

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
" ANTONIO NARRO "**

DIVISION DE AGRONOMIA



La Importancia de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L*)
en México.

Por:

CARLOS NATIVIDAD LOPEZ CONSTANTINO

MONOGRAFIA

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

Ingeniero en Agrobiología

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2002.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
" ANTONIO NARRO "**

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE BOTANICA

La Importancia de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum L.*)
en México.

POR:

CARLOS NATIVIDAD LOPEZ CONSTANTINO

MONOGRAFIA

Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

ING. JOSE ANGEL DE LA CRUZ B.

M.C. ANTONIO RODRIGUEZ RDZ.
SINODAL.

ING. RENE A. DE LA CRUZ RDZ.
SINODAL.

COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA

M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO.

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO; JUNIO DE 2002.

DEDICATORIAS

A mi Madre:

Blanca O. Constantino Ramos

Quien día con día me arrulló entre sus brazos y me enseñó que la pobreza no es un obstáculo para triunfar en la vida y que tienes que dar amor si quieres recibirlo. A ti madre "te amo".

A mi Padre:

Ricardo Federico López Villatoro

Quien con el sudor de su rostro me enseñó que el trabajo, responsabilidad, honestidad y dignidad se puede salir adelante. A ti "mi viejito", mil gracias es poco para agradecer lo mucho que has hecho por mí.

A mis Hermanos:

Lorena, Sany, Manolo, Osquitar

Porque en ustedes encontré el cariño, amor, respeto y motivo para salir adelante, por sus sabios consejos que los llevo gravado en mi mente y corazón.

A mi esposa:

Chayito

Porque en ti encontré el verdadero amor, por tus palabras de aliento cuando más los necesito, por estar conmigo, por ayudarme a salir adelante y por ser mi pañuelo de lágrimas. A ti Chayito "te amo".

A mi hijo:

Yoni

Por ser la alegría de la familia, por sus travesuras que encaminan a la felicidad de mi hogar y por se el motivo de mi razón de ser.

A mi sobrina:

Blanquita

Por ser la alegría de la familia con sus
ocurrencias y travesuras.

A mis suegros:

Bartolo y Lupita

Porque en ustedes encontré unas bellísi-
mas personas que con sus generosos esfuer-
zos apoyaron incondicionalmente a mi esposa,
mi hijo y a mí.

A mis tíos:

José y María Elena

Porque ustedes me han apoyado en -
los momentos más difíciles y han sido -
padres más para mí.

A mi tío:

Rufino

Por ser como un "amigo" para mí, por -
Ayudarme a salir adelante con mi Carrera Pro-
fesional.

A mis abuelitos:

Rufino López Coutiño

Rosita Villatoro Fuentes

Augusto Constantino Ortega (+)

Manuelita Ramos Camacho (+)

A ellos porque me instruyeron por el -
Camino correcto y me dieron todo sus ternu-
ra, cariño y amor.

A mis amigos:

**Margarita, Nena, Panchis, Carolina, Flori,
Mayra, Gerardo "Palatos", Gerardo "el tio",
Juan Manuel, José, Francisco, Jorge,
Saúl, Jaime, Atilano, Julio, Iber y
Chundi.**

A ellos por los momentos felices y de tristeza que pasamos juntos, a veces discutiendo y otras - sonriendo pero siempre juntos y unidos para abatir nuestros problemas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por cuidarme, bendecirme y guiarme durante la trayectoria que recorrí en el prolongado camino de mis estudios y no flaquear con los diferentes obstáculos que se atravesaban a mi paso, en fin, por estar conmigo todo el tiempo.

Al Ing. José Angel de la Cruz B.: por su ayuda incondicional en la elaboración de este trabajo, por tomarse la libertad de enseñarme cosas que me servirán en un futuro en mi vida profesional y sobre todo, por su amistad sincera y verdadera.

Al M. C. Antonio Rodríguez Rodríguez: por su ayuda incondicional en la elaboración de este trabajo ya que sin su apoyo este trabajo no hubiera concluido con éxito.

Al Ing. René A. de la Cruz Rodríguez: por su ayuda incondicional en la asesoría de esta Monografía, por dedicarme el tiempo necesario para culminar con éxito.

A la M. C. Francisca Ramírez Godina: por su apoyo en la elaboración de esta Monografía, por su amistad sincera, limpia, verdadera y transparente y por sus sabios consejos de amigos.

Al Dr. José Manuel Fernández Brondo: por facilitarme material biográfico que conforma parte de este trabajo.

Al M. C. Carlos A. Albores Constantino: por sus sabios consejos que me hicieron madurar como persona, por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida y por apoyarme durante el trayecto de mi Carrera Profesional.

Al Profr. Cuauhtémoc Constantino Borraz: por su amistad, consejos y por su enseñanza que me hicieron madurar como estudiante.

A la Pfrofa. Rosa Elia García Coutiño: por su amistad brindada y por sus sabios consejos que seguiré tenuemente día a día.

A la Familia López Villatoro: por su constante apoyo durante mis estudios y porque nunca me abandonaron cuando los necesité.

A la Familia Constantino Ramos: por sus cariño y amor verdadero, sus sabios consejos y el apoyo incondicional para concluir mi carrera, por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.

A la Familia López Sandoval: por considerarme como a un hijo más dentro de sus familia, brindarme todo el apoyo necesario durante mi Carrera Profesional, por la hospitalización generosa durante mi estancia en Saltillo, y sobre todo por la amistad tan bonita y verdadera. Los conservaré como un recuerdo grabado en un capítulo de mi vida.

A la Familia Gómez Jiménez: por su amistad y el apoyo hacia mi esposa y mi hijo durante mi ausencia.

A la Familia Hernández Hernández: por sus amistad tan limpia, verdadera y transparente, por sus consejos y apoyo durante mis estudios.

A mis Maestros: por tomarse la libertad de enseñarme, por la perseverancia que enseñaron frente al salón de clases cotidianamente para conducirme por el camino del conocimiento científico.

A mis compañeros de la 1ª. Generación de la Carrera de Agrobiología: por todos los momentos de tristeza y alegría compartido durante el trayecto de nuestra Carrera Profesional.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro": por cobijarme con el calor de sus aulas, el olor a sabiduría y por brindarme la oportunidad de madurar como persona e individuo. Por inculcarme ideales que conducen a servir a mis prójimos y a mi País, a mi México.

Al Fondo Regional de Organizaciones Campesinas Indígenas de Venustiano Carranza, Sociedad Civil: por brindarme la oportunidad de ejercer mi Prácticas Profesionales en sus instalaciones y apoyarme incondicionalmente hasta en lo más mínimo.

A la Compañía "La Fe" Zucarmex, S. A. de C. V.: por facilitarme material bibliográfico que utilicé en este trabajo.

A la Esc. Telesecundaria No. 448: por brindarme la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos y dejar que impartiera cursos afines a mi especialidad.

INDICE GENERAL.

Pág.

Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
INDICE GENERAL	ii
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
I. INTRODUCCION	
1.1. Objetivos.....	
II. HISTORIA	
2.1. Origen.....	
2.2. Distribución geográfica.....	
2.2.1. Distribución mundial.....	
2.2.2. Distribución nacional.....	
2.3. Importancia económica.....	
2.3.1. Generalidades.....	
2.3.2. Importancia mundial.....	
2.3.3. Importancia nacional.....	
III. CLASIFICACION TAXONOMICA	
IV. DESCRIPCIÓN BOTANICA	
4.1. Morfología y anatomía.....	
4.1.1. Raíz.....	
4.1.2. Tallo.....	
4.1.3. Hojas.....	
4.1.4. Flor.....	
4.1.5. Fruto.....	
V. ASPECTOS FISIOLÓGICOS	
5.1. Germinación.....	
5.2. Crecimiento.....	
5.3. Desarrollo.....	
5.4. Maduración.....	
5.5. Floración.....	
5.5.1. Control de la floración.....	

VI.	CONDICIONES ECOLOGICAS Y EDAFICAS
6.1.	Condiciones ecológicas.....
6.1.1.	Latitud.....
6.1.2.	Altitud.....
6.1.3.	Clima.....
6.1.4.	Precipitación.....
6.1.5.	Humedad.....
6.1.6.	Temperatura.....
6.1.7.	Luminosidad.....
6.2.	Condiciones edáficas.....
6.2.1.	Suelos.....
6.2.2.	Salinidad.....
6.2.3.	Reacción del suelo (pH).....
6.2.4.	Drenaje.....
6.2.5.	Factores topográficos.....
6.2.6.	Erosión.....
6.2.7.	Nivel de fertilidad.....
6.2.8.	Nutrientes.....
6.2.9.	Elementos mayores.....
6.2.10.	Elementos secundarios.....
6.2.11.	Elementos menores.....
VII.	PRACTICAS CULTURALES
7.1.	Preparación del terreno.....
7.2.	Semillero.....
7.3.	Semilla.....
7.3.1.	Clases de semillas.....
7.4.	Sanidad de la semilla.....
7.5.	Siembra.....
7.6.	Epoca de siembra.....
7.6.1.	Sistema de siembra.....
7.7.	Resiembra.....
7.8.	Labores de cultivo.....
7.9.	Fertilización.....
7.9.1.	Materiales orgánicos.....
7.10.	Riegos.....
7.11.	Control de malezas.....
VIII.	VARIEDADES Y TIPOS
8.1.	Generalidades.....
IX.	MEJORAMIENTO GENETICO
9.1.	Generalidades.....
9.2.	Hibridación.....
9.3.	Métodos de cruzamiento.....
9.4.	Cultivo de tejidos.....

X.	PLAGAS Y ENFERMEDADES
	10.1. Generalidades.....
	10.2. Principales plagas y enfermedades de la caña de azúcar.....
XI.	COSECHA
	11.1. Generalidades.....
	11.2. Índice de cosecha.....
	11.3. Métodos de cosecha.....
	11.4. Transportación de la caña.....
XII.	USO E INDUSTRIALIZACION
	12.1. Uso de la caña.....
	12.2. Industrialización.....
	12.3. Subproductos.....
	12.4. Tipos de azúcares.....
	12.5. Almacenamiento.....
XIII.	OTRAS FUENTES VEGETALES DE AZUCAR
	13.1. Generalidades.....
XIV.	CONCLUSIONES
XV.	ANEXOS
XVI.	BIBLIOGRAFIA

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
Cuadro No. 1.	Distribución mundial de la caña de azúcar	
Cuadro No. 2.	Distribución nacional de la caña de azúcar.....	
Cuadro No. 3.	Tipo de madurez de las variedades de la caña de azúcar cultivadas comercialmente en México	
Cuadro No. 4.	Variedades modernas de caña de azúcar en México	
Cuadro No. 5.	Principales variedades cultivadas en México.	
Cuadro No. 6.	Principales plagas y enfermedades de la caña de azúcar	

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pág.
Fig. 1.	Características morfológicas y anatómicas	
Fig. 2.	Estaca de caña sembrada	
Fig. 3.	El tallo de la caña	
Fig. 4.	Diferentes tipos de yemas	
Fig. 5.	Tipo de riegos más comunes en el cultivo de la caña de azúcar	
Fig. 6.	Prácticas culturales en el cultivo de la caña de azúcar.....	

INDICE DE ANEXOS

Contenido	Pág.
Glosario de términos regionales aplicados a las labores de campo en el cultivo de la caña de azúcar en México.....	
Ficha técnica de la caña de azúcar en Perú	

I. INTRODUCCION.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), es sin duda alguna, una de las especies más importantes que ha servido como alimentación y conformación de la dieta alimenticia desde los antepasados. 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 XIII.

La caña es un cultivo noble, de bajo riesgo, pero sensible en grado sumo en cuanto a sus niveles de calidad; todo le afecta en mayor y en menor grado. Desde las hierbitas más insignificantes que compiten fieramente por los alimentos, pasando por mosquitas aparentemente inofensivas y por los diversos apapachos y malos tratos que le dispensemos incluyendo las imperdonables omisiones, hasta los dramáticos eventos relacionados con la cosecha, en los que la calidad sufre deterioros que pueden evaluarse por minutos... aquí radica la importancia de la manipulación de este cultivo para la obtención de energía y subproductos para la alimentación del hombre que le ayudará a la subsistencia como especie; un manejo correcto y adecuado para este cultivo conducirá a éxitos para el hombre y por tanto en nuestro país para la obtención de divisas.

La caña de azúcar es originaria de las regiones tropicales de la Melanesia. Su área de dispersión primitiva abarcó la Polinesia actual y el suroeste del Continente Asiático.

Cristóbal Colón en su segundo viaje a América llevó algunos trozos de caña de azúcar que sembró por primera vez en Santo Domingo. Ya para el siglo XVI el azúcar era un artículo importante de comercio entre Europa y las regiones productoras de Brasil, Cuba y México. Y desde entonces la caña de azúcar *Saccharum officinarum* es una de las especies más importantes en la familia de las gramíneas, pues de ella se extrae el azúcar, endulzante de origen natural, sólido,

cristalizado, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, obtenidos a partir de la caña de azúcar mediante procedimientos industriales apropiados, el cual es un carbohidrato de alto contenido energético, empleado como uno de los constituyentes básicos en las dietas de alimentación humana y animal. Las referencias bibliográficas señalan la existencia de más de 6,000 productos diferentes fabricados con azúcar, parte de los subproductos de la industria azucarera.

En los primeros cultivos establecidos en el Hemisferio Occidental, se usó una sola variedad caracterizada por tener entrenudos cortos, mediano grosor, color verde, bajo contenido en fibra, tejido suave, buen contenido de azúcar, de fácil molienda con rendimientos medios de campo; debido a estas características, la variedad se utilizó también como fruta. En la actualidad, los tipos suaves de caña no ocupan lugar preponderante dentro de las variedades comerciales utilizadas por la industria. Esta caña ha sido conocida con diferentes nombres tales como *Creole* o *Criolla*, *Caña del País*, *Caña de la Tierra*, y en algunas regiones de México como *Caña de Castilla*; sin embargo no fue la única que sobresalió como variedad comercial utilizada por la incipiente industria azucarera.

Actualmente en México y otros países productores de caña de azúcar, como la República Dominicana, este cultivo constituye un renglón importante de la economía, desde la época de la colonización española hasta nuestros días.

1.1. Objetivos.

Generales.

El objetivo del presente trabajo es reunir información acerca del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para que sirva como fuente de información a personas interesadas en conocer éste cultivo.

Específicos.

Que pueda contribuir a definir criterios sobre aspectos generales del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

II. HISTORIA.

Merril estableció la hipótesis que explica la existencia del género *Saccharum* en la Melanesia y del campo restringido donde existieron cañas salvajes pertenecientes al género *Saccharum robustum* Brandes & Jeswiet ex Grassl, halladas en Nueva Guinea. Sugiere la existencia de un puente continental que, en época prehistórica, unió la Polinesia con el sureste de Asia, constituyendo el antiguo continente Asiático-Australiano, sobre la cual se llevaron a cabo las migraciones originales de la caña, la que, por hibridación natural con cañas silvestres, originó diferentes tipos que permanecieron aislados ecológicamente al ocurrir hundimientos o separaciones que produjeron el status geográfico existente en esa región del mundo (Sánchez, 1992).

Fuentes históricas diferentes consignan que en la India se cultivó cañas en tierras de humedad hace algunos miles de años, especialmente en el territorio de Bengala, que se encuentra situado entre la Cordillera del Himalaya y el Golfo de Bengala y a lo largo del cauce del Ganges hasta su desembocadura. La abundancia del cultivo y su producto dieron el nombre de Guara a la región y el de *Guhr* o Ciudad del Azúcar o del dulce, a su capital.

El sánscrito, antiguo idioma hindú, designó al azúcar con la palabra *Sacrara*, en griego *Saccharum*, en persa *Xácar* y en árabe *Sukkar*, de donde se originó la palabra **azúcar**.

Cuando Alejandro el Grande invadió la India en el año de 327 a. de C. sus escribas anotaron que sus 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 XIII.

Cristóbal Colón en su segundo viaje a América llevó algunos trozos de caña de azúcar que sembró por primera vez en Santo Domingo. De aquí se distribuyó a Cuba, Jamaica, Martinica, Guadalupe, Puerto Rico y otras pequeñas islas de las Antillas. Fue introducida a México en 1520; a Brasil en 1530, a Perú en 1533; a Argentina en 1620; y a los Estados Unidos de América en 1715 por los jesuitas.

Hernán Cortés estableció el cultivo de caña criolla en el cantón de Santiago Tuxtla, hoy conocido como San Andrés Tuxtla, estado de Veracruz, en los años de 1525-1526. Posteriormente, la caña y la industria pasaron al centro del país, en Coyoacán. Sin embargo al comprobarse que en este lugar se presentaban ocasionalmente y durante el invierno heladas de consideración que en la mayoría de las veces daban muerte a la caña, solicitaron a Don Hernán Cortés la localización de otro lugar más propicio para establecer el cultivo. Consecuentemente en atención a esto en 1527 fue seleccionado el poblado morelense de Tlatenango, muy cercano a Cuernavaca. Sin embargo, aún cuando el clima aquí es más benigno, no se escaseaban las heladas, por lo que alrededor de 1536, se resolvió trasladar el cultivo a Atlacomulco del hoy estado de Morelos y de este lugar a otras regiones de nuestro país.

Hasta el año de 1975, México fue un país exportador de azúcar, en algunos años, como en 1968 el volumen de exportación fue superior a las 600,000 toneladas. En la actualidad es necesario importar azúcar, incluso en cantidades mayores que la mencionada. Definitivamente, la demanda de azúcar ha rebasado la oferta y lo más grave es que mientras la tasa de crecimiento de la producción en el último sexenio apenas ha sido ligeramente superior al 2% anual, el crecimiento de la demanda se ha mantenido casi constante durante los últimos diez años arriba del 5% anual, por lo que año con año será necesario aumentar o eficientar las importaciones para satisfacer esta demanda a menos que se logre aumentar en forma significativa la producción adoptando diversas formas de estrategias.

Al finalizar la década de los sesenta, Mckinsey y Compañía, Inc. (1969) por encargo del gobierno del país, hizo un minucioso estudio de la situación de la producción y demanda azucarera para definir una estrategia de acción que permitiera solucionar los principales problemas para “terminar de una forma sólida y de largo alcance con las crisis periódicas de la industria”.

Como una consecuencia de este estudio, se inició una completa reorganización de la industria, aumentando por primera vez en muchos años el precio del azúcar que estaba muy subsidiado y creándose la Comisión Nacional de la Industria Azucarera, cuyas funciones básicas serían: planear el desarrollo de la industria, elevar la productividad, asegurar la distribución interna y externa del azúcar y sus derivados y vigilar la calidad de los productos.

Existen diversos problemas a nivel campo y fábrica que limitan la productividad por lo que se requiere una dedicación muy especial en el estudio de una solución que nos conduzca al camino del éxito del Agro Mexicano, así como acciones que nos dirijan a soluciones positivas.

2.1. Origen.

La caña de azúcar incluye especies silvestres y variedades cultivadas de plantas pertenecientes al género *saccharum* que es originario de las regiones tropicales de la Melanesia. Su área de dispersión primitiva abarcó la Polinesia actual y el suroeste del Continente Asiático. No se han encontrado especies nativas en el Hemisferio Occidental, Hawaii o Australia (Sánchez, 1992).

La generalidad de los historiadores consideran a la India como el país en donde originó la caña y lugar donde el azúcar fue producida desde épocas muy remotas (Sánchez, 1992).

Diversas investigaciones a partir del siglo XIX, concluían que el centro de origen de la caña de azúcar se encontraba en China o en la India; otras investigaciones nos dan la idea del origen Hindú de la caña de azúcar y de su vehículo de transmisión árabe. Pero en 1928 el Dr. Jesweit de Java encontró en Nueva Guinea una especie de caña dulce, la *saccharum robustom*, que crecía espontáneamente y de modo natural en una restringida área de esas islas y de las cercanas Célebres. Estas regiones son también el centro de origen de la especie *Saccharum spontaneum*, que es la más extendida de las especies silvestres en el mundo. La ***saccharum officinarum*** es el tercer integrante del género y es de las que puede obtenerse el alcohol como producto industrial, a través del cultivo de sus numerosos híbridos obtenidos, pero no se conocen aún ejemplares silvestres.

2.2. Distribución geográfica.

2.2.1. Distribución mundial.

Cuadro 1. Distribución Mundial de la Caña de Azúcar. (Sánchez, 1992).

Afganistan	Kenia*
Africa del Sur	República Malgache
Angola	Madeira
Antigua	Malawi
Argentina*	Malasia
Australia*	Mali
Bangladesh	Martinica
Barbados	Marruecos
Belize	Mauricio*
Benin	México*
Bolivia	Mozambique
Borneo	Nepal
Brasil*	Nicaragua
Burma	Niger
Camboya	Nigeria
Camerún	Nueva Caledonia
Cabo Verde	Nueva Guinea
Chad	Nuevas Hebridias
China*	Pakistán*
Colombia*	Panamá
Congo	Papua*
Costa Rica	Paraguay
Costa de Marfil	Perú
Cuba*	Portugal*
Dominica	Puerto Rico
Ecuador	República Central Africana
Egipto*	República Dominicana
El Salvador	República Malgache
España*	Reunión
USA	Samoa*
(Florida y Louisiana)*	San Kitts y Nevis
Etiopía	Santa Lucía
Fiji*	Santo Tomás
Filipinas*	San Vicente
Ghana	Senegal

.....Continuación del cuadro 1.

Granada	Sierra Leona
Guadalupe	Somalia
Guam	Sri Lanka
Guatemala	Santa Cruz
Guyana	Sudan
Haiti	Surinam
Hawaii	Swazilandia*
Honduras	Tahití
Hong Kong	Taiwa
India*	Tanzania
Indochina	Tailandia*
Indonesia*	Togo
Irán	Trinidad
Irak	Turkestán
Islas Andaman	Turquía
Islas Salomón	Uganda
Italia	Uruguay
Jamaica	Venezuela
Japón (Incluye Okinawa)	Zaire
	Zambia
	Zimbabwe

* Principales países productores de caña de azúcar en el mundo (FAO, 1980; SARH-DGEA, 1982).

Con respecto a distribución mundial de la caña de azúcar, a continuación hago mención de algunos datos estadísticos del 2001, acerca del precio de la caña, producción de caña, costo de producción y producción de azúcar de algunos países:

PRECIO DE LA CAÑA

(dólares por tonelada de caña)

México	25-32
Colombia	15-17
Guatemala	17
Brasil	13-15

PRODUCCIÓN DE CAÑA

(Toneladas por hectárea)

Colombia	100-120
Australia	90-100
México	74-75
Estados Unidos	68-70
Sudáfrica	65-68
Tailandia	58-60
Cuba	44-46

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA

(dólares por tonelada)

México	508
Colombia	190
Guatemala	190
Brasil	190
Australia	190

PRODUCCIÓN DE AZUCAR

(toneladas por hectárea)

Colombia	12-13
México	9
Jalisco	10
Tamazula	11.5

<http://www.eltravieso.com.mx/no126/ti-a4.htm>

2.2.2. Distribución nacional.

Cuadro 2. Distribución Nacional de la Caña de Azúcar.

REGIONES	ESTADOS	UBICACIONES
Noroeste	Sinaloa y Nayarit	El Dorado, La Primavera, Rosales, Los Mochis, El Molino y Puga.
Occidente	Jalisco y Colima	Bellavista, Estipac, Guadalupe, José Ma. Morelos, La Purísima, Melchor Ocampo, San Fco. Ameca, Santiago, José Ma. Mtz. Tamazula y Quesería.
Balsas	Michoacán	Lázaro Cárdenas, Pedernales, San Sebastián y Santa Clara.
Centro	Puebla y Morelos	Atencingo, Calipan, Casasano, Emiliano Zapata y Oacalco.
Huasteca	Tamaulipas, S.L.P. y Veracruz	El Mante, Aarón Sáenz Garza, Alianza Popular, Plan de Ayala, Ponciano Arriaga, Plan de San Luis, El Higo y Zapoapita.
Alto Veracruz	Veracruz y Oaxaca	Independencia, La Concepción, Mahuixtlán, El Carmen, El Potrero, La Providencia, San José de Abajo, San Miguelito, San Nicolás, Tres Valles, Adolfo López Mateos, El Refugio, Constanca y La Margarita.
Bajo Veracruz	Veracruz	Cuautotolapan, San Cristóbal, San Fco. el Naranjal, San Gabriel, San Pedro, El Modelo y La Gloria.
Sureste	Tabasco, Campeche y Quintana Roo	Presidente Benito Juárez, Dos Patrias, Hermenegildo Galeana, Nueva Zelandia, Santa Rosalía, La Joya y Alvaro Obregón.
Pacífico Sur	Chiapas y Oaxaca	Belisario Domínguez, Pujiltic, Presidente José López Portillo y Santo Domingo.

Fuente: Sánchez, 1992.

2.3. Importancia económica.

2.3.1. Generalidades.

Como alimento, el azúcar no necesita encomios. La especie humana ha perdurado debido a que el azúcar y otros variados nutrimentos están diseminados tan ampliamente y están disponibles en los alimentos que consumimos. Sería difícil concebir la existencia sin el azúcar, tanto como fuente de energía como en su calidad de agente endulzante.

La caña de azúcar, como fuente de obtención de divisas es importante para muchos países, especialmente Cuba.

2.3.2. Importancia mundial.

En 1980 se produjeron 736,123,454 toneladas métricas de caña molida a nivel mundial (FAO, 1980).

Se menciona que en las zafras a nivel mundial se ha empleado gran cantidad de mano de obra, y la mayor cantidad de hectáreas cultivadas fue de temporal. Debido a que cada vez es más la demanda de azúcar que lo que se produce, entonces se recurre a otros medios (remolacha azucarera) para satisfacer dicha demanda (Anónimo, 1983).

En 1992 se produjeron 939 millones de toneladas en los países en desarrollo (con exclusión de China) y que para el 2010 aproximadamente se producirán 1,365 millones de toneladas.

La superficie cosechada de caña de azúcar en 1990 fue de 15 millones de hectáreas y para el 2010 se pronostica que ascenderá a 18 millones de hectáreas.

El rendimiento de la caña de azúcar en 1990 fue de 59.6 toneladas por hectárea y para el 2010 se cree que será de 75.4 toneladas por hectárea (FAO, 1996).

2.3.3. Importancia nacional.

En 1983, se sembraron 505,000 hectáreas y se produjeron 34,109,000 toneladas de caña molida, obteniéndose un total de 44,487,000 millones de pesos (FAO, 1983).

Se publicó que se sembraron 534,034 hectáreas divididas en 218,424 hectáreas de riego y 315,620 hectáreas de temporal, con un rendimiento promedio de azúcar de 6.2 ton/ha., en un total de 69 ingenios y con una ocupación laboral de 296,978 personas en la zafra de 1985 (Anónimo, 1985).

Los datos anteriores, como observamos son datos de años pasados, pero a continuación les presento datos actuales del año 2001 con el afán de que formes tus propios criterios:

Importada con la Conquista, la actividad azucarera participa actualmente en la economía nacional con el 0.5% del producto interno bruto y proporciona el sustento a más de 440 mil familias (mediante empleos permanentes y temporales), asentadas en 227 municipios, pertenecientes a 15 estados de la República, en los que habitan alrededor de 12 millones de mexicanos, de los cuales más de 2.5 millones dependen directamente de la agroindustria de la caña de azúcar, así como de una diversidad de actividades indirectas vinculadas a la misma, en una cadena producción-consumo tan vasta que su decaimiento sería catastrófica para el país.

Sobre esa base, a partir de la operación de 60 ingenios, México ocupa en la actualidad el séptimo lugar en producción de azúcar a nivel mundial, entre más de un centenar de países, y la octava posición en cuanto al consumo, con 42 kilogramos

anuales per cápita. De la producción nacional, el 58% es canalizada a la industria, el 32% al uso doméstico y el 10% restante se destina principalmente al mercado internacional (<http://www.cddhcu.gob.mx/comisiones/comagr/pa9.htm>)

En el año 2001 se presentan 600,000 hectáreas cultivadas de caña; 2.5 millones de personas viven directamente de la caña; 3,600 millones de dólares invertidos en el campo y en la industria del azúcar; 4.400,000 millones de toneladas de azúcar producida en la pasada zafra, y, 560,000 toneladas de azúcar rematadas en el extranjero en el 2000 (<http://www.eltravieso.com.mx/no126/ti-a4.htm>).

III. CLASIFICACION TAXONOMICA.

El número de variedades cultivadas es muy grande, a la fecha, aumenta constantemente como resultado de los éxitos obtenidos por los programas de mejoramiento que, auspiciados por la agricultura, industria y gobiernos de diversos países, se iniciaron en Barbados y Java a fines del siglo XIX, países en los que la viabilidad de la semilla de la caña de azúcar quedó plenamente establecida. (Sánchez, 1992).

Como existe el problema de cómo identificarlas, ha sido necesario establecer un sistema que permite su conveniente clasificación y nomenclatura

BOTANICA

SISTEMATICA DE LA PLANTA

Clasificación

Reino:	Vegetal.
División:	Espermatofitas o Fanerógamas.
Sub-División:	Angiospermas.
Clase:	Monocotiledóneas.
Orden:	Zacates o Glumifloras.
Familia:	Gramineae.
Sub-Familia:	Panicoideae.
Tribu:	Andropogoneae.
Sub-Tribu:	Sacarineas.
Género:	Saccharum.
Especie:	officinarum.

IV. DESCRIPCION BOTANICA.

Para estudiar la botánica de la caña de azúcar, es necesario hacer la descripción de las características morfológicas y anatómicas (Fig. 1) de la: raíz, tallo, hojas e inflorescencias por separado, ya que todas ellas tienen características más o menos sobresalientes que se pueden utilizar para la identificación de distintas variedades (Ochse et al, 1982; Sánchez, 1972 y 1992).

La caña de azúcar es una gramínea que pertenece al género *Saccharum*, generalmente se presenta en forma de matas o macollos constituidos por la aglomeración de tallos, se propaga por partes vegetativas (en forma asexual).

4.1. Morfología y Anatomía.

4.1.1. Raíz.

Como las de todas las gramíneas, las raíces de la caña de azúcar son fibrosas y laterales, extendiéndose en todas direcciones (Fig. 2). El sistema radicular de la caña de azúcar sostiene al tallo y su ramificación depende del terreno. Asegura una forma adecuada de humedad y nutrientes del suelo, abasteciendo a los macollos o tallos, mediante la exploración que realizan las raíces y los pelos absorbentes en el suelo. La ramificación y producción de raíces está en función de la edad, variedad y ambiente (Benvenuti, 1981; Monsivais, 1946)

Características morfológicas y anatómicas de la caña de azúcar. (Fig. 1).

- (1) **RAICES.** Se originan de los nudos del esqueje o trozo de tallo que se planta. En cañas desarrolladas el mayor porcentaje de raíces es superficial. Se diferencian raíces del esqueje y raíces del tallo.

- (2) Raíces del esqueje. Son de vida corta, delgadas, muy ramificadas y superficiales.

- (3) Raíces del tallo. Reemplazan a las anteriores, al principio son blandas, -- más carnosas y menos ramificadas, luego se tornan suberosas.

La caña de azúcar presenta dos tipos de raíz que son como sigue: las primordiales, primarias o del esqueje, se originan del meristemo radicular de la banda de las raíces en los entrenudos de los tallos tomados como semillas, son delgadas, no manifiestan polaridad ni dominancia. Funcionan durante un período que termina con la germinación, desarrollo y distribución de las raíces permanentes.

Las raíces permanentes, definitivas o del tallo, son emitidas por el macollo, al principio son blancas y más cortas, gruesas, más fibrosas, con crecimiento y protegidas por la cofia que las capacita para penetrar el suelo (Quiñones, 1979; SEP, 1983).

- (4) **TALLO**. Está formado por nudos y entrenudos, de longitud entre 5 y 25 cm, un diámetro hasta de 6 cm. En cañas desarrolladas, la longitud total del tallo puede ser de 3 hasta 6 m.
- (5) Macolla de cañas adultas. Está formada por un conjunto de tallos de diá--- metro, altura y edad diferente.
- (6) **HOJAS**. Se originan de los nudos. Son alternas, alargadas y formadas por la - vaina y el limbo. Están unidas por una articulación. La vaina es tubular, envolvente y más ancha en su base. El limbo tiene una nervadura central prominente y los bordes ligeramente dentados. La articulación entre la vaina y el limbo se llama collar y posee lígula y aurículas.
- (7) **INFLORESCENCIA**. Es una panoja ramificada con muchas espiguillas dispuestas en paredes, una sésil y otra pedunculada. La flor es bisexual y con un solo óvulo. La semilla es muy pequeña.

4.1.2. Tallo.

Como sucede en numerosas gramíneas, la caña de azúcar forma sepas, matas o macollos, constituidos por la aglomeración de tallos que se originan, primero, de las yemas u ojos de la semilla y, posteriormente, de los brotes laterales que se originan de las yemas de rizoma o de los tallos subterráneos de la cepa formada. (Fig. 3).

Individualmente los tallos son más o menos erectos, de longitud variable, entre 5 y 25 cm y hasta 6 cm de diámetro, formado por porciones o unidades sucesivas de tallos llamados entrenudos o cañutos, separados unos de otros por zonas prominentes notables denominadas nudos. El número y tamaño de los cañutos es variable, encontrándose los de mayor longitud en la parte media y los menores en sus extremos. Los tallos se clasifican en cortos, medianos y largos, conforme a su longitud, correspondiendo hasta 2 m a los primeros; entre 2 y 3 m, a los segundos, y más de 3 m a los últimos. En cañas bien desarrolladas puede alcanzar de 3 a 6 m de altura.

Las cañas son de forma de huso, o sea, delgadas en los extremos y gruesas en la parte media. Están limitados por dos nudos, uno en cada extremo, esta conformación tiene las siguientes ventajas:

a).- La parte basal tienen abundancia de yemas que favorecen el amacollamiento, y,

b).- El número de yemas que se presenta en la planta la hace valiosa.

Conforme a su hábito de crecimiento, los tallos se clasifican en:

- Ergidos: Cuando se desarrollan verticalmente.

- Reclinados: Cuando se desarrollan oblicuamente.
- Postrados: Cuando al llegar la planta a cierta edad, apoyan su tallo sobre una – porción de los entrenudos inferiores.
- Rastreros: Cuando crecen más o menos tendidos en el suelo.

Conforme a su grosor, los tallos pueden clasificarse en:

- Delgados: Cuando su diámetro es menor de 3 cm.
- Medio delgado: Cuando su diámetro es de 3 cm.
- Grueso: Cuando su diámetro varía entre 4 y 5 cm.
- Muy grueso: Cuando su diámetro es mayor a los diámetros anteriores.

En la caña de azúcar, el color es característica varietal, siendo ésta una de las más engañosas ya que depende de la fertilidad del suelo y la exposición a la luz.

De acuerdo con las variedades de que se trate, los tallos pueden ser:

- Color entero: Si el tono es amarillo claro, amarillo intenso, amarillo verdoso, - verde claro o de matiz intermedio.
- Color oscuro entero: Cuando es rojo, violeta, morado, púrpura o con matices - intermedios.
- Variegados: Cuando presenta estrías o rayas longitudinales.

El tallo está formado por una sucesión alterna de nudos y entrenudos. Los nudos están limitados por una zona de color más claro y generalmente poseen un diámetro diferente a la del entrenudo. Están limitados por el anillo de crecimiento y la cicatriz foliar. En el nudo se inserta una sola hoja y una sola yema. El orden y colocación de las hojas y yemas en cada nudo del tallo es alterno y opuesto o de segundo orden.

Por su conformación, el nudo puede ser:

- Liso o erecto: Cuando tiene el mismo diámetro que el entrenudo.
- Constricto o sumido: Cuando el diámetro es menor y propicia que el – entrenudo tenga apariencia de barril o de huso.
- Hinchado o saliente: Cuando el diámetro es sobresaliente al de los entrenudos contiguos.

La región del nudo comprende de arriba hacia abajo las partes siguientes:

a). **Anillo de crecimiento.** Presenta una coloración que generalmente difiere a la del entrenudo y típicamente es una zona de transición, constituida por tejido meristemático que origina el alargamiento o crecimiento del entrenudo.

b). **Banda de las raíces.** Es una zona pequeña que se presenta inmediatamente arriba del nudo, en la cual se localiza una serie de manchas con aureola, colocadas en hileras y en número que varía de 1 a 3, cubierta con tejido cortical muy delgado; corresponden a cada mancha núcleos de tejidos meristemático que, bajo condiciones adecuadas del medio, originan las primeras raíces de las semillas o raíces primordiales. Las raíces primarias emitidas por la caña tienen también su origen en esta zona.

c). **Cicatriz foliar o de la vaina.** Ordinariamente rodea al nudo después de que la hoja se ha secado y separado del tallo. De manera general se pueden observar sobre esta cicatriz, restos o trazas de tejido, así como haces fibrovasculares rotos pertenecientes a la vaina.

d). **Nudo.** Es la porción dura de la caña y está constituido por tejido fibroso que en forma de disco, separa a dos entrenudos vecinos en el tallo.

e). **Yema u ojo.** Es el órgano más importante de la semilla, con capacidad de generar por crecimiento vegetativo, una planta semejante a la original.

Por su posición en el tallo, la yema puede estar sobre, en medio o debajo de la cicatriz de la vaina; puede ser corta o larga, ancha o angosta, aplanada, prominente o hundida.

Por su forma (Fig. 4) puede ser:

- A. Triangular
- B. Oval
- C. Abovada
- D. Pentagonal
- E. Romboide
- F. Redonda
- G. Ovada
- H. Rectangular
- I. Picuda o en espolón

f).- **Anillo ceroso.** Se localiza abajo del nudo y su presencia puede ser notoria o imperceptible. Esta capa de cera varía en las distintas variedades de caña, aún cuando toda la superficie del entrenudo se encuentra cubierta con este material. La cera se acumula en la región superior del entrenudo y forma un anillo.

El tejido epidérmico del entrenudo es generalmente glabro o lampiño, puede o no presentar grietas corchosas que, al ocurrir, pueden ser pequeñas o profundas originadas por el crecimiento exterior del tallo. En el caso de la caña, el aumento en diámetro es de adentro hacia fuera, ya que no existe zona de crecimiento (Sánchez, 1992).

4.1.3. Hojas.

Las hojas de la caña de azúcar son verdaderos laboratorios, donde la materia prima, agua, dióxido de carbono se convierten en carbohidratos bajo la acción de la luz solar. Las hojas unidas a los nudos de los tallos, son láminas largas, delgadas y planas que se sostienen por la nervadura central. Son por lo general de 0.90 m a 1.60 m de largo y varían de 1.5 cm a 10.15 cm, de ancho según la variedad (Fig. 1) (Humbert, 1974; SEP, 1983).

Las hojas en la caña son alternas, colocadas más o menos en el mismo plano de adherencia al nudo; ocasionalmente difiere esta colocación, pues se han observado casos con un arreglo foliar en espiral. La hoja está constituida por el limbo y la vaina. La vaina semeja la forma de un tubo más ancha en su zona de inserción, reduciendo gradualmente su tamaño hacia la zona de unión con el limbo. El lado externo de la vaina es de color verde, frecuentemente cubierto de pelos o ahuates, mientras el interno es liso y glabro, con haces fibrovasculares espaciados y sin nervadura central. La superficie externa de la vaina se tiñe ocasionalmente de color rojo púrpura, cuando la hoja alcanza su completo desarrollo (Quiñones, 1979; Sánchez, 1972; SEP, 1983).

La zona de unión entre el limbo y la vaina se denomina cuello, está provisto de dos lengüetas, papadas o solapas, con una membrana que crece en la cara interna de la vaina y que puede o no ser pubescente, es transparente cuando tierna y descolorida o rasgada cuando madura y seca, que recibe el nombre de lígula. Las

lengüetas o triángulos de unión proporcionan movilidad al limbo e impiden su desgarramiento cuando la hoja es agitada por el viento (Monsivais, 1946; Quiñones, 1979).

La adherencia de las vainas al tallo difiere en las diferentes cañas cultivadas; en algunas, a medida que las hojas mueren y se secan, la vaina se separa o suelta del tallo desprendiéndose posteriormente del nudo. Se dice entonces que la caña “despeja bien”. El agua que se acumula en las vainas propicia la germinación de la yema y raíces adventicias (Benvenuti, 1981; Ochse et al, 1982).

A partir del cuello, el limbo se encuentra limitado por bordes o márgenes finamente aserrados, se ensancha y afila hasta terminar en punta; su longitud y anchura varía entre 0.60 y 1.20 m y entre 4.0 y 10 cm, respectivamente. El limbo se encuentra dividido por la nervadura central que lo recorre entre toda su longitud; paralelas a la nervadura central, se encuentran las nervaduras secundarias, que parten de la región basal del limbo (Sánchez, 1992).

4.1.4. Flor.

En la parte superior del tallo, se encuentra la inflorescencia que en ocasiones puede ser la clave para identificar una variedad en la caña de azúcar (Fig. 1), fue descrita por Soltwedel en Java en el año de 1888. Es una panícula sedosa que se conoce como espiga, varía de longitud de 20 a 60 cm. Cada espiga tiene muchas pequeñas espiguillas que están dispuestas en pares en las ramitas, el número de espiguillas por espiga varía de cientos en las espigas más pequeñas en *Saccharum spontaneum*, y el número de espiguillas por espiga varía hasta en millones en las espigas más pequeñas en las variedades más grandes de *Saccharum officinarum* (Monsivais, 1946; Ochse et al, 1982).

Cada espiguilla contiene una flor hermafrodita, el ovario es de forma ovalada y lleva en sus extremos un pistilo bífido de estigmas plumosos de color rojo púrpura. El

elemento masculino está formado por tres estambres filamentosos blancos y delgados en cuyos extremos se insertan las anteras. Estas están divididas en dos lóbulos por una depresión longitudinal central que forra a la línea de dehiscencia por donde sale el polen cuando llega a la madurez. Las anteras son de color amarillo al principio y moradas cuando están maduras, si permanecen de color amarillo, es indicio de que no contienen polen o de que son estériles.

Cada flor está sustentada por dos brácteas y rodeadas en su base por numerosos pelos. Una de estas brácteas tienen una especie de quilla formado la gluma interna. En el interior de la gluma se encuentra una lema estéril que envuelve una palea pequeña. En la base de la flor y dentro de la gluma interna existen dos gruesos lodículos hiliados que vienen a constituir los vestigios del periantio; a ello se debe la apertura de la flor. La flor de la caña está colocada por pares en disposición alterna a lo largo de los ejes, una es sésil y otra pedicelada. Los granos de polen son de 30 a 40 micras de diámetro y de forma más o menos esférica. Su coloración varía en su estado de madurez y con la variedad (Cabrera, 1944).

4.1.5. Fruto.

La semilla o fruto verdadero es una cariósida, es de forma elíptica que presenta en el embrión una ligera depresión, en el extremo inmediato al embrión está la cicatriz de la semilla, mientras que en el opuesto los residuos del estilo. El fruto es de color blanquecino antes de la madurez y amarillo cuando madura (Cabrera, 1944).

El término semilla usado en la industria, se refiere a los trozos de caña que normalmente usan para la propagación vegetativa, que hace inapropiado dicho término en la práctica ya que, hablando en forma estricta, esta semilla no es más que un trozo de caña (Ochse et al, 1982).

V. ASPECTOS FISIOLÓGICOS.

La planta de la caña de azúcar es capaz de almacenar en forma de energía química, un máximo de energía solar. La emigración de los hidratos de carbono en los tallos se realiza por la noche y durante el día, y puede alcanzar una velocidad de 40 cm por hora.

La concentración mayor de sacarosa está en la parte media de cada tallo y en los entrenudos, formando el alimento de reserva. Aunque las raíces son los principales órganos de absorción, las hojas pueden aprovechar el rocío de la noche en la época de sequía y los elementos minerales de fertilizantes foliares.

Según la edad, un tallo con sus hojas puede transportar diariamente 200 a 750 cm cúbicos de agua. Cuando la transpiración es mayor que la absorción, las hojas se enredan y se enrollan de manera que disminuyen la pérdida de un 10 a 20% de agua (SEP, 1983).

5.1. Germinación.

La germinación por lo general se efectúa entre la tercera y la cuarta semana de verificada la plantación. La velocidad en la germinación y desarrollo de las yemas se reduce a temperaturas del suelo inferiores a 18°C, y cuando ésta es de 6°C el desarrollo prácticamente cesa. La germinación termina con la emisión de las raíces primordiales que se originan de los meristemos radiculares de la banda de raíces en los entrenudos del tallo de la semilla (Cabrera, 1944; Sánchez, 1972).

Con análisis de resultados de germinación a diferentes edades, se observa que la semilla de 6 meses presenta mayor intensidad de la germinación entre los 15 y 28 días de la siembra, y la semilla de 9 a 12 meses entre los 21 y 24 días muestran deficiencia con la semilla de 6 meses, tanto en la rapidez como en el porcentaje de

germinación. Se encontró que a medida que aumenta la edad de la semilla, disminuye la germinación (Valdez y Roque, 1980).

5.2. Crecimiento.

El crecimiento de la planta está manejado por un complejo de hormonas y elementos externos cuya medida y respuesta es difícil determinar, tales como: lluvia, humedad relativa, la fluctuación de temperaturas y la longitud del día en las regiones cañeras. Dentro del ciclo vegetativo de la caña, el crecimiento representa un aumento en su masa aun cuando este se manifiesta en forma de un desarrollo lento (Sánchez, 1972).

El período de crecimiento dura desde algunas semanas hasta varios meses. Cuando la planta se aproxima a su madurez, el número de hojas disminuye y el crecimiento se hace lento (Quiñones, 1979).

En la caña se conocen tres procesos de crecimiento: división, diferenciación y elongación celular, estos dan lugar a nuevas células y tejidos cuyo origen se sitúa en el meristemo apical de la yema terminal o cogollo. Este crecimiento no se realiza a velocidades uniformes, es lento después de la germinación de la yema y primordios radiculares, para posteriormente alcanzar su máximo durante los meses de calor y humedad abundante, decreciendo a medida que se presenta la maduración y emergencia de la flor (Sánchez, 1972).

5.3. Desarrollo.

El término corresponde a una serie de transformaciones de tipo morfológico y fisiológico que ocurren en la planta en forma continua. El clima y los factores que en él intervienen tales como temperatura, luminosidad, humedad relativa y capacidad de campo del suelo cultivado, determina el desarrollo y producción de cosecha. El gran período de desarrollo se basa en que durante las primeras fases, los órganos de

asimilación y absorción están constituidos por hojas y raíces muy pequeñas que desempeñan sus funciones en forma limitada produciendo materia también limitada. A medida que estos órganos aumentan en número, tamaño y área, las funciones metabólicas de la planta crecen correspondiéndole un aumento en materia, tamaño y peso (Sánchez, 1972).

5.4. Maduración.

En la caña, la maduración es de dos tipos: industrial y fisiológica. La industrial ocurre cuando la materia prima exhibe un óptimo de sacarosa en sus jugos. La fisiológica, cuando se forma la panícula o inflorescencia, continuación del crecimiento y de la yema terminal o cogollo al término del desarrollo vegetativo de la planta (Sánchez, 1972).

La maduración no se determina con la floración porque muchas variedades apenas si florecen y otras lo hacen varios meses antes de que la caña esté completamente madura (Ochse, et al, 1982).

Para las regiones donde se limita la maduración por heladas, se han seleccionado variedades de maduración precoz que hacen factible la existencia de la industria azucarera en esas zonas.

En México se ha desarrollado un programa de control de la madurez que consiste en el manejo de agua, control de la fertilización, para forzar la conversión de azúcares reductores en sacarosa recuperable (Humbert, 1974).

Los reguladores de crecimiento en el cultivo de la caña de azúcar, pueden usarse de varias maneras: inmediatamente o cinco meses antes de la cosecha, y al volver a brotar el cañaveral. Cuando se usan inmediatamente antes de la cosecha, acelera la madurez y la deposición de azúcar en la parte superior de la caña. La aplicación de cuatro a cinco meses antes de la cosecha aumenta el rendimiento de

15 a 20%, con este uso se alargan los entrenudos y almacenan más azúcar, y por consecuencia, mayor producción de azúcar por hectárea de caña (Traub, 1981).

5.5. Floración.

Existe la evidencia de que una sustancia química o grupo de sustancias controlan la floración. La auxina, hormona de crecimiento de las plantas, se sabe que disminuye en la época de floración. La floración está indicada en la raíz por la reducción de la absorción y distribución interna de agua, nutrientes orgánicos e inorgánicos. Con la iniciación floral los tejidos vasculares sufren modificaciones de estructura, y el punto de crecimiento del tallo (yema apical) se transforma en botón floral.

La floración de caña de azúcar es más precoz y profusa cerca del mar, así como en las colinas ubicadas a pocos kilómetros de las costas. A medida que se avanza tierra adentro, la floración disminuye hasta que cesa totalmente a las mayores alturas. La floración interrumpe el crecimiento terminal de los tallos y causa la maduración precoz que permite una cosecha más temprana, sin embargo, las variedades que florecen desarrollan una corona o tope meduloso (parenquimatoso) que aumenta el porcentaje de fibra de caña y produce menos recuperación de azúcar, por lo tanto, la floración está considerada como factor negativo. Existen productos químicos como Reglone, Ethrel, Polado, etc, que se aplican para impedir la floración (Humbert, 1974).

5.5.1. Control de la floración.

Cuando se tienen variedades que florecen, es necesario evitarlo. Para lograr regular la intensidad de la floración, los factores a condicionar son:

- **Control de la floración con luz.** No se ha inventado ningún medio práctico para controlar por iluminación la floración en los campos de caña. Los reflectores que

se usan no parecen prometedores. En las estaciones de mejoramiento se construyen recintos oscuros en los cuales se controla longitud del día a las cañas sembradas en macetas, así se evalúan variedades para obtener híbridos con alto contenido de sacarosa y que no florecen.

- **Control con fertilizantes.** Como se sabe, la floración está relacionada con el desarrollo vegetativo, es lógico suponer que la adición adecuada conserva la caña en estado vegetativo y previene la floración.
- **Control con el manejo de riego.** El procedimiento para este control se hace suspendiendo en determinada fecha el riego con el fin de asegurar la suficiente tensión de humedad dentro de la planta para evitar la floración.
- **Control con productos químicos.** Por lo general se han usado para el control del desarrollo de la floración. Se sabe que muchas sustancias químicas pueden ser efectivas para reducir el porcentaje de la floración de la caña. Muchas sustancias químicas como los aceites, cuyos asperjados queman los tejidos en forma severa ocasionando la detención en el crecimiento y la reducción de la iniciación floral.

La hidracina maléica, detiene temporalmente el crecimiento y también reduce la floración.

El ácido alfa-naftalénico, químicamente relacionado con la auxina, produce una ligera reducción en la floración.

El C.M.V. aplicado a dosis de 5.65 kg/ha al 80%, es efectivo para controlar la floración (Humbert, 1974).

VI. CONDICIONES ECOLOGICAS Y EDAFICAS.

6.1. Condiciones ecológicas.

La temperatura, la humedad y la insolación son factores determinantes para el desarrollo de la caña de azúcar. Durante el invierno la caña retrasa su desarrollo aproximadamente en un tercio en relación con el verano, y este retraso, más que al descenso de la temperatura, se debe a la reducción de la insolación, ya que en el invierno los días son más cortos, es decir, las horas-luz tienden a reducirse (García, 1973).

6.1.1. Latitud.

La zona de cultivo de la caña de azúcar es bastante extensa, en términos generales se puede decir que se encuentra comprendida entre 30° LN y 40° LS. Al límite norte comprende las regiones de los Estados Unidos de Norteamérica y España; y al límite sur se encuentra: Argentina, Australia y otras zonas (FAO, 1980).

6.1.2. Altitud.

La caña de azúcar adquiere su óptimo desarrollo en las zonas tropicales, en las regiones subtropicales se desarrolla aún cuando sus rendimientos sean menores. Referente a la altura, la siembra de la caña de azúcar se cultiva desde unos cuantos metros sobre el nivel del mar, hasta menos de 1800 msnm (Quiñones, 1979).

La caña de azúcar adquiere su óptimo desarrollo en las regiones subtropicales aún cuando sus rendimientos son menores. Referente a la altitud, la caña de azúcar se cultiva desde unos cuantos metros sobre el nivel del mar hasta 1600 msnm. (Cabrera, 1944).

6.1.3. Clima.

Los elementos que definen el tipo de clima son:

- La categoría térmica y el régimen de variación del calor a través del año.
- La categoría de la humedad y su distribución en el curso del año.
- La luminosidad, o sea las horas de sol en los diferentes meses.

Según Mangelsdorf, las características de un clima ideal para la caña de azúcar son:

- ◆ Un verano largo y caliente, con lluvia adecuada durante el período de crecimiento.
- ◆ Un clima seco, soleado y frío -pero sin heladas-, en la época de maduración y cosecha.
- ◆ Ausencia de huracanes y vientos fuertes (García, 1973).

6.1.4. Precipitación.

Según estudios realizados por García la precipitación pluvial de la caña de azúcar son los siguientes:

- ✓ Las zonas con precipitación pluvial menor de 1,500 mm anuales y mal distribuida, requieren riegos de auxilio.
- ✓ La necesidad de agua de la caña varía en clima templado cálido (Sub-tropical), de 3.8 a 8.6 mm por día, en un año completo.
- ✓ En México el promedio general acusó valores de 5.48 a 6.84 mm por día, en un año completo.

A).- Temporal.

Las zonas con precipitación menor de 1500 mm anuales y mal distribuida, requieren riegos de auxilio para incrementar la productividad por unidad de superficie.

B).- Riego.

Clasificación o índices.	Número de riegos Durante el año.
Normal	Más de 8 riegos.
Medio	De 4 a 8 riegos.
Deficiente	Menos de 4 riegos.

(García, 1973)

6.1.5. Humedad.

Las condiciones de humedad del suelo que interesan desde el punto de vista agrícola y de la planeación de los riegos, son aquellas que se encuentran dentro de los límites en que las raíces de las plantas pueden extraer el agua para su desarrollo normal.

El crecimiento de la caña es uniforme en tanto que la humedad del suelo está dentro de los límites de capacidad de campo, las lloviznas y los rocíos abundantes influyen en el desarrollo de la caña, puesto que ésta puede absorber humedad a través de las hojas y de las vainas.

Todos aquellos suelos en que el drenaje del subsuelo es adecuado, las condiciones de saturación en la zona de las raíces de la caña desaparecen antes de que las mismas sufran algún daño.

El agua aprovechable por las plantas es la que puede moverse por acción de las fuerzas de gravedad y de capilaridad (Anónimo, 1985).

6.1.6. Temperatura.

En lo que respecta a la temperatura en la caña de azúcar son las siguientes:

- Margen de germinación óptima: De 32 a 38°C.
- Margen óptimo para el desarrollo y absorción de nutrimentos: 27°C.
- Margen de desarrollo normal de la caña: De 21 a 38°C.
- Margen en que la caña retarda su desarrollo: De 10 a 21°C.
- Margen en que la caña paraliza sus funciones: Menos de 10°C.
- Margen en que la caña se daña: Menos de 2°C. (García, 1973).

6.1.7. Luminosidad.

La intensidad de la luz es un factor importante para determinar las características y proporción del desarrollo de las plantas. Se ha observado desde hace muchos años que la floración ocurre aproximadamente en la misma época cada año, es decir, se presenta por lo general durante la segunda quincena de octubre y primera semana de noviembre.

La caña se clasifica entre las de días cortos que florecen sólo si el período de luz es más corto que el período crítico (Anónimo, 1985).

Se ha establecido suficiente evidencia del efecto de la luz sobre la caña. En Louisiana se han efectuado experimentos para determinar la sensibilidad fototrópica de la caña y sus resultados demostraron, que no es un atributo continuo en la planta; que la atracción que la luz ejerce sobre la planta es efímera y restringida a estados incipientes en su desarrollo, por lo que su respuesta a diferentes intensidades de luz es muy pequeña. Desde el punto de vista del crecimiento, la intensidad de la luz afecta el complejo enzimático de la planta; bajo un sol brillante los tallos son más gruesos pero más cortos, las hojas más verdes y se estimula el macollamiento de la planta. Por el contrario, en áreas con intensidad luminosa limitada por nublados las

cañas se ahilan, su tallo es más largo y débil, con hojas delgadas y angostas, cuyo color se torna verde amarillento, disminuyendo la materia seca; el contenido de humedad disminuye y aumenta la sacarosa en sus jugos.

La longitud del día es muy importante para la planta, pues afecta el metabolismo e interviene directamente en la floración. Lo anterior a encontrado aplicación en Hawaii y en Louisiana; en aquél, para prevenir la floración interrumpiendo el período de obscuridad con aplicaciones de diez minutos o menos de luz intensa extra y en éste, alargando el fotoperíodo para inducir la floración en las variedades utilizadas en sus programas de mejoramiento. Lo anterior ha permitido concluir que las diferencias de clima e intensidad de la luz aun en áreas muy cercanas, influye definitivamente en el rendimiento unitario (Sánchez, 1992).

6.2. Condiciones edáficas.

6.2.1. Suelos.

Siendo la base del rendimiento de la caña de azúcar el desarrollo de un sistema radicular abundante y profundo, se requerirá el medio adecuado para dicho desarrollo. Según distintos investigadores, el 85% de las raíces de la caña se concentra en los primeros 60 cm de profundidad. De una octava a una novena parte de los pelos radiculares se desarrollan en los primeros 30 cm alrededor de la planta. Con esa base se han establecido los siguientes Indices o Clasificaciones con respecto a la profundidad de los suelos:

Indices o clasificación	Características
Suelos no cañeros	Menos de 30 cm de profundidad.
Suelos cañeros de segunda clase	De 30 a 60 cm de profundidad.
Suelos cañeros medianos	De 60 a 90 cm de profundidad.
Suelos cañeros de primera clase	Más de 90 cm de profundidad.

(García, 1973).

6.2.2. Salinidad y sodización.

Los índices se integran con los contenidos de sales o salinidad, expresados en conductividad eléctrica (C.E.) en Milimhos por centímetro a 25°C, y el porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I.).

CLASIFICACION	INDICE O CLASE	CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS
Normal	Primera	C.E. x 10 ³ Menor de 4 milimhos/cm a 25°C. P.S.I. Menor de 15%.
Salino	Segunda	C.E. x 10 ³ Mayor de 4 milimhos/cm a 25°C. P.S.I. Menor de 15%.
Salino-sódico	Tercera	C.E. x 10 ³ Mayor de 4 milimhos/cm a 25°C. P.S.I. Mayor de 15%.
Sódico	Cuarta	C.E. x 10 ³ Menor de 4 milimhos/cm a 25°C. P.S.I. Mayor de 15%.

(García, 1973).

6.2.3. Reacción del suelo (pH).

La reacción del suelo se mide por el pH, que es el potencial Hidrógeno, equivalente al logaritmo del recíproco de la concentración de iones de hidrógeno en gramos por litro, y es de gran importancia en los suelos por la repercusión que tiene en la solubilidad de los nutrimentos. El límite de operación normal de la caña de azúcar es entre los pHs de 6.0 y 8.0, con los mejores resultados alrededor de la neutralidad práctica, que es de 6.5 a 7.5 (Teórica = 7). Los índices de Acidez y Alcalinidad son:

ACIDEZ	PH
Muy fuertemente ácida	3.0 - 4.0
Fuertemente ácida	4.0 - 5.0
Moderadamente ácida	5.0 - 6.0
Ligeramente ácida	6.0 - 6.5
Neutralidad práctica	6.5 - 7.5 (Teórica = 7.0)

ALCALINIDAD	PH
Ligeramente alcalina	7.5 - 8.0
Moderadamente alcalina	8.0 - 9.0
Fuertemente alcalina	9.0 - 10.0
Excesivamente alcalina	Más de 10.0

(García, 1973).

6.2.4. Drenaje.

El drenaje puede ser:

A).- Superficial o externo:

CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
Normal	Si el agua de lluvia o riego se infiltra con facilidad y no causa erosión dañina.
Mediano	Si después de la lluvia o riego quedan encharcamientos que tardan tiempo en desaparecer.
Excesivo o malo	Si forma corrientes superficiales con deslaves (erosión) con fuertes infiltraciones, o bien la pendiente no da salida a las aguas superficiales.

B).- Interno o profundo:

CLASIFICACION	CARACTERISTICA
Normal	Manto freático a más de 4 m de profundidad.
Mediano	Manto freático entre 3 a 4 m de profundidad.
Malo	Manto freático entre 2 a 3 m de profundidad.
Pésimo	Manto freático a menos de 2 m de profundidad.

Los niveles del manto freático son relativos y basados en condiciones de riego, las cuales en un momento dado pueden provocar el ascenso perjudicial del manto freático. En zonas de temporal varían estos niveles.

En función general del drenaje se pueden integrar índices que indiquen si una superficie determinada está afectada por la inundación; tal fenómeno suele presentarse en algunas zonas durante la época de lluvias, cuando el nivel de los ríos y arroyos se incrementa considerablemente. Con base a este factor, se tendrá:

INDICE DE CLASIFICACION	CONDICIONES GENERALES DE INUNDACION
Primera clase	No inundable.
Segunda clase	Poco inundable.
Tercera clase	Frecuentemente inundable.
Cuarta clase	Inundable.

La primera y la segunda clase pueden utilizarse sin problemas para la explotación agrícola.

La tercera clase cuenta con restricciones para el uso agrícola, pero éste puede verificarse con obras previas de desagüe, cuando esto sea posible.

La cuarta clase no es apta para la explotación agrícola (García, 1973).

6.2.5. Factores topográficos.

El índice de Topografía en la productividad de una zona refleja la necesidad de su explotación y el costo de desarrollo de la tierra; asimismo, debido a la acción del factor topográfico en la profundidad del suelo, tal índice denota la adaptabilidad y permanencia del cultivo. Los factores o índices topográficos principales a considerar son:

- A).- Grado de pendiente.
- B).- Relieve.
- C).- Posición.

A).- Grado de pendiente. Los suelos que no tienen una pendiente general uniforme, o tienen muy poca pendiente, generalmente son afectados por mal drenaje, a menos que tengan condiciones que les den un buen drenaje interno (suelos aluviales).

Los suelos con pendiente excesiva o de superficie irregular son susceptibles a la erosión y no se prestan para la nivelación.

B).- Relieve. Los suelos de superficie irregular no son recomendables, ya que por lo general tienden a incrementar maquinaria agrícola, acarreo de la semilla, cultivos, factibilidad de nivelación y de riego, y las labores de cosecha. Por otra parte, lo irregular del relieve provoca el arrastre del suelo superficial, dándole poca estabilidad y permanencia al cultivo, sobre todo cuando no se siguen prácticas de conservación y mantenimientos de suelos.

C).- Posición. Se considerará este índice cuando las tierras estén aisladas, o sean altas o bajas (lomeríos o bajíos), lo cual trae como resultado un aumento en los costos de desarrollo, operación y cosecha.

Con base en las especificaciones generales se integran los siguientes índices topográficos:

INDICE O CLASIFICACION	CARACTERISTICAS GENERALES TOPOGRAFICAS
Primera clase	Pendientes con declives suaves, con un máximo de 6% de pendiente general, en extensiones razonablemente grandes con declives en el mismo plano.
Segunda clase	Pendientes con declives variables del 6 al 12%.
Tercera clase	Pendientes con declives variables del 12 al 20%.
Cuarta clase	Pendientes con declives mayores del 20%.

Para la explotación cañera se prefieren básicamente la primera y la segunda clase, y únicamente en casos excepcionales, y previas las obras necesarias, se emplearán los suelos de tercera clase. Los suelos que sean afectados topográficamente por la cuarta clase no deben explotarse agrícolamente, sobre todo con caña de azúcar, que es un cultivo de escarda, por inducir la erosión de los mismos.

A fin de tener un conocimiento de las denominaciones más usuales desde el punto de vista topográfico, a continuación se explican los siguientes términos:

❖ Planicies

Valles o llanuras más o menos amplios, sin accidentes topográficos que modifiquen su aspecto; el desagüe superficial es mediano o malo, y sus pendientes por lo general son menos del 2.50%. Es factible el uso de cualquier tipo de maquinaria agrícola.

❖ Mesetas

Terrenos planos con poca pendiente, que ocupan la parte alta de montañas, cerros o lomas, limitando su uso la extensión con que cuentan. Sus planos cuentan con pendientes más o menos fuertes que limitan su explotación por la inducción de su aprovechamiento, el cual a su vez depende de su extensión.

❖ Bajíos

Son las áreas que ocupan depresiones, y pueden contar con mal drenaje superficial o carecer de éste; por lo general su drenaje interno es deficiente o muy deficiente, debido a su alto nivel de manto freático. Su uso requiere casi siempre obras previas de drenamiento, en cuya función está el uso de maquinaria agrícola.

❖ Ondulado suave

Lo constituyen las faldas o prolongaciones de las montañas, cerros o lomas; su topografía es una sucesión de elevaciones convexas y depresiones cóncavas de mucha amplitud y poco relieve. Las pendientes varían de 2.50 a 7.50%. Pueden usarse todos los tipos de maquinaria agrícola.

❖ Lomeríos

Terrenos ondulados con pendientes de 7.50 al 15%, integrados por conjunto de lomas de poca altura con las pendientes consignadas; en estas partes se hace evidente el peligro de la erosión, y en ocasiones se requiere efectuar obras o trabajos de conservación de suelos. El uso de maquinaria agrícola está restringido por la pendiente en algunas partes de estas regiones.

❖ Cerriles

Pendientes del 15 al 25%, no aptas para el cultivo económico de la caña de azúcar, ya que propician una marcada erosión.

❖ Montañosos

Pendientes mayores del 25%, en las cuales se localizan por lo general los terrenos forestales.

Los índices se integran con el grado de pendiente, el relieve, y la posición o situación del campo. Los suelos se clasifican en la forma siguiente:

CLASIFICACION	PORCENTAJE DE PENDIENTE
Primera clase	Menos de 6%.
Segunda clase	De 6 a 12%.
Tercera clase	De 12 a 20%.
Cuarta clase	Más de 20%.

(García, 1973).

6.2.6. Erosión.

Los índices se integran con la afección provocada en los Horizontes A y B.

EROSION	CLASIFICACION	GRADO DE AFECCION
Muy leve*	Primera clase	Pérdida de menos del 25% del Horizonte A.
Moderada*	Segunda clase	Pérdida del 25 al 75% del Horizonte A.
Severa**	Tercera clase	Pérdida de más del 75% del Horizonte A.
Muy severa***	Cuarta clase	Pérdida total del Horizonte A e inicio del Horizonte B.

* Uso agrícola normal.

** Uso agrícola restringido.

*** No apto para el uso agrícola.

Para entender con mayor eficacia los Horizontes es preciso conocer las características de éstos.,

La unidad de estudio en los suelos es el perfil, o sea la sucesión de capas llamadas Horizontes, más o menos desarrollados, con características propias y definidas por el efecto de lixiviación o acumulación de materiales o sustancias.

El Horizonte A (superficial se caracteriza por su alta actividad biótica y la acumulación de materia orgánica.

El Horizonte B (abajo del A) es una zona del perfil donde se acumula el material coloidal (fino).

Los Horizontes A y B, juntamente, constituyen el verdadero suelo en el cual se alojan las raíces de las plantas.

El Horizonte C está formado por material relativamente no alterado, y se encuentra en la parte inferior del Horizonte B.

El Horizonte A puede coincidir con la capa arable, por lo cual constituye el suelo superficial. El Horizonte B se encuentra inmediatamente abajo del Horizonte A y constituye el subsuelo, en donde por lo general suelen formarse las capas duras como el "piso de arado", arcillo compactum, etc. El Horizonte C está constituido en

ocasiones por el material rocoso o paterno, del cual se integra en algunos casos el suelo. Por otra parte, la erosión está en función, en gran parte, de la textura y estructura de los suelos (García, 1973).

6.2.7. Nivel de fertilidad.

Los índices de fertilidad se determinarán de acuerdo con los niveles que se usan en los laboratorios de suelos, según el contenido de los elementos de más requerimiento por las plantas, en porcentajes o en partes por millón (p.p.m.). El complemento al contenido de nutrimentos en los suelos lo constituyen los elementos determinados en el análisis foliar y en la Sección 8-10 de tallos, a fin de ponderar el aprovechamiento real de la caña de los valores que acusen los análisis de suelos.

Para el análisis foliar se emplea el tercio medio (sin nervadura central) de la hoja No. 5 (de arriba hacia abajo de la caña); en ocasiones se usa de la hoja No. 3 a la hoja No. 6. Los índices usados por el Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA) son los siguientes:

INDICES EN EL DIAGNOSTICO FOLIAR.

INDICES	NITROGENO (%)	FOSFORO (%)	POTASIO (%)
Muy bajo	Menos de 1.0	Menos de 0.10	Menos de 1.00
Bajo	1.0 - 1.4	0.10 - 0.12	1.00 - 1.50
Ligeramente bajo	1.4 - 1.5	0.12 - 0.14	1.50 - 1.65
Normal	1.5 - 2.0	0.14 - 0.18	1.65 - 2.00
Alto	Más de 2.0	Más de 0.18	Más de 2.00

Los porcentajes de elementos son en base de materia seca.

INDICES EN LA SECCION 8-10 DE TALLOS.

INDICES	NITROGENO (%)	FOSFORO (%)	POTASIO (%)
Bajo	Menos de 0.19	Menos de 0.04	Menos de 1.00
Normal	0.20 - 0.30	0.04 - 0.06	1.00 - 1.50
Alto	Más de 0.30	Más de 0.06	Más de 1.50

(García, 1973).

6.2.8. Nutrientes.

La fertilización es básica en el logro de una mayor productividad en los cultivos. La producción económicamente costeable de una cosecha requiere de un suelo fértil, humedad adecuada, semilla de una variedad bien adaptada y protección contra la acción detrimental de las plagas, enfermedades y malezas. La falta de cualquiera de estos requerimientos puede, en general, limitar los rendimientos y la efectividad de los esfuerzos y de los medios dedicados a la suplementación de los otros tres. El uso de los fertilizantes acrecienta la efectividad de los cuatro requisitos señalados.

La fertilidad es un estado potencial de los suelos con posibilidades de desarrollo, que debe explotarse al máximo. Por consiguiente, los métodos utilizados con la finalidad de mejorarla y aumentar la productividad deben ante todo, considerarse dentro de las condiciones estructurales de los suelos y la posibilidad de una respuesta de estos a los fertilizantes.

Hoy en día se plantea el serio y complicado problema de la productividad de la tierra, lo que nos lleva a la necesidad de apartarnos de la práctica de seguir aplicando sin variación determinadas fórmulas de fertilizantes para entrar de lleno al estudio, interpretación y adaptación no sólo del aspecto cuantitativo de la fertilización, sino también del cualitativo a partir de una situación pre-existente en el suelo.

Los adelantos realizados en la ciencia del suelo y la orientación impartida sobre las recientes técnicas de aplicación de los fertilizantes, imponen nuevas exigencias en cuanto a la constitución química de los mismos. (Sánchez, 1992).

La caña de azúcar tiene elevadas necesidades de nitrógeno y potasio y relativamente menores de fósforo, es decir, de 100 a 200 kg/ha de N, de 20 a 90 kg/ha de P, y de 125 a 160 kg/ha de K, para un rendimiento de 100 toneladas de

caña por hectárea; pero los niveles de aplicación son a veces superiores. En la madurez, el contenido de nitrógeno en el suelo debe ser lo más reducido posible para una buena recuperación del azúcar, especialmente cuando el período de maduración es húmedo y cálido (FAO, 1980).

6.2.9. Elementos mayores.

El Nitrógeno (N), el Fósforo (P) y el Potasio (K) 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 como fertilizantes. Cuando alguno de ellos falta en la planta, ésta muestra su carencia externando determinada sintomatología, cuyas principales características son:

a).- 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 denomina "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 deficiencia de nitrógeno, con aquella ocasionada por falta de hierro o manganeso, o bien la inducida por condiciones de anegamiento (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.

b).- Deficiencia de fósforo

Independientemente de la variedad en explotación, la deficiencia de fósforo provoca un mal amacollamiento y una baja en la población de campo. Los tallos son de pequeño diámetro, 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 de las puntas y de los bordes del limbo. El desarrollo radicular es muy limitado.

c).- 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 tiñe todo el grueso de la nervadura central. Después las hojas empiezan a secarse de la punta y de los márgenes, como en el caso de la deficiencia 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 observa 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 translocación del potasio de las partes viejas a las zonas jóvenes.

6.2.10. Elementos secundarios.

El Calcio (Ca), el Magnesio (MG) y el Azufre (S) 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 abonos, aunque en algunos casos se añaden como mejoradores de los suelos. Los síntomas más notables de su deficiencia -que es rara -, son:

a).- 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.

b).- Magnesio

Las hojas jóvenes toman una coloración verde claro, y las viejas verde amarillento, aparecen manchas cloróticas que a medida que la hoja envejece toman un color café oscuro, 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 la hojas presentan manchas numerosas; el tallo disminuye de diámetro y los entrenudos se acortan, tomando una coloración café en su interior.

c).- Azufre

Los primeros síntomas son similares a 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, así como las 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 queda la caña "achaparrada".

6.2.11. Elementos menores.

Los elementos menores son aquéllos que, aun siendo esenciales para las plantas, los toman en muy pequeñas cantidades para satisfacer sus funciones. Se encuentra entre ellos el Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Boro (B), zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl), y otros. Los síntomas más característicos que presenta la caña de azúcar con deficiencia de elementos menores, son:

a).- Hierro

Palidez de las hojas más jóvenes, con aparición posterior de franjas longitudinales alternativamente verdes y cloróticas, al desaparecer el color verde entre los pequeños haces vasculares; si no se detiene la deficiencia, desaparece el rayado, tornándose amarillo uniforme, y manteniendo las hojas viejas la coloración verdosa. En casos agudos las hojas superiores aparecen blancas, las intermedias amarillas, y las más viejas (inferiores) verde claro. Si no se suministra el hierro, la planta muere.

Es común la recomendación de asperjar sulfato ferroso al 2% en la planta para combatir la deficiencia de hierro; sin embargo, prácticamente se han observado mejores resultados con aspersiones al 5% del sulfato ferroso comercial con 0.50% de algún detergente, en 140 a 150 litros de agua, por hectárea, aplicadas sobre el follaje con bomba de mochila aspersora o con aspersores montados en tractor.

b).- Manganeso

Palidecen los tejidos verdes entre las nervaduras de las hojas, y después aparecen franjas longitudinales verde amarillento pálido que se extienden desde la mitad de la hoja hasta la punta, lo cual se distingue de las franjas que denotan deficiencia de hierro, que abarcan toda la longitud de la hoja. Cuando la deficiencia es grave, las franjas son blancas, con zonas de color café rojizo y de tejido muerto; posteriormente las hojas se rajan longitudinalmente. Las aplicaciones de Sulfato de Manganeso comercial en los fertilizantes corrigen la deficiencia; la dosis, según las características edafológicas, suelen variar de 50 a 100 kilogramos por hectárea, de 100 a 200 kg/ha, y de 200 a 400 kg/ha en suelos fuertemente alcalinos.

c).- Boro

Se observa distorsión y pérdida del color de la punta de la caña; aparecen en el limbo de las hojas jóvenes unas pequeñas manchas húmedas alargadas y paralelas a los haces fibrovasculares, dando un aspecto de rayado muy definido; al agrandarse las lesiones se les deprime el centro, y con frecuencia aparecen agallas alargadas en el envés de las hojas. Las hojas jóvenes se angostan, se acortan, y aparecen cloróticas y distorsionadas. En estados avanzados muestran síntomas muy semejantes al "pokkahboeng".

La deficiencia de boro se corrige con aplicaciones de 15 kg/ha de bórax en suelos ácidos ligeros, a 60 kg/ha en otros tipos de suelo.

d).- Zinc

Aparición de líneas blancas a lo largo de las venas mayores de las hojas, en marcado contraste con las bandas cloróticas del hierro y del manganeso, que afectan las zonas de la hoja entre las venas; al aumentar la deficiencia palidecen las áreas

intermedias, y en casos agudos las venas se secan, cesa el desarrollo del punto de crecimiento, y los retoños emergen completamente blancos.

Generalmente se obtienen buenos resultados para combatir la deficiencia de zinc, asperjando una solución de 600 gramos de Sulfato de Zinc comercial, más 400 gramos de Cal Hidratada, en 100 litros de agua, por hectárea.

e).- Cobre

Poco desarrollo en la cepa de la caña; hojas colgantes, clorosis en franjas definidas, y muchas veces aparecen manchas rectangulares; la planta en general presenta un desarrollo excesivamente malo y un color enfermo.

Las deficiencias de cobre se corrigen, por lo general, mezclando con los fertilizantes comerciales Sulfato de Cobre en cantidades que varían de 30 a 100 kg/ha. También se corrigen asperjando Caldo Bordelés a la semilla de caña ya tirada en el surco.

f).- Molibdeno

Los síntomas se manifiestan en la mitad superior de las hojas maduras y más viejas, por la aparición de un salpicado de rayas amarillas de 1 a 3 mm de ancho, y de largo variable hasta de 1 cm o más; las rayas toman un tinte rojizo en el centro y después se secan.

En la práctica se ha reconocido que los suelos deficientes en molibdeno tienen siempre un bajo nivel de fósforo, y son pequeñas las cantidades de molibdeno que se requieren. Una dosis de 80 g/ha es suficiente, y se aplica bajo la forma de Molibdato de Sodio o de Acido Molíbdico mezclado con el Superfosfato (García, 1973).

VII. PRACTICAS CULTURALES.

Primeramente describiré en que consiste cada una de las prácticas culturales y posteriormente la esquematizo en la fig. 6:

7.1. Preparación del terreno.

Un factor de capital importancia en el manejo de un suelo lo representa su preparación para las futuras siembras o plantaciones y las subsecuentes labores culturales que sobre el mismo se practiquen.

Entre los sistemas de preparación de suelos más comúnmente utilizados en el mundo, los más conocidos y aplicados son los siguientes:

- a).- Sistema tradicional.
- b).- Sistema especial.
- c).- Sistema de Del Pelo Pardi.
- d).- Sistema Loudiana.
- e).- Sistema del laboreo mínimo.

A continuación serán expuestas las diferencias fundamentales existentes entre los sistemas anteriormente señalados. Estas diferencias están dadas por:

- Tiempo de duración desde la primera labor de aradura hasta la siembra o plantación.
- Profundidad alcanzada en la primera aradura.
- Tipo de equipo mullidor utilizado.
- Número de labores que comprende cada sistema.
- Presencia o ausencia del suelo.

a).- Sistema tradicional:

Este sistema está fundamentalmente basado en la primera teoría, aunque también presenta aspectos importantes de la segunda. Se caracteriza por tener una duración teórica de 90 días desde la primera labor de aradura hasta el momento de la plantación o la siembra. Emplea nueve o más labores y el equipo mullidor utilizado es la grada. Es la más comúnmente empleado en Cuba para casi todos los cultivos y en particular para la caña de azúcar.

b).- Sistema especial:

Este sistema es muy similar al tradicional y sus diferencias fundamentales estriban en que el tiempo de preparación se reduce hasta 40 a 45 días (la mitad del utilizado en el tradicional) y que el equipo mullidor empleado es el *tiller*. La utilización del *tiller* permite que el suelo se mulla sin llegar a pulverizarse.

En este sistema, el riego por aspersión juega un papel importantísimo, ya que ayuda a crear condiciones de humedad que aceleran los procesos físicos, químicos y biológicos que se desarrollan durante el período de preparación de los suelos.

c).- Sistema de Del Pelo Pardi:

El basamento de este sistema es la llamada *sistematización del suelo*, que consiste en la creación de condiciones adecuadas de estructura que eviten la libre circulación del agua en la superficie del mismo, con lo que se logra su conservación contra la erosión hídrica producida por las escorrentías.

En este sistema las premisas están dadas para que toda el agua que precipite penetre en el suelo y bañe toda la capa que ha sido laborada, con lo que se favorece la activación del cambio de bases.

Como elemento fundamental en este sistema, está la utilización del *arado de vertederas* y el *tiller* como elemento mullidor, así como la creación de *cuencas* que se van complementando y que receptionan el agua caída, con lo que evitan los efectos perjudiciales ya señalados de la erosión hídrica.

d).- Sistema Louisiana:

Este sistema es una variante del sistema tradicional y se utiliza para mantener un suelo “listo”, en espera del momento de la siembra o plantación, cuando las condiciones del clima así lo requieran. Fundamentalmente su basamento es el de llevar el suelo hasta la totalidad de su preparación y surcarlo; cada vez que las condiciones de enhierbamiento lo requieran, se procederá al contra-surcado sistemáticamente, hasta el momento de la realización de la siembra o plantación.

e).- Sistema del laboreo mínimo:

Este sistema representa la tendencia actual de preparación de los suelos, con ella se tiende a introducir el menor número de equipos de preparación en los campos y a perturbar en la menor medida las propiedades hidro-físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Al respecto se han emitido criterios, algunos de los cuales se consideran importante transcribir:

Peterson (1964) ha planteado que el laboreo o labranza mínima es de suma importancia, pues con este sistema se alcanzan lechos de semilla de entre 15 y 30 cm.

Plooy (1966) demostró con ensayos que duraron 10 años, que la utilización del laboreo mínimo no ocasionó pérdidas en los rendimientos y que, por el contrario, su aplicación resultó mucho más económica. Asimismo, Harold y otros (1956, citado

por Suárez de Castro, 1964) demostraron que la práctica del laboreo mínimo representó un avance notable en la conservación del suelo y el uso más racional del agua, ya que cualquiera de los otros sistemas envuelve alrededor de 7 a 9 labores, cada una de las cuales representa la destrucción de los agregados del suelo y acelera los procesos de la erosión, en la misma razón del incremento del número de las labores citadas.

Wilson (1968) ha planteado que el suelo debe quedar perfectamente mullido y que a este criterio es el que los agricultores deben prestar su mayor atención.

La caña de azúcar, desde el punto de vista de sus tallos subterráneos, es una planta polianual y, por tanto, la preparación del lecho de plantación de la misma se efectuará a grandes intervalos de tiempo. Esto obliga a realizar tal operación de la forma más adecuada, a fin de crear las condiciones más favorables para su desarrollo y, al mismo tiempo, que las mismas perduren, de forma tal que, con la ayuda de las labores de cultivo subsiguientes, se logre el mantenimiento de las propiedades hidrofísicas del suelo que permitan el desarrollo de la plantación durante un período económicamente razonable (citado por Martín Oria et al, 1987).

Dentro de la preparación del terreno se contemplan las siguientes actividades:

- Chapoleo: En este trabajo, previo a los barbechos, se cortan a machete todas las hierbas que han crecido después del cultivo anterior, se amontonan dentro o fuera del terreno, y luego se queman.

Cuando el cultivo precedente ha sido también caña, la paja que ésta ha dejado después del corte se alinea en los surcos y se quema. Los desperdicios que no alcanzan a destruirse de esta manera se sacan de la parcela y se apilan en los carriles o andadores.

El chapoleo es por lo general una operación manual, y sólo en casos muy aislados se hace en forma mecánica la tumba de la hierba.

- Subsoleo: Se recomienda el uso del arado de cinceles para romper las capas de suelo endurecidas que se encuentran de 0 a 40/50 cm bajo la superficie, como el “piso de arado” que se ha formado con el uso constante de implementos que penetran a poca profundidad. Con esta labor se facilita la penetración de las raíces, se tiene mejor aireación en capas más profundas, se conserva la humedad en algunos casos, y en otros casos se mejora el drenaje interno.
- Barbecho: Por medio del barbecho se rompe, remueve y fragmenta una capa superficial del suelo de 25/30 cm, y en estas condiciones se produce cierta intemperización, al mismo tiempo que las larvas y huevecillos de plagas quedan expuestos al sol y por lo mismo mueren.
- Nivelación: Como algunos terrenos tienen depresiones o elevaciones que producen estancamientos de agua o dejan fracciones que no se pueden regar, se ha considerado este concepto para procurar las mejores condiciones de nivelación y surcado.
- Cruza: Con este nombre se designa la labor que consiste en pasar el arado en forma perpendicular al sentido en que se hizo el barbecho. La cruz completa el trabajo del barbecho al remover y fragmentar nuevamente la capa superficial del suelo, junto con las demás consecuencias ya señaladas. Debe hacerse por lo menos unos 12 días después del primer barbecho.
- Rastreo: Una labor importante es el rastreo, sobre todo en aquellos terrenos en que los barbechos han dejado terrones más o menos grandes, pues la rastra los reduce a fracciones más pequeñas. Se realiza unos 10 días después de haber hecho la cruz.

- Topografía: Tramo de surcada y regaderas y agrimensura. Es un trabajo necesario mediante el cual se trazan la surcada y las regaderas de acuerdo con las condiciones de topografía del terreno, y se mide la superficie de la parcela para motivos de crédito y para tener el área real acreditada. Se hace inmediatamente después de que se ha rastreado.
- Surcada: Consiste en la formación de los surcos en que irá depositada la semilla, dejando para ésta una cama bien preparada. La ejecución es inmediata al rastreo y al trazo de las directrices de la surcada.

Una vez terminadas las labores de preparación, los surcos deben ser trazados lo mejor posible y por ello debe determinarse la pendiente del terreno, así como la entrada y salida que se le dará a las aguas. En general, los surcos se trazan a una distancia de 1.20 a 1.60 m por adaptarse mejor a la mecanización. La pendiente de los surcos va de 0.5% a 0.8%, y la profundidad de 20 a 25 cm, en este caso, la siembra se hace en el camellón. En otros casos se hace un pequeño surco donde se colocan las semillas quedando la siembra casi en plano, este sistema se emplea en aquellas zonas más bajas y donde se usa el riego por aspersión. La longitud de los surcos (50 a 100 m) está determinada por la capacidad de infiltración de agua que tenga el terreno, si se trata de suelo pesado, la longitud de los surcos puede ser mayor que cuando se trata de suelos livianos; perpendicular a los surcos se traza una zanjilla que son los canales por donde va el agua de riego y que debe tener una pendiente no mayor de 0.5%.

- Limpia de canales: Se limpian los canales con el fin de dejar éstos en condiciones de que el agua corra libremente y se eviten pérdidas por filtración o evaporación debidas a la baja velocidad del agua. Este trabajo se hace al mismo tiempo que el rastreo y la surcada.

- Construcción de regaderas: Las regaderas son canales pequeños de iguales dimensiones que los surcos, y generalmente transversales a éstos, que conducen el agua que ha de ser repartida y con el mismo tractor con que se hizo ésta.
- Cabecereo de surcos: Con el cabecereo se afinan las entradas de los surcos de manera que el agua no tenga dificultad para comenzar a circular por ellos. Se hace con pala, y su ejecución sigue a la terminación de la surcada (Martín Oria, 1987).

7.2. Semillero.

Para establecer el semillero se escoge un lote de terreno que tenga facilidad de riego, buena fertilidad y drenaje y que se prepare como cualquier lote comercial. Una hectárea de semillero puede dar semilla para la siembra de aproximadamente 25 ha. Debe seleccionarse la variedad y la clase de semilla que se va a sembrar; puede usarse semilla de plantilla o primera soca, de aproximadamente 7 u 8 meses de edad. Las semillas de caña estarán listas para ser cosechadas aproximadamente a los 7 ó 10 meses. La caña debe cortarse al ras del suelo y dejarse enteras y sin deshojar, para evitar daños a las yemas. Es preferible llevar las cañas enteras al sitio de siembra (SEP, 1983).

7.3. Semilla.

La semilla verdadera de la caña de azúcar nunca se utiliza para las siembras comerciales, el material de siembra que se usa universalmente está constituido por trozos de tallos de la propia caña que se considera como semilla y simplemente constituye un tipo de propagación vegetativa en el que cada variedad es genéticamente igual. Un trozo con una sola yema puede producir una sola planta completa si las condiciones de temperatura y humedad son favorables. En la práctica es mejor utilizar trozos con más de una yema para la siembra, con el fin de asegurar que al menos se desarrolle un brote. Los tamaños más convenientes de los trozos de tallos son de 25 a 35 cm de longitud, los cuales pueden tener de 2 a 3

yemas según el tamaño de los entrenudos. Los tallos maduros y viejos son inapropiados para la siembra por lo inactivo de las yemas. Los mejores trozos para la siembra se obtienen de plantas de 8 a 10 meses de edad (Ochse, et al, 1982).

7.3.1. Clases de semilla.

Hay 3 clases de semillas que comúnmente usan los agricultores:

- Trozos de cogollo. Se obtienen en el momento de la cosecha de una plantación. Este tipo de semilla no es la más recomendable debido a su baja calidad.
- Semilla de plantilla o soca. Aproximadamente de 8 meses de edad, con frecuencia se usan como fuente de semilla, en este caso se puede utilizar todo el tallo.
- Semilla de semillero. Es la más adecuada, de excelente calidad, tienen un alto porcentaje de germinación asegurándose la pureza de la variedad, el estado sanitario y su condición nutricional es superior (SEP, 1983).

7.4. Sanidad de la semilla.

La sanidad o desinfección de la semilla previene el cultivo de futuras enfermedades que pueden reducir notablemente los rendimientos. Se recomienda, en caso procedente, desinfectar los trozos con una solución a base de 100 litros de agua y 250 a 500 gr de Agallol, según el grado de infección que se observe en la semilla. Además, conviene agregar 100 ml de Aldrin emulsificable al 19% de ingrediente activo en cualquier circunstancia. En la solución resultante se mantiene en inmersión los trozos de caña de 8 a 10 minutos.

7.5. Siembra.

Del cuidado que se tenga en la siembra depende en gran parte el futuro de la plantación. Naturalmente una buena siembra es más cara que una siembra ordinaria, pero es preferible invertir unos cuantos pesos más y realizarla de buena calidad, pues así se tendrá la seguridad de que si los cultivos se hacen bien y a tiempo, habrá una cosecha excelente en plantilla, y en las socas y resocas también habrá una producción mayor, sin que sea necesario gastar más que lo ordinario.

Las fases que deben considerarse en una buena siembra son:

- Selección de la variedad adecuada. Se hace de acuerdo con la calidad de los suelos y principalmente según los microclimas, así como en función de la disponibilidad de agua en virtud de las exigencias características de cada variedad.
- Calidad de la semilla. Este punto es importante porque en algunas zonas lamentablemente se ha usado para semilla caña con las yemas muy deterioradas, afectadas por la sequía, "floreadas", plagadas o enfermas.

La siembra comprende los siguientes aspectos:

Corte de la semilla: Consiste en separar los tallos del suelo cortándolos con machete lo más bajo posible, hecho lo cual se le quita el penacho, que es el conjunto de hojas más verdes y los entrenudos más cortos que coronan a la planta.

El corte de la semilla varía en su costo de acuerdo con la calidad que se use; por lo general es de 8 a 12 toneladas por hectárea.

Alce de la semilla: La caña que ha sido cortada se coloca en los camiones o carretas que han de llevarla al lugar en que se sembrará. Es un trabajo manual, pues de otra manera las yemas se lastiman y la caña no puede acomodarse debidamente de modo que en cada vehículo se transporte el mayor tonelaje.

Acarreo de la semilla: Para este objeto se emplean camiones o carretas cañeras con las cuales se forman trenes de 4 o 5 de ellas que se arrastran con un tractor.

Pelado, picado y tirado de la semilla: Cuando la semilla se encuentra en el campo en que ha de usarse, se le despoja primero de toda la paja que lleva para que al sembrarse puedan brotar las yemas con mayor facilidad, y el enraizamiento sea más rápido y profuso. Hecho esto los tallos se dividen los trozos conteniendo cada uno de 4 a 5 yemas, con lo cual quedan de unos 60 cm de largo. Al efectuar el trabajo de troceo se tiene la oportunidad de seleccionar, eliminando los trozos que contengan picaduras de barrenador, yemas lastimadas, señales de hongos en su interior, etc. Posteriormente los trozos de semilla se van tirando en el fondo del surco, dándoles un cruce conveniente o a doble cordón de acuerdo a cada caso en particular, y tratando siempre de tener unas 90,000 a 100,000 yemas por hectárea. Por lo general la semilla se trocea ya tirada en el surco. La siembra a cordón cruzado lleva aproximadamente 70,000 yemas por hectáreas.

Tapado de la semilla: Cuando la semilla se encuentra formado un cordón en el fondo del surco, se procede a taparla con una capa de suelo de 6 a 8 cm, ya sea con azadón o pala, con un arado pequeño que va tirado por un animal, o con un implemento de disco tirado por un tractor dotado de mecanismo de control de profundidad. El espesor de la tierra debe ser mayor de 8 cm en los lugares de temporal, cuando la siembra se haga dentro de la temporada de secas. El objeto de ello es hacer que de inmediato, y con el auxilio de buena humedad proporcionada por el riego o las lluvias, la caña pueda comenzar a enraizar y las yemas broten.

Riego de asiento: En los terrenos de riego, si no hay lluvias en el tiempo en que se hace la siembra, se da el riego de asiento para proporcionar al suelo la humedad necesaria y que la caña comience a germinar. Este riego generalmente se da con una lámina de agua mayor que las subsecuentes.

Desde el momento en que la caña se corta hasta que se da el riego llamado de asiento debe mediar el menor tiempo posible, es decir, que las operaciones descritas se sucedan con rapidez o se hacen 2 ó 3 al mismo tiempo. La razón es que la caña semilla ya cortada debe estar el menor tiempo posible expuesta al sol, pues en caso contrario se deshidrata y las yemas se perjudican a tal grado que puede fallar totalmente su nacencia.

La época en se hacen la siembra varía de acuerdo con la disponibilidad de agua. En los terrenos considerados como de temporal se hace al principio de las lluvias, excepto cuando tienen un drenaje interno o externo muy deficiente. En las áreas de riego la siembra puede iniciarse aún después que haya terminado la estación de lluvias, pero no debe acercarse demasiado al invierno porque el frío retarda grandemente la germinación y el desarrollo de las pequeñas plántulas.

Retapada: La retapada o retapa tiene por objeto cubrir con una delgada capa de suelo los trozos de caña que han sido descubiertos por el riego o por las lluvias. Se hace unos 10 días después de efectuada la siembra (García, 1973).

7.6. Época de siembra.

La época del año en que se siembra caña de azúcar puede tener una gran influencia en su producción.

En muchos países el clima que prevalece determinará hasta cierto grado la época de siembra y bajo tales condiciones se pueden asegurar los más altos rendimientos. En regiones que no cuentan con riego se debe sembrar a principios de

la época de lluvias, de tal manera que la caña joven pueda lograr suficiente desarrollo antes de que se establezca la sequía. Un campo recién sembrado, no puede pasar una estación seca sin agua suplementaria (Ochse et al, 1982).

La época de siembra la determina el clima del lugar. En algunos distritos la siembra se ejecuta cuando se termina el barbecho en los meses de noviembre, diciembre y enero; algunas siembras tardías en los meses de febrero, marzo y hasta junio (Cabrera, 1944).

7.6.1. Sistema de siembra.

La siembra de la semilla en el campo puede hacerse en forma manual y mecánica. Es preferible hacerla al mismo tiempo que se hacen los surcos, para aprovechar mejor la humedad del suelo.

En la siembra manual la semilla se coloca en el fondo del surco acostada y alineada, según los siguientes sistemas:

- A. Sistema de chorro sencillo: Se debe hacer con semilla de alta calidad. Se coloca en el fondo del surco (trozos de tallos) y sus extremos pueden tocarse o separarse entre sí unos 20 cm; los trozos pueden ser de 2 ó 3 yemas. Se emplean aproximadamente 5 toneladas de semilla por hectárea.
- B. Sistema de chorro y medio: Se emplea cuando la semilla ha sufrido algo de daño en el transporte o tiene 5 ó 6 días de cortada, consiste en sobreponer los extremos de un trozo sobre los extremos de dos trozos contiguos. Se emplean unas 7 toneladas de semilla por hectárea.
- C. Sistema de chorro doble: Se emplea cuando la semilla no ha sido bien seleccionada o ha sufrido daño en el transporte, se emplean unas 10 toneladas por hectárea.

D. Sistema de chorro triple: Se emplea cuando la semilla no es uniforme, ha sido maltratada, está un poco vieja y no es seleccionada. Estos efectos se corrigen con una mayor densidad de siembra, empleando unas 15 toneladas de semilla por hectárea.

La semilla se tapa con una capa de tierra que no debe ser mayor de 5 cm, en épocas de sequía podrá cubrirse con 7 a 10 cm de tierra, se compacta un poco para que quede en buen contacto con la semilla (SEP, 1983).

Una investigación reciente que se ha venido introduciendo debido al aumento gradual del costo de la mano de obra en muchas zonas productoras de caña de azúcar del mundo, es la siembra mecánica, ya que la siembra es rápida y barata puesto que bajo condiciones favorables, una sembradora de doble surco y una cuadrilla de 25 trabajadores, pueden sembrar 4 hectáreas en 10 horas de trabajo (Ochse, et al, 1982).

7.7. Resiembra.

Se hace cuando hay fallas superiores a medio metro. Esto es una operación muy costosa, por lo que debe hacerse la siembra lo mejor posible, esta operación no debe hacerse más allá de los 40 días después de la siembra. Se puede hacer resiembra hasta el 20% de la superficie con buenos resultados, se debe hacer con la misma variedad que se sembró o bien utilizando esquejes que es lo común, o cepas de las mismas cañas (Martínez, 1977).

7.8. Labores de cultivo.

La primera labor de cultivo que se puede ejecutar en cañas nuevas o de fomento consistirá en la escarda para eliminar la vegetación espontánea presente, que no se admitirá por más de 15 días. Esta primera escarda se efectuará sin

sobrepasar los 10 cm de camellón; tal operación se repetirá con la frecuencia necesaria, a fin de mantener los campos libres, y se ejecutará en los campos tratados con herbicidas una vez que el efecto de los mismos haya terminado.

Estas labores de cultivo deberán ejecutarse de forma tal que garanticen el mantenimiento del surco abierto; esto es, que el aporque interno del suco no se realice hasta que no se haya completado totalmente el ahijamiento, entre 60 y 70 días después de haberse dado por concluido el proceso de germinación.

Siempre que se realicen labores de cultivo mecánico, deberá cuidarse de que los órganos de trabajo del cultivador empleado se mantengan a una distancia aproximada de entre 30 y 40 cm del centro de la cepa; de esta forma se evitarán daños al sistema radicular de la nueva plantación.

Para garantizar el control de la vegetación extraña en el hilo del surco (narigón), se utilizarán los llamados rakes hasta una profundidad máxima de 3 cm.

El aporque interno de los surcos se realizará una vez concluido el ahijamiento, y se garantizará un relieve algo ondulado de aproximadamente 8 cm como máximo por encima del nivel del suelo (Martín Oria, 1987).

Raspadillas: Son labores que se hacen con pala o azadón y tienen por objeto eliminar la hierba que nace en el fondo del surco. Por lo regular se requieren 2 raspadillas. La época en que se efectúan es variable, de acuerdo con la presencia de la hierba, pero generalmente la primera se hace a los 15 ó 20 días después de la siembra, y la segunda unos 20 días más tarde.

Pasos de cultivadora: Son también en número de 2 y tienen por objeto controlar la hierba que crece en los taludes de los surcos. Se usan indistintamente cultivadoras de tracción animal y mecánica. La época de ejecución es variable, pero generalmente se pasa la cultivadora después de haber hecho las raspadillas y

alternándose con éstas; otras veces se hacen también en forma alternada, es decir, primero se da el paso de cultivadora y luego se hace la raspadilla.

En algunas ocasiones, en terrenos que se enhierban fácilmente, es necesario dar un paso más de cultivadora.

Aporque: Cuando la caña ha emergido totalmente y los primeros tallos comienzan a dejar ver la formación de entrenudos, se procede al aporque, labor que tiene por objeto invertir la forma del surco, de manera que el lomo quede formado en la hilera de plantas y el fondo de él entre las líneas. El objeto es que los pequeños tallitos puedan apoyar su enraizamiento debidamente y el amacollamiento sea más vigoroso y profuso.

Redondeo: Después del aporque las entradas de los surcos son muy irregulares y la circulación del agua se dificulta, por lo cual el redondeo, similar al cabeceo de surcos, es necesario para afinar dichas entradas. Se hace después del aporque.

Chapoleo: Las malezas que después del aporque desarrollan en el terreno se eliminan con machete, labor a la cual se le llama chapoleo. Usualmente se requieren 2 chapoleos cuando ya la caña está desarrollada.

Limpia de andadores: Se llama andador a la calle que separa una parcela de otra. En estas calles crece hierba que es importante quitar, porque en su mayoría sirve de hospedera para varias plagas de la caña, sobre todo cuando la maleza se hace en los mismos meses que la limpia de las parcelas.

Limpia de canales: Se limpian los canales a la terminación de la temporada de lluvias, que es cuando se vuelven a requerir los riegos (García, 1973).

La secuencia de labores de cultivo son diferentes para cada una de las diferentes características del terreno, en otras palabras, las secuencias de labores de cultivo de retoños quemados en áreas de suelo de buen drenaje con facilidades de irrigación son diferentes a las de los retoños quemados en áreas de suelos de mal drenaje, así como las secuencias de labores de cultivo de retoños verdes en áreas de cosecha manual son diferentes a las de retoños verdes en áreas de cosecha mecanizada (Martín Oria, 1987).

7.9. Fertilización.

Las recomendaciones de fertilizantes son el resultado de la interpretación mediata y práctica de los análisis de suelos y plantas (García, 1973).

Las dosis óptimas de fertilizantes son las siguientes:

DOSIS	REGIONES.
150-60-60 120-60-60	Para las regiones cañeras de las vertientes del Golfo.
180-00-00 200-00-00 300-00-00	Para las regiones cañeras del Pacífico y centro del país.

Deben considerarse también las condiciones generales de cada suelo, el clima, la disponibilidad de agua, etc. (Anónimo, 1985).

Actualmente para fertilizar el cultivo de la caña, se emplean en cantidades considerables sulfato de amonio, nitrato de amonio, soluciones nitrogenadas y urea, como fuente de nitrógeno. Como fuente de fósforo se utiliza roca fosfórica, super fosfato simple, doble y triple. Para el abastecimiento de potasio se emplean sulfatos de potasio y cloruros.

Los productos empleados para la fertilidad del suelo son fertilizantes, abonos orgánicos y abonos verdes (Sánchez, 1972).

7.9.1. Materiales orgánicos.

Debido a que la concentración de elementos nutritivos en la fertilización orgánica es menor que la de los fertilizantes inorgánicos, se debe aplicar grandes cantidades de los orgánicos para obtener buen resultado. El estiércol, abonos verdes, cienes de filtros y fertilizantes orgánicos compuestos.

La desventaja del estiércol la constituye el transporte y la distribución de 50 a 70 ton/ha lo cual resulta costoso.

El uso de abonos verdes significa la siembra de una planta generalmente leguminosa, la cual se desmenuza y se incorpora al suelo antes de alcanzar su madurez, ya que la semilla germinará entre las cañas. Se pueden utilizar varias plantas leguminosas como por ejemplo: frijol terciopelo, chícharo de vaca, ya que presentan la ventaja de fijar el nitrógeno del aire y cubrir al suelo completamente en corto tiempo eliminando las malas hierbas considerablemente. Se debe tener en cuenta que aunque una leguminosa por su incorporación dura de 3 a 4 meses, no es posible sembrar caña el mismo año por lo cual se deberá esperar hasta el ciclo lluvioso (Ochse, et al, 1982).

7.10. Riegos.

Reynoso, científico cubano, planteaba que el riego, por sus efectos directos e indirectos, es el complemento más importante e ineludible de todas las mejoras agrícolas que se le pueden hacer al cultivo de la caña de azúcar.

Norman J. King, a partir de la experiencia australiana, sostiene que el factor más importante en el crecimiento de la caña, aparte de la luz solar, es el agua; y que la frecuencia del riego está en dependencia del régimen de las lluvias y de las características del suelo.

Roger P. Humbert argumenta que la producción de caña y de azúcar es mayor donde se ha prestado atención adecuada a las necesidades de agua; haciendo referencia a las investigaciones realizadas en Hawaii por Wadsworth, Shaw y Swezey, afirma que el alargamiento de la caña está estrechamente ligado a los niveles de humedad en el suelo, y que éste es uniforme mientras se mantiene la humedad del suelo entre el valor correspondiente a la capacidad de campo y una humedad de 4 *atm* de tensión. (citado por Martín Oria, 1987).

Los métodos y técnicas de riego aplicables al cultivo de la caña de azúcar, según la experiencia de otros países y la propia experiencia cubana, abarcan casi todas las posibilidades conocidas: el riego superficial, los aspersores y máquinas de riego por aspersión, y el riego por goteo.

La solución específica que se le dé a la forma de regar, en cada caso, constituye una tecnología o variante de riego.

La selección de una u otra variante está dada por un grupo de factores técnicos y económicos que se pueden resumir en los siguientes:

- Área típica, bruta y neta, que abarca la técnica de riego.
- Tipo de fuente de abastecimiento disponible.
- Tipo de suelo predominante.
- Pendientes topográficas y microrrelieve.
- Norma de riego parcial que se pueda aplicar.
- Intervalo entre riegos que se garantiza.
- Duración de la jornada de riego.
- Cantidad y organización de la fuerza laboral para la explotación.
- Necesidades de drenaje del área que se debe regar.

Además de estos factores que pueden variar de una región a otra del país, las dimensiones del campo típico y del bloque típico cañero, así como la mecanización

de las labores agrotécnicas que en él se realizan, crean una base sobre la cual hay que trabajar al adoptar una tecnología de riego en el área que se debe regar.

Los 2 métodos de riego más difundidos en el cultivo de la caña de azúcar: el riego superficial y el riego por aspersión.

Riego superficial: Este método de riego se emplea en un gran número de países en los que se cultiva la caña de azúcar: Perú, Hawaii, algunos estados africanos, Cuba y otros. Existen numerosas variantes de su uso en función de las condiciones particulares socioeconómicas y agrotécnicas de cada zona; pero no cabe duda respecto a que puede considerarse el más extendido en la actualidad para el riego de la caña de azúcar y otros cultivos.

Según el IIRD (1982), en California 84% del área se riega por gravedad, 15% por aspersión y 1% por goteo, y se obtienen eficiencias de aplicación en la técnica por gravedad de 70% a nivel global. En México, 96% del área se riega por gravedad, y queda 4% solamente para otras técnicas. Por su parte se reporta que en Hawaii, 43% se riega por surco, 51% por goteo y el resto por aspersión. En estas islas, hay una fuerte tendencia a incrementar los sistemas de riego por goteo en la caña de azúcar.

Las variantes más frecuentes en que se presenta este método de riego son: el riego por inundación, el riego por bandas y el riego por surcos o entre surcos.

Riego por inundación: El riego por inundación consiste en la utilización de grandes áreas confinadas entre pequeños diques, en las cuales se aplica un volumen grande de agua, que sea capaz de inundar totalmente el área en un corto espacio de tiempo, lo cual garantiza la uniformidad de la distribución, y a la vez suministra la norma parcial necesaria al cultivo. Puede emplearse en áreas divididas de forma regular o utilizar la división natural, con lo cual los diques quedan trazados de forma irregular siguiendo la configuración del terreno.

Riego por bandas: Los métodos normales de riego por bandas (manta) tampoco se adaptan bien a las condiciones del cultivo de la caña. Este método consiste en construir diques en áreas más pequeñas que las del riego por inundación, y generalmente rectangulares, de forma tal que los diques más largos sean paralelos a la dirección de los surcos. En una franja pueden estar sembrados 5, 10 ó más surcos de caña en función de la longitud de éstos, de la topografía del terreno y de los caudales de agua que se deben emplear.

Si el suelo ha sido cuidadosamente nivelado, y no tiene alta velocidad de infiltración, el riego por manta es uno de los métodos más eficientes.

Riego por surcos: Las variantes principales del riego por surcos son el riego por surco y el riego entre surcos. En estos casos, el riego se realiza por cada surco o entre surcos independientemente.

En el primer caso, la caña puede ser regada durante los primeros meses a partir de la siembra, después de lo cual se aporca el cultivo y el riego continua "entre surcos".

No obstante, se aconseja el riego por surcos (de siembra), donde la longitud de estos es corta, donde la pendiente es pronunciada o cuando la infiltración lateral es pobre, ya que la interferencia de la planta al paso del agua disminuye la velocidad de la misma, y el sistema radicular, así como la menor compactación del suelo en esa zona, facilitan el movimiento lateral del agua.

En el caso del riego entre surcos, existe una gran cantidad de elementos que pueden utilizarse en función de la adecuación de este método a cada caso particular.

Riego por aspersión: A diferencia del riego por gravedad, la aspersión lleva el agua sobre la superficie del suelo en forma de lluvia, dejando que ésta se infiltre en el mismo de una forma libre y no forzada, como ocurre en el riego por gravedad. La

calidad de la lluvia influirá decisivamente en las características de la infiltración, y por tanto, una y otra deben armonizar.

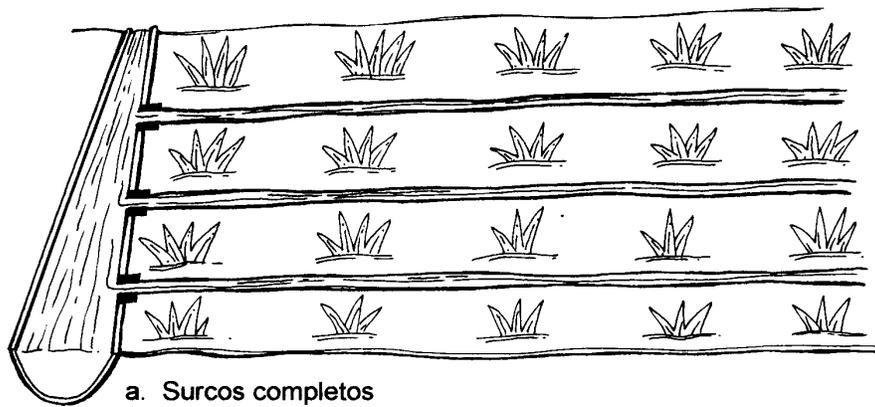
La aspersión, que es independiente del suelo y del relieve, permite regar terrenos muy difíciles, evita todas las degradaciones debidas al escurrimiento, y permite, además, dosificar con gran precisión la cantidad de agua que necesita la planta en cada riego. Este método de riego, que requiere el empleo de tuberías y alta precisiones, implica inversiones iniciales altas si lo comparamos con otros métodos, por lo que cada usuario debe analizar todas las variantes posibles que se pueden emplear, con el objeto de seleccionar la mejor para su caso particular (fig. 5).

El riego por aspersión su fundamental arma son los "aspersores", se conocen muchos tipos de éstos, que se diferencian por el principio de su funcionamiento y su forma constructiva. Su clasificación puede ser por una serie de índices que van desde la presión con que trabajan hasta la forma de entregar el agua. A continuación, se expone una clasificación de las más aceptadas según su alcance, se dividen en:

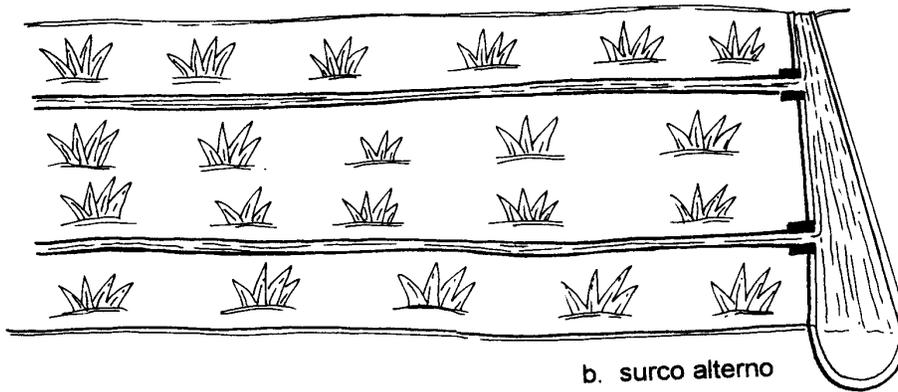
- De corto alcance: Radio menor que 20 m (presión de 1 a 3 atm).
- De alcance medio: Radio entre 20 y 40 m (presión de 3 a 5 atm).
- De largo alcance: Radio mayor que 40 m (presión > 5 atm).

Para el riego de la caña de azúcar se recomienda los aspersores de largo alcance y las máquinas de apoyos múltiples, y en ambos casos son aspersores que dan el flujo en forma de chorros (Martín Oria, 1987).

1. GRAVEDAD



a. Surcos completos



b. surco alterno

2. ASPERSIÓN

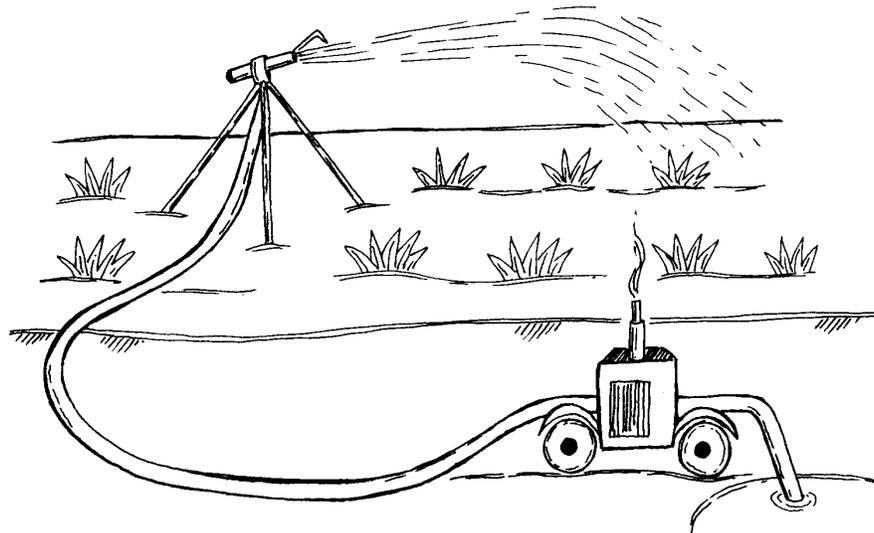


Fig. 5. Tipos de riegos más comunes en el cultivo de la caña de azúcar.
(<http://www.cipav.org.co/cipav/new/ejmolina/ejmolina.htm>)

7.11. Control de malezas.

Uno de los factores de mayor peso que afectan los cultivos económicos en su rendimiento, es la existencia de vegetación extraña en las plantaciones.

En los países de clima templado, esta afectación es importante, pero mucho más lo es en las zonas tropicales. Las condiciones de temperatura, luz, precipitaciones, etc., favorecen notablemente el desarrollo de numerosas especies de plantas que crecen de forma natural en los campos de los diferentes cultivos económicos.

A estas malezas se les denomina en ocasiones "malas hierbas", aunque se trate en muchos casos de especies de utilización por el hombre. Por ejemplo, la pangola (*Digitaria decumbens*), que es un magnífico pasto para el ganado, cuando crece de forma espontánea en una plantación de caña de azúcar, constituye para el agricultor cañero una vegetación indeseable (Martín Oria, 1987).

El combate y control de las malas hierbas constituye uno de los problemas que mayor atención requiere el campo cañero -entendiéndose por mala hierba toda la vegetación que crece en lugar indeseable-, ya que compite con la caña por los nutrientes, agua, luz, espacio vital, etc. El combate de malas hierbas puede llevarse a cabo mediante dos sistemas:

Por medio manuales o mecánicos: Los cuales son recomendables básicamente en la época de secas, sobre todo en cultivos de temporal, ya que se tiene un control más conveniente, efectivo y económico.

El combate y control de las malas hierbas por medios manuales o mecánicos se logra en la mayoría de las zonas cañeras del país cuando se aplica en las plantillas un promedio general de 3 a 4 limpiezas y/o cultivos, y en las socas y resocas de 2 a 3 limpiezas y/o cultivos. Como es obvio, estos valores son medios y tienden a

variar de acuerdo con la ecología regional, la distancia entre surcos, la variedad, si es de riego o temporal, etc.

Por medio de uso de herbicidas o químicos: El uso de los herbicidas no significa una respuesta a todos los problemas; la utilización de estos compuestos químicos es únicamente conveniente cuando:

- a) La mano de obra local o regional sea escasa y/o cara.
- b) Los campos tengan una población herbácea considerable, y llegue ésta en un momento dado - por falta de control- a alcanzar un desarrollo superior al de la caña.
- c) La época de lluvias o la aplicación del riego no permitan el control manual o mecánico y lo único que se haga con éstos sea transplantar las malas hierbas, sobre todo cuando se trata de zacates.
- d) La mayoría de la población herbácea sea de hoja angosta (pastos) o un complejo de hoja ancha y angosta que dificulte o retarde el control, o bien aumente considerablemente los costos de los trabajos manuales o mecánicos.
- e) Cuando el control químico pre o post-emergente sea más económico que el control manual o mecánico. Se entiende por aplicación pre-emergente la que se da antes de la nacencia de la hierba, y post-emergente cuando ya ha brotado la misma. Se recomienda la aplicación pre-emergente en la caña de azúcar.

De acuerdo con los medios de aplicación más comunes empleados, las cantidades de agua más apropiadas se han estimado dentro de los siguientes valores:

MEDIO DE APLICACIÓN.	VOLUMEN DE AGUA LITROS/HA.
Avión	De 80 a 100
Tractor con aspersores	De 300 a 400
Bombas de mochila de motor o de acción manual	De 400 a 600

(García, 1973).

Se enlista a continuación, los tipos de herbicidas con sus respectivas dosis/ha:

HERBICIDAS	DOSIS	USO
Gesaprim	3.5 kg más 2-4-d, 2 lt.	Pre-emergente
Gesaprim	2 kg más Gesatop, 2 kg.	Pre-emergente
Karmex	2 kg más 2-4-D, 2 lt.	Pre-emergente
Gramoxone	3 lt.	Post-emergente
Gesapax	4 lt.	Post-emergente
2-4-D	4 lt.	Post-emergente

Las dosis por hectárea se diluyen en 400 a 500 lt de agua para asperjado a mano con mochila, 200 a 250 lt de agua si se usa tractor (IMPA, 1975).

CICLO DE CULTIVO CONVENCIONAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

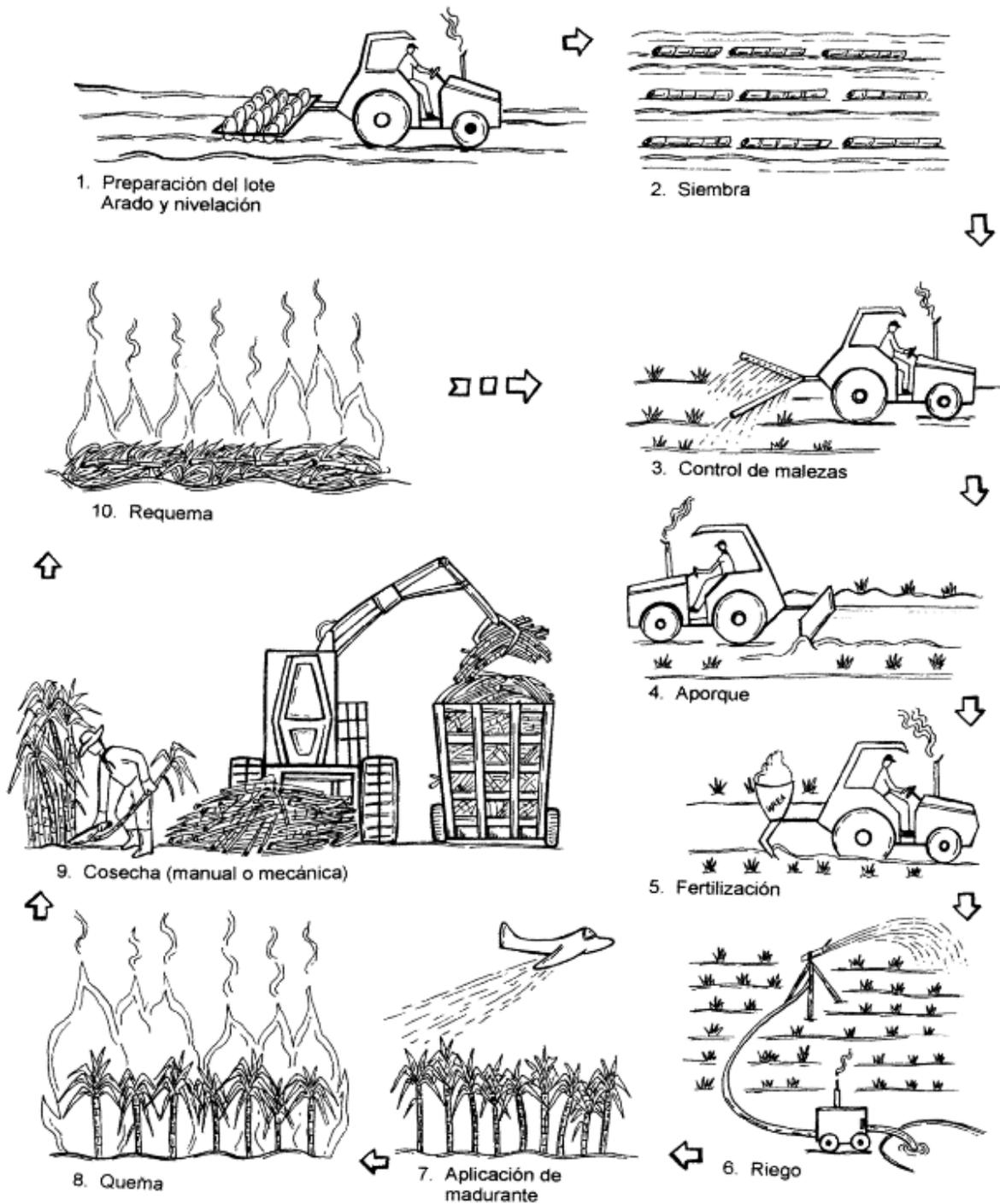


Fig. 6. Prácticas culturales en el cultivo de la caña de azúcar.
(<http://www.cipav.org.co/cipav/new/ejmolina/ejmolina.htm>)

VIII. VARIEDADES Y TIPOS.

8.1. Generalidades.

Para lograr la máxima productividad azucarera en el campo, se requiere en una variedad, la conjugación de los elementos agronómicos necesarios para el buen desarrollo y producción de campo. El Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar dedica su mayor esfuerzo a la obtención de nuevas variedades que superen la problemática en la productividad azucarera. Teniéndose a la fecha alrededor del 50% de la superficie del campo cañero mexicano cubierto con variedades nacionales, desplazando cada día a las variedades de parámetros negativos, a efecto de contar con la más alta productividad de campo.

El comportamiento agroindustrial de cada variedad en cada región ecológica es el resultante de la interacción de los factores genéticos y ambientales. Aquellas variedades cuyo comportamiento sea el más adecuado en la región ecológica donde se le cultivará, será la que rinda los máximos resultados tanto para el agricultor como para el industrial.

El acceso a los campos, las condiciones de piso, la disponibilidad de equipo mecanizado para el cultivo, el arrastre y el plan general de la zafra, entre otros, deben ser los factores determinantes para seleccionar las variedades por sembrar, en relación con sus características de temprana o tardía madurez.

El número de variedades es enorme y cada día se tiende a aumentarlo, debiéndose esto al mejor conocimiento y aplicaciones de la genética.

La importancia primordial del estudio de las variedades de la caña estriba principalmente en el conocimiento correcto de todas sus características, tanto botánicas como agrícolas, para adaptarlas a las condiciones de clima, suelo y condiciones de sanidad en un sitio determinado, para obtener máximos rendimientos.

Una variedad tardía es aquella que alcanza un alto porcentaje de azúcar al final de la primera mitad de la zafra con un porcentaje de azúcar semejante al del momento de iniciarse su corte.

A continuación, en el cuadro 3 se indica el tipo de madurez de las variedades sembradas en México (Aguirre,1987).

Cuadro 3 Tipo de madurez de las variedades de caña de azúcar cultivadas comercialmente en México.

Temprana	Temprana a Media	Media	Media a tardía	Tardía
CP 34-116	C 4-101	B 34 39	Co 213	H 44-3098
Mex 58-419	L 60-14	B 41 227	CP 29-203	Mex 55-261
MI 3/18 683	Mex 56-476	B 43 62	H 50-7209	Mex 57-
	Mex 57-59	B 43 337(B 43)	ITAV 60-1329	Pindar
	Mex 60-207	B 47 44	ITAV 66-339	
	Mex 60-445	B 49 119	ITAV Mex 57-197	
	Mex 64-1487	Bar 114/35 (PPQK)	Mex 52-17	
	Mex 65-1413	Co 290	Mex 54-81	
	Mex 65-1424	Co 331	Mex 56-18	
	Nco 310	Co 419	Mex 57-337	
	UCW 54-40	Co 421	Mex 57-1456	
		Co 449	Mex 58-418	
		Co 740	Mex 58-682	
		Co 997	Mex 59-641	
		CP 52-68	Mex 62-213	
		F 140	Mex 67-1409	
		H 37-1933	Mex 68-200	
		Mex 55-250	Mex 69-749	
		Mex 56-356	Nco 376	
		Mex 56 363	POJ 2878	
		Mex 56-541	Z Mex 55-32	
		Mex 57-354		
		Mex 57-473		
		Mex 57-743		
		Mex 57-749		
		Mex 57-1285		
		Mex 58-326		
		Mex 58-1230		
		Mex 58-1485		
		Mex 59-32		
		Mex 60-471		
		Mex 69-450		
		POJ 36		
		US 52-17-1		

Fuente: Aguirre, 1987.

A continuación se ofrece un resumen de las variedades modernas de cañas de azúcar más comúnmente utilizadas en México para la producción de azúcar, o para el mejoramiento genético, según el compendio de A. J. Mangelsdorf (Hawaii), con algunas modificaciones.

Cuadro 4 Variedades modernas de Caña de Azúcar en México.

Variedad	Progenitores
Mex 52-17	CP 33-229 X Co 214
Mex 52-29	POJ 2878 X CP 29-203
Mex 52-56	CP 33-229 X CP 33-224
Mex 53-142	KIE X CP 33-724
Mex 54-81	POJ 2878 X Co 290
Mex 54-155	No disponible
Mex 55-32	No disponible
Mex 55-250	Co 419 X POJ 2822
Mex 55-1401	Co 44-101 X CP 27-39
Mex 56-105	PR 962 X POJ 2221
Mex 56-476	No disponible

Fuente: Martín Oria, 1987.

Cuadro No.5 Principales variedades cultivadas en México.

> 500 Ha.	100 – 500 Ha.	< 100 Ha.
B 34 39	CP 52-68	CP 34-116
B 43 62	Mex 56-363	B 41 227
B 43 337 (B 43 63)	Mex 56-476	B 47 44
B 49 119	Mex 57-29	Co 449
Bar 114/35 (PPQK)	Mex 57-354	Co 740
Co 213	Mex 58-326	F 140
Co 290	Mex 58-418	H 50-7209
Co 331	Mex 58-682	ITVA 66-339
Co 419	Mex 58-1230	Mex 56-356
Co 421	Mex 60-207	Mex 56-363
Co 997	Mex 60-1459	Mex 56-541
CP 29-203	Mex 65-1459	Mex 57-743
CP44-101	Mex XX	Mex 57-749
H 37-1933	ML 3/18	Mex 58-419
H 44-3098	NCo 376	Mex 58-1485
ITVA Mex 578-197		Mex 58-89
ITVA Mex 60-1329		Mex 59-641
L 60-14		Mex 60-206
Mex 52-17		Mex 60-445
Mex 54-81		Mex 61-446
Mex 55-250		Mex 63-1405
Mex 55-261		Mex 64-1214
Mex 56-18		Mex 64-1487
Mex 57-337		Mex 65- 1413
Mex 57-473		Mex 65-1846
Mex 57-683		Mex 66-445
Mex 57-1285		Mex 66-1416
Mex 47-1456		Mex 66-1428
Mex 59-32		Mex 67-1409
Mex 60-1403		Mex 68-200
NCo 310		Mex 68-1366
PM 35		Mex 68-2242
PM 72		Mex 69-430
POJ 36		Mex 69-436
POJ 2878		Mex 69-450
Z Mex 55-32		Mex 69-749
		Mex 69-1456
		Mex 69-1511
		Mex 70-421
		Q 77
		UCW 54-40

Fuente: Aguirre, 1987.

IX. MEJORAMIENTO GENETICO.

9.1. Generalidades.

Todas las circunstancias llevan al hombre a recurrir al conocimiento alcanzado en el paso utilizado, para acelerar el progreso tecnológico que proporciona satisfactores a la humanidad. Lo anterior es aplicable a la industria azucarera con relación a los estudios realizados a fines del siglo XIX y principios del XX, tendientes a solucionar los graves problemas que habían casi arruinado a la agricultura y a la industria de la caña de azúcar en diferentes regiones del mundo.

La necesidad de combatir las enfermedades de carácter epifítico que afectan al cultivo, fue el primer estímulo para lograr su mejoramiento genético. Estas afecciones no eran nuevas siendo tan antiguas, como las ramas ancestrales de caña sometidas al cultivo (Sánchez, 1992)

9.2. Hibridación.

El éxito de un programa de hibridación depende de la selección de progenitores de valor comprobado por medio de sus progenitores, después de lo cual se dan los siguientes pasos:

- a) Dos variedades A X B que poseen las características agronómicas deseadas, unas en A y otras en B, se cruzan.

- b) Sobre la descendencia se practica selección y los clones así obtenidos se multiplican y se someten a prueba de adaptación en las diferentes localidades.

El método es muy tardado, ya que para que una variedad logre llegar a su fase comercial, pasan de 8 a 10 años después de realizar las cruces. Desventaja que elimina un porcentaje muy alto de las plántulas producidas (Ojeda, 1978)

9.3. Métodos de cruzamiento.

El método de cruzamiento más sencillo en la caña de azúcar consiste simplemente en cosechar las semillas maduras producto de las espigas de polinización abierta que han sido fecundadas con polen llevado por el viento. Aunque en la primeras épocas del mejoramiento azucarero, a finales del siglo pasado y comienzos del presente (fundamentalmente en Barbados y Guyana), se obtuvieron importantes variedades comerciales con dicho método, éste presenta el inconveniente de que no es posible dirigir un programa de cruzamientos.

Existe un grupo de cruzamientos clásicos en la caña de azúcar que se ha usado en forma más o menos amplia en la producción de variedades e híbridos comerciales. Los métodos de cruzamiento se pueden clasificar en la forma siguiente:

- Método de linterna de Barbados.
- Margullos.
- Solución ácida de Hawaii y método de linterna en cañas cortadas.
- Otros métodos de producir variabilidad.

METODO DE LINTERNA DE BARBADOS:

Este método en su forma clásica, es original de Barbados y en sus inicios consistía en la construcción en el campo de una pequeña caseta de madera sobre 4 patas, de 90 X 90 cm, cubierta por cristales en 3 de sus lados y en el cuarto por una tela de malla muy fina. En su interior se situaban las espigas de las plantas que se deseaban cruzar. Este método, usado por más de 30 años en Barbados, asegura la no contaminación de polen extraño, pero tiene la desventaja de depender de la

esterilidad masculina en las variedades usadas como hembras. Por supuesto que se realizan pruebas sencillas sobre la viabilidad del polen antes de efectuar los cruzamientos (Martín Oria, 1987).

MARGULLOS:

El sistema de utilizar margullos en los cruzamientos fue ideado por primera vez en la India (Venkatraman, 1926). Consiste en dejar enraizar los entrenudos cercanos a la inflorescencia, para poder trasladarlos, después de cortados, a macetas, y proceder a efectuar los cruzamientos deseados con una manipulación más fácil. Este sistema se usó con amplitud en la India y en Islas Mauricio. De Groot y George (1962) concluyeron que era mejor aplicar tal técnica a variedades que florecen libremente, porque si éstas florecen menos, entonces se podría obtener un número pequeño de flores a partir de una gran cantidad de tallos con margullos. Los margullos también se pueden usar en condiciones de invernadero, y algunos mejoradores que así producen mejores resultados que los mantenidos en la solución ácida de Hawaii.

SOLUCIÓN ACIDA DE HAWAII Y METODO DE LINTERNA EN CAÑAS CORTADAS:

La solución ácida de Hawaii es fundamentalmente una solución nutritiva y protectora para poder conservar vivos los tallos cortados durante el período de cruzamientos. Consiste en una solución saturada de dióxido de azufre en agua, a la que se añade una cantidad establecida de ácido fosfórico.

OTROS METODOS PARA PRODUCIR VARIABILIDAD:

La mutación no es un método de cruzamiento, aunque sin duda es una posibilidad de mejoramiento en prácticamente todas las plantas cultivadas, y la caña de azúcar no es una excepción. En general los mejoradores de la caña de azúcar

han usado la inducción de mutaciones para mejorar el material usado como progenitores casi siempre en situaciones en que existe poca variabilidad genética o ninguna, como resistencia a algunas enfermedades o condiciones adversas, problemas de floración, etc. Sin embargo, el método no es simple de aplicar en el caso de caracteres cuantitativos como el rendimiento.

Sin duda, el trabajo de inducción de mutaciones necesita aún mayor investigación, pues son muchos los puntos oscuros que tiene este campo, y a partir de mayor información se podrá pensar en la factibilidad de usar este método como una herramienta en el trabajo de mejoramiento de la caña de azúcar (Martín Oria, 1987).

9.4. Cultivo de Tejidos.

A causa de la existencia de una creciente pérdida de variabilidad genética, y de la incompatibilidad de algunos cruzamientos en la caña de azúcar, se han desarrollado nuevas técnicas, como el “cultivo de tejidos”, en un grupo numeroso de plantas, y también, en la última década, en la caña de azúcar. Especialmente se ha trabajado en los cultivos de protoplastos, anteras y polen.

En el caso de los primeros, la técnica puede servir para regenerar plantas completas a partir de protoplastos aislados, y en algunos casos para realizar hibridación entre ellos; esta propiedad excepcional de los protoplastos los hace ideales para solucionar el problema de la incompatibilidad inter o intraespecífica, o inter o entragenérica.

Por otra parte, el cultivo de anteras y polen pudiera servir para la producción haploide de plantas, lo que facilitaría el cruzamiento de plantas homocigóticas (Martín Oria, 1987).

X. PLAGAS Y ENFERMEDADES.

10.1. Generalidades.

Para cualquier organismo, las condiciones del medio son de gran importancia; los elementos que lo constituyen facilitan o limitan su adaptabilidad, desarrollo y propagación. Cuando se estudia el medio y sus variaciones, se hace evidente que las causas que las motivan frecuentemente son desconocidas para el hombre, quien en muchas ocasiones, es responsable directo o influye en mayor o menor grado en la modificación del habitat, al establecer cambios que afectan al ambiente, tales como los desmontes, cambios hidrológicos al construir presas, mal manejo del agua y del suelo, etc., que afectan una región determinada. En otras ocasiones, dichas modificaciones afectan una región determinada. En otras ocasiones, dichas modificaciones son originadas en forma natural por variaciones en el clima, perturbaciones atmosféricas fuera de control, ataque de plagas o enfermedades, etc.

Mientras que los elementos del medio son decisivos por sus efectos sobre la producción de azúcar, las plagas y enfermedades que atacan al cultivo son para el productor, agentes perturbadores de un orden preestablecido, que influyen determinadamente en el progreso de las investigaciones y nuevas tecnologías aplicadas al cultivo. Las enfermedades o plagas reductoras de los rendimientos o causantes directas de pérdidas para el cultivo e industria, se han presentado gradualmente, originando mermas en los rendimientos unitarios que han alcanzado niveles críticos y a causa de éstos, la recuperación obtenida en el campo y en la fábrica son insuficientes para cubrir las inversiones.

Es común pensar que las enfermedades o plagas se presentan en forma epidémica, originando el abandono de variedades susceptibles o afectadas en demasía; sin embargo, la realidad es que, periódicamente tanto las plagas como las enfermedades aumentan paulatinamente su importancia, disminuyendo en forma proporcional el rendimiento y resistencia de la caña (Sánchez, 1992)

10.2. Principales plagas y enfermedades de la caña de azúcar.

A continuación en el cuadro 6 se reportan las principales plagas y enfermedades de la caña de azúcar (Aguirre, 1987).

Cuadro 6 Principales plagas y enfermedades de la caña de azúcar.

Nombre común y científico.	Descripción.	Importancia y daños.	Epoca de aparición	Combate y dosis por hectárea
Rata jabalina <i>Sigmodon hispidus</i> spp.	El pelaje en la parte basal es gris oscuro y la apical marrón. Son animales de 235 mm de largo, cola desnuda.	El daño principal se localiza en los canutos cercanos a la base del tallo al roerlos provocando el acame de la caña.	Todo el año.	Ratax 8 kg, Warfarina 10 kg (cebo), Fumarina 10 kg (cebo).
Tuza <i>Orthogeomys hispidus</i> .	Dorso de café a café oscuro, siendo más pálido por debajo, cola desnuda. Tienen una longitud total de 345 mm. Partes del cuerpo modificadas para la excavación como patas, uñas largas y corvadas.	Importancia mayor: destruye la corona y raíces de la cepa. El daño no es uniforme en la parcela.	Todo el año.	Fosfuro de Zn, 1/cogollo/galería. Cyanogas 20 cc por galería. Pastillas Delicias, 2 tabletas por galería.
Mosca pinta <i>Aeneolamia postica</i> y otras.	Insecto picador. Chupador. Mide aproximadamente 8 mm de largo por 4 de ancho. La coloración del cuerpo es café oscuro, tienen bandas transversales amarillas o rojas en las alas. La ninfa secreta una sustancia mocoide con la cual se adhiere a la planta.	Los adultos, al succionar la savia de las hojas, inyectan una toxina en el parénquima lo que causa síntomas de clorosis, y secamiento foliar.	Junio a octubre.	BHC 3%, 25 kg. Sevín 5% G, 30 kg. Lorsban 480 E 1.0 lt. Furadán 30 kg. Sevidán 72, 1.5 kg. Malathion 4%P, 25 kg. Malathion 50E, 2.5 lt.

Continuación.....Cuadro No.6

Nombre común y científico.	Descripción.	Importancia y daños.	Epoca de aparición.	Combate y dosis por hectárea.
Barrenador del tallo <i>Diatrea considerata</i> Heinr, D. <i>magnifactella</i> Dyar, <i>D. saccharalis</i> Fab.	Las larvas son las que realizan el daño. Su tamaño varía de 2 a 3.5 cm, de color blanco sucio.	Perfora el tallo formando galerías en caña chica y grande, permitiendo la entrada al muermo rojo.	Todo el año.	Dipterex 90 PS 1 kg. Nuvacrón 60, 1.5 lt.
Chinche de encaje <i>Leptodictya tabida</i> H. S.	Hemíptero aplanado con alas semitransparentes, sus nervaduras parecen fino encaje. El adulto mide 3.5 mm de largo por 1 de ancho.	Los adultos y las ninfas se pegan a las hojas de la planta, succionando su savia. Se producen manchas cloróticas que posteriormente se vuelven café rojizo, dando la impresión de daños graves.	Febrero a octubre.	Malathion 1000E, 1.0 lt. Malathion 4% P, 30 kg. Rogor, 2 lt.
Pulgón amarillo <i>Siphaflava forbes.</i>	Este áfido presenta dos formas: la invernante, que es alada en caso de machos y la otra que es áptera en ambos sexos, de aspecto limón brillante y forma oval.	Ocasionalmente provoca pérdidas de consideración. Las hojas dañadas se tornan amarillentas, retrasando el crecimiento de la planta y secando las puntas de las hojas.	Enero a junio.	Pirimor 50 PH, 300 gr. Malathion 4% P, 30 kg. Nuvacrón, 1 lt.

Continuación.....Cuadro No. 6

Nombre común y científico.	Descripción.	Importancia y daños.	Epoca de aparición.	Combate y dosis por hectárea.
<p>Defoliadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falso medidor <i>Mocislatipes spp</i>, Guen. • Gusano soldado <i>Pseudaletia unipunctata</i> (Haw) * Gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> J. E. Smith. 	<p>Larvas o gusanos verde seco o café con rayas longitudinales blancas o grises. El adulto es café. La larva del cogollero es de color aceituna hasta negruzca con rayas longitudinales claras, la cabeza presenta la característica de una "V" blanca, que la diferencia. El macho adulto es gris a café y la hembra gris claro.</p>	<p>Ocasionalmente provoca pérdidas de consideración. Destruyen el follaje vorazmente dejando sólo la nervadura central. El gusano cogollero ataca el verticilio central sin llegar a la yema terminal, al desenvolverse la hoja se notan perforaciones grandes a irregulares. Ataque en manchones.</p>	<p>Junio a septiembre. No se presentan todos los años.</p>	<p>Lorsban 2% G 50 kg. Lannate 2.5 lt a 1 lt. Sevín 80 PH, 2 kg. Nuvacrón 60E 1 lt. Sevimol 300, 3.5 lt.</p>
<p>Roya. <i>Puccinia melanocephala</i> Syd.</p>	<p>Manchas café rojizo en las hojas con pústulas en el envés. Agrupamiento de pústulas formando áreas muertas irregulares rojo oscuro cubriendo grandes secciones de la hoja.</p>	<p>El ataque se presenta uniforme en todos los tallos en la parcela, decrementos fuertes en la producción.</p>	<p>Enero a agosto.</p>	<p>La principal medida de control de enfermedades es mediante reposición de variedades susceptibles por resistentes o tolerantes.</p>

Continuación.....Cuadro No. 6

Nombre común y científico.	Descripción.	Importancia y daños.	Epoca de aparición.	Combate y dosis por hectárea.
Carbón <i>Ustilago scitaminea</i> Syd.	Formación de un "látigo" carbonoso en el cogollo. Tallos delgados con hojas cortas y rígidas. Brotes de yemas laterales produciendo "látigos". Brotes distorsionados y yemas múltiples. Cepas zacatosas.	No hay distribución uniforme en el cultivo. No todos los tallos de una cepa o lote son atacados simultáneamente.	Febrero a julio.	Desinfección de caña –semilla sumergida por 2 hr en una solución con 4 a 5 gr de Bayleton 25% / litro de agua.
Raya roja <i>Pseudomonas rubrilineans</i> (Lee et al.) Stapp.	Forma rayas longitudinales principalmente en hojas del cogollo de tallos jóvenes. Cuando el ataque es severo los cogollos despiden un olor pútrido o fermentado.	Cuando el ataque es severo el desarrollo es raquíptico y en ocasiones la cepa se pierde. Presencia de cogollos muertos.	Mayo a julio.	Variedades resistentes.
Pokka Boeng <i>Giberella moniliformia</i> (Sheld).	Distorsión de las hojas del cogollo y a veces la destrucción del cogollo. Deformación del tallo y en casos agudos la muerte del tallo. Manchas rojizas en la base de hojas viejas. Secamiento de la copa.	Importancia menor. Se presenta en cañas jóvenes. Ataque disperso en la parcela.	Marzo a noviembre.	Variedades resistentes.

Continuación.....Cuadro No. 6

Nombre común y científico.	Descripción.	Importancia y daños.	Epoca de aparición.	Combate y dosis por hectárea.
Mancha amarilla o Peca amarilla <i>Cercospora Kiepkei</i> , Kruger.	Moteado amarillo en la superficie de las hojas. Son manchas amarillentas de bordes irregulares. Cuando se agrupan forman áreas necróticas semejantes a las de la roya.	Importancia menor. Aparentemente inofensivo. Puede irrumpir en formas epidémicas destructivas.	Febrero a septiembre.	Variedades resistentes.
Mancha de ojo <i>Helminthosporium sacchari</i> , Van Breda de Hann.	Manchas ovales con el centro rojizo rodeado por un halo angosto pajizo simulando un ojo. Crecen en bandas longitudinales hacia la punta de la hoja tornándose color café hígado. La unión de manchas y bandas destruye grandes áreas de la hoja. En el cogollo la destrucción es rápida, matándola.	Importancia menor. Importancia en lugares con condiciones de temperaturas bajas y humedad alta.	Marzo a junio	Terrenos aireados y alta luminosidad. Variedades resistentes.

Continuación.....Cuadro No. 6

Nombre común y científico.	Descripción.	Importancia y daños.	Epoca de aparición.	Combate y dosis por hectárea.
<p>Mancha de anillo <i>Leptosphaeria sacchari</i> Van Brenda de Han.</p>	<p>Manchas de forma irregular que al principio son de color verdoso y terminan con un color paja característico en el centro. Al juntarse forman grandes manchas de tejido muerto.</p>	<p>Importancia menor. En variedades susceptible causa serios defoliamientos.</p>	<p>Febrero a agosto.</p>	<p>Variedades resistentes.</p>
<p>Raya clorótica Virus.</p>	<p>En las hojas aparecen rayas o fajas cloróticas de hasta 1 cm de ancho y longitud variable. Estas rayas matan al tejido permaneciendo con un pequeño margen clorótico. En el interior de los nudos se observan áreas decoloradas o rojizas, semejantes a las del raquitismo de las socas.</p>	<p>Importancia menor. Puede causar pérdidas significativas en suelos con problemas de drenaje, exceso de lluvia o riegos.</p>	<p>Todo el año.</p>	<p>Tratamiento térmico a la semilla a 52°C por 20 minutos. Uso de semilla sana. Variedades resistentes.</p>

Fuente: Aguirre, 1987.

XI. COSECHA.

11.1. Generalidades.

La “recolección” o “cosecha” es la fase principal de todo el cultivo de la caña de azúcar, por su duración, por los medios materiales y humanos movilizados, y por su necesaria organización. Existen tendencias a ver la cosecha como un acto aislado de las demás labores culturales. Esto es erróneo, ya que ella es la última etapa de un ciclo y el comienzo del otro; además, la forma en que cosechemos determina la tecnología de cultivo que se debe aplicar.

La palabra “cosecha” esta definida en la agricultura como “el acto de recolectar el fruto”. En la rama cañera se utiliza además la palabra “zafra”, para definir el período de tiempo que dura la cosecha de la caña. Como se observa, estos dos conceptos se relacionan con el mismo proceso, pero uno se refiere a la recolección y el otro al período que demora ésta.

Para la rama cañera, la cosecha consiste en cortar y entregar la caña a la industria, con lo que la caña cosechada se convierte en la materia prima de ésta.

Es en la industria donde se logra el objetivo de todo este proceso, la extracción de azúcar; pero es en la calidad de las labores culturales donde se logra que estas cañas tengan la mayor cantidad de azúcar posible.

Es evidente que lo que nos interesa de la caña es su contenido en azúcar. Determinadas influencias del medio favorecen la acumulación de sacarosa en los tallos de caña, esta acumulación o incremento de azúcar en la misma es lo que se conoce como “maduración”. Para que este proceso que realiza el central sea lo más eficiente posible, la caña que éste recibe debe estar lo más “madura” posible; por consiguiente, la maduración óptima es el principal factor que debe mantener la caña como materia prima.

La quema de la caña tiene como objetivo facilitar el corte (cosecha) de la misma y quitar las hojas que no se llevarán a la industria. Es lógico pensar que se desperdicia una gran cantidad de materia orgánica en forma de humo que debería incorporarse al suelo para enriquecer su fertilidad, pero la separación de los tallos de las hojas implicaría un costo muy alto en el proceso de producción de azúcar.

Otros factores no menos importantes son la limpieza de la caña y el tiempo que demora una vez cortada en llegar al central, o sea, la frescura de la misma.

Al mismo tiempo, es muy importante la selección de las variedades, porque no sería útil tener variedades muy ricas en azúcar pero poco productivas en cuanto al peso de las mismas. La óptima función en la cosecha consiste en extraer de las variedades comerciales toda el azúcar que ellas pueden brindar, sometiéndolas a una agrotecnia correcta y llevándolas a zafra en sus períodos óptimos de corte.

Dentro de una misma variedad y en condiciones determinadas de cultivo, existe una relación entre la edad de la caña y su contenido de sacarosa.

En diversos estudios experimentales, se ha demostrado que en la primera etapa de zafra (diciembre 1° a enero 15), las cepas con más edad (hasta 20 meses), para una misma variedad, alcanzan mayor contenido de sacarosa.

El análisis de estos estudios ha evidenciado en todas las variedades estudiadas, los siguientes principios:

- En diciembre y enero, la mayor madurez se corresponde con la mayor edad, hasta 20 meses.

- En febrero, no hay relación de la madurez con la edad, en cañas entre 12 y 20 meses de edad.

- En marzo y abril, se produce un deterioro de las caña a partir de una edad superior a 15 meses, por lo que es conveniente cortar cañas con edades entre 12 y 15 meses.

Para una buena cosecha se requiere extraer los tallos de caña lo más limpio posible, por lo cual se le denomina “materias extrañas al conjunto de materias formado por pajas, hojas, cogollos, tierra, etc., que contiene la caña enviada al central.

Teniendo en cuenta el proceso productivo del central, éste admite hasta 3% de materias extrañas, como límite máximo para poder realizar un buen proceso de extracción del azúcar a la caña. Como consecuencia de esto, existe los llamados “despalillos” que son un muestreo de todas las cañas que se envían al central, para determinar los porcentajes de materias extrañas que recibe el mismo, con 2 objetivos fundamentales: primero, poder facturar la caña neta entregada para realizar su cobro; y segundo, realizar los esfuerzos necesarios para disminuir el envío de materias extrañas por las distintas tecnologías de corte.

Las muestras se toman en los centros de acopio y en el basculador (en este último, a las cañas que procedan del tiro directo y las grúas). Los despalillos se efectúan en el central por especialistas de la industria y la agricultura (Martín Oria, 1987).

11.2. Índices de cosecha.

Se recomiendan los siguientes métodos para conocer la madurez de la caña:

- *Por Brix.*

Generalmente en los campos, tomando con el refractómetro de mano un mes antes del inicio de la zafra, picando con el punzón los tallos en los tercios superior,

medio e inferior para la extracción de jugo y lectura refractométrica. La madurez se hace evidente cuando las 3 lecturas tienen valores semejantes.

Se acostumbra hacer los análisis por muestreos de tallos en el campo previo programa de muestreo y selección con refractómetro de mano para extraerles el jugo en el molino del laboratorio y determinarle Brix, sacarosa, pureza, porcentaje de azúcares reductores (glucosa) y el índice de madurez. Se hacen 5 puntos de muestreos, en 10 cañas de 10 matas distintas en forma total de muestrear en total 50 cañas por área de muestreo.

- *Por la humedad de la sección 8-10 del tallo y el análisis de rutina en el molino (cubano) del laboratorio.*

Este método se usa cuando se dispone de una estufa con circulación de aire, para determinar la humedad en los canutos 8,9,10 de la punta del tallo de la caña.

Se hacen muestreos 2 por área, un mes antes de la zafra, se cortan 2 cañas al azar en puntos marcados anteriormente, se muelen las cañas, se determina el Brix, sacarosa, pureza, se cortan rodajas de la parte media de los canutos 8-9-10 con 100 g por muestra se pone en la estufa 80-85°C durante 6 horas para determinar la humedad. Al 73% está lista para cosecharse la caña.

- *Método de la licuadora (Pol-ratio).*

Este método se utiliza en cultivo de riego. El sazonado y la maduración por este método incluyen dos actividades: la programación de cortes y control de los riegos. Se hacen muestreos, se cortan tallos, se pican, se deja toma representativa de 400 g para llevarlos a la licuadora.

En el primer tercio la sacarosa debe ser inferior al 10%, en el tercer tercio mayor de 10% (Anónimo, 1985).

En muchos países el tiempo de cosecha se basa en una muestra por campo solamente comparando los análisis de varios campos y cosechando aquél que presente mayor contenido de sacarosa. Algunas veces, el tiempo de la cosecha se decide de acuerdo con el porcentaje total de sólidos solubles en el jugo de la caña.

11.3. Métodos de cosecha.

La cosecha se puede efectuar manual y mecánicamente. A continuación se describen los tipos de cosechas:

Cosecha manual:

Se corta al ras del suelo porque es en la base de los tallos donde se encuentran la mayor cantidad de sacarosa. Los tallos se despajan y se despuntan. La caña debe de cargarse sin basura, ni tierra, y no se debe quedar cortada en el campo más de 24 horas, porque pierde peso y calidad industrial. Cuando únicamente se verifica el corte de la caña y el alza de la misma, se hace con cargadora mecánica; el promedio de corte se eleva de 3.5 a 5.5 ton/día por hombre, en función del estado de la caña (Aguirre, 1987).

Las normas técnicas de corte manual que permiten disminuir el contenido de materias extrañas en las cañas enviadas al central, son las siguientes:

- El área donde se vayan a formar las pilas se deben limpiar, para eliminar todo residuo de pajas, piedras, etc. (no así en el corte para centro de acopio, donde sólo se tendrán en cuenta las piedras).
- Antes de efectuar el corte, se le quitará la paja al plantón.
- El corte arriba se hará evitando dejar caña en el cogollo o cogollo en la caña.

- Las cañas, antes de ser apiladas, deben estar con la limpieza requerida.
- Evitar que las alzadoras recojan impurezas al levantar la pila. (Martín Oria, 1987).

Cosecha mecánica:

Las cosechadoras de caña son máquinas que cortan, trocean y cargan la caña. Existen cosechadoras integrales y combinadas en condiciones medias de operación, las cosechadoras pueden cortar y cargar de 20 a 25 ton de caña por hora, pudiéndose incrementar dependiendo de la eficiencia operacional. Para el uso de las cosechadoras en forma económica y eficiente se requiere de la preparación previa de los campos y capacitación y adiestramiento del personal destinado a su manejo, para hacer su introducción redituable y eficiente (Aguirre, 1987).

Las normas técnicas que permiten disminuir el contenido de materias extrañas en las cañas enviadas al central, de corte mecanizado, son los siguientes:

- Regular los ventiladores hasta lograr una limpieza óptima.
- Utilizar correctamente el cortacogollos en las combinadas donde estén instalados.
- Garantizar el buen estado y ajuste de las cuchillas picadoras, para lograr que éstas trocen totalmente las cañas y hojas, lo que facilitará la limpieza de la materia extraña.
- Lograr que las impurezas no excedan los niveles establecidos.

Combinada con cortacogollos: en corte verde, 12% y en corte quemado, 6%.

Combinada sin cortacogollos: en corte verde, 12% y en corte quemado, 8%.

Del nivel de exigencia que exista en el cumplimiento de estas normas técnicas, tanto para el corte manual como el corte mecanizado, dependerá en gran medida lograr disminuir al mínimo el contenido de materias extrañas en la materia prima que se entrega a la industria (Martín Oria, 1987).

11.4. Transportación de la caña.

La transportación de la caña al batey puede ser en forma directa: del campo al Ingenio, o indirecta: del campo al cargadero, que puede ser de trailers, camiones, ferrocarril o chalanos, y del cargadero al batey, mediante el transbordo de la carga de un vehículo a otro, o con formación de tongas o estibas.

Acarreo directo al Batey:

Generalmente se hace por medio de camiones y carretas de distinto tipo y capacidad. El cálculo para estimar el número de unidades en el acarreo es muy importante, ya que de su control depende la fluidez y eficiencia de la transportación.

❖ Camiones cortos

Los camiones con carga manual varían en su capacidad de 7.50 a 9.50 ton de caña por viaje, con una media general de 8.50 ton. Según las distancias de acarreo, estado de los caminos, cruce de chalanos, etc., el número de viajes por día de zafra varía en promedio de 2 a 4, por lo cual se tomarán 3 viajes diarios y un promedio de acarreo de 25 toneladas por día. La eficiencia se considerará en 80%, por todas las unidades que se ponchan, se voltean, o sufren descomposturas, así como también por fallas humanas, especialmente del chofer.

Transportación diaria estimada: 25 ton de caña.

Eficiencia en el acarreo: 80%

Transportación efectiva estimada por día: 20 ton de caña.

❖ Carretas

Pueden ser de varios tipos: Puerto Rico, batangas, de redilas de madera, o guayines. Las 2 primeras son tiradas por tractor en trenes de varias unidades, y las 2 últimas, por su reducida capacidad de carga, pueden ser tiradas por tractores o por animales. El tonelaje de transportación radica en el tipo de carga, siendo mayor la manual que la mecánica. Los valores medios más frecuentes son:

Tipo de carreta	Carga media por viaje
Puerto Rico	5.50 a 7.00 ton.
Batanga	6.00 a 7.50 ton.
Redila de madera	2.00 a 3.00 ton.
Guayín	1.00 a 2.00 ton.

Fuente: García, 1973.

Eficiencia en el acarreo: de 70 a 80%.

Acarrero al cargadero, y de éste al batey:

Acondicionamiento de los cargaderos

Los cargaderos son sitios donde se transborda la caña, por lo cual para el movimiento de la misma pueden estar dotados de malacates de tracción animal o mecánica (fijos o móviles), o bien de grúas, las que a su vez pueden ser del tipo draga, a las cuales se les quita el cucharón, o de pistón hidráulico.

Para la pesada de la caña en su recepción en el cargadero, se usan básculas; éstas pueden ser fijas o de fosa, con su caseta de manipulación respectiva, o bien portátiles de piso, o instaladas arriba del balancín de las grúas o malacates; en esta última variante de tipo de báscula existe una modificación consistente en colocar la barra de pesada de la báscula en la parte inferior de la

pluma del malacate, y mediante un cable de acero de extensión se lleva a cabo la pesada del bulto de caña, sin necesidad de subirse a éste, operación que resulta peligrosa para el pesador, sobre todo cuando llegan a correrse, a zafarse o a romperse las cadenas con que viene sujeto el bulto de caña.

Todo el equipo que requiere el cargadero, así como el acondicionamiento del mismo, deberá atenderse con la anticipación necesaria a fin de que no tenga fallas en el desarrollo de la zafra; para el efecto, uno o dos meses antes del inicio de la operación de los cargaderos deberán revisarse, en detalle:

- Las básculas y plataformas en su ajuste, lubricación y pruebas de pesada, así como lo necesario, en su caso, para su instalación.
- Los vientos o cables tensores de los malacates, muertos, o bases de sujeción de los mismos.
- Las plumas y cables de acero de los malacates o grúas, o bien el funcionamiento de los pistones hidráulicos.
- El mecanismo de los malacates, zapatas de freno, los motores en el caso de tracción animal. Asimismo se debe abastecerse de la cablería de manilla o lechuguilla para el movimiento de las plumas de los malacates.
- Las grúas, en general, ya sean del tipo de draga o de pistón hidráulico, previendo un “stock” de refacciones suficientes para asegurar al máximo su buen funcionamiento y las mínimas paradas por descomposturas.

En todos los cargaderos se debe prever que se cuente con suficiente espacio para las maniobras de pesada, descarga y carga en el transbordo, así como también para el estibamiento de la caña, cuando no se cuente con vacío, para la entrega y recepción de cadenas, a la vez que se evite la obstaculización

del tránsito de las unidades que llegan con la caña del campo y las que la llevan del cargadero al batey.

La transportación de la caña del campo al cargadero se lleva a cabo, por lo general, con carretas o camiones cortos deteriorados que no son capaces de recorridos largos, cuyas deficiencias ya se consignaron. Del cargadero al batey del ingenio, los medios de transportes más comunes son:

❖ Trailers

Su capacidad de carga, según el estado de la caña y el acomodo de los bultos, varía por lo general de 18 a 22 ton por viaje; la eficiencia se estima de 85%, y los viajes por día de 3 a 5, según el estado del camino y la fluidez en su carga y descarga en el batey. Con estas bases se tendrá:

Carga media por viaje:	24 ton
Número medio de viajes por día:	4
Eficiencia en las unidades:	85%
Carga media efectiva por día:	70 ton.

En ocasiones se usan camiones de tipo Thorton, cuya carga media por viaje varía de 14 a 16 ton de caña, en cuyo caso la carga media efectiva por día tiene un valor aproximado de 50 a 55 ton.

❖ Góndolas de ferrocarril

Su capacidad de carga, según el estado de la caña y el acomodo de los bultos, varía en términos medios de 35 a 55 ton por viaje, haciendo solamente uno por día con la movilización del tren cañero o en las corridas locales.

Carga media por viaje, por día:	45 ton
Eficiencia de las unidades:	85 ton
Carga media efectiva por viaje, por día:	38 ton

Para el uso de las góndolas es necesario, con la anticipación debida, hacer una serie de trámites para conseguir el tren cañero o bien la movilización de las góndolas en las corridas ordinarias (García, 1973).

XII. USO E INDUSTRIALIZACION.

12.1. Uso de la caña.

La caña nos proporciona una gran variedad de productos a través del procesamiento de la misma y entre los cuales tenemos los siguientes:

- Fuente de energía (biogas, etc.)
- Alimentación para animales
- Miel
- Levaduras
- Alcohol
- Productos hidrolizados
- Papel
- Pulpa
- Furfural
- Tableros
- Fertilizantes
- Combustible
- Gas metano en digestores, que sirve para estufas, luz, etc.
- Celulosa
- Papel tipo kraft
- Ácidos
- Aislantes
- Fermentos
- Glicerina
- Vitaminas
- Gomas
- Plásticos
- Productos farmacéuticos
- Nylon
- Resinas(Aguirre,1987;<http://www.cepis.ops.oms.org/eswww/fulltext/resisoli/residuos/residuos.html>).

12.2. Industrialización.

La caña de azúcar ha sido sin lugar a dudas uno de los productos de mayor importancia para el desarrollo comercial en el continente americano y europeo. El azúcar se consume en todo el mundo, puesto que es una de las principales fuentes de calorías en las dietas de todos los países.

El azúcar puede obtenerse principalmente a partir de la caña de azúcar y la remolacha azucarera. Para su obtención se requiere de un largo proceso, desde que la semilla de caña germina hasta que el azúcar se comercializa nacional e internacionalmente. A continuación se detalla el proceso de producción de azúcar en la fábrica.

Labores de campo y cosecha

El proceso productivo se inicia con la preparación del terreno, etapa previa de siembra de la caña. Una vez que la planta madura entre los 12 y 14 meses, las personas encargadas del área de cosecha se disponen a cortarla y recogerla a través de alce mecánico y llevarla hacia los patios de caña de los ingenios.

Patios de caña

La caña que llega del campo se muestrea para determinar las características de calidad y el contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas. Luego se pesa en básculas y se conduce a los patios donde se almacena temporalmente o se dispone directamente en las mesas de lavado de caña para dirigirla a una banda conductora que alimenta las picadoras.

Picado de caña

Las picadoras son unos ejes colocados sobre los conductores accionados por turbinas, provistos de cuchillas giradoras que cortan los tallos y los convierten en astillas, dándoles un tamaño uniforme para facilitar así la extracción del jugo en los molinos.

Molienda

La caña preparada por las picadoras llega a un tándem de molinos, constituido cada uno de ellos por tres o cuatro mazas metálicas y mediante presión extrae el jugo de la caña. Cada molino está equipado con una turbina de alta presión. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua, generalmente caliente, para extraer al máximo la sacarosa que contienen el material fibroso. Este proceso de extracción es llamado maceración. El bagazo que sale de la última unidad de molienda se conduce a una bagacera para que seque y luego se va a las calderas como combustible, produciendo el vapor de alta presión que se emplea en las turbinas de los molinos.

Pesado de jugos

El jugo diluido que se extrae de la molienda se pesa en básculas con celdas de carga para saber la cantidad de jugo sacaroso que entra en la fábrica.

Clarificación

El jugo obtenido en la etapa de molienda es de carácter ácido (pH aproximado de 5,2), éste se trata con lechada de cal, la cual eleva el pH con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa. La cal también ayuda a precipitar impurezas orgánicas o inorgánicas que vienen en el jugo y para aumentar o acelerar su poder coagulante, se eleva la temperatura del jugo encalado mediante un sistema de tubos calentadores. La clarificación del jugo por sedimentación; los sólidos no azúcares se precipitan en forma de lodo llamado

cachaza y el jugo claro queda en la parte superior del tanque. Este jugo sobrante se envía antes de ser desechada al campo para el mejoramiento de los suelos pobres en materia orgánica.

Evaporación

Aquí se comienza a evaporar el agua del jugo. El jugo claro que posee casi la mitad de la composición del jugo crudo extraído (con la excepción de las impurezas eliminadas en la cachaza) se recibe en los evaporadores con un porcentaje de sólidos solubles entre 10 y 12 % y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55 al 60 %.

Este proceso se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, que consisten en una solución de celdas de ebullición dispuestas en serie. El jugo entra primero en el preevaporador y se calienta hasta el punto de ebullición. Al comenzar a ebullición se generan vapores los cuales sirven para calentar el jugo en el siguiente efecto, logrando así al menor punto de ebullición en cada evaporador. En el proceso de evaporación se obtiene el jarabe o meladura. La meladura es purificada en un clarificador. La operación es similar a la anterior para clarificar el jugo filtrado.

Cristalización

La cristalización se realiza en los tachos, que son recipientes al vacío de un sólo efecto. El material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida. El trabajo de cristalización se lleva a cabo empleando el sistema de tres cocimientos para lograr la mayor concentración de sacarosa.

Centrifugación

La masa pasa por las centrifugas, máquinas agrícolas en las cuales los cristales se separaran del licor madre por medio de una masa centrífuga aplicada a tambores rotatorios que contienen mallas interiores. La miel que sale de las centrifugas se bombea a tanques de almacenamiento para luego someterla a superiores evaporaciones y cristalizaciones en los tachos. Al cabo de tres cristalizaciones sucesivas se obtiene miel final que se retira del proceso y se comercializa como materia prima par la elaboración de alcoholes.

Secado

El azúcar húmedo se transporta por elevadores y bandas para alimentar las secadoras que son elevadores rotatorios en los cuales el azúcar se colocan en contacto con el aire caliente que entra en contracorriente. El azúcar debe tener baja humedad, aproximadamente 0.05 %, para evitar los terrones.

Enfriamiento

El azúcar se seca con temperatura cercana a 60 °C, se pasa por los enfriadores rotatorios inclinados que llevan el aire frío en contracorriente, en donde se disminuye su temperatura hasta aproximadamente 40-45°C para conducir al envase.

Envase

El azúcar seca y fría se empaca en sacos de diferentes pesos y presentaciones dependiendo del mercado y se despacha a la bodega de producto terminado para su posterior venta y comercio.

(http://www.sica.gov.ec/cadenas/Azucar/docs/proceso_produccion.html)

12.3. Subproductos.

Melaza

La melaza es el subproducto (o producto final) de la fabricación o de la refinación del azúcar crudo. Se dice que es incomedible porque no se usa para consumo humano. La melaza está constituida por sacarosa, dextrosa, levulosa, ceras, proteínas, etc. La melaza se emplea para la alimentación animal, como suplemento de otros alimentos, también para producir alcohol, bebidas, aguardientes, vinagre, etc.

Bagazo

Es el residuo fibroso de la caña, que se obtiene después de extraerles el jugo. El bagazo está constituido por: 48.7% de fibra, 49% de humedad y 2.3% de sólidos solubles. El bagazo se utiliza en los ingenios como combustible, para generar vapor requerido en el proceso de industrialización de la caña. (Aguirre, 1987).

12.4. Tipos de azúcares.

El azúcar se clasifica dependiendo de los procesos aplicados a la extracción y el gusto del consumidor:

(http://www.sica.gov.ec/cadenas/azucar/docs/proceso_produc-cion.html)

- **Crudo, mascado o morena:**

Se produce con cristales de tamaño considerable y conserva una película de melaza que envuelve cada cristal.

- **Blanco directo o directo especial:**

Se producen por procesos de clarificación y su producción final se logra en una sola etapa de clarificación.

- **Refinamiento:**

Se cristaliza dos veces con el fin de lograr su máxima pureza.

Otra clasificación de los tipos de azúcares es la siguiente:

- **Estándar:**

Azúcar granulada, refinada para consumo humano.

- **Glass:**

Azúcar en polvo, con contenido de 3% de almidón de maíz para evitar que se aterrone.

- **Líquida:**

Para uso industriales.

- **Blandos:**

Azúcares blandos amarillos y pardos, se clasifican de acuerdo con una serie de normas comerciales (Aguirre, 1987).

12.5. Almacenamiento.

Para el almacenaje se utilizan tolvas de acero, estructuras circulares en sacos (tiende a endurecerse y aterronarse). Cualquier azúcar crudo de la calidad que sea, quedará en mejores condiciones si se almacena a granel que si se envasa en sacos.

Azúcares blandos, suaves, coloreados en pardo y amarillo, que contienen 2 a 5% de humedad no pueden almacenarse en edificios con calefacción, sino en un ambiente fresco y relativamente húmedo para que no pierda su humedad y se endurezcan. El azúcar debe de envasarse en bolsas de plástico impermeable a la humedad (Aguirre, 1987).

XIII. OTRAS FUENTES VEGETALES DE AZUCAR.

13.1. Generalidades.

Otras fuentes que sirven para la obtención de sacarosa o azúcar comercial son: sorgos dulces, arce, palma, miel de abeja, maíz y remolacha.

- Sorgo dulce (*Sorghum vulgare* L.)

Se ha venido introduciendo en los Estados Unidos como una posible cosecha potencial de azúcar. Fue cosechado primeramente para la producción de jarabe (7,570,660 lt anuales), y para forraje. Los intentos iniciales para el uso de sorgos dulces como fuente de azúcar son detenidos por un bajo rendimiento y por problemas en el procesamiento para la obtención del azúcar. El fin del aprovechamiento de los sorgos es: para la producción de azúcar en áreas que no son favorables a la caña y remolacha azucarera.

Aproximadamente 34 ton de sorgo aporta 22 ton de caña utilizable después de haber eliminado las hojas y las puntas. Este material puede producir de 400 a 560 lt de miel.

- Azúcar de arce (*Arce saccharium*)

Hay cerca de 12 especies de Arce en Norteamérica, pero *Arce saccharium* es la mayor fuente de azúcar. Los árboles se perforan antes de la floración para obtener la savia. Los árboles varían grandemente en el rendimiento de savia de la cual se extrae el azúcar con un promedio de rendimiento por árbol de 0.907 kg. La producción anual en los Estados Unidos es cerca de 5,299,462 lt de jarabe, el cual en términos de azúcar, es casi 4,989.49 ton, la savia de Arce es casi del 100% de sacarosa.

- Azúcar de palma (*Phoenix dactylera*)

El azúcar se obtiene de la savia de varias especies de palma en diversas regiones tropicales del mundo. En el este de Asia y Malasia la producción de azúcar de palma es una importante fuente de ingreso para las personas. La savia es colectada por los tallos de flores masculinas y algo de la parte interna de la raíz de la palma, la savia contiene de un 10 al 16% de sacarosa.

- Azúcar de miel de abeja (*Apis mellífera*)

El azúcar de néctar contiene sacarosa. El tratamiento de ésta azúcar da como resultado azúcar comercial. En los Estados Unidos los apicultores obtienen anualmente 113,397.5 ton.

- Azúcar y jarabe de maíz (*Zea mays*)

Estos productos se obtienen de los granos de maíz, su composición química varía de un 60 a 70% de almidón y azúcares. El azúcar del maíz es conocida como Dextrosa en forma granulada, el monto es de 500,000 toneladas anuales en los Estados Unidos.

- Remolacha azucarera o azúcar de betabel (*Beta vulgaris* L.)

Esta planta se utiliza como fuente de azúcar en regiones de clima templado, actualmente se obtiene el 40% de la producción de azúcar de betabel y el 60% de la caña de azúcar en el mundo. Es la principal fuente de abastecimiento de azúcar en Europa Central. La producción de azúcar de remolacha en los Estados Unidos varía de 20,000,000 a 25,000,000 de toneladas producidas en 404,690 ha, a 566,566 ha, producidas en 22 estados. La producción por hectárea es aproximadamente 39.5 a 44.5 ton/ha con un rendimiento aproximado de 2.267 ton de azúcar/ha (Domínguez, 1985)

XIV. CONCLUSIONES.

La importancia de la Producción de la Caña de Azúcar en México, así como el cultivo mismo, es sin duda alguna, una fuente importante en la generación de divisas para nuestro País. Además, la caña de azúcar es de fundamental importancia en la generación de energía y la dieta del hombre y los animales, adquiriendo mediante el consumo, una buena cantidad considerable de calorías que ayudan al hombre en la realización cotidiana de sus actividades, así como la subsistencia como especie.

Desafortunadamente a consecuencia de la aparición de plagas y enfermedades que atacan y afectan al cultivo y de las impurezas que caracterizan la operación de las máquinas, han aumentado las pérdidas que se generan durante el proceso industrial, por la inestabilidad química de los azúcares crudos y mieles. Estas pérdidas se incrementan durante la etapa de almacenamiento de la sacarosa a granel y por el deterioro de las mieles finales.

Por otro lado, la crisis que atraviesa el sector azucarero como consecuencia de las políticas proteccionistas de algunos países y bloques comerciales, la que se intensifica por la aparición de nuevos productos de laboratorio, capaces de subsistir el azúcar (endulcorante). Este hecho se refleja claramente en la sostenida caída de los precios de venta del azúcar, por tal razón es importante hacer el almacenamiento adecuado y óptimo del azúcar, un control de plagas, enfermedades y malezas adecuados, incrementar el número de híbridos resistentes a plagas y enfermedades, el uso de mejores y nuevos insumos especialmente en el aspecto de la fertilización, protección y manejo de la cosecha, así como el uso del agua de riego y el drenaje superficial, que proporcionen mejoría en el rendimiento agroindustrial, reducir el tiempo de entrega de la caña cosechada al batey del ingenio, diversificar la gama de productos del sector mediante la implementación de sistemas alternativos para la producción de energía y combustibles, la producción de alimento animal y de otros derivados. Estos apuntan ventajas comerciales y estrategias que deben ser evaluadas en diferentes contextos macroeconómicos.

La industria azucarera diversificada es definida como un sistema flexible, capaz de reaccionar, variando la correlación entre los volúmenes fabricados de cada producto, a fin de operar siempre en el rango de máxima ganancia. En otras palabras, realizar acciones que conduzcan al éxito de la productividad e incremento de niveles socioeconómicos para nuestro México; acciones que tenemos como responsabilidad los agrónomos llevarlas a cabo para incrementar el índice de productividad del agro mexicano y con esto hacer sentir orgullosa nuestra “alma mater”, así como engrandecer y poner en alto el prestigio de nuestra Universidad.

Este trabajo está integrado por una serie de investigaciones enfocadas a la producción óptima de la caña de azúcar en México, el manejo y manipulación del cultivo hasta la industrialización de la misma con el objetivo de servir a las personas que tienen contacto directo e indirecto con la industria azucarera y estén interesadas en la obtención de información acerca de este cultivo, esperando que sea de gran beneficio y completo agrado.

XV. ANEXOS
GLOSARIO DE TERMINOS REGIONALES APLICADOS A LAS
LABORES DE CAMPO EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR
EN MEXICO.

<i>LABORES</i>	<i>DESCRIPCION</i>
ACAMADA	Se dice así de las cañas “echadas” o inclinadas - por el viento o porque carecieron de cultivos que las mantienen erectas.
ACARREO	Acción de llevar la caña de la parcela al patio del molino. Para el acarreo se usan camiones, carretas cañeras de diferentes capacidades, góndolas de ferrocarril, chalanes, etc.
ALZA	Acción de levantar del suelo la caña cortada, acomodándola en el camión o carreta cañera. Se - puede alzar a mano o con alzadoras mecánicas (cargadoras), cuyo empleo se está extendiendo en muchos ingenios.
ANDADORES O CALLEJONES	Fajas de terreno paralelas o los bordos de riego o drenaje que permiten movilización de maquinaria e implementos.
APORQUE	Cultivo con arado de doble vertedera o con bordadora de discos, que acercan la tierra al hilo - la caña.
BORDEAR	Reforzar con tierra determinados surcos para elevarlos y facilitar el riego rodado o por inundación.

CANAL PRINCIPAL	Canal que conduce el mayor volumen de agua y que alimenta a otros canales que derivan el agua hasta el terreno sembrado de la caña.
CANALIZAR	Hacer la caja o sección en regaderas o canales.
CEPA	Conjunto de tallos y raíces de la planta, que se encuentran anclados y cubiertos por el suelo. Porción del tallos subterráneo de la caña.
CHAPOLEO	Acción de cortar la yerba o maleza a ras del suelo y permite limpiar el terreno que se va a preparar para la siembra; en terrenos planos y libres de piedra puede hacerse con chapeadora (desvastadora) tirada por tractor. En ocasiones este trabajo se efectúa con rastras y tractor incorporando la yerba al suelo.
CORTADILLOS	Se le llama también “sangrías”, se hacen con palas y sirven para dar salida de las parcelas a las aguas de lluvia excedentes de riego.
COSECHA	Acción de cortar la producción de campo cruda o quemada, con machete al ras del suelo, eliminando el follaje y la parte tierna o cogollo. Cuando se verifica mecánicamente, las cortadoras efectúan la cosecha cortando simultáneamente la base y la punta o parte tierna del tallo; pueden también levantarla y entregarla directamente a los camiones o carretas. Para utilizar cosechadoras o alzadoras de caña, es indispensable planear y trazar

la plantación, antes de su establecimiento, trazo que abarata la operación.

CULTIVO

Se aplica este término a diversas labores de campo como aporque, pasos de arado, pasos de cultivadora; la labor consiste en remover la capa superficial del suelo con diferentes implementos mecánicos, separando o acercando tierra a las plantas.

DESENRAICE

Cortar y sacar raíces que quedaron al desmontar; se efectúa con maquinaria o manualmente.

DESMONTE

Quitar, eliminar con machete o maquinaria la vegetación en tierras nuevas o vírgenes que se pretende incorporar al cultivo.

DESPALICE

Sacar fuera del terreno troncos y ramas cortadas al desmontar.

DESTRONQUE

En el cultivo de las socas, este trabajo es el primero que se verifica y consiste en la acción de cortar los trozos de tallo que el cortador deja en el campo al no verificar el corte de la cosecha al ras del suelo. Se lleva a cabo con máquina o manualmente.

DREN

Canal para eliminar los excedentes superficiales e internos del agua de riego o de lluvia.

ESCARDA

Cultivo superficial con cultivadoras de dientes escarificadores cortos o largos, llamados cinceles o

ganchos.

FERTILIZAR

Acción de aplicar el fertilizante antes o después – de la siembra, o durante el cultivo. Siembra de - nutrientes o elementos que utilizará la planta como alimento durante su ciclo vegetativo. Se puede efectuar esta operación con maquinaria o manualmente. La aplicación de fertilizantes en forma líquida o gaseosa, se efectúa con maquinaria diseñadañ especialmente para el efecto.

LIMPIA

Acción que permite eliminar maleza o malas yerbas dentro de la plantación, utilizando maquinaria e implementos adecuados, azadón, machete, pala o coa. Eliminación de malezas entre los surcos de la caña.

LIMPIA DE SEMILLA

Acción de limpiar la semilla quitando vainas y hojas de los tallos. Este trabajo permite seleccionar la semilla, separando las porciones dañadas.

MELGA

Doble surco que divide el campo sembrado; generalmente se establece a 40 metros de distancia. Se usa también como regadera y drenaje interno del campo.

NIVELACION

Emparejar o nivelar pequeñas depresiones del - rreno siguiendo la pendiente natural del terreno.

PICADA

Cortar los tallos de caña en trozos que se utilizarán como semilla. Este trabajo puede efectuarse fuera del campo o en el surco.

PRIMER BARBECHO	Roturación del suelo con arado o con rastra pesada. En agricultura avanzada y terrenos no pesados por su textura no se emplean rastras pesadas para roturar el suelo en sustitución del arado de disco o vertedera.
QUEMA	Terminar de limpiar el terreno quemando los residuos de limpia o desmonte. se aplica también a quemar la caña para dejarla libre de hojas y cortarla para entregarla al molino.
RASPADILLA	Limpiar a mano, con azadón o con pala, las hileras de caña; se usa en caña planta o en socas.
RASTREO	Mullir el suelo con rastra de discos, rastra de ramas, cuadro o rastra de tablón, después del último barbecho.
REGADERA	Surco que se utiliza para conducir el agua de riego dentro del campo.
RESIEMBRA	Acción de sembrar nuevamente en parte de los surcos donde la semilla ha fallado o no ha germinado.
RESOCA	Se usa generalmente el término resoca para la segunda soca o sea caña que va a sufrir su tercer corte; caña que está en su tercer ciclo.
RIEGO	Aplicación del agua por gravedad (riego rodado) o por aspersión, durante el ciclo vegetativo de la

planta.

RIEGO DE ASIENTO	Primera aplicación del agua de riego al terreno recién sembrado. Se puede hacer por inundación, por surco y por melgas o tajos.
SEGUNDO BARBECHO	Remoción o volteo de la tierra con arado o rastra pesada en sentido transversal u oblicuo al primer barbecho.
SEMILLA	Comercialmente se denomina semilla de caña a los trozos de tallo que se colocan en el surco durante la siembra. La semilla verdadera de la caña se desarrolla en la espiga después de la floración del tallo.
SIEMBRA	Colocar la caña entera o en trozos a mano o con máquina dentro del surco.
SOCA	Al cortarse la caña planta, queda en el suelo la cepa que posteriormente emite nuevos tallos y raíces que constituyen la soca. El segundo ciclo o soca es una plantación de caña que va para el segundo corte, cuyo cultivo es semejante al de la plantilla. Al pasar de un ciclo a otro (de un año a otro), va aumentando el número de cortes de caña en la misma área; sucesivamente va pasando a soca (1) (Resoca), soca (2) (Resoca 1), etc., hasta que la permanencia de la plantación deja de ser económicamente costeable en el terreno.

SUBSOLEO	Remover el suelo a una mayor profundidad que – el barbecho. Generalmente ejecutan trabajos de 30 a 80 centímetros de profundidad para mejorar aireación y drenaje interno del suelo.
SURCADO	Trazo del surco con arado abriendo la tierra a <u>am</u> bos lados, para depositar la semilla en el fondo – del mismo.
TAPADA	Acción de cubrir la semilla de caña con tierra - suelta. Se efectúa manualmente o con máquina.
TERCER BARBECHO	Esta labor de movimiento superficial del suelo se efectúa cuando los barbechos anteriores quedaron defectuosos por excesiva humedad o por <u>tex</u> turas muy arcillosas.
VOLTEO	Es la acción de barbechar la parcela para destruir toda la cepa vieja e incosteable, lo que permite – labrar el terreno para volverlo a sembrar.

FICHA TECNICA DE LA CAÑA DE AZUCAR EN PERU

Nombre científico: *Saccharum officinarum*

Familia : Poaceae (Graminaceae)

Centro de origen: Birmania, China e India (Asia Meridional)

Zonas de producción: Costa (Perú)

Epoca de siembra: Enero, Febrero, Marzo

Clima: Tropical, aunque en el Perú se siembra en Subtropical con excelentes resultados

Temperatura óptima: Mayor a 20° C.

Humedad: Necesita agua para desarrollo de yemas nuevas.

Producción :

1er y	2do AÑO	3er y	4to AÑO	5to o	Más
Rto tn caña/ha	Rto tn az./has	Rto tn caña/ha	Rto tn az./has	Rto tn caña/ha	Rto tn az./has
61.000	5.500	48.000	3.840	24.000	1.680

Ciclo de vida: Caña planta 14-18 meses (1ra. cosecha), Caña soca

Tamaño de la planta: De 2 a 4m por año, diámetro de 2 a 6 cm.

Cultivares: H32 - 8560, H32, H37

Tipo de siembra: Estacas

Cantidad de semillas: 7,5 a 8,5 Tn/ha.

Fertilización: Alto rendimiento cuando se aplica nitrógeno dentro de los cuatro primeros meses. Se recomienda:

SISTEMA DE CULTIVO	NITROGENO	PRODUCTO	DOSIS	OBSERVACION
Caña de 1 año (caña planta)	—	—	—	—
Caña más de 1 año (caña soca)	120 Kg/ha/año (Urea 250 Kg/ha)	Urea 46 %	4 Kg/surco 250 Kg/ha	Debe incorporarse (tapado mecanico)

Riegos:

SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	
			DOTACION
SURCO	MÁS ECONÓMICO	MAYOR NECESIDAD DE AGUA	1300 mm anuales (suplementar deficiencia pluviometrica)
ASPERCION	MEJOR DISTRIB.	MUY COSTOSO	IDEM

Suelos: Optimo: suelo franco, PH=7, buen drenado y profundo. La caña se adapta bien a distintos tipos de suelos.

Distanciamiento : 1,5 m entre tallos y surcos

Profundidad: 0,4-0,5 m

Brotamiento: 15-30 días después de la siembra (caña planta), inmediatamente después del corte (caña soca).

Control de malezas: Uso de herbicidas

Momento de aplicación: Pre cosecha: Duiron, Post cosecha: Linuron , Pre,Post: Ametrina, atrazina, metriburin ,

Plagas y control: *Diatraea Saccharales Fabricus* , Control: Recolección de corazones muertos, captura de adultos con *Diatrea*.

Momento de Cosecha: Caña planta: 21 meses, Caña soca 15-18 meses

Deterioro: Pérdida de peso por sesamiento desde el momento de ser cortada (1% día), pérdida de azúcar (sacarosa), puede oscilar entre 1-8% diario en condiciones climáticas normales.

Enfermedades y control:

- Roya: La mayoría de las variedades donadas por GEPLACEA al Perú, son inmunes y otras resistentes.
- Pudrición roja del tallo: La variedades H32-8560, H37-1933 son resistentes.
- Mosaico de la caña: H32-8560 es resistente

LOCALIZACION	NOMBRE COMUN	TIPO	AGENTE CAUSAL	SINTOMA	CONTROL
Hoja	Roya	Hongo	Puccinia Melanocephala	Pustulas color errumbre	Variedades resistentes
Hoja y Brote	Polvillo	Bacteria	Xanthomonas Rubilineans	Rayas rojas y muerte brote guia	IDEM
Hoja y tallo	Escaldadura	Bacteria	Xantomonas Albillineans	Estrias blancas y muerte de tallo	IDEM
Hoja	Mosaico	Virus	Mosaic Virus	Clorosis de hoja	IDEM
Brote	Carbón	Hongo	Ustilago Scitaminea	Latigo y polvillo de carbón	IDEM
Brote y tallo	Raquitismo	Virus	Ratoon Stunting Disease	Enanismo de cepas de más de 1 año	IDEM

(<http://www.lamolina.edu.pe/negocios/Bases/FICHAcn.html>)

XVI. BIBLIOGRAFÍAS.

- Aguirre, I.F. 1987. Monografía, Cultivo de la Caña de Azúcar y sus Principales Variedades . UAAAN. pp. 87-92,98.
- Benvenuti, G.J.A. 1981. Pruebas de adaptación y rendimiento de 14 variedades - de caña de azúcar para el área de influencia del ingenio “Hermenegildo Galeana” de Tenocique, Tabasco. Tesis Profesional. UAAAN. pp. 1,7,8,9-12.
- Cabrera, A.F. 1944. Monografía del Estado de Morelos relacionada con el cultivo - de la caña de azúcar en el Distrito Zacatepec. Tesis Profesional. --- UACH. México. pp. 53,54,85.
- Domínguez V.M.A. 1985. Monografía, Producción e Industrialización de la Caña -- de Azúcar. UAAAN. pp. 113, 114, 123-125.
- FAO, 1980. Anuario de producción. Preparado en la Dirección de Estadística. De- partamento de Política Económica y Social. Vol. 34. pp. 167-168.
- FAO, 1996. Cumbre Mundial Sobre Alimentación. Vol 1. pp. 34.
- García, E. A. 1973. Manual de Campo en Caña de Azúcar. Serie de Divulgación - Técnica. IMPA (Instituto para el Mejoramiento de la Producción de -- Azúcar). Libro No. 3. Editado en el Departamento de Publicaciones - del IMPA en México. pp. 13-16,23-35,40-46,87-103,134-142.
- Humbert, R.P. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. Trad/Inglés. México. 1ª Edi- ción. Ed. Continental, S.A. pp. 51,333,409,410,495,497-501.
- Martín O,J.R. 1987. La Caña de Azúcar en Cuba. Impreso en Cuba. Editorial Cien- tífico-Técnica. La Habana, Cuba. pp. 45-50,203-206,221-235,472- 492,553-559.

- Monsivais, S.A. 1946. Caña de azúcar. Tesis Profesional. UAAAN. pp. 14-17,19,20.
- Ochse, J.J. 1982. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y Subtropicales/ Trad/Inglés/Editorial Limusa,S.A. Quinta reimpresión. 2: pp.1291-1296,1298-1300,1310-1314,1328-1332.
- Quiñones, H.A. 1979. Estudio del cultivo de la caña de azúcar. Tesis Profesional. – UAAAN. pp. 9-16,20.
- Sánchez, N.F. 1972. Materia Prima: Caña de Azúcar. Impreso en Talleres Larios e Hijos , impresores, S. A. 1ª. Ed. México. Porrúa Hnos. y Cía. S. A. pp. 3,4,9,14,15-17,19,20,140-142.
- Sánchez, N.F. 1992. Materia Prima: Caña de Azúcar. Impreso en México. Cía. Editorial del Manual Azucareo, S. A. de C.V. México. pp. 1-3,6,20,28-30, 36,597-615.
- SARH-DGEA. 1982. Ecotecnia. Secretaría de Agricultura y Operaciones. La Producción Agropecuaria y Forestal en el Mundo y la Participación de México. VI. 7, México D.F. pp. 107,108.
- SEP, 1983. Cultivos de Plantación. Dirección General de Educación Tecnológica y Agropecuaria. Ed. Trillas, S. A. México, D.F. pp.63,64,67,70-72,74-76.
- Traub, D. 1981. Agricultura de la Américas. Cosecha más precoz y uniforme con Reguladores de crecimiento vegetal (revista mensual) Intertec Publishing Corp. Overland Pok Kansas. EUA. Año 30, No.12. pp. 40,41, 56.

Valdez, T.L. y E. Roque, 1980. Ciencia y Tecnología en la Agricultura. Caña de --
Azúcar . Instituto de la Investigación de la Caña de Azúcar. Academia
de Ciencia de Cuba. Influencia de la edad de la semilla en la germina
ción y desarrollo de la variedad Ja 60-5. pp. 114,116.

_____. 1985. Estadísticas azucareras. México, D.F. pp. 3,40-44.

INTERNET:

<http://www.iedar.org/azúcar/historia.htm>

<http://www.cali.cetcol.net.col~feparafaleaozazuc.html>

http://www.sica.gov.ec/cadenas/azúcar/does/proceso_producción.html

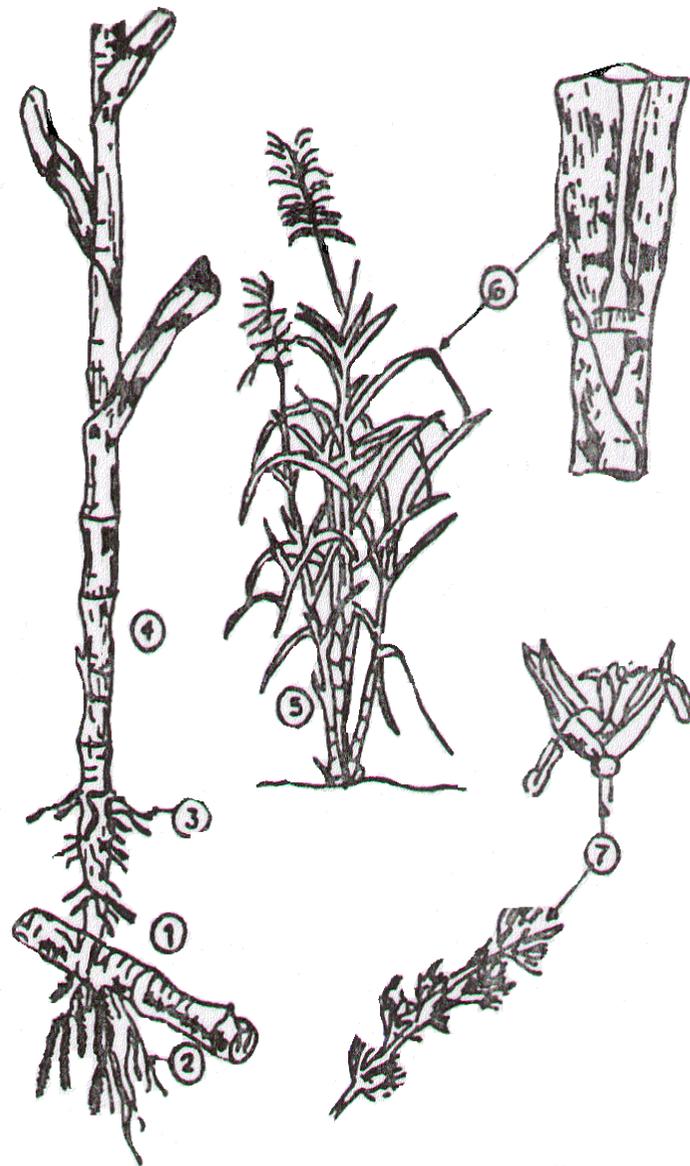


Fig. 1. Características morfológicas y anatómicas. (SEP, 1983).

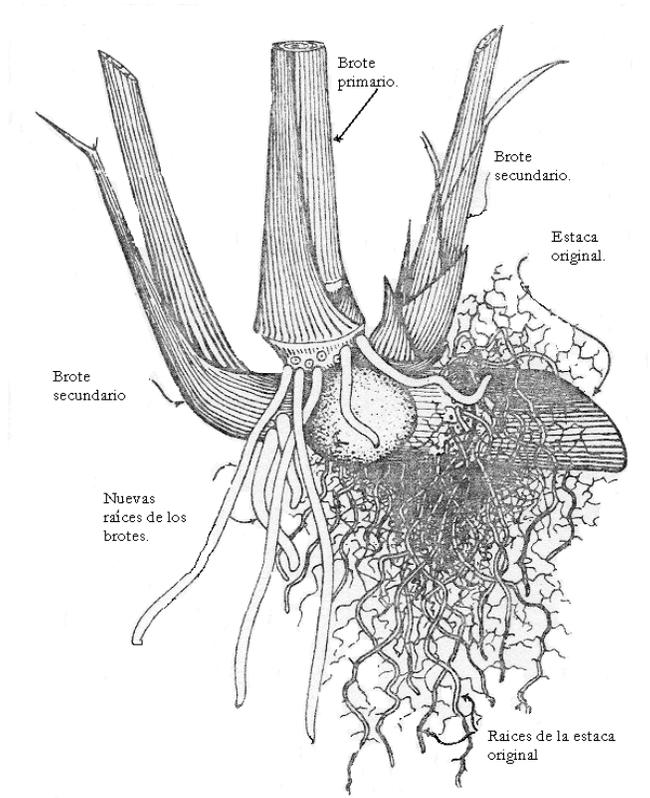


Fig. 2. Cuando una estaca de caña se siembra se desarrollan nuevos tallos de las yemas laterales y crecen raíces de la banda de la raíz. Después se desarrollan del tallo primario tallos de los varios órdenes y raíces de los brotes (Según Martin).

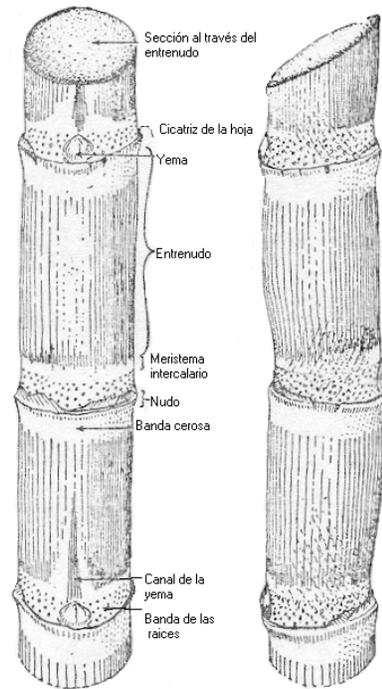


Fig. 3. El tallo de la caña (según Martin).

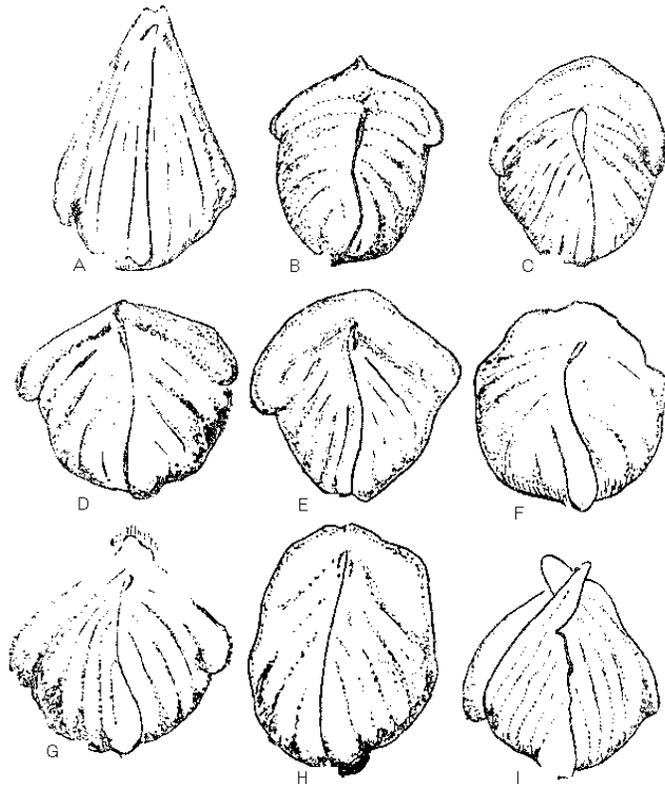


Fig. 4. Diferentes tipos de yemas: A, triangular; B, oval; C, abovada; D, pentagonal; E, romboide; F, redonda; G, ovada; H, rectangular; I, picuda (según Arstchwager).