



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS VERACRUZ**

**POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES**

**EVALUACIÓN AGROINDUSTRIAL DE VARIEDADES  
DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN  
EL INGENIO EL MODELO, ÚRSULO GALVÁN,  
VERACRUZ**

**DANIEL ROLANDO MARTÍNEZ TORRES**

## **TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**

MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2009.

La presente tesis, titulada: **Evaluación Agroindustrial de Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el Ingenio El Modelo, Úrsulo Galván, Veracruz**, realizada por el alumno: **Daniel Rolando Martínez Torres**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO**

---

*DR. Cesáreo Landeros Sánchez*

**ASESOR**

---

*DRA. Alejandra Soto Estrada*

**ASESOR**

---

*DR. Gustavo López Romero*

**ASESOR**

---

*MC. Bladimir Vela Lara*

**Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, a 13 de Julio de 2009.**

## DEDICATORIA

La presente tesis representa un parteaguas entre una etapa muy enriquecedora y el camino que el tiempo obliga. En toda la experiencia de estudios de postgrado y la conclusión del trabajo de tesis, viví una vida llena de problemas, con triunfos y fracasos, que no son nada comparado con los problemas que tuvo que afrontarse mi padre para lograr que mi vida empezase.

Es por ello que mi padre, entre muchas personas, ha sido el principal alentador quien tan sólo con sus recuerdos se ha convertido en el motor de impulso y motivación para concluir esta fase tan trascendental en mi vida.

Por lo anterior, dedico *in memoriam* la presente tesis con todo mi amor, cariño y recuerdo a mi señor padre, el **MC. Rolando Martínez Cervantes** <sup>†</sup> que en paz descansa. Gracias papá, he cumplido.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente quiero darle gracias a Dios por permitirme haber llegado hasta aquí con vida, porque sin darme cuenta siempre me ha colmado de bendiciones, a través de las cuales me ha demostrado su inmenso amor y misericordia. GRACIAS DIOS!;

A Karina, mi esposa, porque sin duda alguna es el motor que me impulsa día a día, porque desde que la conocí ha estado conmigo en todo momento sin importar las circunstancias. Gracias Karina por creer en mí, por tu amor y apoyo incondicional;

A mis padres por ser la fuente de inspiración para superarme. Gracias por su cariño, por su apoyo y consejos que han orientando mi vida. Gracias mamá, te amo;

A mis hermanos, quienes siempre han estado dispuestos a ayudarme en el desarrollo de mi vida y mis estudios. Gracias Beto, Gracias Vicky!;

A mi familia en general por confiar en mí, por quererme como lo hacen, gracias;

Al Dr. Cesáreo Landeros Sánchez, mi consejero de tesis, quien sin lugar a duda fue pieza clave para la culminación de este proyecto tan importante en mi vida. Mil gracias, DIOS LO BENDIGA!;

A mis asesores de tesis, la Dra. Alejandra Soto Estrada, Dr. Gustavo López Romero y M.C. Bladimir Vela Lara, quienes siempre me aportaron atinadas sugerencias y correcciones que fueron de gran utilidad para concluir este trabajo. Gracias a todos!;

Al Ing. Sabas Gómez Cruz, Superintendente Técnico de Campo del Ingenio El Modelo, quien siempre me proporcionó la información y ayuda solicitada. Gracias Inge por su valiosa colaboración!;

Al M.C. Juan Carlos Moreno Seceña, mi amigo, quien siempre me brindó su apoyo y ayuda incondicional dentro y fuera de las aulas de clases. Gracias Seceñas!;

A mi amigo Juan Manuel, quien siempre estuvo disponible para ayudarme en actividades relacionada con mi trabajo. Gracias Manuel;

A “el morro” y “doña oli”, quienes siempre estuvieron atentos a mis peticiones y favores relacionados con mis estudios de postgrado;

Al Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario No. 17 bajo la dirección del Ing. Víctor Manuel Arroyo. Gracias por todas las facilidades otorgadas;

Finalmente, a los millones de mexicanos (as) que pagan impuestos, quienes, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Colegio de Postgraduados, han financiado parte de mi formación. MUCHAS GRACIAS!

## CONTENIDO

	PÁGINA
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	xi
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	xii
<b>RESUMEN</b>	xiv
<b>ABSTRACT</b>	xv
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1. Importancia del agroecosistema con caña de azúcar	2
1.2. Requerimientos edafoclimáticas de la caña de azúcar	4
1.3. Principales plagas y enfermedades en caña de azúcar	5
<b>2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</b>	6
2.1. Definición del problema de investigación	7
<b>3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b>	9
3.1. Teoría general de sistemas	9
3.2. Enfoque de sistemas y agroecosistemas	11
3.2.1. El estudio dentro del contexto de agroecosistemas	14
3.3. Variedades de caña de azúcar en México	16
3.4. Deterioro de las variedades de caña de azúcar	17
3.5. Mejoramiento genético de la caña de azúcar	18
3.5.1. Banco de germoplasma	19
3.5.2. Métodos de cruzamiento	21

3.5.3. Metodología para la selección de variedades	21
3.6. Manejo de un semillero	22
<b>4. HIPÓTESIS</b>	<b>24</b>
4.1. Hipótesis general	24
4.2. Hipótesis específicas	24
<b>5. OBJETIVOS</b>	<b>25</b>
5.1. Objetivo general	25
5.2. Objetivos específicos	25
<b>6. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>26</b>
6.1. Localización geográfica del área de estudio	26
6.2. Características del área de estudio	27
<b>7. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>28</b>
7.1. Materiales	28
7.2. Métodos	28
7.2.1. Diseño experimental	28
7.2.2. Descripción de los tratamientos	29
7.2.3. Variables de respuesta	31
7.2.3.1. Germinación	31
7.2.3.2. Población de tallos	31
7.2.3.3. Medición de altura	31
7.2.3.4. Medición del diámetro	31
7.2.3.5. Sanidad	31
7.2.3.6. Rendimiento de campo	32

7.2.3.7. Brix en campo	32
7.2.3.8. Análisis de laboratorio	32
7.2.3.9. Análisis estadístico	33
<b>8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>34</b>
8.1. Ciclo planta	34
8.1.1. Germinación	34
8.1.2. Rendimiento en campo	35
8.1.3. °Brix en campo	36
8.1.4. Análisis de laboratorio	37
8.2. Ciclo soca	39
8.2.1. Población de tallos	39
8.2.2. Altura de tallos	40
8.2.3. Diámetro de tallos	41
8.2.4. Sanidad	42
8.2.5. Rendimiento en campo	45
8.2.6. °Brix en campo	46
8.2.7. Análisis de laboratorio	47
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>50</b>
<b>10. RECOMENDACIONES</b>	<b>52</b>
<b>11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>
<b>12. ANEXOS</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición química de la caña de azúcar.	3
Cuadro 2. Tratamientos establecidos en la evaluación agroindustrial de caña de azúcar en los ciclos de planta y soca.	30
Cuadro 3. Porcentaje de germinación de las variedades de caña de azúcar medido a los 30 días después de la siembra del ciclo planta 2006-2007.	34
Cuadro 4. Rendimientos medios en campo de las variedades de caña de azúcar en el ciclo planta 2006-2007.	35
Cuadro 5. Grados Brix en campo de las variedades de caña de azúcar en el ciclo planta 2006-2007.	37
Cuadro 6. Variables industriales de las variedades de caña de azúcar medidos en el ciclo planta 2006-2007.	37
Cuadro 7. Medias comparativas del número de tallos molederos en el ciclo soca 2007-2008.	39
Cuadro 8. Valores medios de altura de tallos molederos en el ciclo soca 2007-2008.	40
Cuadro 9. Valores medios del diámetro de tallos molederos en el ciclo soca 2007-2008.	42

Cuadro 10. Incidencia de plagas observada a la edad de 6 y 9 meses en las variedades de caña de azúcar en el ciclo soca 2007-2008.	43
Cuadro 11. Incidencia de enfermedades observada a la edad de 9 y 12 meses en las variedades de caña de azúcar en el ciclo soca 2007-2008.	44
Cuadro 12. Rendimientos medios en campo de las variedades de caña de azúcar en el ciclo soca 2007-2008.	45
Cuadro 13. Grados Brix en campo de las variedades de caña de azúcar en el ciclo soca 2007-2008.	47
Cuadro 14. Variables industriales de las variedades de caña de azúcar medidos en el ciclo soca 2007-2008.	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución porcentual de la producción de caña de azúcar entre los principales Estados productores de México (COAAZUCAR 2005).	2
Figura 2. Componentes principales del agroecosistema con caña de azúcar.	10
Figura 3. Enfoque integral del agroecosistema con caña de azúcar en la zona de influencia del Ingenio El Modelo.	15
Figura 4. Transmisión de cromosomas entre un clon noble y uno silvestre (nobilisación).	19
Figura 5. Ubicación geográfica del área de estudio.	26
Figura 6. Distribución de tratamientos en el área de estudio.	29

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
Anexo 1. Propiedades físico-químicas del suelo del área experimental utilizada en este estudio.	59
Anexo 2. Genealogía de algunas variedades estudiadas.	60
Anexo 3. Análisis de varianza del rendimiento en campo medido en las variedades de caña de azúcar en el ciclo planta 2006-2007.	61
Anexo 4. Análisis de varianza de la población de tallos molederos encontrados a los 12 meses de edad en el ciclo soca 2007-2008.	61
Anexo 5. Análisis de varianza de la altura medida a los 12 meses de edad en el ciclo soca 2007-2008.	61
Anexo 6. Análisis de varianza del diámetro medido a los 12 meses de edad en el ciclo soca 2007-2008.	62
Anexo 7. Análisis de varianza del rendimiento en campo medido en el ciclo soca 2007-2008.	62
Anexo 8. Precipitación pluvial registrada en la estación climatológica del C.B.T.a No. 17 en el ciclo planta 2006-2007.	62
Anexo 9. Precipitación pluvial registrada en la estación climatológica del C.B.T.a No. 17 en el ciclo soca 2007-2008.	63

Anexo 10. Evapotranspiración registrada durante los años 2005 al 2008.	63
Anexo 11. Temperatura promedio anual registrada durante los años 2005 al 2008.	63
Anexo 12. Humedad relativa registrada durante los años 2005 al 2008.	64

## RESUMEN

Se realizó la evaluación agroindustrial de 12 variedades de caña de azúcar en los ciclos de planta y soca, con el propósito de identificar y seleccionar las más sobresalientes de acuerdo a parámetros productivos. Estos materiales fueron proporcionados por el Ingenio El Modelo y se establecieron en el campo experimental del Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario No. 17 (C.B.T.a No.17). Esta investigación se desarrolló considerando algunos lineamientos metodológicos generados por el extinto Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA), sobre la evaluación agroindustrial de nuevas variedades. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, en el cual los tratamientos fueron las variedades. En el ciclo planta se midieron los variables siguientes: % de germinación, grados brix en campo, rendimiento en campo ( $t\ ha^{-1}$ ), % de sacarosa, % de fibra, % de humedad y % de azúcares reductores; mientras que para el ciclo soca las variables fueron: población de tallos, altura de planta, diámetro de tallo, sanidad, grados brix en campo, rendimiento en campo, % de sacarosa, % de fibra, % de humedad y % de azúcares reductores. Para el ciclo planta, el análisis de varianza de las variables medidas no mostró diferencias significativas entre las variedades ( $P \leq 0.05$ ). En el ciclo soca se encontraron diferencias significativas y las variedades L 73-65, Mex 91-662, Mex 69-290 (testigo), MY 55-14, Mod Mex 93-404, CP 72-2086 (testigo) y Mod Mex 93-412 fueron las que presentaron mayores rendimientos en campo con 178, 171, 168, 166, 156, 155, 154  $t\ ha^{-1}$  respectivamente. Estos rendimientos están por arriba del rendimiento medio regional y de aquellos de los testigos incluidos en este estudio. Por lo que estas variedades representan una gran alternativa de diversificación para las zonas cañeras del Estado de Veracruz. Se destaca que las variedades L 73-65 y Mex 91-662 mostraron los mejores rendimientos de campo y porcentajes de sacarosa en estos dos ciclos de producción estudiados.

**Palabras clave:** Caña de azúcar, variedades, evaluación, sacarosa.

## ABSTRACT

An agroindustrial evaluation of twelve varieties of sugar cane was carried out during the sprouting and plant cycles, in order to identify and select the more outstanding ones according to some productive parameters. These varieties were provided by the sugar factory “El Modelo” and sowed on the experimental field of the high school “Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario No. 17 (C.B.T.a No.17)”. This research was done taking into account some methodological guidelines generated by the extinct “Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA)”, about the agroindustrial evaluation of new varieties. A complete random block experimental design was used having three replicates, in which the treatments were the varieties. For the plant cycle, the following variables were measured: % of germination, Brix degrees at field, yield ( $t\ ha^{-1}$ ), % of sucrose, % of fiber, % of moisture content and % of reducer sugars; whereas for the sprouting cycle the variables were: stems population, plant height, stem diameter, sanitary aspects, Brix degrees at field, yield ( $t\ ha^{-1}$ ), % of sucrose, % of fiber, % of moisture content and % of reducer sugars. The variance analysis of the measured variables for the plant cycle did not present significant differences between varieties ( $P \leq 0.05$ ). On the other hand, in the sprouting cycle significant differences were found and the varieties L 73–65, Mex 91–662, Mex 69-290 (reference treatment), MY 55-14, Mod Mex 93-404, CP 72-2086 (reference treatment) and Mod Mex 93-412 showed the higher yields at field, with 178, 171, 168, 166, 156, 155, 154  $t\ ha^{-1}$  respectively. These yields appeared to be over the mean regional yield and over those of the reference treatments included in this study. Thus, these varieties represent a great alternative of diversification of the sugarcane zones of the state of Veracruz. It is stressed that L 73-65 and Mex 91-662 varieties showed the best yields and sucrose percentages for the two productive cycles considered here in.

**Key words:** Sugar cane, varieties, evaluation, sucrose.

## 1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una gramínea tropical, originaria de la isla de Nueva Guinea, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, el cual al ser extraído y cristalizado en el Ingenio, forma el azúcar. Ésta, es uno de los productos más consumidos en el mundo (FAO, 2005), debido a que es un componente importante de la dieta alimenticia de la población. En muchos países de Latinoamérica y Asia, el cultivo de caña de azúcar juega un papel importante en la generación de empleos y fuente de ingresos para un grupo amplio de la población.

Sin embargo, uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de éste y, en consecuencia, la industria azucarera, es la poca disponibilidad de variedades resistentes a plagas y enfermedades, y que además presenten buena adaptación al ambiente donde se cultivan y, por supuesto, altos rendimiento en campo y fábrica. Por lo que es conveniente que cada Ingenio cuente con un programa de mejoramiento genético que proporcione una diversidad de variedades de caña de azúcar, con características de resistencia a los factores bióticos y abióticos antes mencionados y con buen rendimiento, ya que con el paso del tiempo, las variedades actualmente usadas presentan características desfavorables, debidas en parte a componentes genéticos y ambientales. Entonces, hasta en tanto no opere ese programa de mejoramiento genético, la búsqueda de nuevas variedades parece ser el único camino para resolver la productividad del campo cañero.

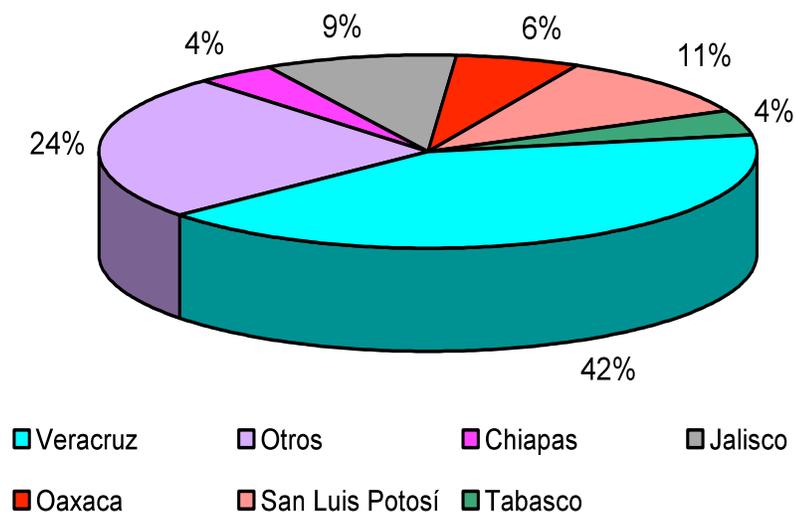
La productividad del cultivo caña de azúcar depende fuertemente de las características de las variedades en producción, esto es, del material genético (Rubio, Sánchez, 1997; Zerega *et al.*, 2002). Por esta razón, la evaluación y selección de variedades debe ser un proceso sistemático y permanente que garantice la disponibilidad de nuevos y mejores genotipos que presenten buena adaptación regional y resistencia a plagas y enfermedades. Estos pueden emplearse en la agroindustria cañera, ya sea con fines de sustitución o diversificación.

Por lo anterior, el propósito de este estudio fue evaluar las características agronómicas e industriales de un banco de variedades de caña de azúcar, proporcionado por el Ingenio El Modelo de Cd. Cardel, Veracruz.

### 1.1. Importancia socioeconómica del agroecosistema con caña de azúcar

La producción mundial de azúcar en el año 2007 fue de 147 millones de toneladas. México aportó el 3.8% de esta producción y ocupó el sexto lugar dentro de los principales países productores del mundo (PRONAC, 2007).

En nuestro país, la caña de azúcar se siembra en 15 Estados, principalmente a lo largo de las costas del Océano Pacífico y del Golfo de México. En la Figura 1 se muestra la producción de los principales Estados productores (Salgado *et al.*, 2003a).



**Figura 1.** Distribución porcentual de la producción de caña de azúcar entre los principales Estados productores de México (COAAZUCAR 2005).

El Estado de Veracruz ha sido el principal productor de caña de azúcar, al contar con 22 Ingenios azucareros de los 57 que tiene el país. Su producción representa el 34% de la producción total nacional.

En el año 2003, el rendimiento promedio de caña de azúcar en éste Estado fue de 72 t ha<sup>-1</sup> y su tendencia es a la alza, con una tasa de crecimiento de 2.87% con respecto a la obtenida en el 2002. Para el año 2005, el rendimiento promedio fue de 75.65 t ha<sup>-1</sup> con una superficie cosechada de 265073.10 ha y una producción total de 19852453.42 t, lo que resultó en una derrama económica de acuerdo al valor de su producción de 7058 millones de pesos (SAGARPA, 2005). Sin embargo, en el Estado, existen regiones donde el rendimiento promedio es alrededor de 100 t ha<sup>-1</sup>, como es el caso del Distrito de Riego 035 La Antigua, cuya superficie de riego conforma la zona de abasto de los Ingenios La Gloria y El modelo, donde se realizó este estudio.

Por lo anterior, y debido a que el área donde se estableció el estudio es una zona considerada de riego, el agua juega un papel muy importante en la productividad del cultivo de caña de azúcar, ya que interviene directamente en el proceso de síntesis de azúcares. En el Cuadro 1 se describe la composición química de la caña de azúcar (Hernández *et al.*, 1999).

**Cuadro 1.** Composición química de la caña de azúcar.

<b>CONTENIDO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Agua	73%
Azúcar	13.5% (sacarosa, dextrosa, levulosa)
Fibra	12% (celulosa, lignina, pentosana)
Cenizas	0.5% (Óxidos Si, K, Na, Ca, Fe, P, S)
Cuerpos de N	0.40 %
Grasas y ceras	0.20 %
Ácidos libres	0.08% (málico, succínico, etc.)
Ácidos combinados	0.12%
Pectinas (gomas)	0.20%

## 1.2. Requerimientos edafoclimáticos de la caña de azúcar

La caña de azúcar se cultiva en diferentes condiciones ambientales, que van desde el nivel del mar hasta una altitud de 1200 m.s.n.m. La temperatura, la humedad y la luz son los principales factores que inciden en su desarrollo. El rango de temperatura óptima de germinación es de 32 a 38°C, mientras que para el desarrollo y absorción de nutrimentos es de 27°C; a temperaturas menores de 21°C el crecimiento disminuye. La necesidad de precipitación del cultivo oscila entre 1500 a 2500 mm anuales. La luminosidad, la intensidad y la duración del día, están directamente relacionadas con la síntesis y acumulación de sacarosa (Salgado *et al.*, 2003a). Durante el invierno la caña retrasa su desarrollo, aproximadamente un tercio respecto al que ocurre en el verano; este retraso se debe a la reducción de insolación, ya que en invierno los días son más cortos y, consecuentemente, hay menos horas-luz.

Algunos de los factores edafológicos más importantes que deben considerarse para cultivar caña de azúcar son: profundidad, pendiente y relieve. El 85% de las raíces de la caña de azúcar se concentran en los primeros 60 cm de profundidad y de una octava a una novena parte de los pelos radicales se desarrollan en los primeros 30 cm alrededor de la planta. Esta característica le permite crecer satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, aunque los más adecuados son los de textura franca o franco-arcillosa, bien drenados, y los suelos aluviales de textura mediana. El cultivo tolera un amplio rango de acidez y alcalinidad del suelo, obteniéndose altas producciones en suelos con pH entre 5 y 8; pH cercanos o menores de 4.5 se convierten en un factor limitante de la producción. Además, requiere suelos con alta fertilidad por ser un cultivo que extrae grandes cantidades de nitrógeno y potasio (Humbert, 1968; Fauconnier y Bassereau, 1975; Hernández *et al.*, 1999).

Los suelos con escasa o pendiente poco uniforme presentan mal drenaje, por lo que es necesario tengan condiciones que les den buen drenaje interno. Los suelos con pendientes excesivas son susceptibles a la erosión y arrastre de nutrimentos y por lo

general no se prestan a su nivelación. Los suelos de superficie irregular no son recomendables, ya que por lo general los costos de producción tienden a incrementar por la dificultad en el uso de la maquinaria agrícola principalmente.

### **1.3. Principales plagas y enfermedades en caña de azúcar**

A nivel nacional, las principales plagas de la caña de azúcar en orden de importancia económica son: La mosca pinta *Aeneolamia postica* (Walker), la rata de campo *Sigmodon hispidus*, la tuza *Orthogeomys hispidus* y los barrenadores del tallo *Diatraea* spp. De igual manera existen patógenos que atacan a este cultivo; entre ellos están: El carbón del tallo, ocasionado por el hongo *Ustilago scitaminea*, la escaldadura de la hoja, causada por la bacteria *Xanthomonas albilineans*, y la roya causada por el hongo *Puccinia melanocephala*. La prevención y control de la mayoría de las enfermedades se logran actualmente mediante la selección de variedades resistentes, realización de labores culturales o con la aplicación de plaguicidas (Sánchez 1997; Salgado *et al.* 2003a).

## 2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA EN MÉXICO

La caña de azúcar es un cultivo de importancia económica y social en México por ser una fuente generadora de más de 450 mil empleos directos en de 227 municipios de 15 Estados del país; beneficiándose directamente 2.2 millones de mexicanos (PRONAC, 2007). Actualmente en México existen 57 Ingenios azucareros en los cuales se industrializa la producción de 664 mil ha aproximadamente; de éstas, el 60.8% es de temporal y el 39.2% de riego. Veracruz cuenta con el 40% de estos Ingenios, siendo el principal Estado productor de este cultivo.

El material de propagación generalmente procede de campos comerciales que no han recibido un manejo fitosanitario y nutricional adecuado, lo cual es un requisito indispensable en la preparación de semilleros; además, no se ha empleado semilla con la edad requerida para su siembra.

El resultado de lo anterior, es que las siembras establecidas con este tipo de material se inician con fallas de germinación que se reflejarán en la población final de tallos molederos. Los esquejes infestados con taladradores (*Diatraea* spp.) pueden transmitir la plaga a nuevas plantaciones locales y a otras regiones. Asimismo, se fomenta, como de hecho ha sucedido, la diseminación de enfermedades virales, bacterianas como la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), el raquitismo de las socas (*Clavibacter xily*) y fungosas como el carbón de la caña de azúcar (*Ustilago scitaminea*) (González, 1986).

Es indiscutible que todos estos y otros factores, originados por la mala calidad del material vegetativo que se utiliza para la siembra, causan una reducción significativa de la productividad de este cultivo.

Las variedades son la columna vertebral de este cultivo, ya que garantizan en un 50% el volumen de la producción total, el otro 50% es el resultado de la influencia del resto de los factores que intervienen en este proceso. Sin embargo, estas variedades

enfrentan un proceso de degeneración genética inevitable que eventualmente resulta en la vulnerabilidad de éstas a la presencia de plagas y enfermedades, acame, deterioro de cepas, reducción de la capacidad de amacollamiento y sequía.

La ausencia o falta de un buen semillero de caña de azúcar es, entre otras, indiscutiblemente una de las principales causas por las que no se ha dado la renovación de las actuales variedades en los Ingenios. Por lo tanto un semillero bien establecido podría considerarse una base para una plantación de caña de azúcar rentable (Victoria *et al.*, 1997).

Como consecuencia de la reactivación de la industria azucarera, se percibe el interés de los cañeros por mejorar la productividad del cultivo. Así, se observa que en algunas parcelas, con rendimientos bajos, se están adquiriendo nuevas variedades. Sin embargo, es preocupante el hecho de que apenas en una fracción muy pequeña de estas áreas renovadas y de las que se están sembrando, se utilice material de propagación de buena calidad.

La utilización de material vegetativo de buena calidad, aunque inicialmente puede ser más costoso, se traducirá indudablemente en mayores beneficios económicos para el agricultor, ya que además de mejorar los rendimientos por unidad de superficie, extiende la vida útil de la plantación.

## **2.1. Definición del problema de investigación**

Como consecuencia de que el Instituto de Mejoramiento para la Producción de Azúcar (IMPA) clausuró sus trabajos de mejoramiento genético en 1990, se hace evidente que a partir de 1991 la introducción de variedades comerciales se ha estancado, reduciéndose la diversidad genética disponible. Esto indica que los productores cañeros dependen altamente de un número reducido de variedades disponibles y, además, algunas de las que actualmente se cultivan no presentan buena productividad ni se adaptan plenamente a las diferentes condiciones edafoclimáticas de las distintas

regiones cañeras del país, tornándose susceptibles a plagas y enfermedades. Este efecto es muy marcado en las regiones cañeras del Estado de Veracruz. Asimismo, la falta de semilleros con buen programa de manejo, la falta de agua, la compactación del suelo por el uso de maquinaria pesada, los altos costos de cosecha por falta de mano de obra, los insumos costosos, la influencia de Ingenios y asociaciones, así como cambios desfavorables en las condiciones de suelo y clima causan bajos rendimientos del cultivo de caña de azúcar en campo como en fábrica.

Con base en lo anterior, el problema de investigación podría enunciarse en la pregunta siguiente: ¿Es la falta de evaluación agroindustrial de los nuevos materiales genéticos de caña de azúcar liberados, uno de los factores que influyen en la baja diversidad genética de variedades y, en consecuencia, de la baja productividad del campo cañero de la zona centro de Veracruz?

### **3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

#### **3.1. Teoría General de Sistemas**

El presente trabajo se integró bajo un enfoque de sistemas, que de acuerdo con Hart (1980), se define como el arreglo de componentes físicos, unidos o relacionados de tal manera que forman una unidad o un todo, lo que significa que tienen las características de estructura y función.

La teoría general de sistemas es útil para detectar interrelaciones entre componentes sean éstos objetos, ideas, funciones y procesos como parte de un sistema integrado (Whittow, 1988). Esta teoría se formuló para aplicar el mismo marco a todas las ciencias, siempre y cuando se trate de sistemas (Kingston, 1993). El principal objetivo de esta teoría es subsanar la situación de que mientras más se divide la ciencia en subgrupos y menor sea la comunicación entre disciplinas, mayor es la probabilidad de que el crecimiento del conocimiento se reduzca por la pérdida de comunicación relevante (Johansen, 1994).

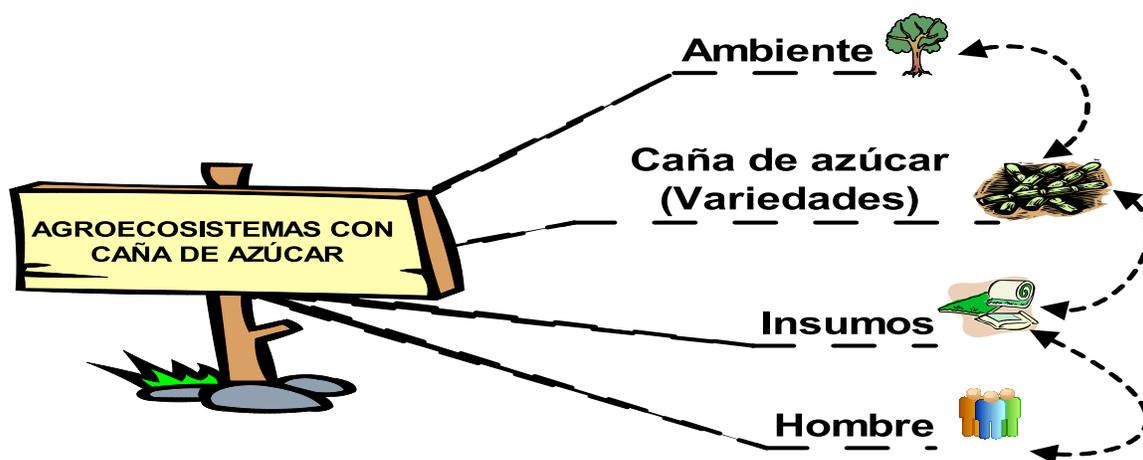
Chiavenato (1994) definió desde el punto de vista práctico, al sistema como un conjunto de elementos dinámicamente relacionados, con un objetivo común, que actúan sobre entradas (información, energía o materia) y proveen salidas procesadas (información, energía o materia). Los elementos, las relaciones entre ellos y los objetivos constituyen los aspectos fundamentales en la definición de un sistema. Los elementos constituyen las partes que la componen. Están dinámicamente relacionados entre sí y mantienen una interacción constante.

Como parte de la teoría general de sistemas, Bertalanffy (1976) intentó derivar, partiendo de una definición general de sistema, como un complejo de componentes interactuantes, conceptos característicos de totalidades organizadas, tales como interacción, suma, mecanización, centralización, competencia, finalidad, etc., y

aplicarlos a fenómenos concretos. Si bien la teoría general de sistemas en sentido amplio tiene carácter de ciencia básica, existe una correlación con la ciencia aplicada, lo que se ha llamado ciencia de los sistemas.

Las metas principales de la teoría general de sistemas para este autor se basan en: la tendencia general hacia la integración en las varias ciencias naturales y sociales donde tal integración parece girar en torno a una teoría general de sistemas, que tal teoría pudiera ser un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia al elaborar principios unificadores que corren verticalmente por el universo de las ciencias. Esta teoría nos acerca a la meta de la unidad de la ciencia lo que puede conducir a una integración que hace falta en la instrucción científica.

Acorde con la teoría de sistemas arriba citada y aplicada al agroecosistema caña de azúcar como un todo, el presente trabajo se integró considerando los elementos siguientes: el ambiente, el cultivo de la caña de azúcar (material genético), los insumos y el controlador como elemento condicionador y tomador de decisiones (Figura 2). Al integrar estos subsistemas se crea la interacción entre componentes, logrando con ello la función básica de este sistema, que es determinar el funcionamiento de las variedades de caña de azúcar, a campo abierto (ambiente), manifestando diferencias entre los distintos materiales genéticos.



**Figura 2.** Componentes principales del agroecosistema con caña de azúcar.

La implementación de este sistema tiene como objetivo entender el comportamiento de los diferentes componentes del agroecosistema cañero, con la finalidad de reducir los principales problemas causados por la falta de genotipos, incrementado a su vez la sostenibilidad, estabilidad y productividad del cultivo.

### **3.2. Enfoque de sistemas y agroecosistemas**

Bencht (1974), definió al sistema como un arreglo de elementos que actúan como unidad. Lo anterior tiene una estructura entre componentes (Kranz y Hau, 1980), así mismo cumple con una función. Para García-Espinosa (1993), el sistema se describe como un todo organizado, que tiene propiedades adicionales y diferentes de sus componentes, de esta manera, el sistema no puede reducirse a sus componentes individuales y tampoco predecirse con base en éstos.

Spedding (1975) indicó que un sistema agrícola deberá incluir los siguientes conceptos: un propósito, aquél por el cual el sistema funciona; una frontera, que marca lo que está adentro del sistema y lo que queda fuera del mismo; el contexto, es decir, el ambiente externo en el cual funciona el sistema; los componentes, principales constituyentes que aparecen relacionados para formar el sistema; las interacciones, son aquellas acciones recíprocas que ejercen entre sí los componentes; los recursos, componentes comprendidos en el sistema que son utilizados para su funcionamiento; los insumos o aportes, aquellos que son empleados por el sistema pero que tienen origen externo al mismo; los productos, o el resultado esperado de la operación del sistema; y los subproductos, productos útiles aunque obtenidos incidentalmente.

Para entender el enfoque de agroecosistemas, es importante señalar a la agroecología, la cual se define como la ciencia que estudia las formas de producción agrícola y que utiliza un manejo agronómico en armonía con la naturaleza (Altieri, 2002). Esta definición, sugiere que los agroecosistemas sean estudiados más a fondo.

Con fines prácticos, el agroecosistema es una parte del universo de producción de un cultivo, patrón de cultivos o sistemas de cultivos, en el cual los factores inmodificables de la producción son relativamente constantes.

Por otro lado, el agroecosistema es definido por Ruíz (1995) como la unidad de estudio de la actividad agrícola, bajo un enfoque agroecológico y sistémico, donde los factores técnico-ecológicos y socioeconómicos interactúan con el fin de obtener satisfactores para el hombre a través del tiempo. Por su parte, Conway y McCracken (1990), conceptualizan al agroecosistema como un complejo agro-socio-económico-ecológico que tiene su punto de partida en el supuesto de que los sistemas naturales son la base de los sistemas agrícolas y pecuarios, que son transformados por el hombre y sus procesos agropecuarios.

Dichos procesos son el resultado de los propósitos del hombre y determinados por la dinámica de cooperación, competencia social y económica de los grupos humanos, por lo que el sistema que resulta de este proceso es un sistema socioeconómico y ecológico, con fronteras biofísicas y socioeconómicas.

Los agroecosistemas incluyen dentro de su marco de acción a los sistemas de producción agrícola, los cuales se definen como el conjunto de recursos agrícolas dentro de su ambiente, desarrollados por medio de la tecnología para la producción de productos primarios (Altieri, 2002). Este mismo autor, se refiere al ambiente como la parte abiótica del ecosistema natural dentro del cual se desarrolla la agricultura, esto es: temperatura, radiación, humedad relativa, precipitación, fertilidad, profundidad, textura, y salinidad de suelos, etc. Por lo que ecosistema se define como el complejo de organismos que interactúan entre ellos y con el ambiente a través de procesos tales como competencia, depredación, descomposición, etc.

El agroecosistema cañero, es un sistema que se caracteriza porque la toma de decisiones no siempre se atribuye al productor cañero. El agricultor está supeditado a las decisiones que en conjunto acuerdan los directivos de los Ingenios y los líderes

cañeros. Es decir, que la función del controlador depende de las decisiones de los Ingenios que se hace llegar a través de los inspectores de campo.

La palabra agroecosistema deriva de fusionar el ecosistema con la gestión agraria. Sobre su estructura que consta de componentes bióticos y abióticos, los hombres ejercen un control parcial, por lo que su estructura y función son expresiones directas de la sociedad de donde derivan. Se diferencia del ecosistema natural en que su uso o biomasa se destina preferentemente a la obtención de satisfactores personales (Cerisola, 1989).

Normalmente el estudio de los agroecosistemas es complejo, particularmente si se considera interacciones entre sus diversos elementos. Marten (1988) propone una forma de analizarlos sin que se pierdan las relaciones entre ellos como un todo. La propuesta gira en torno a las propiedades emergentes de los agroecosistemas las cuales son: productividad, estabilidad, sostenibilidad, equidad y autonomía. Donde, productividad se entiende como la cantidad de alimento, fibra o combustible que se produce en un agroecosistema para beneficio del hombre, incluyendo aspectos sociales como la generación de empleo, valor recreativo o estético, o diferentes productos difíciles de medir en términos de bienestar social, psicológico y espiritual (Conway, 1990).

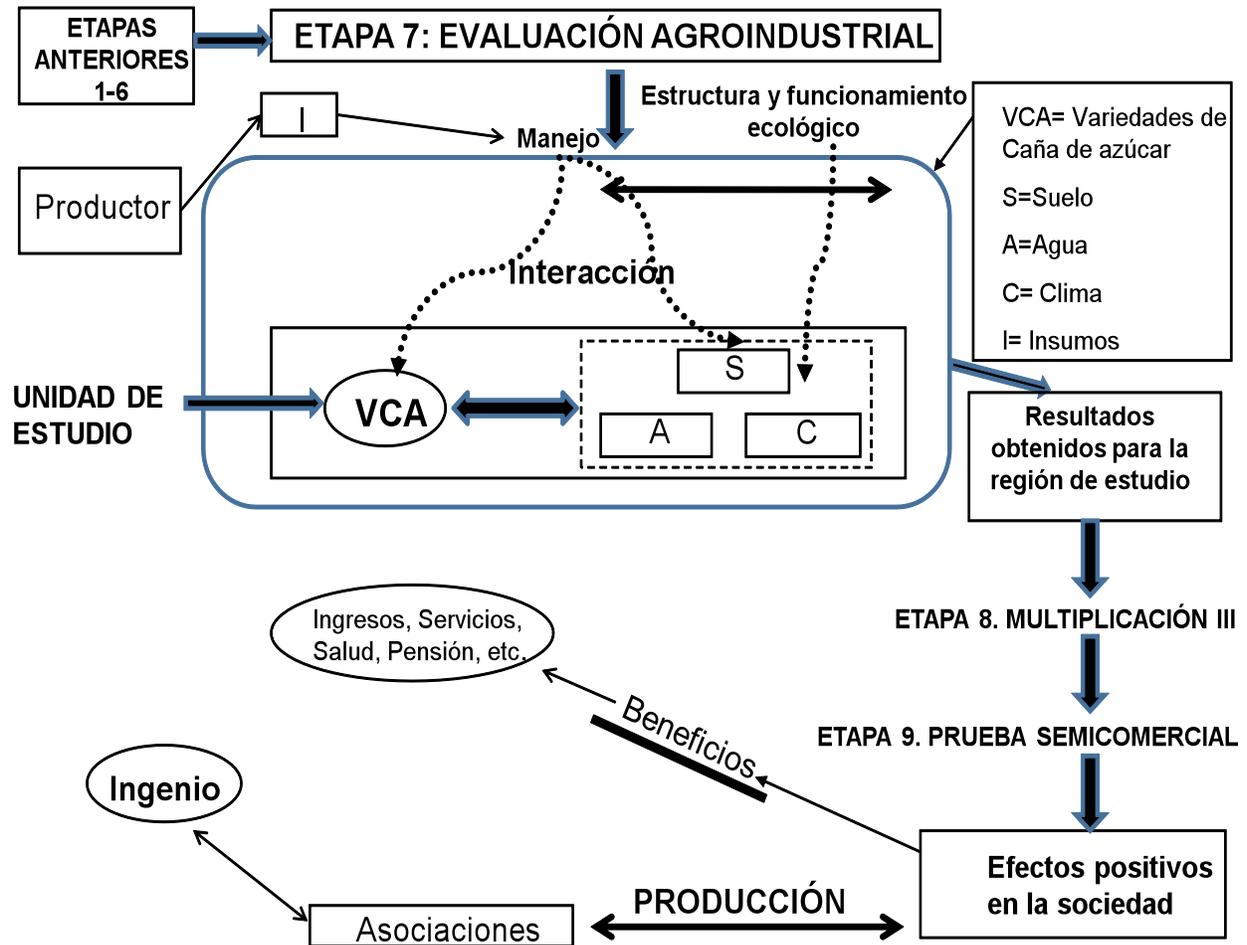
Conway (1990) define al concepto estabilidad como la consistencia o continuidad de la producción ante las fluctuaciones y ciclos del ambiente. Marten (1988) señala a la sostenibilidad como el mantenimiento (a un nivel específico) de la producción a largo plazo; mientras que Conway (1990) la definió como la habilidad para mantener la productividad frente a estrés o shock, y a la equidad como la distribución equitativa de la productividad del agroecosistema entre los beneficiarios humanos.

Para Marten (1988) la autosuficiencia es una propiedad que permite comparar e indicar, por si misma, que agroecosistema es más sostenible que otro al realizar un análisis energético.

### **3.2.1. El estudio dentro del contexto de agroecosistemas**

El presente estudio ha sido integrado bajo un enfoque de agroecosistemas, debido a que integra diversos factores que contribuyen en la producción de caña de azúcar (Figura 3). Como se ha señalado dentro de la agroecología los agrosistemas, como las unidades fundamentales de estudio, la transformación de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo y buscando la optimización del agroecosistema como un todo. En este sentido, una definición adecuada de agroecosistema es la de Altieri (2002) quien señala que los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales interactuando con su ambiente físico y químico que ha sido modificado para producir alimentos, fibra, combustible y otros productos para el consumo y procesamiento humano.

Dentro del nivel jerárquico de estudio, la presente investigación se realizó a nivel de cultivo, pero sin perder de vista que este se ubica en un nivel jerárquico mayor y que el agroecosistema (caña de azúcar) depende o está integrado por elementos como suelo, agua, insumos y la especie o diversidad genética de caña de azúcar evaluadas. En este sentido, las interacciones relevantes a considerar en este nivel de estudio son las que se establecen a nivel eminentemente productivo.



**Figura 3.** Enfoque integral del agroecosistema con caña de azúcar en la zona de influencia del Ingenio El Modelo.

Es claro mencionar que en el agroecosistema con caña de azúcar, es un sistema en donde intervienen diversos factores, tales como, climáticos, ecológicos y propios del manejo del cultivo, los cuales interaccionan entre ellos. Asimismo, este agroecosistema se encuentra inmerso en problemáticas políticas, económicas, sociales, tecnológicas, y ambientales principalmente. De acuerdo con la Figura 3, se propone atender una problemática tecnológica, cuyo objeto de estudio son las variedades. Esto, debido a la importancia que tiene la diversidad de éstas para los Ingenios, las cuales deberán someterse a un proceso de adaptación a las diferentes condiciones edafoclimáticas. Además, deberá evaluarse su tolerancia a diversas plagas y enfermedades. Todo lo

anterior se estructuró, partiendo de que una de las premisas para incrementar la productividad y sustentabilidad del agroecosistema, tiene relación con el mejoramiento de su estructura, de manera tal que cada uno de sus componentes funcione eficientemente.

Esto implica diseñar y manejar apropiadamente los agroecosistemas, y tener la mayor ganancia por manejo bajo la premisa de un uso eficiente de los recursos humanos, financieros y de los insumos empleados en la producción. Implica igualmente considerar que los agroecosistemas son más frágiles que los ecosistemas naturales y más sensibles a cambios ambientales, incluyéndose los ocasionados por prácticas de manejo.

La producción de caña de azúcar es una actividad que genera los beneficios sociales y ambientales siguientes: empleo de mano de obra, ingresos económicos para el productor, servicios de salud, pensión vitalicia, entre otros; así como la captura del CO<sub>2</sub> atmosférico.

### **3.3. Las variedades de caña de azúcar en México**

Las nuevas variedades de caña constituyen “la sangre vital de la industria azucarera” y continuamente se buscan reemplazos a aquellas que se han desadaptado o que por alguna razón han sido eliminadas comercialmente (Flores, 2001).

En México, las primeras variedades comerciales se importaron de Asia y rápidamente se propagaron en el campo cañero mexicano (González, 1954).

Cada año se hace un gran número de cruza en las estaciones de hibridación, logrando algunas variedades comerciales. Generalmente estos trabajos requieren de 10 a 12 años desde que se obtiene la semilla hasta que se produce la variedad y se entrega a los cañeros. Antes de los años 30's, los Ingenios de México cultivaban exclusivamente las variedades nobles: Morada, Rayada, Cristalina, Badila, Cavengirie

Roja, entre otras, las cuales estaban, en ese entonces, en decadencia y a la fecha han desaparecido.

Como resultado de los trabajos de mejoramiento genético realizados en las décadas de 1970 al 2000 se obtuvieron más de 50 variedades mexicanas de buena calidad agroindustrial que llegaron a cubrir 400000 hectáreas (62% de la superficie en cultivo comercial); entre las más sobresalientes destacaron la Mex 57-473, Mex 68-P-23, Mex 69-290 y Mex 79-431 (Flores, 2001).

Rubio (1997) encontró que para los suelos arcillosos predominantes en la zona de influencia del Ingenio La Gloria, Veracruz, la variedad Mex 69-290 seguía siendo la mejor, en cuanto a rendimiento por unidad de superficie, y como variedades alternativas se tenían la Mex 68-p-23, SP 71-6180 y la SP 70-1284. En la misma zona, Mercado *et al.* (1993) seleccionaron 44 de 138 variedades con características promisorias, de las cuales la SP 71-799 y la IAC 6712 mostraron características agronómicas aceptables con respecto a sanidad, rendimiento y grados brix (Chávez *et al.*, 1999). Además, se encontró que las variedades Mex 79-431 y RD 7511 son, por los rendimientos reportados, una alternativa importante de diversificación para esta zona (Martínez y Martínez, 1999).

#### **3.4. Deterioro de las variedades de caña de azúcar**

Durante algún tiempo se consideró que la pérdida de calidad genética era sólo causada por el debilitamiento del plasma del germen de la variedad cultivada, aunque deberían considerarse aspectos como la conservación de la fertilidad del suelo o bien combatir las plagas o enfermedades que se presenten. Sin embargo, el cultivo de caña de azúcar bajo el sistema de monocultivo, también podría ser uno de los factores que contribuyen de manera importante a lo antes mencionado. El deterioro genético puede ocurrir en las variedades de caña cuando se hace evidente alguna mutación; por lo tanto, a menos que la fertilidad del suelo haya disminuido y la virulencia de alguna enfermedad aumentado, la vida económica de una variedad está gobernada

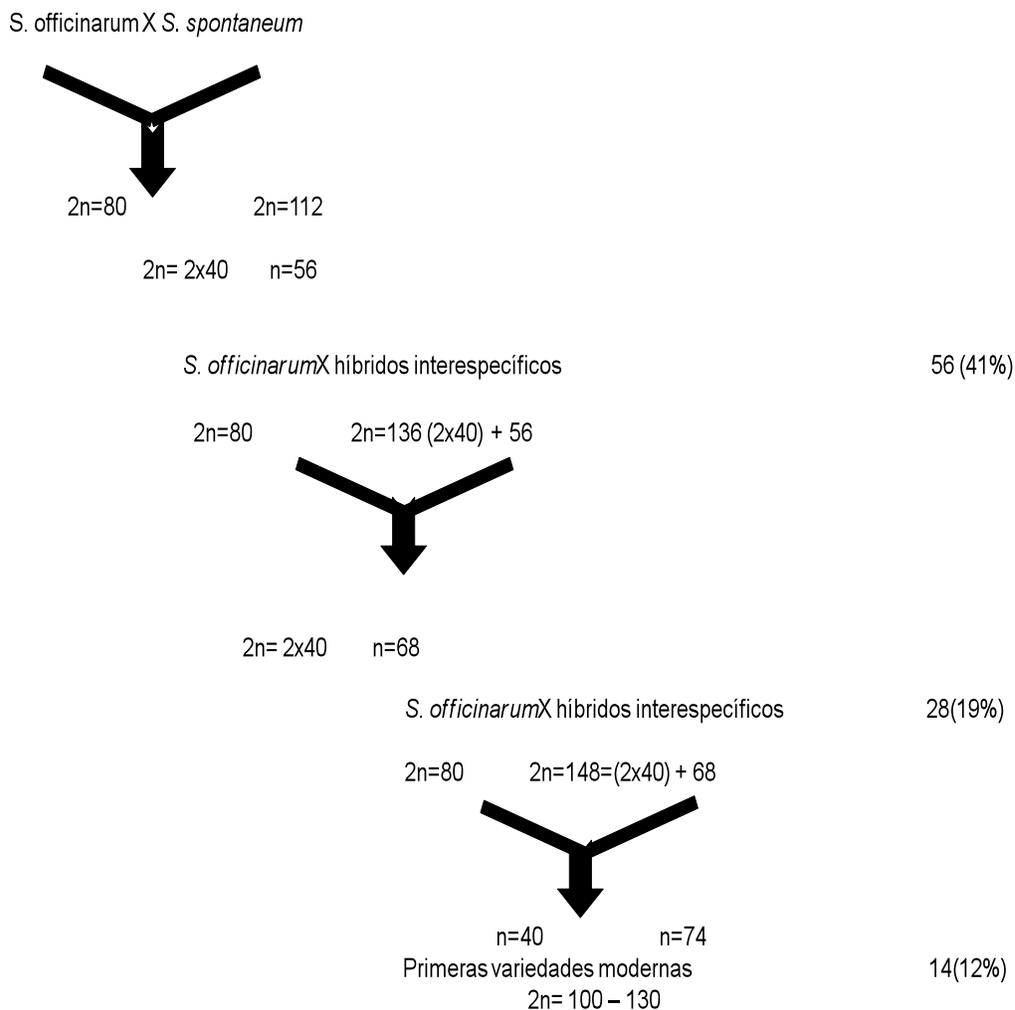
únicamente por el intervalo de tiempo que transcurre desde el inicio del cultivo comercial de ésta, hasta que surge otra variedad de mayor rendimiento y mejor adaptación (Flores, 2001; Terán, 2005).

Mangelsdorf (1959) afirmó que las variedades pueden presentar degeneración genética a causa de mutaciones, tanto visibles como imperceptibles. Es decir, puede ocurrir una marcada reducción en el diámetro del tallo, variaciones en el color de la planta, menor amacollamiento y una disminución del rendimiento en la cosecha.

La decadencia de las variedades también puede ocurrir por cambios en la planta o en el ambiente, ser el resultado de una reducción progresiva de la fertilidad del suelo o ser provocada por un mal manejo de cultivo. Asimismo, el desarrollo de razas de ciertas enfermedades es un factor que debe observarse, ya que las variedades, que por un tiempo resistieron una enfermedad, pueden tornarse susceptibles cuando surgen nuevas enfermedades. Por otro lado, es necesario tomar en cuenta que dicho deterioro puede ser atribuido al uso de material vegetativo de mala calidad, al momento de la siembra (Díaz *et al.*, 2003., Terán, 2005).

### **3.5. Mejoramiento genético de la caña de azúcar**

Los cultivares modernos de caña de azúcar que son poliploides y aneuploides, provienen de cruzamientos interespecíficos y tienen una estructura genómica compleja. Las primeras generaciones de cruzamientos interespecíficos y de retrocruzamiento transmitieron  $2n$  cromosomas por el clon de *S. officinarum* utilizado como progenitor hembra, mientras que el progenitor macho transmitía el número genético normal  $n$  (Figura 4). Así que resulta que los cultivares modernos de caña, tienen un número cromosómico entre 100 y 130 según los clones, aproximadamente 10% de estos cromosomas provienen de la especie silvestre.



Número y porcentaje estimado de cromosomas de *S. spontaneum* en los híbridos interespecíficos.

**Figura 4.** Transmisión de cromosomas entre un clon noble y uno silvestre (nobilización) (Feldmann *et al.*, 1997).

### 3.5.1. Banco de germoplasma

Los trabajos para el mejoramiento sistemático de la caña de azúcar se iniciaron en 1943 por la Secretaria de Agricultura y Fomento (SAF), partiéndose de un banco de germoplasma integrado por una colección de 102 variedades, procedentes de Canal Point, Florida. La semilla se sembró en el Ingenio El Potrero, Ver. Este material fue el

pie de cría del banco de variedades del Instituto de Mejoramiento para la Producción de Azúcar (IMPA) (Flores, 2001).

El germoplasma es la base de todo programa de mejoramiento que se sustenta en la diversidad genética que aportan las diferentes formas originales del género *Saccharum* afines e híbridos destacados en diferentes grados de avance generacional. Sin embargo, el uso limitado y explotación de estos recursos ha propiciado que los progenitores actuales sean de alto índice de endogamia y, como consecuencia, los rendimientos y la resistencia a las enfermedades no han sido los esperados. Conforme a lo anterior, se requiere del aprovechamiento racional de la base genética, para lo cual se debe recurrir a la caracterización del germoplasma y de esta manera conocer las potencialidades disponibles para encausar los cruzamientos (Flores, 2001).

Los primeros trabajos de hibridación en el mundo estuvieron confinados a combinaciones entre las cañas nobles (*S. officinarum*). Muchas de las cañas que ahora cultivamos provienen de cruza de *S. officinarum* X *S. spontaneum*, cuya generación F1, extremadamente vigorosa y resistente a las enfermedades, no es adecuada para el cultivo comercial por su pobreza en sacarosa y su alto contenido de fibra. Esta, requiere por lo menos dos “nobilisaciones” sucesivas (cruzas regresivas con sus antecesores nobles). La información sobre las características agronómicas que muestran las variedades en las diferentes regiones cañeras del país no es lo suficientemente útil para elegir a aquellos progenitores a cruzar para obtener descendientes adecuados para determinada región.

La Estación de Hibridación Tapachula (IMPA) inició sus estudios de adaptación del comportamiento en campo y de la calidad del jugo de las variedades del banco de germoplasma. En tales estudios se usaron las variedades procedentes de Canal Point, Florida, tal como se señaló anteriormente. Con lo anterior, se logró la integración de un banco de 1500 variedades extranjeras y 700 mexicanas (Flores, 2001).

### **3.5.2. Métodos de cruzamiento**

Hasta antes del conocimiento de los trabajos de hibridación de la caña en Java y Barbados, cuando todas las variedades que estaban en cultivo pertenecían a *S. officinarum*, la selección del nuevo material se hacía buscando cañas resistentes a las enfermedades, mas que por técnicas de hibridación (Flores, 2001).

**Hibridación.** Los métodos de cruzamiento que se usan actualmente para la obtención de semillas híbrida de caña de azúcar, son: polinización libre, cruzamiento al azar, emasculación, cruza en pabellón y cruza de linternilla.

### **3.5.3. Metodología para la selección de variedades**

El proceso de selección es sin duda la etapa más difícil en la búsqueda de una variedad prominente. Se requieren de 10 a 12 años de trabajos continuos para encontrar el mejor individuo entre una población de 20,000 cepas. Este proceso comienza con la siembra de la semilla híbrida en cajas germinadoras; luego se efectúa la inoculación de las plántulas con el virus del mosaico de caña de azúcar (SCMV) y después el trasplante (individual) del material sano, en vasos de cartón. Cuando las plantas tienen 5 meses de edad se llevan a la parcela experimental, se siembran a campo abierto (fase plántula) y desde aquí se inicia el largo proceso de observaciones.

Las fases de selección comprenden una serie de evaluaciones anuales sucesivas, que concluyen con la obtención de variedades adaptadas a las necesidades de cada zona o región cañera, de acuerdo a su comportamiento agroindustrial. La selección de los híbridos abarca, en términos generales, un periodo de 12 años en las 9 fases sucesivas siguientes: plántula, surco, parcela, multiplicación I, prueba de adaptabilidad, multiplicación II, evaluación agroindustrial, multiplicación III y prueba semicomercial. Dentro de cada una de estas etapas se observan y analizan características particulares de ellas (Flores, 2001).

**Nomenclatura de las variedades.** Por acuerdo internacional, el nombre que se le debe asignar a las variedades que se obtienen en los diversos países cañeros debe llevar la nomenclatura siguiente:

1.-País o ciudad donde se realiza la cruce para su obtención, empleando siglas o abreviaturas para su identificación, ejemplo: las variedades obtenidas en México su nombre inicial será MEX.

2.- Año en que se realizan las cruces, ejemplo: 1969.

3.- El número de clon o híbrido asignado en el proceso de producción de planta, ejemplo: No. 290. Por lo tanto la variedad se llamará: MEX 69-290 (González, 1970).

**Características para identificar las variedades.** Toda variedad liberada al campo comercial debe tener un formato de descripción basado en los rasgos botánicos más importantes en cuanto a su comportamiento agronómico, fitosanitario e industrial. En general, la identificación de las variedades se ha realizado considerando la apariencia externa, siendo las características agronómicas las más usadas. Los principales órganos de la planta considerados para la identificación son: sistema radicular, tallos y entrenudos, hojas e inflorescencia (espiga). Todos estos deben tener la mayor cantidad de características aceptables de las mencionadas anteriormente en la descripción botánica del cultivo (Flores, 2001).

### **3.6. Manejo de un semillero**

En general, para obtener "semilla" de buena calidad basta con seguir ciertas normas elementales de manejo de campos que se establezcan con esa finalidad. A continuación se mencionan aquellas establecidas por El Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) en Venezuela.

El FONAIAP, a través de su programa de selección de variedades, determina la reacción de éstas ante las enfermedades más comunes de la caña de azúcar. En el control fitosanitario para el manejo de este material se recomienda aplicar las siguientes normas fitosanitarias: tratamiento térmico de los esquejes, con agua caliente a 50 °C por 2 horas o con vapor "aereado" a 54 °C por 4 horas, para la siembra de los semilleros primarios; utilización de machetes desinfectados con una solución de creolina al 10 %; tratamiento de los esquejes con un fungicida (Benomyl al 0,07 %) sumergiéndolos durante 5 minutos en la mezcla señalada y revisión periódica y eliminación de cepas que presenten síntomas de enfermedades (González, 1986).

Posteriormente, debe escogerse el terreno que reúna excelentes condiciones en términos de tipo de suelo, topografía, drenaje, facilidad para el riego y sin problemas serios de malezas. La preparación del terreno se hará en función del tipo de suelos.

Para la siembra del semillero se deben utilizar esquejes de siete hasta nueve meses de edad. El corte de la semilla debe hacerse siguiendo las normas fitosanitarias señaladas anteriormente. La densidad de siembra recomendada para semilleros primarios es de dos esquejes de una yema por metro de surco. Para los semilleros de propagación y comerciales, cuatro esquejes de tres yemas por metro de surco (Victoria *et al.* 1997).

La nutrición de los semilleros es fundamental para su buen desarrollo. El FONAIAP recomienda utilizar 200, 400 y 150 kg por hectárea de nitrógeno, fosforo y potasio respectivamente. Este fertilizante se puede aplicar en dos o preferiblemente en tres porciones (González, 1986).

El control de malezas se puede realizar mediante el uso de productos químicos o con cultivadoras o usando ambos, siempre y cuando se realice de forma apropiada.

Durante el desarrollo del semillero, deben realizar inspecciones periódicas para poder detectar cualquier irregularidad como algún brote de plagas o enfermedades o mezcla varietal (González, 1986, Victoria *et al.* 1997).

## **4. HIPÓTESIS**

### **4.1. Hipótesis general**

Las variedades de caña de azúcar que integran el banco de germoplasma bajo estudio presentan características agronómicas e industriales que bajo un mismo manejo se traducen en rendimientos de campo y fábrica mayores a los que se obtienen de las principales variedades cultivadas en los ciclos de planta y soca, en la zona de abasto del Ingenio El Modelo, Veracruz.

### **4.2. Hipótesis específicas**

- Los rendimientos en campo y fábrica de algunas variedades de caña de azúcar a evaluarse son mayores que los correspondientes a las variedades CP-722086, Q-96 y MEX 69-290 que se cultivan, bajo un mismo manejo, en el área de estudio.
  
- Las variedades a evaluarse presentan menor incidencia de plagas y enfermedades que aquellas que se cultivan comercialmente en la zona de estudio.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Evaluar agronómica e industrialmente un banco de variedades de caña de azúcar en los ciclos de planta y soca, bajo un mismo manejo, y compararlas con aquellas que se cultivan principalmente en la zona de abasto del Ingenio El Modelo.

### **5.2. Objetivos específicos**

- Determinar, con base en sus características agroindustriales, cuáles son las variedades del banco de germoplasma bajo estudio que presentan mejores rendimientos por unidad de superficie, bajo un mismo manejo.
  
- Determinar la incidencia de las plagas y enfermedades que se presenten en el cultivo durante la época de evaluación.

## 6. MARCO DE REFERENCIA

### 6.1. Localización geográfica del área de estudio

La presente investigación se realizó dentro del periodo de abril de 2007 a mayo de 2008. El área de estudio se localiza dentro del campo experimental del Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario No. 17 (C.B.T.a. No. 17), ubicado en el municipio de Úrsulo Galván, a 34 km del puerto de Veracruz y 70 km de la ciudad de Xalapa. Este se localiza entre los 19° 22' Latitud Norte y 95° 25' Longitud Oeste (Figura 5).

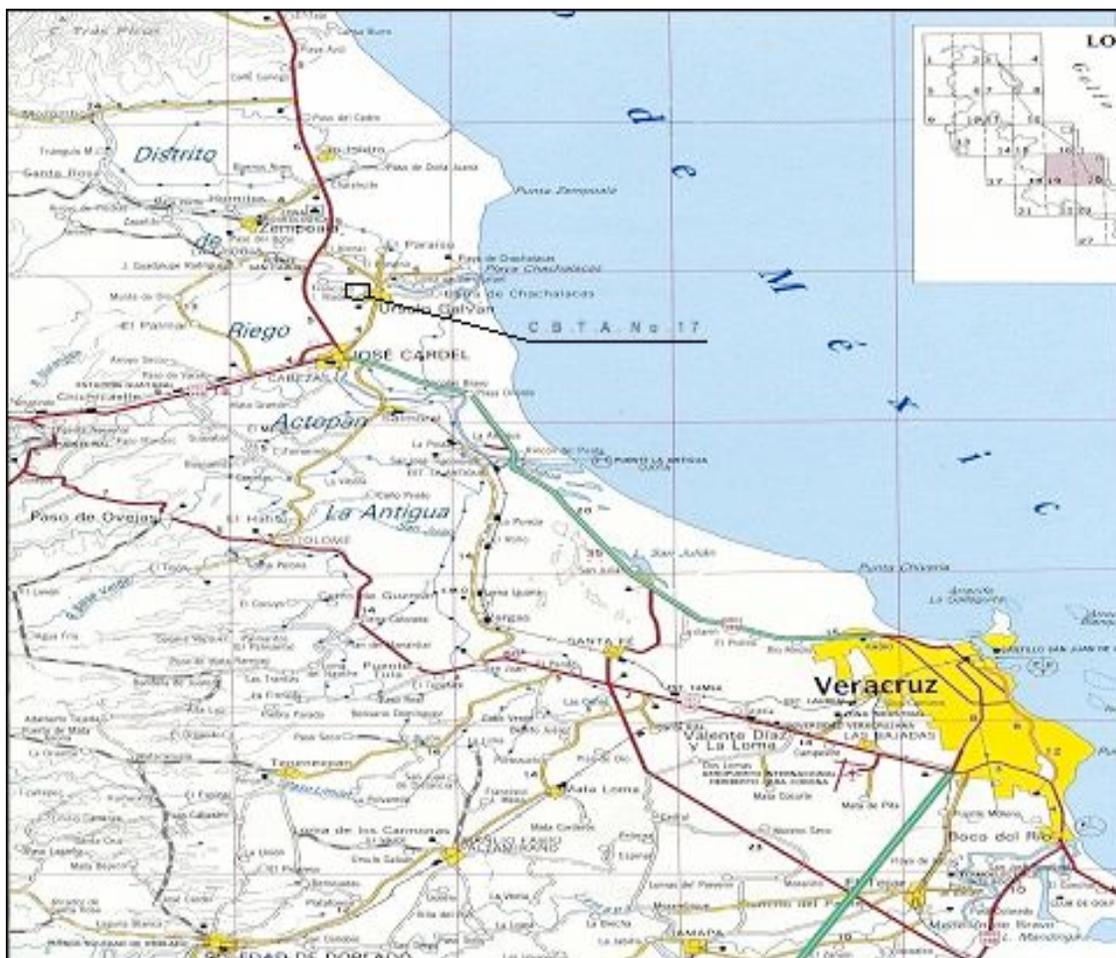


Figura 5. Ubicación geográfica del área de estudio.

## **6.2. Características de área de estudio**

El área de estudio referida anteriormente, se encuentra en una región que presenta un clima  $Aw_2$ , cálido subhúmedo con lluvias en verano; cuenta con una precipitación anual de 1350 mm, una humedad relativa promedio anual de 80% y una temperatura promedio mensual de 25 °C. Su altitud es de 8 metros sobre el nivel del mar (msnm). Los principales tipos de suelo que presenta esta región son: migajón arcillo-arenoso y areno-limoso, con un pH ligeramente ácido que oscila entre 5.5 y 6.8. Otras características físico-químicas del sitio experimental, se describen en el Anexo 1.

## **7. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **7.1. Materiales evaluados**

Para el desarrollo de esta investigación se usó un banco de germoplasma integrado por las variedades de caña de azúcar indicadas en el Cuadro 2. La genealogía de algunas de estas se presenta en el Anexo 2. Este banco de variedades fue proporcionado por el Ingenio El Modelo y establecido en el C. B. T. a. No. 17, bajo convenio entre ambas instituciones.

### **7.2. Métodos**

Este estudio se realizó tomando como base algunos lineamientos metodológicos, desarrollados por el extinto Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA, 1988), sobre la evaluación agroindustrial de nuevas variedades. Se evaluaron los ciclos de planta 2006-2007 y soca 2007-2008, midiéndose las variables de respuesta siguientes: para el ciclo planta se incluyeron el % de germinación, grados brix en campo, rendimiento en campo, % de sacarosa, % de fibra, % de humedad y % de azúcares reductores; mientras que para el ciclo soca se tomaron en cuenta la población de tallos, altura de planta, diámetro de tallo, sanidad, grados brix en campo, rendimiento en campo, % de sacarosa, % de fibra, % de humedad y % de azúcares reductores.

#### **7.2.1. Diseño experimental**

Debido a la presencia de un gradiente topográfico en la dirección Norte-Sur del área de estudio, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, cuya distribución de tratamientos se presenta en la Figura 6.



**Figura 6.** Distribución de tratamientos en el área de estudio.

### 7.2.2. Descripción de los tratamientos

Se evaluaron 12 tratamientos que se describen en el Cuadro 2. Cada tratamiento contó con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 6 surcos de 10 m de largo por 1.3 m de ancho; lo que dio como resultado una superficie de 78 m<sup>2</sup>. La parcela útil estuvo conformada por los 4 surcos centrales, teniendo una superficie de 52 m<sup>2</sup>. La superficie total del experimento fue entonces de 3909.6 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 2.** Tratamientos establecidos en la evaluación agroindustrial de caña de azúcar en los ciclos de planta y soca.

<b>No.</b>	<b>Tratamientos (variedades)</b>
1	MY 55–14
2	JA 64–20
3	Q–96 <sup>T</sup>
4	Mex 69–290 <sup>T</sup>
5	CP 72–2086 <sup>T</sup>
6	L 73–65
7	Mex 91–556
8	Mex 91–662
9	Mod Mex 93–404
10	Mod Mex 93–412
11	Mod 95–401
12	Mod 95–419

<sup>T</sup> Testigos del experimento.

Todas las unidades experimentales se sometieron a un mismo manejo que consistió en lo siguiente: a) se fertilizaron con la fórmula 200-51-110 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, las fuentes de fertilización comerciales empleadas fueron: urea (46-0-0), cloruro de potasio (0-0-60), y la mezcla triple 17 (17-17-17); b) en los dos ciclos del cultivo estudiados se aplicaron seis riegos, con una lámina de riego de 12 cm aproximadamente; y c) el control de malezas se realizó de manera manual y químicamente mediante la aplicación del herbicida pre-emergente ametrina (Gesapax combi 80 ph) y el post-emergente ametrina + 2-4D amina (Gesapax H), ambos a una dosis de 4 kg y 4 L por hectárea y diluidos en 400 L de agua.

### 7.2.3. Variables de respuesta

**7.2.3.1. Germinación.** En el caso del ciclo planta, el porcentaje de germinación se obtuvo de los 30 a 40 días después de la siembra. Utilizando la expresión siguiente:

$$\% G = \left( \frac{A}{B} \right) 100 \quad (1)$$

donde %G es el porcentaje de germinación; *A* es el número de yemas brotadas; y *B* es el número de yemas sembradas.

El conteo de yemas sembradas y brotadas se realizó siguiendo el método de la ficha No. 5 del dominó, el cual consistió en efectuar los conteos en 5 sitios de la parcela útil, donde cada sitio estuvo representado por una sección de surco de .2 m de longitud.

**7.2.3.2. Población de tallos.** El número de tallos se contabilizó por unidad de superficie (ciclo soca) a los 3, 6, 9, y 12 meses de edad, siguiéndose también el método de la ficha No. 5 del dominó arriba mencionado.

**7.2.3.3. Medición de altura.** Dentro de cada parcela útil se tomaron al azar tres plantas; la altura de éstas se midió desde la base del tallo hasta el último collar visible, a los 6, 9 y 12 meses de edad del cultivo.

**7.2.3.4. Medición del diámetro.** Dentro de cada parcela útil se tomaron al azar tres plantas; el diámetro de éstas se midió en el tercio medio del tallo a los 6 y 12 meses de edad de la planta.

**7.2.3.5. Sanidad.** Se realizaron observaciones sobre la incidencia de plagas y enfermedades a los 3, 6, 9 y 12 meses de edad de la planta. Para ello, se tomó al azar un 10% de las plantas que conformaban la parcela útil de cada tratamiento y se

determinó la incidencia de plagas y enfermedades con base en la presencia, daño y síntomas de las mismas.

**7.2.3.6. Rendimiento de campo.** La cosecha de cada una de las unidades experimentales se realizó conforme al sistema tradicionalmente usado en el área de estudio. Para esto, la caña cosechada en cada parcela útil de todos los tratamientos se pesó, empleándose una báscula con capacidad de 200 kg.

**7.2.3.7. Grados brix en campo.** En el caso del ciclo planta, las mediciones de este parámetro se hicieron con un refractómetro de mano en tallos a los 12, 13, 14, 15 y 16 meses después de la siembra y para el ciclo soca a los 11 y 12 meses de edad de la planta. Para el registro de los grados brix se extrajo, mediante el uso de un punzón de cápsula, una muestra de jugo de caña del tercio medio de tres tallos de cada parcela útil. Posteriormente una muestra de éste se puso en el refractómetro, el cual proporcionó la lectura de grados brix correspondiente.

**7.2.3.8. Análisis de Laboratorio.** En el Laboratorio de Campo del Ingenio El Modelo se determinaron variables industriales, como son grados brix, % sacarosa, fibra, humedad, y azúcares reductores. Para esto, se usó el método de Pol-Ratio que se diseñó y se puso en marcha en el Ingenio Los Mochis, Sinaloa por el Dr. Humbert a fines de 1959. El I.M.P.A adoptó este método en sus trabajos de investigación para cuantificar el % de sacarosa en caña (Fonseca *et. al.* 2006).

Este método consistió en utilizar una muestra de 13 tallos molederos, los cuales fueron tomados al azar de los puntos de muestreo de cada lote experimental. Los tallos se picaron mediante el uso de una picadora de forraje, obteniéndose muestras lo más homogéneamente posible. Después se procedió a su etiquetado para facilitar su control e identificación. De éstas, se pesaron 400 gr a los cuales se les añadió un litro de agua y se licuaron durante 5 minutos; después, las aspas de la licuadora se limpiaron para eliminar residuos de fibra; posteriormente el licuado se decantó sobre un embudo de tela centrífuga, separándose el jugo diluido y la fibra. Posteriormente se recogió la fibra

del embudo del colado y se vació en un recipiente donde se lavó varias veces con agua para ser prensada con una maquina hidráulica, a fin de extraerle la mayor cantidad de agua posible. La fibra prensada se colocó en una canastilla tarada de tela centrifuga de cobre para llevarse a la estufa con circulación de aire caliente a una temperatura de 80 a 85 °C durante 24 horas y después se procedió a registrar el peso de la fibra.

Con el jugo diluido se llenó una probeta de 250 ml hasta que se derramó el jugo con el fin de eliminar la espuma y se dejó reposar un minuto hasta eliminar las burbujas de aire e introducir el brixómetro y termómetro. Estos se dejaron un minuto aproximadamente, después de lo cual se registraron los grados brix y la temperatura del jugo. Después, se procedió a determinar el % de azúcares reductores. Para esto, en un matraz Erlenmeyer de 250 ml se pusieron 5 ml de sulfato de cobre y 5 ml de solución de tartrato de sodio y potasio, y después se agregaron unos mililitros de jugo diluido mediante el uso de una bureta. Esta mezcla se calentó hasta ebullición en una parrilla eléctrica durante dos minutos y se agregaron dos o tres gotas de azul de metileno y se procedió a su titulación hasta que el color azul desapareció y dio un vire a rojo ladrillo. En el momento del vire se anotaron los mililitros empleados en la titulación.

Finalmente se realizó el proceso de polarización que consistió en lo siguiente: en un vaso de precipitado de 250 ml se depositaron, a través de papel filtro, 100 ml de jugo diluido; posteriormente se agregó un gramo de sub-acetato de plomo y se agitó vigorosamente; nuevamente se filtró e ingresó a la maquina Pol, desechando los primeros 25 ml y se anotó la lectura respectiva. El cálculo de los parámetros industriales se realizó utilizando el Software del laboratorio de campo del Ingenio El Modelo.

**7.2.3.9. Análisis estadístico.** Se realizaron análisis de varianza y una clasificación de rangos múltiples mediante una prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para determinar las diferencias significativas entre los rendimientos de las variedades de caña de azúcar con base en los parámetros establecidos (Olivares, 2002).

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio corresponden a los ciclos de planta y soca en caña de azúcar, los cuales se presentan a continuación.

### 8.1. Ciclo planta

**8.1.1. Germinación.** Los porcentajes de germinación obtenidos en la evaluación de las variedades de caña de azúcar en el ciclo planta se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Porcentaje de germinación de las variedades de caña de azúcar medido a los 30 días después de la siembra del ciclo planta 2006-2007.

No.	Variedad	% de Germinación
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	66.67 A*
2	JA 64-20	50.33 B
12	Mod 95-419	39.33 BC
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	38.67 BC
11	Mod 95-401	36.33 CD
7	Mex 91-566	30.00 CD
1	MY 55-14	29.33 CD
9	Mod Mex 93-404	28.33 CD
3	Q-96 <sup>T</sup>	25.67DE
8	Mex 91-662	15.67 E
6	L 73-65	15.00 E
10	Mod Mex 93-412	15.00 E

<sup>T</sup> Testigos. \* Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

En el Cuadro anterior el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (variedades), siendo las variedades CP 72-2096 (testigo) y JA 64-20 las que presentaron los porcentajes de germinación más altos.

La variedad JA 64–20 es poco cultivada en la región, a diferencia de la variedad testigo CP 72–2086, la cual es una de las variedades con mayor propagación en la región debido a su buen comportamiento tanto de fábrica como en campo. La primera, por su índice de germinación, parece mostrarse como una variedad que podría ser promisoría para esta zona cañera, siempre y cuando se mejore el manejo de la misma en campo para ciclos posteriores.

Existen variedades de caña de azúcar que germinan más rápidamente que otras. En algunas de ellas, las yemas brotan antes que las raíces y en otras ocurre lo contrario; tal comportamiento se debe a sus características genéticas (Álvarez *et al.*, 1990).

**8.1.2. Rendimiento en campo.** En el Cuadro 4 se presentan los rendimientos de campo medidos en cada una de las parcelas experimentales que se establecieron en el ciclo planta 2006-2007.

**Cuadro 4.** Rendimientos medios en campo de las variedades de caña de azúcar en el ciclo planta 2006-2007.

No.	Variedad	media (kg)	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>
3	Q-96 <sup>T</sup>	1013.6667	195.1 A*
9	Mod Mex 93-404	987.6667	190.1 A
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	972.0000	187.1 A
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	964.0000	185.6 A
11	Mod 95-401	962.6667	185.3 A
8	Mex 91-662	955.3333	183.9 A
1	MY 55-14	941.6667	181.3 A
2	JA 64-20	926.0000	178.3 A
12	Mod 95-419	895.6667	172.4 A
6	L 73-65	889.0000	171.1 A
10	Mod Mex 93-412	848.6667	163.2 A
7	Mex 91-566	759.0000	146.1 A

<sup>T</sup> Testigo. \* Prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

En este ciclo planta y para esta variable, el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas, como se observa en el Cuadro 4. Esto indica que todas las variedades son estadísticamente iguales. Sin embargo, sus rendimientos fueron superiores a la producción media que se obtiene en la zona de abasto del Ingenio El Modelo, la cual asciende a  $100 \text{ t ha}^{-1}$  (PRONAC, 2009). Por lo que, cualquiera de las variedades en estudio puede representar una alternativa importante de diversificación en la zona de abasto referida.

El rendimiento es una variable que pueden presentarse cambios considerables de un ciclo a otro, es decir de planta a soca y de soca a resoca, principalmente. Esto puede depender fuertemente de las características genéticas de la variedad en cuestión, condiciones climáticas, manejo del cultivo y, en particular, de que la cosecha se realice de acuerdo a las curvas de madurez, a fin de aprovechar la máxima concentración de sacarosa en la planta (Díaz *et. al.*, 2003).

**8.1.3. Grados Brix en campo.** Los valores de esta variable se midieron en campo para cada una de las parcelas experimentales del ciclo planta y se muestran en el Cuadro 5. Se observa que destacan las variedades Mod 95–419, Mex 91–662, Mod 95–401 y Q–96 (testigo), las cuales presentaron los valores más altos de grados brix en campo para este ciclo.

**Cuadro 5.** Grados Brix en campo de las variedades de caña de azúcar en el ciclo planta 2006-2007.

No.	Variedad	Edad				
		12 meses	13 meses	14 meses	15 Meses	16 meses
3	Q-96 <sup>T</sup>	7.90	10.68	12.98	15.79	17.81
12	Mod 95-419	9.80	10.65	11.94	14.17	16.71
8	Mex 91-662	10.18	11.43	12.74	14.50	16.33
11	Mod 95-401	8.25	12.31	14.66	15.30	15.90
2	JA 64-20	8.02	9.01	10.78	12.38	15.77
10	Mod Mex 93-412	9.91	10.59	11.55	13.17	15.10
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	8.78	10.74	12.14	13.21	14.50
6	L 73-65	8.04	9.26	10.55	12.22	14.28
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	9.82	10.79	11.59	12.98	13.78
9	Mod Mex 93-404	10.02	10.83	11.09	11.87	13.55
1	MY 55-14	7.82	7.95	8.36	10.98	13.50
7	Mex 91-566	7.85	8.76	9.50	10.80	11.19

<sup>T</sup> Testigo.

**8.1.4. Análisis de laboratorio.** Los porcentajes de sacarosa, fibra, humedad y azúcares reductores, obtenidos en el Laboratorio de Campo del Ingenio El Modelo para el ciclo planta, se muestran en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Variables industriales de las variedades de caña de azúcar medidos en el ciclo planta 2006-2007.

No.	Variedad	% Sacarosa	% Fibra	% Humedad	% Az. Red.
3	Q-96	16.16	13.50	68.92	0.229
12	Mod 95-419	15.95	13.75	68.31	0.234
8	Mex 91-662	15.49	13.50	68.82	0.253
10	Mod Mex 93-412	14.93	13.00	69.43	0.429
2	JA 64-20	14.61	13.48	69.50	0.222
11	Mod 95-401	14.21	13.65	69.60	0.195
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	13.53	12.70	69.77	0.178
9	Mod Mex 93-404	13.47	12.71	69.90	0.228
6	L 73-65	13.33	12.95	69.81	0.203
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	12.95	12.56	70.00	0.200
1	MY 55-14	12.09	12.75	70.15	0.180
7	Mex 91-566	10.65	12.15	69.96	0.189

<sup>T</sup> Testigo. Az. Red. Azúcares reductores.

En el Cuadro 6, se observa que los porcentajes más altos correspondieron a las variedades Q-96 (testigo), Mod Mex 95-419 y Mex 91-662 con 16.62, 15.95 y 15.49% respectivamente. La variedad Mex 91-566 presentó el porcentaje más bajo, con 10.45%. Resultados similares fueron encontrados por Oviedo et al., (1999), quienes evaluaron, para un ciclo planta, nueve variedades de caña entre las que se incluyó la Q-96. Esta variedad presentó el mayor contenido de azúcar.

En relación con el porcentaje de fibra, todas las variedades mostraron valores menores al 15%, como se observa en el Cuadro 6. Nuevamente la variedad Mex 91-662 destacó con el menor porcentaje. El mayor porcentaje de fibra correspondió a la Mod 95-401. La presencia de altos contenidos de fibra es una característica indeseable en la caña de azúcar, por lo que variedades con contenidos de fibra relativamente bajos serían muy ideales. El IMPA (1988), reportó que uno de los criterios de selección de variedades es que el contenido de fibra en éstas no sea mayor al 15% o que éste sea menor o igual al correspondiente de la variedad testigo.

El porcentajes de humedad, es considerada como una característica deseable, sin embargo, para este estudio se presentaron porcentajes similares para todas las variedades, oscilando entre 68.31 y 70.15 %, siendo estos aceptables (IMPA 1988).

De acuerdo al Cuadro anterior, la variedad MY 55-14 presentó el porcentaje de azúcares reductores más bajo, con 0.180 % y el porcentaje más alto se registró en la variedad Mod Mex 93-412, con 0.429 %. Es conveniente resaltar que la variedad Mex 91-662 presentó un porcentaje relativamente bajo de azúcares reductores (0.253 %), lo cual, junto el rendimiento de campo y porcentaje de sacarosa registrados, hace que ésta sea una variedad con características agroindustriales sobresalientes.

Los azúcares reductores se expresan en contenidos de fructuosa y glucosa, los cuales se encuentran presentes en el jugo. Estos azúcares son considerados como una característica indeseable en el proceso de maduración de la caña de azúcar, ya que un menor contenido de éstos se traduce en mayor porcentaje de sacarosa en los tallos de

la planta. Una posible causa de que aumenten los porcentajes de azúcares reductores es que la cosecha no se lleve a cabo de acuerdo a las curvas de maduración (IMPA, 1988; Díaz *et. al.*, 2003).

## 8.2. Ciclo soca

**8.2.1. Población de tallos.** Los valores de esta variable se midieron en campo para cada una de las parcelas experimentales del ciclo soca y se muestran en el Cuadro 7. Se observó que a la edad de tres meses, las variedades en estudio presentaron poblaciones de 57 a 80 tallos por metro lineal, destacando la variedad Mod Mex 93–404, Mex 91–566, Mod Mex 93–412 que superaron a los testigos con 80, 78 y 68 tallos por metro lineal respectivamente. A la edad de seis meses, todas las variedades presentaron un comportamiento homogéneo, destacando la variedad JA 64–20 y Mex 91–566 con 33 y 31 tallos molederos por metro lineal quienes superaron a los testigos.

**Cuadro 7.** Medias comparativas del número de tallos molederos en el ciclo soca 2007-2008.

No.	Variedad	Edad			
		3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
6	L 73–65	61	27	30	29 A*
5	CP 72–2086 <sup>T</sup>	66	29	28	29 A
7	Mex 91–566	78	31	33	28 A
9	Mod Mex 93–404	80	27	31	28 A
10	Mod Mex 93–412	68	23	28	27 A
3	Q–96 <sup>T</sup>	69	29	28	27 A
4	Mex 69–290 <sup>T</sup>	67	28	27	27 A
8	Mex 91–662	64	28	28	26 A
1	MY 55–14	63	27	29	26 A
11	Mod 95–401	60	24	26	25 A
2	JA 64–20	60	33	31	24 A
12	Mod 95–419	57	25	28	23 A

<sup>T</sup> Testigo. \* Prueba de Tukey a los 12 meses ( $P \leq 0.05$ ).

Asimismo, a la edad de nueve meses, de acuerdo con el Cuadro anterior, las variedades en estudio también presentaron poblaciones similares entre ellas que oscilaron entre 33 y 26 tallos molederos por metro lineal. Finalmente, a la edad de 12 meses, el análisis de varianza correspondiente indicó que no hubo diferencias significativas entre variedades para esta variable. Sin embargo, numéricamente las variedades que presentaron mayores poblaciones de tallos molederos al momento de la cosecha fueron L 73–65, CP 72–20 86 (testigo), Mod Mex 93–404 y Mex 91–566 con 29, 29, 28 y 28 tallos molederos por metro lineal respectivamente.

**8.2.2. Altura de tallos.** En relación a la variable altura, en el Cuadro 8 se observa que a la edad de seis meses, las variedades JA 64–20, Mod Mex 93–404, L 73–65 y CP 72–2086 (testigo), mostraron los mayores promedios de altura con 2.37, 2.27, 2.26 y 2.25 m respectivamente. Algunas de las mismas variedades sobresalientes a los seis meses, también destacaron a las nueve meses, siendo éstas las L 73–65, Q–96 (testigo), Mod Mex–404, Mod Mex–412 con 2.81, 2.71, 2.69 y 2.66 m de altura respectivamente.

**Cuadro 8.** Valores medios de altura de tallos molederos en el ciclo soca 2007-2008.

No.	Variedad	Edad		
		6 meses (m)	9 meses (m)	12 meses (m)
6	L 73–65	2.26	2.81	3.10 A*
10	Mod Mex 93–412	2.12	2.66	3.07 A
9	Mod Mex 93–404	2.27	2.69	2.97 A
1	MY 55–14	1.79	2.55	2.93 A
3	Q–96 <sup>T</sup>	2.16	2.71	2.90 A
5	CP 72–2086 <sup>T</sup>	2.25	2.55	2.90 A
4	Mex 69–290 <sup>T</sup>	2.13	2.41	2.88 A
8	Mex 91–662	1.98	2.51	2.82 A
2	JA 64–20	2.37	2.51	2.79 A
11	Mod 95–401	1.87	2.41	2.72 A
7	Mex 91–566	2.02	2.43	2.68 A
12	Mod 95–419	1.71	2.06	2.67 A

<sup>T</sup> Testigo. \* Prueba de Tukey a los 12 meses ( $P \leq 0.05$ ).

El análisis de varianza se realizó con los resultados obtenidos a la edad de 12 meses, estadísticamente, los tratamientos fueron iguales y no presentaron diferencias significativas entre ellos de acuerdo al Cuadro anterior.

Sin embargo, numéricamente, las variedades que presentaron las mayores alturas de tallos molederos al momento de la cosecha fueron la L 73–65, Mod Mex 93–412, Mod Mex 93–404 y MY 55–14 con 3.10, 3.07, 2.97, y 2.93 m de altura respectivamente, superando estas a los testigos.

**8.2.3. Diámetro de tallos.** Los valores de esta variable se midieron en campo para cada una de las parcelas experimentales del ciclo soca y se muestran en el Cuadro 9. A la edad de seis meses se observó que los tallos presentaron un grosor que osciló de 2.12 a 2.63 cm, donde las variedades que mostraron los mayores promedios fueron la Mod 95–419, Mod 95–401 y Mex 91–662 con 2.63, 2.52 y 2.52 cm respectivamente. A la edad de 12 meses, se realizó el análisis de varianza correspondiente a los resultados obtenidos, donde estadísticamente existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). Las variedades que presentaron los mayores promedios de grosor de tallos molederos al momento de la cosecha fueron la Mod 95–419, MY 55–14, Mex 91–662, CP 72–2086 (testigo) y L 73–65 con 3.21, 3.03, 3.00, 2.95 y 2.95 cm de diámetro respectivamente. La variedad que presentó el menor grosor de tallos fue la Mod Mex 93–404 con 2.73 cm de diámetro.

**Cuadro 9.** Valores medios del diámetro de tallos molederos en el ciclo soca 2007-2008.

No.	Variedad	Edad	
		6 meses (cm)	12 meses (cm)
12	Mod 95-419	2.63	3.21 A*
1	MY 55-14	2.34	3.03 AB
8	Mex 91-662	2.52	3.00 AB
6	L 73-65	2.34	2.95 AB
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	2.30	2.95 AB
11	Mod 95-401	2.52	2.93 AB
3	Q-96 <sup>T</sup>	2.41	2.91 AB
10	Mod Mex 93-412	2.43	2.90 AB
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	2.18	2.87 AB
7	Mex 91-566	2.33	2.80 AB
2	JA 64-20	2.22	2.75 AB
9	Mod Mex 93-404	2.12	2.73 B

<sup>T</sup> Testigo. \* Prueba de Tukey a los 12 meses ( $P \leq 0.05$ ).

**8.2.4. Sanidad.** En términos generales, las variedades en este estudio no presentaron problemas fitosanitarios relevantes. El grado de incidencia fue relativamente bajo de acuerdo a las calificaciones fitosanitarias realizadas a los tres, seis, nueve y 12 meses de edad. Los resultados respecto a la sanidad se describen a continuación:

A la edad de tres meses, las plantas no mostraron presencia de plagas. A la edad de seis meses, se observó la presencia de dos plagas, el gusano barrenador (*Diatraea* spp.) y la mosca pinta o salivazo de los pastos (*Aeneolamia* spp). La primera se encontró en la variedad Mod Mex 93-412 mientras que la segunda en las variedades Q-96 y Mod 95-419 (Cuadro 10). Estas plagas también se observaron a la edad de nueve meses en las variedades JA 64-20, Mod 95-401, Q-96 y JA 64-20, Mex 91-566, Mod Mex 93-404, Mex 69-290 respectivamente (Cuadro 10). No se observó incremento en la incidencia de estas plagas a los 12 meses de edad de la planta.

**Cuadro 10.** Incidencia de plagas observada a la edad de 6 y 9 meses en las variedades de caña de azúcar en el ciclo soca 2007-2008.

No.	Tratamientos (Variedades)	% de Incidencia			
		Gusano barrenador		Mosca pinta	
		Edad			
		6 meses	9 meses	6 meses	9 meses
1	MY 55-14	0	0	0	0
2	JA 64-20	0	6.25	0	8.33
3	Q-96 <sup>T</sup>	0	4.49	8.33	9.75
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	0	0	0	6.00
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	0	0	0	0
6	L 73-65	0	0	0	0
7	Mex 91-556	0	0	0	7.14
8	Mex 91-662	0	0	0	0
9	Mod Mex 93-404	0	0	0	5.35
10	Mod Mex 93-412	4.49	7.25	0	0
11	Mod 95-401	0	5.25	0	0
12	Mod 95-419	0	0	5.35	0

<sup>T</sup> Testigo.

En relación a la presencia de enfermedades, a la edad de tres y seis meses, no se registró presencia de alguna enfermedad en el cultivo en estudio. A la edad de nueve meses se observaron las enfermedades Pokkah boeng (*Fusarium moniliforme* Sheldon), Mancha amarilla (*Mycovellosiella koepkei* Kruger) y mancha de ojo (*Bipolaris sacchari* Butl Shoemaker) (Cuadro 11). El Pokkah boeng se presentó en las variedades Mex 69-290 (testigo), Mod 95-419 y L 73-65. Los síntomas observados fueron clorosis, deformación y reducción de la altura del cogollo. No hubo presencia de la enfermedad a la edad de 12 meses en las otras variedades. La mancha amarilla, se presentó en las variedades JA 64-20 y Mex 91-566. Las plantas infectadas mostraron manchas irregulares de color amarillo en el haz de las hojas. La enfermedad no se manifestó a la edad de 12 meses. La mancha de ojo, se observó en las variedades Mex 69-290 (testigo) y Mod 95-419, mostrando manchas ovales pequeñas con el centro rojizo en las hojas jóvenes. A diferencia de las dos enfermedades anteriores, esta se registro a los 12 meses en las variedades Q-96, JA 64-20 y Mod 95-401.

**Cuadro 11.** Incidencia de enfermedades observada a la edad de 9 y 12 meses en las variedades de caña de azúcar en el ciclo soca 2007-2008.

No.	Tratamientos (Variedades)	% de Incidencia					
		<i>Fusarium moniliforme</i>		<i>Mycovellosiella koepkei</i>		<i>Bipolaris sacchari</i>	
		Edad					
		9 meses	12 meses	9 meses	12 meses	9 meses	12 meses
1	MY 55-14	0	0	0	0	0	0
2	JA 64-20	0	0	9.37	0	0	8.33
3	Q-96 <sup>T</sup>	0	0	0	0	0	9.26
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	9.26	10.24	0	0	8.33	9.26
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	0	0	0	0	0	0
6	L 73-65	5.17	0	0	0	0	0
7	Mex 91-566	0	0	7.14	0	0	0
8	Mex 91-662	0	0	0	0	0	0
9	Mod Mex 93-404	0	0	0	0	0	0
10	Mod Mex 93-412	0	0	0	0	0	0
11	Mod 95-401	0	0	0	0	0	8.04
12	Mod 95-419	7.6	0	0	0	8.33	0

<sup>T</sup> Testigo.

Las enfermedades encontradas son consideradas como de segundo orden debido al daño económico que causan al cultivo. Aquellas consideradas como de primer orden, son el carbón, la roya, la escaldadura de la hoja y el mosaico; sin embargo su incidencia no se detectó en el presente estudio (Sánchez, 1997).

La incidencia observada probablemente se debió a que las condiciones climáticas que se presentaron durante el ciclo del cultivo no fueron favorables para el desarrollo de enfermedades. Estas condiciones incluyeron temperatura promedio anual de 26.2°C, precipitación promedio anual de 1035.6 mm, evapotranspiración promedio mensual de 147.88 mm y humedad relativa promedio mensual de 83.3%; en los anexos del 9 al 12 se describe más detalle las condiciones climáticas existentes.

Es necesario realizar una evaluación específica para cada una de estas enfermedades en la cual se evalúen las condiciones ambientales necesarias para su desarrollo y poder determinar su incidencia y severidad.

**8.2.5. Rendimiento en campo.** En el Cuadro 12 se presentan los rendimientos de campo medidos en cada una de las parcelas experimentales que se establecieron en el ciclo soca 2007-2008.

**Cuadro 12.** Rendimientos medios en campo de las variedades de caña de azúcar en el ciclo soca 2007-2008.

No.	Variedad	Media (kg)	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>
6	L 73-65	925.667	178 A*
8	Mex 91-662	888.333	171 A
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	874.000	168 A
1	MY 55-14	865.667	166 A
9	Mod Mex 93-404	811.000	156 A
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	804.000	155 A
10	Mod Mex 93-412	802.333	154 A
12	Mod 95-419	781.333	150 AB
3	Q-96 <sup>T</sup>	779.000	150 AB
11	Mod 95-401	717.667	138 AB
7	Mex 91-566	705.000	136 AB
2	JA 64-20	555.667	107 B

<sup>T</sup> Testigo. \* Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

En este ciclo de cultivo y para esta variable, el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) mostraron que existen diferencias estadísticamente significativas, como se observa en el Cuadro anterior. No obstante, es importante mencionar que los rendimientos que se obtuvieron variaron entre 107 a 178 t ha<sup>-1</sup>. Las variedades L 73-65, Mex 91-662, Mex 69-290 (testigo) y MY 55-14, fueron las que presentaron rendimientos superiores a 160 t ha<sup>-1</sup>.

Las variedades L 73–65 y Mex 91–662 superaron numéricamente a las variedades testigos de este estudio. La primera, fue la única variedad que incrementó su rendimiento con respecto al ciclo anterior, lo que pudo deberse a la capacidad de ahijamiento de cepa. La variedad testigo Q–96 presentó el mayor rendimiento durante el ciclo planta, sin embargo, para este ciclo no resultó ser la de mayor rendimiento, incluso disminuyó su rendimiento en  $45.1 \text{ t ha}^{-1}$ .

La variedad JA 64–20, fue la que menor rendimiento presentó para este ciclo. Sin embargo, comparando el ciclo planta y soca respectivamente, esta variedad disminuyó  $71 \text{ t ha}^{-1}$  ubicándola en la variedad que más redujo su rendimiento de los dos ciclos estudiados. La variedad Mex 91–566, fue la que la menor reducción presentó en cuanto a rendimiento con respecto de un ciclo a otro, ya que sólo disminuyó  $10 \text{ t ha}^{-1}$ . Lo anterior pudo deberse principalmente, a la expresión de su material genético y su interacción con el ambiente (Rea y De Sousa, 2001).

**8.2.6. Grados Brix en campo.** Los valores de esta variable se midieron en campo para cada una de las parcelas experimentales del ciclo planta y se muestran en el Cuadro 13. Se observó que la mayoría de las variedades alcanzaron su mayor contenido de sacarosa a los 11 meses de edad; sin embargo a los 12 meses éste empezó a disminuir. Las variedades Mex 91–662, JA 64–20 y Mod Mex 93–404 logran su mayor porcentaje de sacarosa hasta los 12 meses de edad.

**Cuadro 13.** Grados Brix en campo de las variedades de caña de azúcar en el ciclo soca 2007-2008.

No.	Variedad	Edad	
		11 meses	12 meses
8	Mex 91-662	18.30	18.50
2	JA 64-20	17.15	17.80
6	L 73-65	17.23	16.65
11	Mod 95-401	17.95	16.63
3	Q-96 <sup>T</sup>	17.40	16.44
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	16.60	16.14
10	Mod Mex 93-412	16.22	15.78
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	15.38	15.05
9	Mod Mex 93-404	14.68	14.92
7	Mex 91-566	15.68	14.92
12	Mod 95-419	15.70	14.90
1	MY 55-14	14.17	13.42

<sup>T</sup> Testigo.

**8.2.7. Análisis de laboratorio.** Los porcentajes de sacarosa, fibra, humedad y azúcares reductores, obtenidos en el Laboratorio de Campo del Ingenio El Modelo para el ciclo soca, se muestran en el Cuadro 14.

**Cuadro 14.** Variables industriales de las variedades de caña de azúcar medidos en el ciclo soca 2007-2008.

No.	Variedad	% Sacarosa	% Fibra	% Humedad	% Az. Red.
8	Mex 91-662	17.66	14.53	66.00	0.213
2	JA 64-20	16.24	14.50	66.80	0.251
5	CP 72-2086 <sup>T</sup>	15.83	14.15	67.00	0.253
11	Mod 95-401	15.82	14.60	67.00	0.262
6	L 73-65	15.17	14.25	67.20	0.259
7	Mex 91-566	14.87	14.60	67.60	0.267
10	Mod Mex 93-412	14.68	14.20	67.70	0.267
12	Mod 95-419	14.59	14.40	67.90	0.285
4	Mex 69-290 <sup>T</sup>	14.49	13.95	67.60	0.329
3	Q-96 <sup>T</sup>	14.03	14.00	67.80	0.342
9	Mod Mex 93-404	13.84	14.06	68.00	0.361
	MY 55-14	12.64	14.40	69.10	0.350

<sup>T</sup> Testigo. Az. Red. Azúcares reductores.

El Cuadro 14 muestra los porcentajes de sacarosa obtenidos en el ciclo soca. Los porcentajes más altos se registraron en las variedades Mex 91–662, JA 64–20, CP 72–2086 (testigo) y Mod 95–401, con 17.66%, 16.24%, 15.83% y 15.82% respectivamente. La mayoría de las variedades incrementaron su porcentaje de sacarosa respecto a los valores observados en el ciclo planta.

Uno de los criterios para seleccionar una variedad de caña de azúcar es que ésta tenga más del 16% de sacarosa o que este porcentaje sea igual al de la variedad testigo (IMPA, 1988). Cabe señalar que a excepción de la variedad MY 55–14, cuyo porcentaje de sacarosa fue de 12.64, las demás variedades superaron el porcentaje promedio de sacarosa de la zona de abasto del Ingenio El Modelo, reportado en 13% aproximadamente (PRONAC, 2009).

En el Cuadro 14 se observa que las variedades Mex 91-662 y JA 64-20 superaron a las variedades testigo aquí incluidas, en lo referente a contenido de sacarosa. Sin embargo, la variedad JA 64-20 presentó el menor rendimiento en campo, en contraste con la variedad Mex 91–662 que presentó uno de los mayores rendimientos.

En relación con el porcentaje de fibra, el análisis de laboratorio muestra que también durante este ciclo, todas las variedades mostraron valores menores al 15%, destacando la variedad Mex 69–290 con el valor más bajo que fue de 13.95%. Las variedades Mex 91–566 y nuevamente la variedad Mod 95–401 presentaron el mayor porcentaje de fibra con 14.60%.

Los porcentajes de humedad para este ciclo oscilaron entre 66.0 y 69.10 %, los cuales disminuyeron en comparación con el ciclo planta, sin embargo, éstos siguen siendo aceptables considerando lo establecido por el IMPA (1988).

De acuerdo al Cuadro anterior, la variedad Mex 91–662 presentó el porcentaje de azúcares reductores más bajo (0.213 %) lo que difiere con el mayor porcentaje de sacarosa que ésta obtuvo para este ciclo. Los porcentajes más altos se registraron en

las variedades Mod Mex 93–404 y MY 55–14 con 0.361 y 0.350 % respectivamente, lo que coincide con sus porcentajes más bajos de sacarosa que éstas registraron.

## 9. CONCLUSIONES

La evaluación agroindustrial de variedades de caña de azúcar es un proceso sistemático y prolongado que podría requerir de al menos cinco ciclos de producción, a fin de contar con suficientes datos de campo que permitan conocer el comportamiento de campo y fábrica de un determinado banco de variedades. No obstante, en este estudio solamente se puede comentar la información obtenida sobre las tendencias observadas en el comportamiento de las variedades estudiadas en los ciclos de planta y soca.

El comportamiento agroindustrial del banco de variedades aquí estudiado se debió fundamentalmente a la respuesta de sus características genéticas a un mismo manejo en campo y a las condiciones climatológicas prevalecientes en el área de estudio. Se encontraron diferencias marcadas, de un ciclo a otro, en cuanto a rendimiento y porcentaje de sacarosa. Por tanto, se destaca que las variedades L 73-65 y Mex 91-662 mostraron los mejores rendimientos de campo y porcentajes de sacarosa en estos dos ciclos de producción estudiados.

La hipótesis planteada para este estudio, es aceptada ya que los rendimientos obtenidos en ambos ciclos resultaron superiores al rendimiento promedio de las variedades que comúnmente se cultivan en la zona de abasto del Ingenio El Modelo ( $100 \text{ t ha}^{-1}$ ). Asimismo, se puede considerar que la mayoría de las variedades estudiadas constituyen un importante banco de germoplasma que aún tendrá que someterse a las fases o procesos de multiplicación III y evaluación semicomercial, antes de ser destinadas a la diversificación de variedades en las zonas cañeras de los Ingenios del Estado de Veracruz.

En relación con la susceptibilidad de plagas y enfermedades, se hace notar que hubo una baja incidencia de plagas de importancia económica, lo que resultó en un daño de baja consideración. Respecto a las enfermedades, se observó una incidencia de enfermedades de segundo orden, cuyo daño fue también de poca consideración.

Al margen del análisis estadístico, es importante mencionar que los rendimientos que se obtuvieron para el ciclo planta fluctuaron entre 146.1 y 195.1 t ha<sup>-1</sup>, y de 107 a 178 t ha<sup>-1</sup> para el ciclo soca. Estos valores se encuentran por arriba del rendimiento promedio que se obtiene en la zona de abasto del Ingenio El Modelo. Bajo esta consideración, el uso de estas variedades en la zona de abasto referida puede justificarse, en general, debido al impacto social y económico que podrían tener las diferencias en rendimientos que estas variedades mostraron en relación con dicho rendimiento promedio.

## **10. RECOMENDACIONES**

Es necesaria la continuación de este estudio durante tres ciclos de producción más, a fin de contar con datos de campo que muestren una mejor definición del comportamiento agroindustrial del banco de variedades estudiado.

Continuar con la evaluación de la incidencia de plagas y enfermedades, así como la implementación de estudios de severidad para determinar los daños ocasionados por éstos, sobre todo en las variedades que empiezan a mostrar las mejores características agroindustriales en los ciclos aquí estudiados.

En adición a lo anterior, es necesario incluir en la evaluación de este banco de variedades diferentes manejos agronómicos, tales como: dosis y fuentes de fertilización, frecuencia de riegos, sistemas de riego, tipos de suelos, control de plagas y enfermedades, entre otros. Lo anterior, hará posible que estas variedades lleguen a expresar su mejor potencial productivo.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri M., A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1971:1–24.
- Álvarez H., J., S. López G., y A. S. Ramírez G. 1990. Tesis de Evaluación Agroindustrial de ocho variedades tempranas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) ciclo planta en el área de influencia del Ingenio El Potrero. Córdoba, Ver. Universidad Veracruzana. P 38.
- Bencht G. 1974. System theory, the key to holism and reductionism. *Bioscience* 24 (10): 569–579.
- Bertalanffy L. 1976. Teoría general de los sistemas. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires, Argentina. pp: 78-83.
- Cerisola C., I. 1989. Lecciones de Agricultura Biológica. Agroguías Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 29-31.
- COAAZUCAR. 2005. Resultados de la zafra 2004-2005. Comité de la industria azucarera, México, D. F.  
<http://www.sagarpa.gob.mx/Coaazucar/Coaazucar/coaazucar.htm>  
(Consultada: 02-03-07).
- Conway G., R. 1990. Agroecosistemas. In: *Systems Theory Applied to Agriculture and the Food Chain*. Jones, J, G.W. and street, P.R. (eds). Elsevier Applied Science. England. 233 p.
- Chávez M., R., J. Perdomo C., R. Del Pino P., y A. Domínguez T. 1999. Adaptación ecológica de variedades extranjeras de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). In:

Memoria del XII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria. Veracruz 1999. México. pp. 121–122.

Chiavenato I. 1994. Introducción a la Teoría General de la Administración. 3ª McGraw-Hill do Brasil, Ltda. 528 p.

Díaz A., R. Rea, O. De Sousa, y R. Briseño. 2003. B80-408 y B80-509: Nuevas Variedades promisorias de caña de azúcar en Venezuela. Caña de azúcar. Vol. 21 No. 1. pp: 3-16.

FAO 2005. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Estadísticas. <http://apps.fao.org/faostat/collections> (Consultada: 22-03-07).

Fauconnier R., y D. Bassereau. 1975. La caña de azúcar. Ed. blume; Barcelona, España.

Feldmann M. 1997. La canne a' sucre. In: Charrier A., M. Jacquot, S. Hmon et D. Nicolas (Eds.). L' amélioration des plantes tropicales. CIRAD-ORSTOM. Toulouse, Francia. Pp 197–216.

Flores C., S. 2001. Las variedades de caña de azúcar en México. Ed. ATAM, México, D. F. 308 p.

Fonseca D., M. E., F. Resendiz H., y J. L. Michel L. 2006. Evaluación agroindustrial de variedades prometedoras de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la zona del Ingenio Tala. Avances en la investigación científica en el CUCBA. ISBN 970-27-1045-6. Universidad de Guadalajara, Jalisco.

García-Espinosa R. 1993. Teoría general de sistemas y fitopatología. *In*: Agroecología, sostenibilidad y educación. Ferrera-Quintero (ed.) Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo Edo. De México. 114 p.

- González G., A. 1954. La introducción de nuevas variedades de caña de azúcar al cultivo comercial. Oficina Campos Experimentales UNPASA. México. 77 p.
- González. G., A. 1970. La hibridación de la caña de azúcar. Instituto Mejoramiento y Producción de Azúcar, México D. F. 38 p.
- González R., V. 1986. Semilleros de caña de azúcar. FONAIAP Divulga (20). <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd20/texto/semilleros.htm> (Consultada: 10-04-08).
- Hart D., R. 1980. Agroecosistemas Conceptos Básicos. Ed. Serie Materiales de Enseñanza No.1. CATIE, Turrialda. Costa Rica. 211 p.
- Hernández R., S., M. López V., y A. Ortega L. 1999. Medición en campo y laboratorio de algunos componentes del balance hídrico y de nitrógeno en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la zona centro de Veracruz. Tesis profesional. ITA 18 de Úrsulo Galván, Ver; México.89 p.
- Humbert R., P. 1968. The Growing of Sugar Cane. Elsevier Publishing Company. Los Gatos, California, USA. 773 p.
- IMPA. 1988. Programa de Variedades. Metodología Experimental, México O. E. 1–59 p.
- Johansen B., O. 1994. Introducción a la Teoría General de sistemas. Ed. Limusa–Noriega. México. pp: 158 y 161.
- Kingston J. 1993. Diccionario Ilustrado de la Geografía. Everest Evergráficas. León, España. 217 p.
- Kranz J., and B. Hau. 1980. System analysis in epidemiology. Ann. Rev. Phytopathol. 18: 67–83.

- Mangelsdorf A., J. 1959. Genetic aspects of Yield Decline. Proc. Congr. ISSCT, Hawaii 10:72-76.
- Martínez C., R., y J. Martínez A. 1999. Selección de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la región de Úrsulo Galván, Ver. In: Resúmenes del Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario 1999. SEP-SEIT-DGETA. Oaxaca, México. p 120.
- Marten G., G. 1988. Productivity, Stability, Sustainability, Equitability and Automy as Propierties for Agroecosystems Assessment. *Agricultural Systems* 26: 291–316.
- Mercado R., E., R. Muller G., y R. Marín S. 1993. Capacitación y desarrollo tecnológico en el campo cañero. Memoria tomo II, Jalapa, Ver.
- Olivares S., E 2002. Paquete de diseños experimentales Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL, Marín N. L.
- Oviedo M., R. Durán J., y C. Barrantes J. 1999. Determinación de la curva de madurez de nueve variedades de caña de azúcar, en Pérez Zeledón, Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la caña de azúcar (DIECA-LAICA). XI Congreso Nacional Agronómico. p. 277.
- PRONAC 2007. Programa Nacional de la Agroindustria de la caña de azúcar. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx/cgcs/discursos/2007/abril/Pronac.pdf>
- PRONAC 2009. Digitalización del Campo Cañero en México para Alcanzar la Agricultura de Precisión de la Caña de Azúcar. Ingenio El Modelo. [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx).

- Rea R., y O. De Sousa V 2001. Interacción genotipo x ambiente y análisis de estabilidad de ensayos regionales de caña de azúcar en Venezuela. Caña de azúcar. Vol. 19. pp: 3-15.
- Rubio I., J. F. 1997. Evaluación y selección de variedades. In: II Curso-Taller Variedades de Caña de Azúcar. ITA No. 18 y Universidad Veracruzana. Veracruz. 114 p.
- Ruiz R., O. 1995. Agroecosistema: El Término, Concepto y su Definición bajo el Enfoque Agroecológico y Sistémico. p. 5. In: II Seminario Internacional de Agroecología. UACH. México.
- SAGARPA 2005. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola 2005.
- Salgado G., S., L. Bucio A., D. Riestra D., y L. Lagunés E. 2003a. Caña de Azúcar: Hacia un manejo sustentable. Colegio de Postgraduados; Villahermosa Tabasco. México 394 p.
- Sánchez F., M. 1997. Desarrollo de la producción de caña y azúcar en la República mexicana. Colegio de Postgraduados. México. 143 p.
- Spedding C., R. W. 1975. The biology of agricultural systems. London. Academic press. Inc. 261 p.
- Terán C. 2005. Evaluación de antecesores en la renovación de caña de azúcar. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Tucumán, Argentina. [http://www.inta.gov.ar/famaila/info/documentos/cana/art\\_cana05.html](http://www.inta.gov.ar/famaila/info/documentos/cana/art_cana05.html).

Victoria J., I., C. Viveros A., C. Cassalet, y H. Calderón. 1997. Establecimiento de semilleros limpios. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. CENICAÑA. Serie Técnica (22).

Whittow J., B. 1988. Diccionario de Geografía Física. Alianza. Madrid, España. 490 p.

Zerega M., L. O., L. Rojas A., y T. L. Hernández A. 2002. Caracterización y sugerencias de manejo de los recursos agroecológicos para la producción de caña de azúcar en la Unión de Prestatarios La Esperanza, Estado Yaracuy. Caña de azúcar 20 (1): 18-40.

## 12. ANEXOS

Anexo 1. Propiedades físico-químicas del suelo del área experimental utilizada en este estudio.

MUESTRAS	DETERMINACIONES FÍSICAS					DETERMINACIONES QUÍMICAS (Extractables)							
	Aren	Arcilla	Limo	TEXTURA		pH.	C.E.	M.O.	N.T.	P.	K.	Ca.	Mg.
				%									
							mmhos.cm <sup>-1</sup>	%		Mg kg <sup>-1</sup>	Cmol l <sup>-1</sup>		
<b>M1</b>	41.0	42.0	17.0	Arcilla – arenosa		6.34 IA.	0.16 NS.	1.10 M.	0.10 M.	N.D.	0.01	5908 MA.	3330 MA.
<b>M2</b>	40.0	42.0	18.0	Arcilla – arenosa		6.06 IA.	0.10 NS.	1.15 M.	0.13 M.	47.59	0.34	4949 MA.	4392 MA.
<b>M3</b>	41.0	42.0	17.0	Arcilla – arenosa		6.10 IA.	0.18 NS.	1.18 M.	0.18 M.	51.33	0.41	4242 MA.	3294 MA.

pH: IA– Ligeramente ácido

C.E.: NS- No salino

M.O., N.T; Ca y Mg: MA: Muy Alto A: Alto, M: Mediano B: Bajo y MB: Muy Bajo

N.D.: No detectable

Textura: Arcilla-arenosa

## Anexo 2. Genealogía de algunas variedades estudiadas.

CARACTERÍSTICAS					
Variedad	Botánicas	Agronómicas	Fitosanitarias	Industriales	Rendimiento
<b>Q-96</b>	Habito de crecimiento en canasta	Lenta germinación (menos del 30%) a los 30 días después de la siembra (dds)	Es resistente al carbón y a la roya	Es de madurez media	105 ton/ha en planta y soca
	Tallos de color morado y verde amarillento	Buen amacollamiento	Es susceptible a la escaldadura y al mosaico	15.1 % de sacarosa	
	Presenta gran cantidad de ahuates	Es tolerante al acame		14.1 % de fibra	
<b>CP-72 2086</b>	Habito de crecimiento erecto	Buena germinación (del 50 al 80%) a los 30 dds	Es resistente al carbón, roya y escaldadura	Es de madurez temprana	102 ton/ha en planta
	Tallos de color verde avinado a claro	Buen amacollamiento	Es susceptible al gusano barrenador	14.1 % de sacarosa	90 ton/ha en soca
	No presenta ahuates	Es tolerante al acame		13.1 % de fibra	
<b>MEX 69-290</b>	Habito de crecimiento erecto	Regular germinación (del 30 al 50%) a los 30 dds	Es resistente al carbón, roya y raya roja	Es de madurez media	101 ton/ha en planta
	Tallos de color verde crema y claro	Buen amacollamiento	Es susceptible al pokkeah - boeng y mancha de ojo	14.0 % de sacarosa	90 ton/ha en soca
	Presenta escasos ahuates	Es resistente al acame	Es tolerante al barrenador y chinche de encaje	14.3 % de fibra	
<b>MY-5514</b>	Habito de crecimiento en canasta	Es de buena germinación (del 50 al 80%) a los 30 dds	Es resistente al carbón y a la raya roja	Es de madurez media	128 ton/ha en planta
	Tallos de color verde amarillento y tintes morados	Regular amacollamiento	Es susceptible a la roya y al mosaico	14.5 % de sacarosa	107 ton/ha en soca
	Presenta cantidad regular de ahuates	Es susceptible al acame		14.3 % de fibra	
<b>L 73-65</b>	Habito de crecimiento erecto	Buena germinación (del 50 al 80%) a los 30 dds	Es resistente roya, mancha de ojo y mosaico	Es de madurez media	122 ton/ha en planta
	Tallos de color verde amarillento con manchas oscuras	Buen amacollamiento y temprano	Es susceptible al carbón	15.0 % de sacarosa	106 ton/ha en soca
	Presenta escasos ahuates	Es resistente al acame	Es tolerante al gusano barrenador	14.5 % de fibra	

**Anexo 3.** Análisis de varianza del rendimiento en campo medido en las variedades de caña de azúcar en el ciclo planta 2006-2007.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>	<b>p &gt; f</b>
Tratamientos	11	160970.00	14633.6367	1.7043	0.138 NS
Bloques	2	1828.00	914.00	0.1065	0.899
Error	22	188896.00	8586.18164		
Total	35	351694.00			

CV= 10.00 %

**Anexo 4.** Análisis de varianza de la población de tallos molederos encontrados a los 12 meses de edad en el ciclo soca 2007-2008.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>	<b>p &gt; f</b>
Tratamientos	11	81.890625	7.444602	0.8848	0.568 NS
Bloques	2	4.222656	2.111328	0.2509	0.783
Error	22	185.109375	8.414063		
Total	35	271.222656			

CV= 11.04 %

**Anexo 5.** Análisis de varianza de la altura medida a los 12 meses de edad en el ciclo soca 2007-2008.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>	<b>p &gt; f</b>
Tratamientos	11	0.605652	0.055059	2.1402	0.062*
Bloques	2	0.353973	0.176987	6.8796	0.005
Error	22	0.565679	0.025726		
Total	35	1.525604			

CV= 5.65 %

**Anexo 6.** Análisis de varianza del diámetro medido a los 12 meses de edad en el ciclo soca 2007-2008.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>	<b>p &gt; f</b>
Tratamientos	11	0.614136	0.055831	2.3696	0.041*
Bloques	2	0.454956	0.227478	9.6549	0.001
Error	22	0.518341	0.023561		
Total	35	1.587433			

CV= 5.34 %

**Anexo 7.** Análisis de varianza del rendimiento en campo medido en el ciclo soca 2007-2008.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p &gt; f</b>	
Tratamientos	11	327412.0	29764.72656	4.5311	0.002	**
Bloques	2	7170.0	3585	0.5457	0.592	NS
Error	22	144518.0	6569			
Total	35	479100.0				

CV= 10.23 %

**Anexo 8.** Precipitación pluvial registrada en la estación climatológica del C.B.T.a No. 17 en el ciclo planta 2006-2007.

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
<b>2005</b>												0.9
<b>2006</b>	7.7	29.6	5.7	64.1	12	230.6	397.8	233.3	243.5	51.6	32.4	23.9
<b>2007</b>	5.7	40.4	20.9									
<b>TOTAL:</b>	1,400.10 mm											

**Anexo 9.** Precipitación pluvial registrada en la estación climatológica del C.B.T.a No. 17 en el ciclo soca 2007-2008.

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
<b>2007</b>				2.8	58.9	49.7	102.1	283.5	332.2	70.9	48.3	42.2
<b>2008</b>	7.7	0.4	5.4	1.3	30.2							
<b>TOTAL:</b>	1,035.60 mm											

**Anexo 10.** Evapotranspiración registrada durante los años 2005 al 2008.

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>MEDIA</b>
<b>2005</b>	117.8	106.4	138.7	185.3	162.6	173.2	152.6	128.4	112.6	112.3	86.9	82.9	130.0 mm
<b>2006</b>	97.2	124.0	162.0	184.3	176.8	165.4	127.1	137.6	132.0	126.5	98.3	99.7	135.9 mm
<b>2007</b>	102.7	99.5	158.0	185.8	183.0	170.0	168.7	162.4	150.5	140.8	122.0	131.4	147.9 mm
<b>2008</b>	113.4	129.9	187.0	192.6	202.4								165.1 mm

**Anexo 11.** Temperatura promedio anual registrada durante los años 2005 al 2008.

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>MEDIA</b>
<b>2005</b>	22.6	22.9	24.8	26.1	28.2	30.0	28.4	24.4	27.6	26.1	23.5	22.1	25.6 °C
<b>2006</b>	21.7	22.2	25.0	26.8	27.7	27.3	26.8	27.4	27.5	27.4	24.7	23.7	25.7 °C
<b>2007</b>	22.8	22.7	25.2	27.1	28.1	29.0	28.6	28.3	27.5	26.5	24.7	23.6	26.2 °C
<b>2008</b>	21.5	22.7	23.6	26.6	28.9								24.7 °C

**Anexo 12.** Humedad relativa registrada durante los años 2005 al 2008.

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>MEDIA</b>
<b>2005</b>	83.5	86.6	85.0	80.9	87.1	86.7	86.3	87.7	86.3	88.1	84.0	84.7	85.6 %
<b>2006</b>	83.6	84.0	82.7	84.0	83.0	81.8	87.4	86.6	85.7	83.1	81.1	83.1	83.8 %
<b>2007</b>	82.9	85.4	82.3	83.5	82.0	82.5	83.8	84.1	85.9	79.9	81.9	85.1	83.3 %
<b>2008</b>	83.3	81.7	78.9	81.1	81.3								81.3 %