser como en seguida se indica:

- 1.- A puñados. - El puño de un hombre de mediana estatura puede tener de 20 a 30 gr de fertilizante aproximadamente, lo que da la idea de la cantidad por surco, según la dosificación por hectárea, empleando un recipiente. Este procedimiento es lo que ocasiona más errores en aplicación, sobre todo cuando se realiza por primera vez.
- 2.- Con el costal. - En diversas partes se ha generalizado el empleo del costal para la aplicación en el fondo del surco (plantillas), o en bandas o líneas (socas y resocas). En ocasiones se emplea como tal, o bien, con algún aditamento tubular que facilite la salida del chorro del fertilizante, siendo más efectiva la distribución en esta última forma. El costal empleado (generalmente es el envase del fertilizante), se carga

con determinada cantidad de abono, de tal manera que permita caminar sin mucho esfuerzo a lo largo del surco, quedando el costal en forma inclinada para que por una de las esquinas que ha quedado abierta escape la cantidad necesaria de abono, en forma de chorro, o bien, se aplica el tubo a la esquina amarrada, lo cual da mejor resultado, como ya se indicó.

- 3.- Con el embudo fertilizador.- Para la aplicación de los fertilizantes -en zonas- por lo de algunos Ingenios, donde la gente no tiene experiencia, lo más apropiado es el embudo fertilizador, ya que con las adaptaciones que se le han introducido, es factible obtener mejores resultados, debido a que la salida del fertilizante es graduable en función de la dosificación por hectárea aplicable y la velocidad de paso del individuo que lo aplique.

El embudo fertilizador también puede ser empleado en la manera de un arado o cultivadora de tracción animal, ya que el diámetro de salida lo permite, previa calibración del cono calibrador. Asimismo, esta propiedad del embudo permite que sea adaptada a los tractores, con lo que se puede obtener una aplicación más rápida y uniforme, en tanto se adquiere el equipo

mecánico apropiado.

3.12 Mejoramiento Genético

3.12.1 Selección de progenitores

El comportamiento sobre el complejo formado por los factores de la herencia en las variedades (progenitores) de caña de azúcar, es actualmente muy deficiente; por tal motivo, en los Estados Unidos, Fidji, India y Barbados, desde hace algunos años se iniciaron trabajos citogenéticos largos y costosos a nivel de investigación científica, con el fin de utilizarlos en un futuro más o menos lejano para mejorar las técnicas de la hibridación de caña de azúcar.

Consecuentemente, se reconoce que los métodos actualmente usados para la hibridación de la caña de azúcar en el mundo, son necesariamente empíricos. El genetista intenta "combinar lo mejor con lo mejor" con la esperanza de obtener "lo mejor", a fin de introducir en las nuevas variedades el vigor, la rusticidad y la resistencia a las enfermedades de las variedades silvestres, procurando conservar la riqueza en sacarosa y la suavidad de las variedades nobles, a la vez que las características necesarias, para que el nuevo individuo se adapte a las condiciones de clima, suelo y prácticas culturales de determinada región.

Para la producción de nuevas variedades de caña de azúcar, el genetista cuenta con una enorme cantidad de material que puede hibridar con relativa facilidad.

En primer lugar, cuenta con las variedades nobles (naturales) de la especie Saccharum officinarum con 80 cromosomas, originaria de la Melanesia, caracterizada por su alto contenido de sacarosa, jugosidad, poca fibra, tallo grueso, mediano rendimiento en campo y susceptible a las enfermedades.

Por otra parte, se dispone de variedades precoces, de las variedades Saccharum barberi y Saccharum sinense con 82 a 124 cromosomas, originaria de las regiones subtropicales de la India y China, respectivamente. Son delgadas, de cañuto pequeño, alto contenido de fibra, rica en sacarosa bajo rendimiento en campo y resistente a las adversidades del medio ambiente y a algunas enfermedades.

Se dispone de las variedades silvestres de la especie Saccharum spontaneum con 48 a 112 cromosomas, originaria de los trópicos y del Asia Central, consideradas en esas regiones como malas hierbas, pobres en sacarosa, muy altas de fibra, extremadamente vigorosas, resistentes a las enfermedades y a las adversidades del medio ambiente en que se desarrollan.

Se cuenta también con las variedades silvestres de tallos gruesos y vigorosos de la especie Saccharum

robustum con 80 cromosomas, originaria de Nueva Guinea, de características similares a las de Saccharum spontaneum. Este grupo de híbridos es quizás el más importante y el de uso más generalizado en los trabajos de hibridación.

Con la experiencia lograda de la observación y el ensayo de las variedades de las colecciones locales y con los resultados obtenidos de las cruzas simples y múltiples realizadas, a la vez con el conocimiento de las combinaciones que han dado variedades comerciales en otros países productores de caña de azúcar, se clasifican las 1,284 variedades de nuestra colección en las siguientes categorías:

CATEGORIA "A".- Progenitores que han producido variedades mexicanas, que ya se cultivan a nivel comercial.

CATEGORIA "B".- Progenitores que han producido variedades que no se llegaron a establecer en cultivos comerciales, sino que fueron eliminadas en la prueba de bloques al azar.

CATEGORIA "C".- Progenitores que han producido variedades que únicamente se llegaron a probar en surcos de donde fueron eliminadas.

Las categorías "A" y "B" constituyen la base para formular los programas de cruzas simples y anualmente pueden pasar a la categoría distinta, según los resultados de la selección de los individuos en los campos de experimento

tación.

Con las variedades de la categoría "C" también se programan cruza, pero en proporción limitada.

Por otra parte, los inventarios de la floración que se toman diariamente durante la temporada de cruza, se han clasificado las variedades según su época de floración en:

- Variedades Tempranas: Los progenitores que florecen desde fines de octubre hasta la primera semana de noviembre.
- Variedades Intermedias: Los progenitores que florecen durante la segunda y tercera semana de noviembre.
- Variedades Tardías: Los progenitores que florecen a partir de la cuarta semana de noviembre.

La caña de azúcar es una planta hermafrodita, que tiene en la misma flor los órganos masculinos (estambres y anteras) que producen el polen; y los femeninos (ovario, estilo y estigma), de acuerdo con el porcentaje de granos de polen fértil, son clasificados los progenitores:

Machos	De 50 a 100% de polen fértil	muy buenos
	De 30 a 50% de polen fértil	buenos
Hembras	De 0 a 10% de polen fértil	muy buenas
	De 10 a 20% de polen fértil	buenos

Algunas variedades de caña cambian de sexo de uno a otro año y algunas veces de una semana a otra; por este motivo, la determinación de sexo de las variedades para fines de cruzamiento se hace todos los años, con el fin de precisar las cruza.

3.12.2 Sincronización de la Floración

La floración de la caña de azúcar es caprichosa; algunas variedades normales florecen temprano, otras tarde y algunas no florecen.

La época normal de la floración de la caña en la Estación Nacional de Hibridación, se extiende desde la segunda semana de octubre a la segunda semana de diciembre; y la fecha de primordio floral en las variedades, ocurre del 7 de julio al 14 de agosto.

La época de floración de la caña de azúcar es básicamente para los cruzamientos, pues solamente se puede cruzar las variedades que florecen en la misma semana y con frecuencia conviene cruzar variedades tempranas con variedades tardías, para cuyo efecto se siguen tres métodos, a fin de retrasar la floración de las variedades tempranas, que son:

- a). Control de la época de siembra.
- b). Poda del cogollo.

c). Fotoperíodo.

3.12.3 Cruzamientos

CRUZAMIENTO SIMPLE O BIPARENTAL.- Consiste en conservar la hembra en su cepa y aparearla con el macho, haciéndola vivir en una solución nutriente descubierta en Hawai, USA, que contiene:

Acido sulfuroso	100 ppm
Acido fosfórico	50 ppm
Acido sulfúrico	25 ppm
Acido nítrico	25 ppm

CRUZAS MÚLTIPLES O MULTIPARENTALES.- Se sigue el sistema de hacer 5 cruzas múltiples durante la temporada de floración; una cada viernes de noviembre, y una el primer viernes de diciembre. En cada crua múltiple se incluye una espiga de cada una de las variedades que están floreando en esa fecha, excepto de los machos destacados y de las variedades de escasa floración, de las que se incluye más de una espiga, por variedad, utilizando el método de Hawai para las hembras en solución nutritiva; las cruas se instalan al amparo del bosque, donde quedan definidas de los rayos directos del sol.

CRUZAS EN LINTERNILLA.- Para evitar la contaminación con polen extraño, en las cruas importantes se usa el

atados con las raíces libres de tierra y envueltos en fibra de coco desinfectada para proteger y conservar humedad. Este método origina la pérdida de un alto porcentaje de manojos por daños físicos, seleccionando un tallo de cada manajo, y por este motivo la obtención de una variedad comercial tarda 9 años, después de la hibridación.

3.12.5 Experimentos de Adaptabilidad de Variedades

Anteriormente las variedades que se liberaban en los campos experimentales se entregaban en los Ingenios, con el propósito de que los probasen en diferentes áreas de la zona de abastecimiento del Ingenio. Mediante una técnica experimental en ciclo de plantilla o soca, las variedades prometedoras seleccionadas en las zonas cañeras localizadas dentro del área de influencia de los campos experimentales, con el objeto de evaluar su comportamiento.

Los experimentos se conducen bajo condiciones de riego o de temporal, según la zona en que se encuentran, con el fin de observar el comportamiento de cada una de las variedades y hacer una evaluación con respecto a:

- 1.- Rendimiento de campo..
- 2.- Resistencia a plagas.
- 3.- Rendimiento de azúcar/ha.

- 4.- Enfermedades y malas hierbas.
- 5.- Labor de cultivo.
- 6.- Porcentaje de fibra.

También se determina su comportamiento agro-industrial, para proveer a cada Ingenio de las variedades que le permita obtener mejores rendimientos en campo y fábrica.

Con carácter experimental, se remiten semillas verdaderas a los mismos campos, con el objeto de realizar pruebas de germinación en diferentes épocas del año para determinar los procedimientos y porcentajes de germinación, así como las épocas más apropiadas de siembra. Si los resultados de estos trabajos son satisfactorios como se espera, se procederá al cambio del sistema del manejo y remisión de material híbrido, con lo que se reducirán los gastos por este concepto y se evitará la pérdida de material por manejo excesivo.

3.12.6 Hibridaciones

Este método consiste en cruzar dos variedades, para obtener un gran número de semillas con las que se puede lograr una o varias variedades nuevas, pues a causa de lo heterocigótico de la caña de azúcar se tiene en cada plántula una planta teóricamente diferente.

En este método, para evitar la emasculación de los

cientos de flores, se utiliza una substancia con la que por la coloración de los granos de polen viables, es posible determinar qué planta es buen padre o buena madre. Esta substancia es la solución de Lugol y se forma con 1 gr de yodo, 2 gr de yoduro de Potasio y 100 c.c. de agua destilada.

Existe otro método que se utiliza para prolongar un poco la apertura de las anteras, el cual consiste en introducir la espiga en una bolsa de plástico, con lo que se crea un ambiente húmedo en el interior de la bolsa, el cual impide la apertura de las anteras, para luego aplicar el polen maduro de otra planta.

Sobre las hibridaciones existen dos escuelas o tendencias:

- Una de ellas sostiene que a causa de lo heterocigótico de la caña de azúcar y que las variedades que se obtienen actualmente, presentan muchas características que se pueden utilizar para obtener nuevas variedades, o sea, consideran el cruce intervarietal como el mejor medio para obtener variedades nuevas.
- Y los que consideran como mejor sistema los cruces interespecíficos, sólo que en ello existe el inconveniente de esperar muchos años para lograr una nueva variedad.

3.13 Variedades

La preocupación constante del Sector Cañero, ha sido la introducción y multiplicación de variedades que tengan mejor adaptación ecológica y óptimas cualidades industriales y agronómicas, es decir, que sean de la más alta redituabilidad, tanto para el industrial como para el cañero.

Antes de la década de los años 30's se cultivaban en México exclusivamente las variedades nobles: morada, rayada y cristalina, que ya para entonces se encontraban bastante desadaptadas, por lo que se trajeron al país muchas de las mejores variedades comerciales que existían en el mundo entero. En la década de los 40's las variedades POJ-2878 y CO-290 cubrían aproximadamente el 90% de los campos cañeros en México; sin embargo, estas variedades actualmente también ya se han desadaptado y van en franca decadencia. Asimismo, se tienen otras variedades como la CO-331, CO-213 y CO-421 a las que se está tratando de erradicar de los campos de cultivo por sus altos contenidos de fibra, su acorchamiento o formación de médula, su floración, etc.

Actualmente se están introduciendo algunas variedades que llenan las exigencias tanto de campo como de fábrica, para llegar a la meta principal: mayor producción de azúcar por hectárea.

Según la ecología regional de cada una de las zonas cañeras, se han ido sustituyendo las variedades CO-290, CO-213, CO-331, CO-421 y POJ-2878, principalmente, por aquellas cuyo comportamiento de campo y fábrica ha sido satisfactorio, tanto para el campesino como para el industrial. La sustitución de variedades que se han realizado, son las que se señalan a continuación:

a). VARIEDADES EXTRANJERAS:

H 50-7209

H 49-5

L 60-14

B 4362

H 37-1933

NCo 310

b). VARIEDADES MEXICANAS:

Mex 54-81

Mex 54-85

Mex 55-32

Mex 55-250

Mex 56-18

Mex 56-541

Mex 57-473

Mex 57-1285

Mex 58-418

Mex 58-419

Mex 60-471

Mex 61-446

3.14 Insumos

LABORBASE

P L A N T A S

- Desvare	Sup.
- Junta y quema	Sup.
- 1er. barbecho	Sup.
- 1er. rastreo	Sup.
- 2o. barbecho	Sup.
- Construcción prov. manual	Sup.
- 2o. rastreo	Sup.
- Construcción de drenes a mano	Sup.
- Construcción de surcada	Sup.
- Valor semilla en pie	Tom.
- Corte	Sup.
- Alza	Sup.
- Acarreo	Sup.
- Descarga	Sup.
- Siembra y picado	Sup.
- Flete de fertilizante	Sup.
- Aplicación de fertilizante	Sup.
- Aplicación de insecticida a presión	Sup.
- Desinfestación de semilla	Sup.
- Tapa	Sup.

LABORBASE

- Retapa	Sup.
- Mayordomo boletero administrativo	Sup.
- Movimiento personal siembra	Sup.
- Primer riego	Sup.
- Primer cultivo	Sup.
- 2o. riego	Sup.
- 2o. cultivo	Sup.
- 3er. cultivo	Sup.
- 2o. flete de fertilizante	Sup.
- 2a. aplicación de fertilizante	Sup.
- 1er. limpia de canales	Sup.
- 3er. riego	Sup.
- 4o. riego	Sup.
- 1er. deshierbe con azadón	Sup.
- Aplicación insecticida salivazo	Sup.
- Maquila bombas espolvoreadoras	Sup.
- 5o. riego	Sup.
- 2a. limpia de canales	Sup.
- 6o. riego	Sup.
- 2o. deshierbe con azadón	Sup.
- 7o. riego	Sup.
- 8o. riego	Sup.
- Limpia interior	Sup.
- 9o. riego	Sup.
- Redondeo	Sup.

<u>LABOR</u>	<u>BASE</u>
- 10o. riego	Sup.
- Reforce de lienzos	Sup.
- 1er. aplicación rodenticida	Sup.
- 2da. aplicación rodenticida	Sup.
- Motoconformadora	Sup.
- Desmonte pesado D-7	Hrs.
- Desmonte pesado	Hrs.
- Desmonte limpia a mano	Día
- Subsuelo tractor 756	Sup.
- Tractor D-7	Hrs.
- 3er. rastreo	Sup.
- 4o. rastreo	Sup.
- Construcción de lienzos	Sup.
- Construcción de sifón	Día
- Limpia proveedores	Sup.
- Destroncone	Sup.
- Cabecereo	Sup.
- 11o. riego	Sup.
- 12o. riego	Sup.
- Acarreo de materiales	Vje.
- 3er. barbecho	Sup.
- 4o. barbecho	Sup.
- Nivelación pesada	Hrs.
- Construcción caída de agua	Día
- Aplicación de insecticida	Sup.

LABOR

- Tractor D-4
- Tractor D-6
- Construcción drenes p/vol.
- Cuota riego Distrito
- 1er. construcción de regadera
- 2da. construcción de regadera
- 3a. construcción de regadera
- Tractor D-9
- Tractor D-9
- Tractor de llanta
- Tractor D-4
- Aplicación herbicida
- Construcción pase de agua
- Cuota riego charco A
- Insecticida Dipterex-80
- Insecticida B-H-C al 3%
- Heptacloro
- Karmex
- Amina 2-4-D
- Surfactand
- Fertilizante 20-10-10
- Sulfato de Amonio
- Fertilizante Urea 46%
- Sulfato Ferroso
- Quelatos Manganeso

BASE

- Hrs.
- Hrs.
- Mts.
- Sup.
- Sup.
- Sup.
- Sup.
- Hrs.
- Tur.
- Hrs.
- Hrs.
- Sup.
- Dia
- Sup.
- Kgs.
- Kgs.
- Kgs.
- Kgs.
- Lts.
- Lts.
- Kgs.
- Kgs.
- Kgs.
- Kgs.
- Kgs.

LABORBASE

- Limpia interior	Sup.
- 4o. riego	Sup.
- Redondeo	Sup.
- 2da. limpia de canales	Sup.
- 5o. riego	Sup.
- 6o. riego	Sup.
- 7o. riego	Sup.
- 8o. riego	Sup.
- Aplicación de insecticida	Sup.
- 3er. limpia de canales	Sup.
- 9o. riego	Sup.
- 10o. riego	Sup.
- 1er. aplicación rodenticida	Sup.
- 2da. aplicación rodenticida	Sup.
- 2do. deshierbe	Sup.
- 2da. limpia interior	Sup.
- Aplicación de insecticida	Sup.
- Construcción de drenes con máquina	Mts.
- Construcción de drenes a mano	Sup.
- Conectar surcada a desagüe	Día
- Construcción de caídas de agua	Día
- Pase de agua	Día
- Limpia proveedores	Sup.
- 11o. riego	Sup.
- 12o. riego	Sup.
- Acarreo de materiales	Vje.

<u>LABOR</u>	<u>BASE</u>
- Motoconformadora	Hrs.
- Construcción de sifón	Día
- Construcción de lienzo	Sup.
- 2da. aplicación de insecticida	Sup.
- 3a. aplicación de insecticida	Sup.
- Borrar regaderas	Sup.
- 2o. redondeo	Sup.
- Desrame de árboles	Sup.
- Tractor de llanta	Hrs.
- 3ra. construcción de regadera	Sup.
- Cuota riego Distrito	Sup.
- Aplicación elementos menores	Sup.
- Construcción proveedor	Día
- Desenzolve	Sup.
- Limpia canal lateral	Sup.
- Cuota riego charco	Sup.
- Valor Dipterex	Kgs.
- Heptacloro	Kgs.
- Amina 2-4-D	Lts.
- Fórmula 20-10-10	Kgs.
- Sulfato de Amonio 20.5%	Kgs.

3.15 Plagas y Enfermedades

3.15.1 Plagas

PLAGAS DE LA RAÍZ.- La raíz de la caña de azúcar es ata

cada por infinidad de plagas y enfermedades; podemos encontrar desde insectos nemátodos, pequeños mamíferos -como la tuza-, hasta hongos y bacterias que contribuyen a la destrucción y descomposición del sistema radicular. Los daños son, en general, graves en terrenos pesados y con mal drenaje y se manifiestan directamente como falta de crecimiento y lozanía de la planta.

GALLINA CIEGA O "NIXTICUIL".- Es una de las plagas más conocidas en el país, pues además de la caña, ataca diversos cultivos. Las larvas se alimentan especialmente de las raíces y materia orgánica. Se caracterizan por tener el cuerpo encorvado, de color blanco sucio con numerosos pliegues transversales; excepto en los últimos pliegues abdominales que son casi lisos y transparentes. Aparecen como coleópteros con el nombre vulgar de mayates de junio. Para su eliminación se recomienda el combate preventivo. Este debe iniciarse con una buena preparación del suelo, mejorar el drenaje y conservar el terreno limpio de malas hierbas. Los barbechos deben de ser profundos, dejando que se meteorice el terreno por lo menos 30 días antes de proseguir las labores de cultivo. Una vez surcado el terreno y en el momento de siembra, se espolvorean los taludes y el fondo del surco con 100 kg/ha de Aldrin 2% de concentración, y de preferencia tapando de inmediato con una capa de tierra, como de 2 cm de grueso, para evitar que el insecticida quede

expuesto al sol y pierde su poder insecticida; en seguida se tira la semilla y se tapa en la forma acostumbrada.

NEMATODOS.- A pesar de la gran importancia económica mundial que tiene el cultivo de la caña de azúcar y de las investigaciones que han demostrado los daños que le ocasionan los nemátodos, generalmente no se combaten comercialmente. No obstante, se han realizado experimentos que demuestran claramente que el combate de nemátodos es de gran beneficio en el cultivo de la caña.

El uso de compuestos químicos ha demostrado su eficiencia en el control de nemátodos de la caña de azúcar; el descubrimiento de las propiedades nematicidas de la mezcla de 1.3 dicloropropano-1.2 dicloropropeno (1.3-D o fumigante del suelo DD) y del EDB (1.2 dibromo de etano o dibromuro de etileno).

LA TUZA.- A esta plaga se le encuentra en todo el tiempo dañando el cultivo, pero abunda más en los terrenos de textura arenosa. Es un roedor, cuya actividad la desarrolla bajo la superficie del suelo donde perfora galerías que forman una red; a su paso corta las raíces de la caña, provocando un ligero hundimiento de la cepa que acaba por secarse. Todos los días abre salidas al exterior por las que saca los desperdicios de su alimentación; siendo fácil por esta razón, localizar los campos plagados, por los montículos de suelta con que cubre las bocas.

Hasta la fecha no ha sido posible erradicar esta plaga, aunque se ha combatido de diversas maneras, desde la inundación de los terrenos durante varios días; la introducción a la galería de gases venenosos de productos como el Cianogas, el Illo-Helios y el Bromuro de Metilo. Y, en los últimos años, la colocación en las bocas de las galerías, de cebos preparados con Endrin o Fluoracetato de Sodio (compuesto 1080). Este último método es el que ha dado los mejores resultados, pero debido a su alta peligrosidad para la gente de campo, su uso ha sido restringido por las autoridades de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, a personas capacitadas para su manejo.

OTRAS PLAGAS.- Otro grupo de insectos que pasan la mayor parte de su vida en el suelo, como el gusano de alambre y el mayatito del tronco, dañan las partes vitales de la planta, especialmente las raíces jóvenes, durante la etapa de crecimiento. Estos insectos abundan en los terrenos húmedos y ricos en materia orgánica y para combatirlos se deben realizar una serie de prácticas que tienen el carácter de preventivas. Hacer bien la preparación del terreno, dejando un amplio intervalo de tiempo entre las labores de barbecho y del rastreo y exponer en esta forma, las larvas a la acción germicida del sol; aplicar 75 kg de BHC 3% en polvo, en el fondo y en los taludes del surco, antes de depositar la semilla;

en las socas, destroncar al ras del suelo y quemar toda la basura.

PLAGAS DEL TALLO.- Este grupo de plagas es probablemente el más conocido de los agricultores de la caña, por ser el que ocasiona daños espectaculares. Dentro del grupo encontramos preferentemente roedores como la rata de campo; e insectos, como los barrenadores.

BARRENADOR DEL TALLO.- En su estado adulto es una polilla, de color pajizo, de 2.5 a 4.0 cm. Deposita sus huevecillos sobre las hojas de la caña joven y sus larvas perforan la punta del tallo, matándolo. Por sus características tan especiales, por la forma en que ataca a la caña, por la dispersión de las zonas de influencia y por las edades y tamaños de la planta tan diversos, resulta muy costoso y difícil combatir esta plaga por métodos directos como la aplicación de insecticidas. El control biológico, usando la avispa Trichogramma minutum, que es su parásito, y con la cual se han tenido resultados prometedores. Suele también ser efectivo, métodos indirectos de combate que tienen carácter preventivo, como por ejemplo: hacer los barbechos con mucha anticipación a la fecha de siembra y aplicar BHC al 3% en polvo en el fondo y en los taludes del surco, antes de depositar la semilla, a razón de 75 kg/ha. Después de la cosecha, destroncar al ras del suelo y quemar toda la basura.

LA RATA CAÑERA.- Este roedor causa grandes destrozos

en la caña durante todo el año, pero es durante los meses de la sequía cuando su ataque es más fuerte, porque no encuentra alimento ni refugio en otros cultivos e invade los cañaverales. Por lo anterior, se recomienda organizar la campaña a la salida de las lluvias y para toda la zona de influencia, ya que ataca la caña grande y también al pelillo. El primer paso consiste en determinar la población de ratas en el campo, lo que se hace colocando por la tarde trampas de resorte, cebadas con pulpa de coco, cada 15 metros. Al otro día se recogen y se cuentan las ratas atrapadas. Si el número de ellas equivale al 8% de las trampas puestas, distribuir de inmediato un cebo envenenado que se prepara mezclando 40 kilos de avena descascarada y laminada con 350 gramos de Sulfato de Talio en polvo fino y 3.5 litros de vaselina líquida pura. De esta mezcla se ponen 5 gr en bolsitas de papel glassine que se cierran, se rocían con aceite crudo de linaza o de maíz. Estas bolsitas o "torpedos" se distribuyen en el campo uniformemente, dejando una cada 5 mt, en cuadro, para que sean 400/ha. Un mes después de la primera aplicación, se vuelve a estimar la población de ratas y si de nuevo representa el 8% o más. Se distribuye un cebo envenenado, distinto al primero, mezclando 40 kg de maíz quebrado y cernido con 250 gr de Warfarina o Furamina, con 100 gr de sal fina y 2.5 lt de vaselina líquida pura. De esta mezcla se pone medio kg en bolsas de papel estraza; una vez cerradas, se distribuyen uniforme-

mente a razón de 17/ha, o sea, 8.5 kg de la mezcla. Tres meses después, se repite la estimación de la población y se procede en forma similar a la segunda aplicación. Durante el período de octubre a mayo, la campaña debe ser permanente, repitiendo las operaciones mencionadas.

PLAGAS DEL FOLLAJE.- Los daños producidos por las plagas del follaje son claras y notorias y se manifiestan como marchitamiento o coloraciones en las hojas, o bien, como mordiscos que producen verdaderas defoliaciones.

SALIVAZO O "MOSCA PINTA".- En estado adulto (mosca pinta) este insecto es una chicharrita de un centímetro de longitud, café, con dos manchas amarillas transversales sobre el dorso; se le encuentra sobre las hojas, a las que succiona el jugo y les inyecta una substancia cáustica que las seca, retardando el crecimiento de la planta. En su estado de ninfa, se encuentra en la base de los tallos y se cubre con un espumarajo parecido a la saliva, de donde le viene su nombre. Como esta plaga hace su aparición con las primeras lluvias, se recomienda determinar la población de insectos en este período. Con este motivo, se cuentan los adultos y las ninfas que haya por cepa. Cuando hay 10 o más por cepa, es tiempo de hacer la primera aplicación de insecticida, a razón de 30 kg/ha de uno de cualquiera de los productos: BHC 3%, Sevín 5% o Malathión 4%, cubriendo bien la cepa con el polvo; se puede aplicar también una mezcla de litro y medio de Sevín 80 en 400

lt de agua. Cuando la planta es grande, la aplicación se debe hacer con avión. Cada 15 días se debe repetir la revisión del campo y la aplicación, si es necesaria.

PULGÓN AMARILLO.- Esta plaga, es un insecto chupador de cuerpo blando, de 3 mm de longitud, que se localiza en el envés de las hojas, cerca de la nervadura central, durante el período febrero-agosto. Chupa el jugo de las hojas, las seca y retarda el crecimiento de la planta. En cuanto haga su aparición, se recomienda asperjar las cepas con una mezcla de 200 gr de Pirimor en 100 lt de agua, si la caña es pequeña y 30 kg/ha de Malathión al 4% si la caña es grande y el ataque se generaliza.

OTRAS PLAGAS.- Durante los meses de verano, es frecuente observar daños en las hojas de la caña, que hacen los gusanos cortadores, como el cogollero, el medidor y el soldado, que pueden presentarse juntos o en forma separada. Estas plagas tienen especial importancia por lo repentino de su aparición, su voracidad y la velocidad con que devoran la lámina de la hoja, dejando sólo la nervadura. Por lo anterior, el combate se debe hacer de inmediato, en cuanto se localicen las primeras larvas, aplicando 30 kg/ha de Sevín 5%, Malathión 4%, o 1 kg de Sevín-80W, mezclado en 400 lt de agua.

En general, hay que tener en cuenta, para el efectivo combate de plagas, las siguientes indicaciones:

a). Buena preparación de la tierra.

- b). Cultivos apropiados.
- c). Uso de variedades resistentes.
- d). Eliminación de maleza.
- e). Limpieza de los campos (eliminación de la punta de la caña o "tlazole" y de malas hierbas).

3.15.2 Enfermedades

La mayor o menor infestación de la caña por las enfermedades, depende de la llamada "resistencia" que tiene cada variedad a la penetración de la enfermedad y del grado de humedad que haya en el suelo y en el ambiente. Por lo tanto, se deben sembrar las variedades que se hayan comportado como resistentes y mejorar por todos los medios el drenaje de los terrenos.

MANCHA ROJA DE LA VAINA.- Organismo causante: Cercospora vaginæ Kruger. Síntomas: sobre la superficie exterior de la vaina, la enfermedad produce manchones irregulares de color rojo o anaranjado oscuro, de tamaño variable. Posteriormente la coloración roja en las áreas enfermas se torna más oscura, pudiéndose encontrar el micelio y fructificaciones del hongo. En México casi todas las variedades que se cultivan comercialmente son afectadas por esta enfermedad.

COGOLLO RETORCIDO O FALSO POKKAHBOENG.- Origen:

causas mecánicas. Síntomas: cañas con el cogollo y hojas retorcidas, cuyos limbos se rompen fácilmente, circunstancia que determina su crecimiento. Frecuentemente se presenta en zonas cañeras sujetas a vientos fuertes. Sus efectos son más notables en variedades de hojas anchas, como la variedad PDJ en México.

RAYA ROJA O PUDRICION DEL COGOLLO.- Organismo causante: bacteria Xanthomonas rebrilineans. Síntomas: las rayas son bien conocidas. Son de color rojo oscuro o marrón, pero inicialmente se encuentra rodeada por una zona de color amarillo. La parte central de la caña dentro del anillo se deteriora en forma aguanosa, siguiendo hasta casos más extremos en que deja hueco el centro de la caña. En casos extremos de degradación se motiva un olor nauseabundo característico.

El combate se hace con el uso de variedades resistentes.

NECROSIS INTERNA DEL TALLO.- Origen: fisiológico. Síntomas: manchas que varían en tamaño, desde áreas pequeñas hasta gran proporción de tejidos del entrenudo. En los haces fibrovasculares también se presentan manchones, aún cuando no se observa el marchitamiento de las cañas dañadas. Ocasionalmente se observan cavidades en el área de la mancha y los tejidos que la rodean son de consistencia aguanosa. La incidencia de la enfermedad es mayor en áreas donde afecta la sequía.

MOSAICO DE LA CAÑA.- Origen: virus. Síntomas: distribución irregular de la clorofila en las partes verdes de la planta. Presencia de zonas cloróticas alargadas en las hojas, ligeramente coloreadas en forma de rayas irregulares rodeadas de tejido sano verde normal. En caso de ataque severo, el tejido epidérmico se contrae y se seca. En tejidos interiores pueden encontrarse decoloraciones o necrosis.

RAQUITISMO DE LAS SOCAS.- Origen: virus. Síntomas: coloración roja-rosado en el interior de los tallos sensible en la zona del nudo, principalmente en la parte inferior de los nudos maduros. Crecimiento retardado. Menor número de tallos por cada cepa. Tallos de mucho menor diámetro. Marchitamiento prematuro o amarillamiento de las puntas y los márgenes de las hojas. Muerte prematura de las hojas viejas cuando prevalecen condiciones de sequía. Menos entrenudos siendo éstos cortos y delgados. Se evita su propagación sumergiendo machetes en agua hirviendo, durante 5 minutos, o usando antisépticos como Zepherán, Dettol, Lysol-pheyle o Phenol.

ENFERMEDADES NO PARASITARIAS PRODUCIDAS EN MEXICO:

- 1.- Climatológicas
- 2.- Sequías
- 3.- Temperatura
- 4.- Condiciones físicas del terreno
- 5.- Balance desfavorable de nutrientes (N, P, K, Mg, Mn, Fe, Zn)

ENFERMEDADES CAUSADAS POR DEFICIENCIAS NUTRITIVAS:

- a). Deficiencia en Nitrógeno.- Hojas con amarillamiento uniforme y crecimiento retardado. Tallo de diámetro menor con secamiento y muerte prematura de las hojas.
- b). Deficiencia de Fósforo.- Macollamiento limitado, dando como resultado una cepa pobre con cañas delgadas de entrenudos cortos, con diámetro disminuido del cogollo. Hojas estrechas de un verde azulado. Secamiento y muerte de tejidos en márgenes y puntas de las hojas. Desarrollo radicular corto.
- c). Deficiencia en Potasio.- Crecimiento reducido con un follaje amarillento, tallos delgados y manchas rojizas en las hojas viejas. Las hojas comienzan a morir comenzando de las puntas y márgenes del limbo. Las hojas jóvenes presentan un color verde claro en comparación de las más viejas que es amarillento.
- d). Deficiencia de Calcio.- Puntos cloróticos pequeños, con centro muerto, el crecimiento se retarda; la planta se debilita y la corteza se ablanda; ocasionalmente el crecimiento cesa y la planta muere.
- e). Deficiencia de Magnesio.- Síntomas parecidos a las deficiencias de Calcio y Potasio, cuando

las manchas que después de ser amarillo verdoso las hojas viejas se hacen cafés y cuando son numerosas dan a la hoja una apariencia de herrumbre. En casos crónicos, las hojas están cloróticas y manchadas severamente. Tallos de diámetro pequeño de entrenudos cortos, con coloración interna café.

- f). Deficiencia de Hierro.- Decoloramiento de hojas tiernas, con desarrollo de rayos verdes-amarillos clórico, que se extienden a lo largo de los haces grandes, dando apariencia de rayado. En casos extremos las hojas nuevas se presentan albinas, intermedias, parcialmente verdes y las viejas verdes subnormal. Si no se adiciona Hierro a la planta, muere.
- g). Deficiencia de Manganeso.- Decoloración de las hojas con aparición de rayas amarillo-verdosas o blancas, que se concentran en el centro y puntas, no en el limbo, como en el caso de la deficiencia de Hierro. Cuando la deficiencia es grave, las rayas clóricas se tornan blancas y aparecen puntos de color rojizo-café de tejidos muertos, que más tarde originan rayas continuas o rasgaduras a lo largo del limbo de la hoja.

3.16 Productos Derivados

1.- AZUCAR REFINADA

- Estandar
- Glass
- Moscabado, piloncillo, dulces, etc.

2.- BAGAZO

- Bagazo empacado
- Celulosa
- Papel periódico
- Papel tipo Kraft
- Tablas duras
- Alimento para ganado
- Furfural
- Proteína nutritiva (biomasa)

3.- PRODUCTOS DE FERMENTACION

- Alcoholes. Absolutos A, B, C y D. Superiores
- Aceite fusel
- Alcohol amílico crudo
- Alcohol desnaturalizado
- Alcohol isopropílico (Clostridium, Acetobutylicum, Saccharomyces cerevisiae)
- Alcohol butílico
- Glicerina
- 2-3 Butanodiol (bacterias aerobias: Aerobacter aerógenes y Mesentericus)
- Levaduras para panificación (secas activas)

(*Saccharomyces cerevisiae*)

- Levaduras forrajeras secas (Tipo *torula*, fermentación aerobia; tipo *Cándida*)
- Levaduras especiales (*Rhodotorula*; levaduras enriquecidas)
- CO_2 por fermentación alcohólica (*Saccharomyces cerevisiae*)
- $\text{HC}_2\text{H}_2\text{O}_2$ por fermentación acética (*Acetobacter*)
- Acido láctico (*Lactobacillus delbrinchrui*)
- Acido cítrico (Fermentación cítrica por *Aspergillus niger*)
- Acido glucónico (Azúcares invertidos; fermentación acética)
- Acido 2-cetoglucónico (Fermentación; *Pseudomonas*)
- Acido glutámico-Fermentación (*Saccharomyces cerevisiae* *Cándida* y otras bacterias)
- Acidos nucleicos. Levaduras. Extracción para producir Guanosina y Adenosina.
- Acido acotínico. Por extracción.
- Acido itasónico. Fermentación (*Aspergillus terreus*)
- Dextrana. Fermentación detranina por (*Leuconostoc mesenteroides* y *Dextranicus*)
- Vitaminas. Fermentación especial para producir complejo B; provitamina A y D_2 , Biotina y otras.

- Enzimas. Fermentación (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Furfural. Destilación del bagazo (Pentosanos; Pentosas)
- Proteínas. Provenientes de levaduras (biomasa)

CONVERSION DE DESPERDICIOS EN ALIMENTOS.- Una fábrica experimental de los Estados Unidos está convirtiendo los desperdicios de celulosa en un alimento de alto contenido proteínico.

El proyecto se inició, gracias al descubrimiento de un microorganismo que convierte a ciertos desperdicios en una proteína nutritiva. La celulosa constituye una parte apreciable de los desperdicios procedentes de la agricultura, la industria y el municipio.

Se emplea el bagazo de la caña de azúcar que se muele, se trata químicamente, se esteriliza y se introduce en un fermentador donde los microorganismos degradan y metabolizan la celulosa.

4. RESUMEN

La caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) es un cultivo que se encuentra distribuido en la mayor parte de las áreas tropicales del mundo, siendo de gran importancia, ya que suministra del 60 al 75% del azúcar que se consume mundialmente.

Para satisfacer la creciente demanda de azúcar en el mundo, se requiere abrir nuevas áreas al cultivo de esta gramínea, obtener nuevas variedades más productivas y lograr estabilidad en la producción, mediante un control efectivo de plagas y enfermedades. Estas alteran las funciones fisiológicas de las plantas, al destruir y bloquear diversas funciones metabólicas que se manifiestan en una disminución del potencial productivo de la planta, y en los casos más severos en la muerte del vegetal.

Aunque la superficie ocupada por este cultivo representa sólo el 3% del total de la superficie cultivada de la República Mexicana, este cultivo es importante, ya que de él subsisten muchas familias mexicanas, que son ocupadas en las labores de cosecha, principalmente; además, la actividad cañero-azucarera tiene una alta participación el producto agrícola bruto, en el producto interno bruto

5. LITERATURA CITADA

- 1.- BARRIOS, P.G. 1983. Estimación de la Demanda de Azúcar en México. Tesis Profesional. UACH. México.
- 2.- ECONOTECNIA Agrícola. 1981. Consumos Aparentes de Productos Agrícolas 1925-1981. Vol. V. Núm. 9. SARH. México.
- 3.- GARCIA E.A. 1975. Manual de Campo en Caña de Azúcar. IMPA. Segunda edición. México. p. 235.
- 4.- GARCIA E.A. 1984. Necesidades de Agua para la Agroindustria Azucarera en México. Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. México.
- 5.- HUMBERT R.P. 1974. El Cultivo de la Caña de Azúcar. Ed. CECOSA. México.
- 6.- INSTITUTO Para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. 1973. Primer Informe Técnico.
- 7.- INSTITUTO para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. 1975. Segundo Informe Técnico.
- 8.- INSTITUTO para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. 1975. Veinticinco Años de Investi-

gación sobre la Caña de Azúcar.

- 9.- MEADE, G.P. 1967. Manual del Azúcar de Caña. Editorial Montañez y Simón, S.A. Barcelona.