



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

MAESTRÍA TECNOLÓGICA "MANEJO SUSTENTABLE DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR"

EVALUACIÓN AGROINDUSTRIAL DE 10 CLONES DE CAÑA DE AZÚCAR  
EN UN SUELO VERTISOL DE LA ZONA DE ABASTECIMIENTO  
DEL INGENIO PRESIDENTE BENITO JUÁREZ, S.A DE C.V.

RAFAEL CALLEJA AGUIRRE

**TESINA**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA TECNOLÓGICA

H. CÁRDENAS, TABASCO

2014

La presente tesina, titulada: “Evaluación agroindustrial de 10 clones de caña de azúcar en un suelo Vertisol de la zona de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez, S.A. de C.V.”, realizado por el alumno: **Rafael Calleja Aguirre**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

## MAESTRÍA TECNOLÓGICA

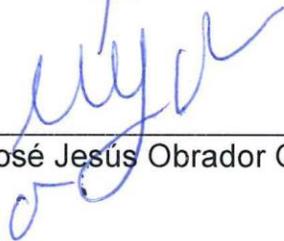
### MANEJO SUSTENTABLE DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

#### CONSEJO PARTICULAR

**Consejero**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Apolonio Valdez Balero

**Asesor**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Jesús Obrador Olán

H. Cárdenas, Tabasco 9 de Enero del 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente le doy gracias a Dios, por la vida, por estar siempre a mi lado, por su fidelidad y misericordia para conmigo y mi familia.

A mis padres, quienes con su amor incondicional y respeto me enseñaron los valores que nos permiten relacionarnos con nuestros semejantes, y a su vez a llevar una vida en armonía y en paz, por la confianza, por ser nuestros mejores amigos y por el apoyo moral, gracias.

A mi esposa, quien con amor y confianza me ha brindado la fortaleza de lograr una meta más en mi vida.

Al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco por permitir realizar la Maestría Tecnológica “Manejo Sustentable del Cultivo de Caña de Azúcar”, por el uso de la infraestructura y a la Línea Prioritaria de Investigación 5 (LPI5) Biotecnología microbiana, vegetal y animal por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

Al Ingenio Presidente Benito Juárez S.A de C.V. por el apoyo económico aportado durante la maestría.

Al Dr. Pedro Daniel Estrada Álvarez, Gerente general del IPBJ, por la oportunidad para realizar la maestría.

Al Ing. Guillermo Badillo Lagunes, Gerente de campo de IPBJ, por las facilidades y compañerismo para asistir a clases.

Al Dr. Apolonio Valdez Balero, por apoyarme en la realización de mi tesina, por sus aportaciones, comentarios, y su dedicación por enseñar a los demás.

Al Dr. José Jesús Obrador Olán, por sus aportaciones en la realización de mi tesina.

A los doctores, les agradezco por compartir sus enseñanzas, conocimientos y dedicación que hicieron posible mi formación.

A todas aquellas personas que por el momento se me escapan de la memoria y que contribuyeron en alguna forma en mi proyecto de Maestría. Muchas gracias por ello.

## Contenido

	Paginas
<b>I.- RESUMEN.....</b>	<b>V</b>
<b>II.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>III.- OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>IV.- REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
4. 1 Ingenio Presidente Benito Juárez, S.A de C.V.....	2
4.2 Evaluación agroindustrial.....	2
4.3 Suelo.....	2
4.3.1 Suelos Vertisoles (VR).....	3
4.3.2 Vertisoles éutricos (VReu).....	3
<b>V.- PROCESO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>4</b>
5.1 Localización.....	4
5.2 Material Vegetativo.....	4
5.3 Preparación del terreno.....	5
5.4 Características del suelo.....	5
5.5 Riego.....	5
5.6 Labores culturales.....	6
5.7 Control de plagas.....	5
5.8 Diseño experimental.....	5
5.9 Variables de respuesta.....	6
5.9.1 Aspectos agronómicos.....	6
5.9.2 Variables de crecimiento.....	6
5.9.3 Altura del tallo (m).....	6
5.9.4 Población.....	6
5.9.5 Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ).....	7
5.10 Análisis agroindustrial (análisis de laboratorio).....	7
5.11 Descripciones de los clones en evaluación.....	8
5.12 Análisis estadístico.....	8
5.13 Análisis crítico de los diferentes enfoques.....	8

5.13.1 Variables de suelo.....	8
5.13.2 Suelos Vertisoles.....	8
5.14 Variables de crecimiento.....	9
5.14.1 Altura de tallo.....	9
5.14.2 Población.....	10
5.14.3 Rendimiento.....	11
5.15 Análisis agroindustrial.....	13
5.15.1 Brix.....	13
5.15.2 Sacarosa.....	14
5.15.3 Pol.....	15
5.15.4 Fibra.....	15
5.15.5 Pureza.....	16
5.15.6 Humedad.....	17
5.15.7 Azucares reductores.....	18
5.16 Descripción de los clones en evaluación.....	19
<b>VI.- POSICIÓN DEL AUTOR.....</b>	<b>20</b>
<b>VII.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>VIII.- BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>21</b>
<b>IX.- ANEXOS</b>	

## I.- RESUMEN

Rafael Calleja Aguirre, M.T.

Colegio de Postgraduados, 2014

La caña de azúcar (*Saccharum spp*) es uno de los principales cultivos de importancia económica en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La fase evaluación agroindustrial tiene como finalidad evaluar con más precisión el comportamiento agroindustrial de los clones y de esta manera obtener información más consistente de la respuesta al medio ambiente. El proceso de selección en términos generales, cubre un periodo de 10 a 12 años en las 11 fases sucesivas. La productividad del cultivo de la caña de azúcar depende fundamentalmente de las características de los clones en producción, esto es, del material genético. Por esta razón, la evaluación y selección de clones de caña de azúcar debe ser un proceso sistemático y permanente que garantice la disponibilidad de nuevos y mejores genotipos que presenten adaptación regional y resistencia a plagas y enfermedades. Estos pueden emplearse en la agroindustria cañera, ya sea con fines de sustitución o diversificación. Se evaluaron las características fenotípicas y agroindustriales de nueve nuevos clones de caña de azúcar seleccionados en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco en un suelo Vertisol, utilizando como testigo el clon comercial MEX 69-290 (T). De los clones evaluados sobresalen en rendimiento COLPOSCTMEX 05-223 (127 t ha<sup>-1</sup>) COLPOSCTMEX 05-204 (125.19 t ha<sup>-1</sup>), COLPOSCTMEX 06-476 (118.58 t ha<sup>-1</sup>), y el testigo MEX 69-290 (110.22 t ha<sup>-1</sup>). Así mismo, los clones sobresalientes en concentración de sacarosa fueron COLPOSCTMEX 06-39 (14.8%), COLPOSCTMEX 06-2293 (14.79%), COLPOSCTMEX 05-204 (14.45%), MEX 02-16 (14.1%), COLPOSCTMEX 06-476 (13.98%), COLPOSCTMEX 06-376 (13.93%), COLPOSCTMEX 05-223 (13.48%), COLPOSCTMEX 06-2362 (13.36%), y el testigo MEX 69-290 (13.14%).

**Palabras Clave:** Clon, evaluación agroindustrial, selección, genotipos, fenotipos, rendimiento y sacarosa.

## II.- INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum spp*) es uno de los principales cultivos de importancia económica en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Chastel, 1994 y López, *et al.*, 2013). México es el sexto productor a nivel mundial de caña de caña de azúcar, con 44 millones de toneladas y es el cuarto exportador en el mundo. La superficie cosechada en 2013 fue de 780,524 hectáreas, un volumen industrializado de caña molida bruta de 61,438,539 toneladas, y una producción de 6'974,799 toneladas de Azúcar (CONADESUCA-Infocaña, 2013). La agroindustria de la caña de azúcar en México se divide en cinco regiones que abarcan 15 estados y 240 municipios. Estas regiones son: Región Noroeste (Sinaloa), Región Pacífico (Nayarit, Colima, Jalisco y Michoacán), Región Centro (Morelos y Puebla), Región Noreste (Tamaulipas y San Luis Potosí), Región Golfo (Veracruz, Tabasco y Oaxaca) y Región Sureste (Campeche, Chiapas y Quintana Roo). (López *et al.*, 2013).

La productividad del cultivo caña de azúcar depende fundamentalmente de las características de los clones en producción, esto es, del material genético (Rubio, 1997; Martínez, 1999 y Zerega *et al.*, 2002). Por esta razón, la evaluación y selección de clones de caña de azúcar debe ser un proceso sistemático y permanente que garantice la disponibilidad de nuevos y mejores genotipos que presenten adaptación regional y resistencia a plagas y enfermedades. Estos pueden emplearse en la agroindustria cañera, ya sea con fines de sustitución o diversificación (Martínez, 1999).

El proceso de selección en términos generales, cubre un periodo de 10 a 12 años en las 11 fases sucesivas siguientes: Siembra del Fuzz, Plántula, Surco, Parcela, Multiplicación I, Prueba de Adaptabilidad, Multiplicación II, Evaluación Agroindustrial, Multiplicación III y Prueba Semicomercial y Semillero Básico. Este proceso permite liberar de una a diez variedades cada 14 a 16 años (IMPA, 1883; Flores, 2001).

### **III.- OBJETIVOS**

El objetivo de la fase evaluación agroindustrial es calificar las características fenotípicas e industriales con mayor precisión de los clones de caña de azúcar considerado aquellas sobresalientes, prometedora y seleccionada en un suelo Vertisol en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

### **IV.- REVISION DE LITERATURA**

#### **4.1 Ingenio Presidente Benito Juárez, S.A de C.V.**

Se encuentra ubicado en la llanura aluvial, la cual se distribuye principalmente en la zona de la Chontalpa, abarcando parte de los municipios de Cárdenas y Huimanguillo. Fisiográficamente constituye una extensa área plana de origen aluvial, con sedimentos profundos que fueron acarreados por numerosos ríos y arroyos que surcan la zona a partir del intemperismo de las rocas de la sierra y de la erosión de los suelos de las zonas de lomeríos. Estos materiales mezclados de diferentes minerales finalmente fueron depositados por continuas avenidas, constituyendo hoy grandes extensiones de tierra; formando suelos Vertisoles, Fluvisoles y Gleysoles (Palma y Cisneros, 1997).

#### **4.2 Evaluación agroindustrial**

En esta fase se establecen experimentos en bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental es de seis surcos de 12 m de largo y la parcela útil cuatro surcos centrales. La evaluación se efectúa en los ciclos de planta, soca y resoca. Las características consideradas en la evaluación son las botánicas, fitosanitarias e industriales (IMPA, 1983).

#### **4.3 Suelo**

El suelo es un cuerpo natural que comprende sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurre en la superficie de la tierra, que ocupa un espacio y que se caracteriza por uno o ambos horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencia y transformaciones de energía y materia, por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 2006) citado por Salgado *et al.*, 2009.

#### **4.3.1 Suelos Vertisoles (VR)**

Son suelos que después de mezclados los primeros 18 cm, tienen 30% o más de arcilla hasta al menos la profundidad de 50 cm; poseen grietas que se forman la mayor parte de los años debajo de la superficie, en algunas épocas del año (a menos que estén irrigados), que tienen por lo menos 1 cm de ancho a la profundidad de 50 cm; tienen caras de deslizamientos (caras de frotamiento o “slikensides”) con intersecciones (recortes); y/o agregados estructurales en forma de cuña o paralelepípedo a una profundidad entre los 25 y 100 cm, con o sin “gligai” (microrelieve en forma de pequeñas promontorios producidos por los fenómenos de expansión y contracción). Son suelos cuya profundidad varía de 60 a más de 200 cm, de texturas arcillosas y que normalmente presentan solamente horizonte A y C, que se diferencian por el grado de agregación. Las características principales de los Vertisoles están determinadas por la gran cantidad de arcilla expandibles que contienen, ya que en la época de lluvias se anegan fácilmente volviéndose resbalosos e impermeables, mientras que, en la época de secas son duros y con profundas grietas, lo cual por un lado, dificulta el trabajo de la maquinaria agrícola, y por otro rompe las raíces de las plantas. Los procesos de expansión y contracción provocan que los primeros 80 cm de profundidad sufran un fenómeno de inversión de suelo o autoarado, por lo que los primeros horizontes del suelo se encuentran muy mezclados. Nutritionalmente son suelos ricos y con pH que fluctúa de ligeramente ácido a neutro. La superficie total de los suelos Vertisoles en el estado de Tabasco, es de 430,410.01 ha, que representan el 17.5% del total de los suelos del estado. Los clones se evaluaron en un suelo Vertisol éutrico. Palma-López *et al.*, 2007.

#### **4.3.2 Vertisoles éutricos (VReu)**

Son aquellos suelos que tienen un porcentaje de saturación de bases (PBS<sup>1</sup>) determinada por acetato de amonio, de 50% o más, al menos entre 20 y 50 cm de profundidad; no presentan horizonte cálcico o gypico. Estos suelos se encuentran ampliamente extendidos en el estado de Tabasco y constituyen a los suelos arcillosos, que localmente reciben el nombre de “barriales” o “atascaderos”.

Por lo anterior los principales factores de demérito están ligados a sus características físicas más que a las de fertilidad. Estos suelos se clasifican por su capacidad de uso

como: III/D4D3T1 y III/D4D3D1, por lo que su uso agrícola se encuentra restringido por manto freático elevado, permeabilidad lenta, textura arcillosa y en algunos una posición topografía con pendiente fuerte.

El uso principal que se le da a estos suelos es con pradera extensiva con pastos introducidos, caña de azúcar, cacao, algunos frutales de menor importancia económica y agricultura de temporal utilizando arroz y maíz. Un problema particular que se presenta en estos suelos es la inestabilidad de las construcciones, ya que los procesos de expansión y extracción debilitan, agrietan y fraccionan los muros y pilares de las construcciones, así con las cercas y caminos. Palma-López *et al.*, 2007.

## V-. PROCESO DE INVESTIGACIÓN

### 5.1 Localización

La investigación se realizó en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, ubicado en el km 21 de la carretera Cárdenas-Coatzacoalcos. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am), sus coordenadas son 17°59'10.20" y 93°35'36.69" a msnm. Las evaluaciones se realizaron de mayo de 2012 a marzo del 2013.

### 5.2 Material Vegetativo

Como material vegetativo se utilizaron 9 clones de caña de azúcar que se encuentra en fases avanzadas de selección y el testigo MEX 69-290 (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Clones de caña de azúcar evaluados en un suelo Vertisol del área de abastecimiento del Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V.

NUM	VARIEDAD	PROGENITORES
1	COLPOSCTMEX 06-2362	CP 73-1547 X ?
2	COLPOSCTMEX 06-2293	CC 93-4418 X CO 617
3	COLPOSCTMEX 05-204	CC 92-2198 X CC 93-4206
4	COLPOSCTMEX 06-39	MEX 94-47 X CC 93-3817
5	COLPOSCTMEX 06-252	CC 93-3826 X CC 84-59
6	COLPOSCTMEX 06-476	CC 87-11 X Co 775

NUM	VARIEDAD	PROGENITORES
7	COLPOSCTMEX 05-223	MEX 60-1403 X CP 80-1827
8	MEX 02-16	CP 65-357 X ITVMEX 62-1457
9	COLPOSCTMEX 06-376	CP 92-1213 X MEX 57-683
10	MEX 69-290 (TESTIGO)	MEX 56-476 X Mex 53-142

### 5.3 Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en: barbecho, rastra y surcado. Las labores de cultivo subsecuentes se realizaron de acuerdo a lo recomendado para la región (Valdez *et al.*, 2009). La fertilización se realizó con la dosis 128.5-59.5-59.5, 350 kg de 17-17-17 al momento de la siembra y 150 kg de urea al cierre de campo, según lo recomendado (Valdez *et al.*, 2009). El método de siembra empleado fue a cordón doble.

### 5.4 Características del suelo

Se determinaron las características físicas y químicas del suelo donde se van a establecer los clones de caña de azúcar.

### 5.5 Riego

Se aplicaron 3 riegos de auxilio en el período de estrés hídrico (marzo, abril y mayo). Esto ayudó al establecimiento del cultivo; posteriormente, una vez entrada la temporada de lluvias, se dejó que se desarrollara el cultivo.

### 5.6 Labores culturales

Se llevaron a cabo tres limpiezas manuales de malezas, las cuales son altamente agresivas para el cultivo de la caña de azúcar. Las labores culturales se iniciaron desde el momento de la siembra y durante los 90 días posteriores de la plantación, etapa en la cual la planta de caña de azúcar es susceptible a la competencia con las malezas.

### 5.7 Control de plagas

No se realizaron los controles de plagas y enfermedades.

### 5.8 Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por seis surcos de 12 m de largo. Parcela útil

los 4 surcos centrales de cada repetición. La distancia entre surcos fue de 1.4 m entre surcos.

## **5.9 Variables de respuesta**

### **5.9.1 Aspectos agronómicos**

Estos se refieren a las características fenotípicas más importantes de las variedades de caña de azúcar evaluadas, que corresponden a características deseables de la caña que la hacen prometedoras para su producción masiva.

### **5.9.2 Variables de crecimiento**

Las variables que se evaluaron para establecer las posibles diferencias los clones de caña de azúcar fueron: altura del tallo, población y rendimiento (ton/ha).

### **5.9.3 Altura del tallo (m)**

Para determinar la altura del tallo se utilizó una regla de 4 metros de altura, la unidad de medida metro. Dentro de cada parcela útil se tomaron al azar 5 plantas, dando un total 20 datos por clon. La altura de estas se midió desde la base del tallo hasta el último collar visible, a los 12 meses de edad del cultivo,

### **5.9.4 Población**

El número de tallos se contabilizó en ciclo planta a los 12 meses de edad, en una longitud de dos metros, repitiendo la operación durante cinco ocasiones en los cuatro surcos centrales de cada repetición.

### **5.9.5 Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)**

Se cortaron los tallos de los cuatro surcos centrales de cada parcela útil de cada tratamiento se pesó, empleándose una báscula con capacidad de 200 kg ±.

## **5.10 Análisis agroindustrial (análisis de laboratorio)**

Las evaluaciones se realizaron a partir de los 11 meses de edad de la planta en las épocas de diciembre a mayo del 2013. Para el análisis se utilizaron 10 tallos completos con el objetivo de determinar las variables de brix (%), sacarosa (%), pol, contenido de fibra (%), pureza (%), humedad y azúcares reductores, por método de Pol-Ratio. Este método consistió en la colecta de una muestra de 10 tallos molederos, los cuales fueron tomados al azar de los puntos de muestreo de cada lote experimental. Los tallos

se colocaron en una desfibradora, obteniéndose una muestra lo más homogéneamente posible, después se procedió a su etiquetado para facilitar su control e identificación. De estas se pesan 400 g a los cuales se le 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 se decantó en un embudo de tela centrifuga, 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° 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 brixometro 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 porcentaje de azucares reductores. Para esto, en un matraz Erlemeyer 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 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 agito vigorosamente; nuevamente se filtró e ingreso a la máquina Pol, desechando los primeros 25 ml y se anotó la lectura respectiva.

### **5.11 Descripciones de los clones en evaluación.**

Se determinaron las características botánicas, agroindustriales, fitosanitarias e industriales de los clones. Se realizó la calificación a los 9 meses de las principales características botánicas como los son: color de tallo, dureza, longitud, forma del entrenudo, tamaño de la hoja, collar, lígula, aurícula y ahuates. Así mismo, se evaluaron las características agronómicas a los 9 meses como lo son: germinación, hábito de crecimiento, rendimiento de campo y despaje. También, se evaluaron la presencia de las principales enfermedades indicado las que estén presentes en los clones evaluados. Una de las características principales a determinar en un clon es su comportamiento industrial, la cual se analizó a partir de los 12 a los 17 meses, con el objetivo de determinar su curva de madurez, esta característica es de alta importancia porque a través de ella se ubicará al clon por tipo de suelo, observando su tipo de madurez, las características que se consideran son la determinación de sacarosa, pureza del jugo y fibra.

### **5.12 Análisis estadístico**

Para el análisis de la información se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT versión 2008 para la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey.

### **5.13 Analisis critico de los diferentes enfoques**

#### **5.13.1 Variables de suelo**

#### **5.13.2 Suelos Vertisoles**

Estos suelos se encuentran ampliamente distribuidos en el estado de Tabasco y constituyen a los suelos arcillosos, localmente reciben el nombre de “barriales” “barro” o “atascaderos”. Estos suelos se diferencian en sus propiedades físicas, porque presentan una gran cantidad de arcillas expandibles, es decir, son suelos pesados para su manejo con maquinaria, ya que en la época de lluvias se encharcan fácilmente y se vuelven resbalosos e impermeables, y en la época seca son duros y con grietas profundas, que dificulta el trabajo de la maquinaria agrícola y por otro lado rompe las raíces de las plantas. Los factores que los limitan están ligados a sus características físicas más que a su fertilidad.

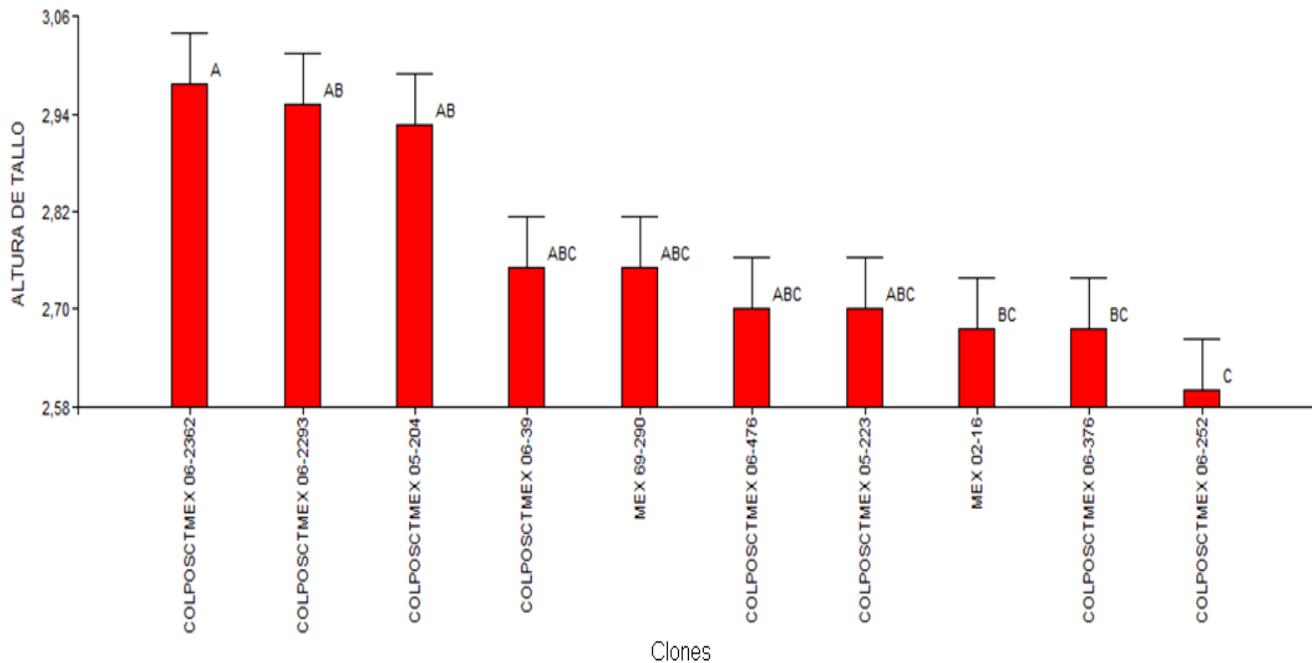
**Cuadro 2.** Propiedades químicas y físicas del suelo Vertisol éútrico donde se evaluaron los clones.

Prof.	%			Clase				(Cmol (+)Kg-1)					mg kg-1	CaCl2
	N	C0	MO	R (arcilla)	L (limo)	A (arena)	Textura	CIC	Na	K	Ca	Mg	P	pH
0-21	0.11	0.89	1.53	34	29	37	Franco arcilloso	17.9	0.33	0.30	14.82	7.43	4.22	5.19
21-38	0.08	0.70	1.20	38	29	33	Franco arcilloso	18.4	0.42	0.22	16.06	8.57	9.57	5.11
38-61	0.04	0.62	1.07	48	23	29	Arcilla	24.0	0.50	0.24	18.86	11.07	1.97	5.47
61-101	0.04	0.35	0.60	46	25	29	Arcilla	24.0	0.51	0.22	17.14	11.16	3.24	5.72
101-155	0.04	0.27	0.47	42	33	25	Arcilla	25.7	0.46	0.25	18.00	13.13	6.19	5.69
155-180	0.06	0.23	0.40	42	33	25	Arcilla	24.0	0.48	0.24	17.92	12.80	5.91	5.81

## 5.14 Variables de crecimiento

### 5.14.1 Altura de tallo

En ciclo planta y para esta variable existieron diferencias significativas entre clones. En la Figura 1 se observa la comparación de medias en la cual el clon COLPOSCTMEX 06-2362 presentó la mayor altura con un valor promedio de (2.98 m), seguidamente de los clones COLPOSCTMEX 06-2293 (2.95 m), COLPOSCTMEX 05-204 (2.93 m), COLPOSCTMEX 06-39 (2.75 m), el testigo MEX 69-290 (2.75 m), COLPOSCTMEX 06-476 (2.7 m), COLPOSCTMEX 05-223 (2.70 m), MEX 02-16 (2.68 m), COLPOSCTMEX 06-376 (2.68 m), y el clon más bajo en altura es COLPOSCTMEX 06-252 (2.6 m).



**Figura 1.** Comparación de medias de alturas de tallos de clones evaluados, literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

Martín *et al.*, (1994), mencionan que el incremento de la producción azucarera está determinada básicamente por las variedades y precisamente es el genotipo el que determina el potencial de los rendimientos agroindustriales.

#### 5.14.2 Población

Con relación a la población de tallos, el resultado del análisis estadístico los clones mostraron diferencia significativa, entre clones. Se observa que el clon COLPOSCTMEX 05-223 obtuvo la mayor cantidad de tallos (16 tallos), seguidamente el clon MEX 69-290 (15 tallos), COLPOSCTMEX 05-204 (15 tallos), COLPOSCTMEX 06-476 (14 tallos), COLPOSCTMEX 06-39 (14 tallos), COLPOSCTMEX 06-252 (14 tallos), MEX 02-16 (14 tallos) y el clon COLPOSCTMEX 06-376 (11 tallos) la que presentó menos cantidad de tallos en dos metros (Cuadro 3).

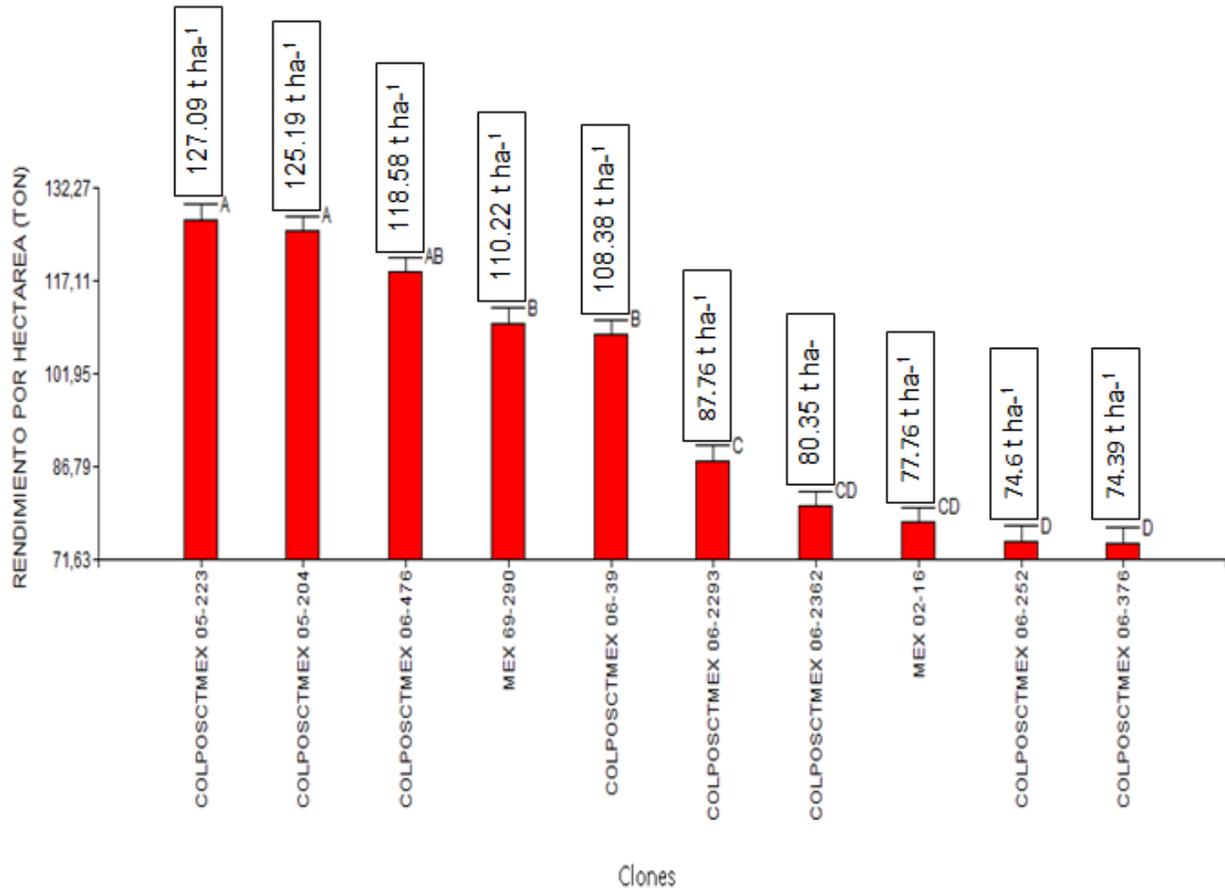
**Cuadro 3.** Comparación de medias de población de tallos, literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

<b>VARIEDAD</b>	<b>Promedios</b>
COLPOSCTMEX 05-223	16.00 A
MEX 69-290 (T)	15.75 A
COLPOSCTMEX 05-204	15.25 A
COLPOSCTMEX 06-476	14.75 A
COLPOSCTMEX 06-39	14.50 A
COLPOSCTMEX 06-252	14.50 A
MEX 02-16	14.25 AB
COLPOSCTMEX 06-2362	13.75 AB
COLPOSCTMEX 06-2293	13.50 AB
COLPOSCTMEX 06-376	11.75 B

Ruíz *et al.* (2009), señalan que las variedades de caña de azúcar con más de 15 tallos molederos por cepa trae como consecuencia una baja en el rendimiento de campo de la caña de azúcar. El alto número de tallos por cepa estriba en la degradación genética que sufren los clones de caña de azúcar, la cual conlleva a la disminución de las aptitudes productivas, entre las que se incluyen el diámetro del tallo y el número de tallos por cepa.

### **5.14.3 Rendimiento**

Con relación al peso del tallo el resultado del análisis estadístico entre clones mostraron diferencia estadística, en la Figura 2, se observa que el clon COLPOSCTMEX 05-223 presentó el mayor rendimiento por hectárea que fue de 127 t ha<sup>-1</sup> en ciclo planta, seguidamente de los clones COLPOSCTMEX 05-204, COLPOSCTMEX 06-476, MEX 69-290, COLPOSCTMEX 06-39, COLPOSCTMEX 06-2293, COLPOS CTMEX 06-2362, MEX 02-16, COLPOSCTMEX 06-252 Y COLPOSCTMEX 06-376.



**Figura 2.** Comparación de medias rendimiento (t ha<sup>-1</sup>), entre clones de caña de azúcar, literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

López (2013), menciona que el clon COLPOSCTMEX 05-223 posee tallos de buen tamaño. Así como, el clon COLPOSCTMEX 05-204. Larrahondo (1995) y López (2013), señalan que los tallos correspondan a la sección anatómica y estructural de la planta de caña de azúcar, que presenta mayor valor económico e interés para la extracción de jugo o guarapo para la elaboración de azúcar. El rendimiento es una variable, en la que puede presentarse cambios considerables de un ciclo a otro, es decir de planta a soca y de soca a resoca, principalmente influenciado por el ambiente, características genéticas del clon, manejo del cultivo y, en particular, de que la cosecha se realice de acuerdo a la madurez del clon, a fin de aprovechar la máxima concentración de sacarosa del tallo (Díaz *et al.*, 2003; Martínez, 1999).

## 5.15 Análisis agroindustrial

### 5.15.1 Brix

En los grados brix no existieron diferencias estadísticas significativas entre clones, el clon COLPOSCTMEX 06-39 fue el que presentó mayor grados brix (tendencias), seguido de los clones COLPOSCTMEX 05-204, COLPOSCTMEX 06-2293, COLPOSCTMEX 06-376, MEX 02-16, COLPOSCTMEX 06-476, COLPOSCTMEX 05-223, COLPOSCTMEX 06-2362, COLPOSCTMEX 06-252, superando al testigo MEX 69-290 (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Comparación de medias de Tukey brix (%), literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

VARIEDAD	PROMEDIOS (%)
COLPOSCTMEX 06-39	16.56 A
COLPOSCTMEX 05-204	16.37 A
COLPOSCTMEX 06-2293	16.32 A
COLPOSCTMEX 06-376	15.93 A
MEX 02-16	15.86 A
COLPOSCT MEX 06-476	15.86 A
COLPOSCTMEX 05-223	15.50 A
COLPOSCTMEX 06-2362	15.16 A
COLPOSCTMEX 06-252	14.76 A
MEX 69-290 (T)	14.55 A

Martín *et al.* (1994), cita que en las primeras etapas de selección, el contenido de brix tiene una mayor heredabilidad porque el coeficiente de variación es menor.

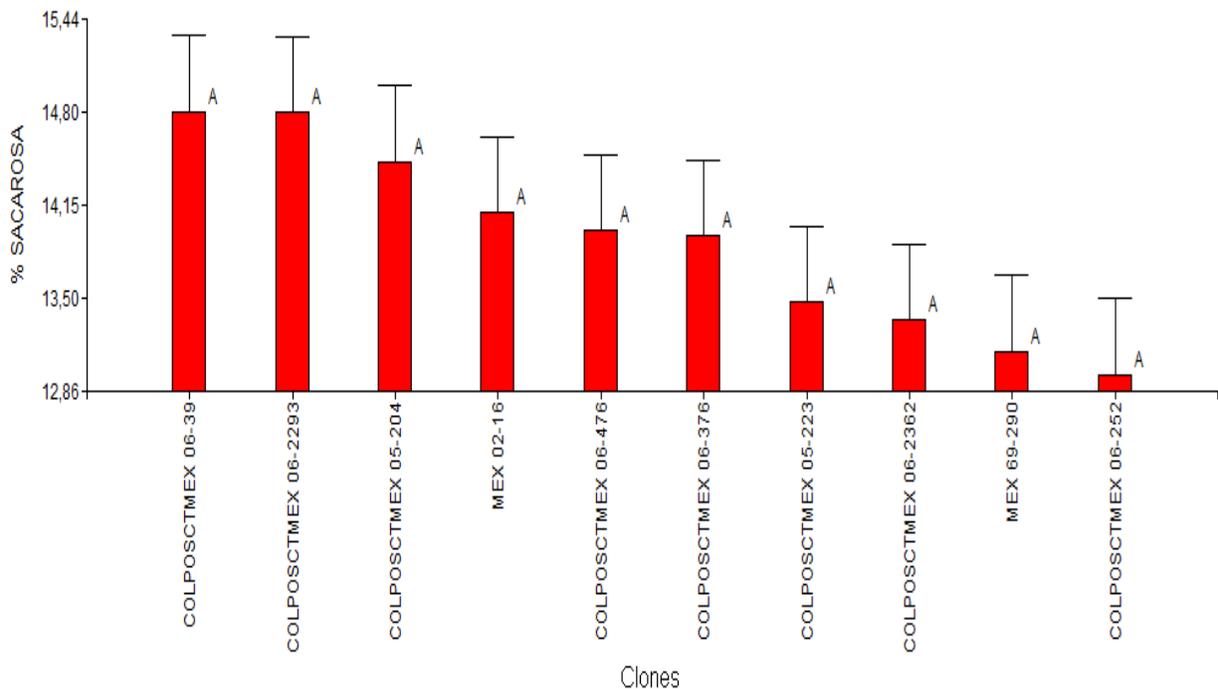
Mamet *et al.* (1969), han investigado acerca de la herencia de la maduración temprana. En 32 clones, los resultados obtenidos muestran una alta heredabilidad para el brix; la correlación genética entre los caracteres de calidad del jugo generalmente es más alta en la cosecha temprana que en la media zafra. La selección en caña para mejorar su

calidad se debe hacer el inicio de la zafra para producir genotipos adaptados a la cosecha temprana específicamente.

### 5.15.2 Sacarosa

Como resultado del análisis estadístico los clones no presentaron diferencias estadísticas significativas. El clon que presentó tendencias de mayor porcentaje de sacarosa fue COLPOSCTMEX 06-39 (14.8%), seguida del clon COLPOSCTMEX 06-2293 (14.79%), COLPOSCTMEX 05-204 (14.45%), MEX 02-16 (14.1%), COLPOSCTMEX 06-476 (13.98%), COLPOSCTMEX 06-376 (13.93%), COLPOSCTMEX 05-223 (13.48%), COLPOSCTMEX 06-2362 (13.36%), MEX 69-290 (13.14%) y COLPOSCTMEX 06-252 (12.98%) (Figura 3).

Los clones que presentan bajos niveles de sacarosa, Larrahondo, (1995) señala que se debe por incremento en los azúcares reductores y descenso en el pH de los jugos.



**Figura 3.** Comparación de medias de porcentajes de sacarosa en los clones evaluados, literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

### 5.15.3 Pol

El resultado del análisis estadístico de los clones evaluados, indica que no existió diferencias estadísticas significativas entre ellos, el clon que presentó tendencias en mayor porcentaje de grados POL fue el clon COLPOSCTMEX 06-39, seguidamente por los clones COLPOSCTMEX 06-376, COLPOSCTMEX 06-476, COLPOSCTMEX 05-204, COLPOSCTMEX 06-2293, MEX 02-16, COLPOSCTMEX 06-2392, COLPOSCTMEX 05-223, MEX 69-290, COLPOSCTMEX 06-252 (Cuadro 5).

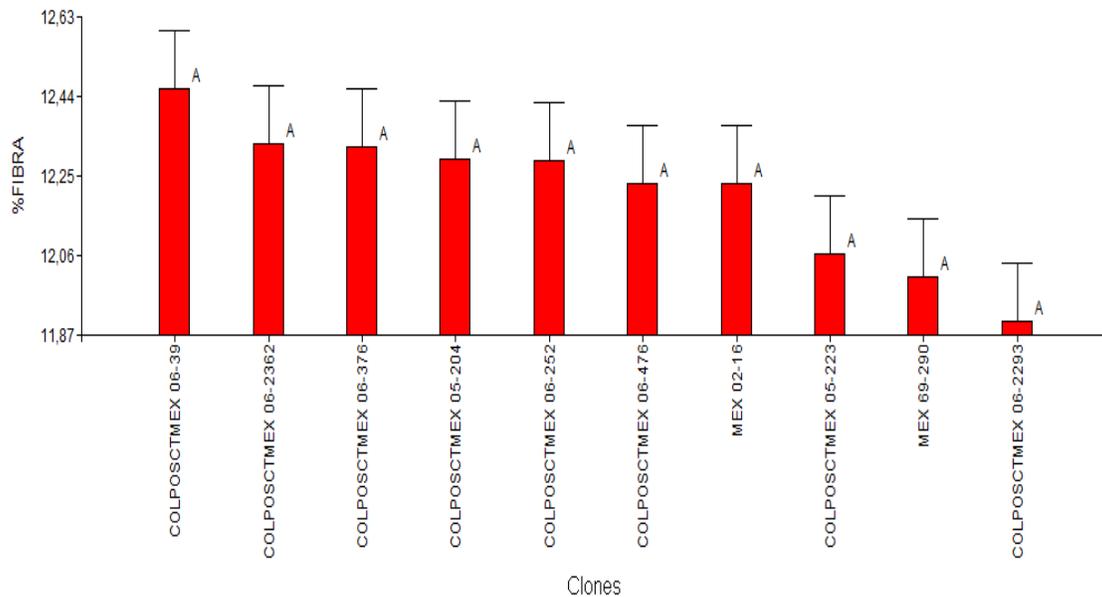
**Cuadro 5.** Comparación de medias de Tukey POL (%) en clones evaluados, literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

<b>VARIEDAD</b>	<b>PROMEDIOS (%)</b>
COLPOSCTMEX 06-39	17.27 A
COLPOSCTMEX 06-376	16.96 A
COLPOSCTMEX 06-476	16.70 A
COLPOSCTMEX 05-204	16.62 A
COLPOSCTMEX 06-2293	16.40 A
MEX 02-16	16.39 A
COLPOSCTMEX 06-2362	15.68 A
COLPOSCTMEX 05-223	15.38 A
MEX 69-290 (T)	15.28 A
COLPOSCTMEX 06-252	15.04 A

### 5.15.4 Fibra

En fibra los clones fueron estadísticamente iguales. Sin embargo, el clon COLPOSCTMEX 06-39 (12.46% ) mostró tendencias a presentar mayor cantidad de fibra al terminar los análisis agroindustriales, seguidamente de los clones COLPOSCTMEX 06-2362 (12.33%), COLPOSCTMEX 06-376 (12.32%), COLPOSCTMEX 05-204 (12.29%), COLPOSCTMEX 06-252 (12.29%), COLPOSCTMEX 06-476 (12.23%), MEX 02-16 (12.23%), COLPOSCTMEX 05-223

(12.06%), MEX 69-290 ( 12.01%) y el clon COLPOSCTMEX 06-2293 (11.9%) con menor porcentaje de fibra (Figura 4).

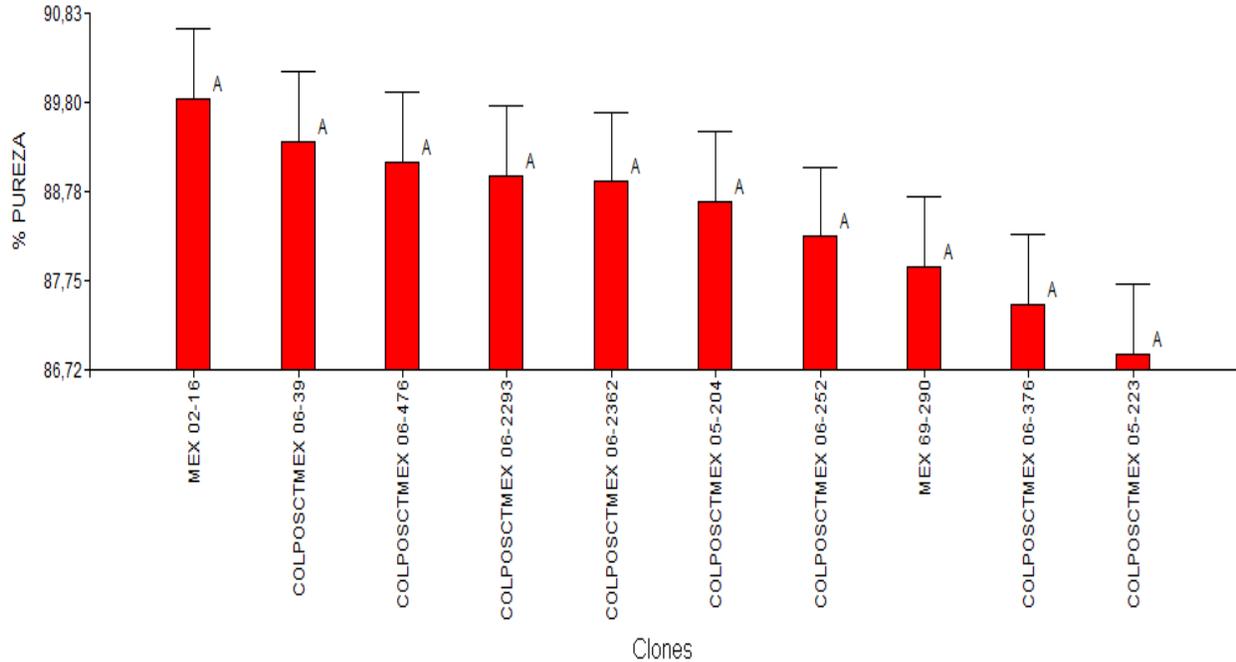


**Figura 4.** Comparación de medias de porcentajes de fibra en los clones evaluados, literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

Martínez, 1999, señala que la presencia de altos contenidos de fibra es una característica indeseable en la caña de azúcar, por lo que los clones con contenidos de fibra relativamente bajos sería muy ideales. El IMPA (1981 y 1983), reportó que uno de los criterios de selección de clones es que el contenido de fibra en estos no sea mayor al 15% o que este sea menor o igual al correspondiente de la variedad testigo.

### 5.15.5 Pureza

Los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, el clon MEX 02-16 (89.84%) fue el que presentó mayor cantidad de pureza seguidamente por los clones COLPOSCTMEX 06-39 (89.35%), COLPOSCTMEX 06-476 (89.12%), COLPOSCTMEX 06-2293 (88.96%), COLPOSCTMEX 06-2362 (88.89%), COLPOSCTMEX 05-204 (88.66%), COLPOSCTMEX 06-252 (88.25%), MEX 69-290 (87.91%), COLPOSCTMEX 06-376 (87.48%) y el clon COLPOSCTMEX 05-223 (86.9%) fue la que presentó menor cantidad de pureza (Figura 5).



**Figura 5.** Comparación de medias de porcentajes de pureza en clones evaluados, literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

Fauconnier y Basereau (1975), indica que en el programa de selección y mejoramiento genético deben desecharse ejemplares que están por debajo del 85% de pureza.

Carrillo *et al.* (2008), y Saucedo (2014), mencionan que la pureza de jugos de hasta 93%, lo que indica resultados elevados de rendimiento de azúcar en fábrica. Sin embargo en esta investigación la pureza de los jugos los porcentajes más altos fue de 89.84% y más bajos 86.9%.

### 5.15.6 Humedad

El porcentaje de humedad en los clones evaluados no existió diferencias estadísticas significativas, el que presentó mayor cantidad de humedad (no estadísticas) fue COLPOSCTMEX 06-2362 (77.78%), COLPOSCTMEX 05-223 (77.65%), COLPOSCTMEX 05-204 (76.93%), COLPOSCTMEX 06-39 (76.4%), MEX 69-290 (76.35%), COLPOSCTMEX 06-476 (75.73%), COLPOSCTMEX 06-252 (75.48%), COLPOSCTMEX 06-2293 (75.03), COLPOSCTMEX 06-376 (74.95), MEX 02-16 (74.33 %) (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Comparación de medias de Tukey humedad (%), literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

<b>VARIEDAD</b>	<b>PROMEDIOS (%)</b>
COLPOSCTMEX 06-2362	77.78 A
COLPOSCTMEX 05-223	77.65 A
COLPOSCTMEX 05-204	76.93 A
COLPOSCTMEX 06-39	76.40 A
MEX 69-290 (T)	76.35 A
COLPOSCTMEX 06-476	75.73 A
COLPOSCTMEX 06-252	75.48 A
COLPOSCTMEX 06-2293	75.03 A
COLPOSCTMEX 06-376	74.95 A
MEX 02-16	74.33 A

Martínez 1999, menciona que el porcentaje de humedad, es considerada como una característica deseables cuando oscilan entre 68.31 y 70.17% en Úrsulo Galván, Veracruz. Sin embargo, para el presente estudio los porcentajes de humedad oscilaron entre 74.33 y 77.78% lo que pudo deberse principalmente, a la expresión de su material genético y su interacción con el ambiente (Rea y De Sousa, 2001).

#### **5.15.7 Azúcares reductores**

En azúcares reductores los clones no presentaron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, el clon que presentó tendencias a mostrar mayor porcentaje de reductores fue el clon COLPOSCTMEX 06-476 (0.84%), seguidamente de los siguientes clones COLPOSCTMEX 05-223 (0.71%), COLPOSCTMEX 06-39 (0.69%), COLPOSCTMEX 06-2293 (0.68%), COLPOSCTMEX 05-204 (0.66%), COLPOSCTMEX 06-376 (0.65%), COLPOSCTMEX 06-2362 (0.64%), COLPOSCTMEX 06-252 (0.62%), MEX 69-290 (0.62 %) y el menor porcentaje de reductores lo presentó el clon MEX 02-16 (0.54%) (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Comparación de medias de Tukey azúcares reductores (%), literales similares indican que no existen diferencias estadísticas significativas.

<b>VARIEDAD</b>	<b>PROMEDIOS (%)</b>
COLPOSCTMEX 06-476	0.84 A
COLPOSCTMEX 05-223	0.71 A
COLPOSCTMEX 06-39	0.69 A
COLPOSCTMEX 06-2293	0.68 A
COLPOSCTMEX 05-204	0.66 A
COLPOSCTMEX 06-376	0.65 A
COLPOSCTMEX 06-2362	0.64 A
COLPOSCTMEX 06-252	0.62 A
MEX 69-290 (T)	0.62 A
MEX 02-16	0.54 A

Los azúcares reductores expresan contenidos de fructosa 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 estos 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, 1983, Díaz *et al.*, 2003 y Martínez, 1999).

### **5.16 Descripción de los clones en evaluación**

Con la información de la calificación de los clones en evaluación se realizaron las fichas técnicas, las cuales contienen las características botánicas, agronómicas y fitosanitarias e industriales.

## **VI.- POSICIÓN DEL AUTOR**

Los clones que presentaron mayor desarrollo fueron COLPOSCTMEX 06-2362, COLPOSCTMEX 06-2293 y COLPOSCTMEX 05-204. Sin embargo, los clones que presentaron mayor número de tallos por hectárea fueron los siguientes: COLPOSCTMEX 05-223, COLPOSCTMEX 05-204, COLPOSCTMEX 06-476, COLPOSCTMEX 06-39, COLPOSCTMEX 06-252 y MEX 02-16. Así mismo, los clones que presentaron mayor rendimiento fueron COLPOSCTMEX 05-223 y COLPOSCTMEX 05-204.

## **VII.- CONCLUSIONES**

Los clones COLPOSCTMEX 05-223, COLPOSCTMEX 05-204, COLPOSCTMEX 06-476 y COLPOSCTMEX 06-39 resultaron con mayor rendimiento, por lo que se sugiere que se evalúen en prueba semicomercial.

## VIII.- BIBLIOGRAFIA

- Abbot V. E. 1973. Breeding plants for disease. In R. R. Nelson (Ed). Resistence concepts and aplicaciones. pp: 20 – 235.
- Alvarado M. L. 1989. La roya (*Puccinia melanocephala*) de la caña de azúcar en México. IMPA. Azúcar, S.A. Córdoba, Ver. México.
- Brauer H. O. 1969. Los conceptos de la herencia vegetal al servicio de los humanos. Ed. Limusa. pp: 203 – 258, 337 – 361, 401 – 438.
- Carrillo, Á.E., Vera, E.J., Alamilla, M. J.C., Obrador, O.J.J., Aceves, N.E. 2008. Folleto técnico: Cómo aumentar el rendimiento de la caña de azúcar en Campeche. Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Fondo mixto CANACYT-Gobierno de estado de Campeche. 101 p.
- CENICAÑA. 1996. Carta trimestral julio – septiembre. Programa de variedades de caña de azúcar. Calí, Colombia. pp.: 18:3.
- Chastel, J.M. 1994. Le sucre et ses marchés, Agriculture et développement, 4:4-11 pp.
- Díaz A., R. Rea, O. De Sousa, y R. Briseño. 2003 B80-408 y B 80-509: Nuevas Variedades promisorias de caña de azúcar en Venezuela. Caña de azúcar Vol. 21 No.1. pp: 3-16
- Instituto para el Mejoramiento de la producción de azúcar. 1981. Primer Curso sobre el mejoramiento, identificación, y desarrollo de caña de azúcar. Cosamaloapan, Ver. México.
- Instituto para el Mejoramiento de la producción de azúcar. 1983. Programa de variedades. Objetivos, Importancia y Metodología Experimental. Córdoba, Ver. México.
- Larrahondo, J.E. 1995. CENICANA. Recuperado el 20 de agosto de 2010, de [www.cenicana.org](http://www.cenicana.org): <http://www.cenicana.org> Limusa. Noriega editores uteha. 3 ed. México D. F. pp. 345-375.
- Lo C. C. and H. Chen, Y. 1995. Breeding for sucrose content improvement in sugar cane varieties. Taiwan sugar 42: 10 – 16 pp.
- López V. P. 2013. Producción de Guarapo y bioetanol en siete Variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp*) COLPOSCTMEX Cárdenas, Tabasco, México 2013. pp 51.

- Lopez V. J. J. 2013 Tesis de maestría en ciencias Respuesta de 41 variedades prometedoras de caña de azúcar a la enfermedad de la Escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), 2 pp.
- Mamet L. D., H. M. Julien. and W. N. Galwey. 1969. Ecorliness of rppering in sugar cane (*Saccharum* spp L.) in Mauritius: Variation and inheritance studies. Sugarcane 4: 3 – 11 pp.
- Martín, D. F., F. del Toro, G., O. Saucedo, C., J. Orquin, L. y A. Socorro, C. 1994. Estudio de 17 clones cubanos de caña de azúcar (*Saccharum* spp Hibrido) en ciclo 12 meses. Centro azúcar. Año 21, No. 2, mayo – agosto. pp: 39.
- Martínez C. R., y J. Martínez A. 1999. Selección de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la regio de Úrsulo Galván, Ver. In: Resúmenes del Congreso nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuaria 199. SEP-SEIT-GGETA, Oaxaca, México 120.
- (National Center forBiotecnologyinformation) NCBI 2008. [Http://ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=4546](http://ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=4546). Consultado el 20/sep/2014.
- Palma L. D. y J. Cisneros, D. 1997. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Ed. Fundación Produce A. C. pp 6 – 25.
- Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincón-Ramirez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados- ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. pp 87-88.
- 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. 114 p.
- Ruíz, S.C., Urdaneta, J., Borges, J., Verde, O. 2009. Respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar con potencial forrajero a diferentes intervalos de corte en Yaracuy, Venezuela. Zootecnia Trop., 27(2): 143-150.
- Sánchez N. F. 1972. Materia Prima: Caña de azúcar. Edd. Porrue Hnos. México. pp 37 – 48.

- Saucedo, N. E.C. 2014. Tesis de maestría en Ciencias Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) introducidas al estado de Quintana Roo. 44p.
- Valdez B. A., Guerrero P. A; García L. E; Obrador O. J;( 2009), Manual para el cultivo y producción de caña de azúcar. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.
- 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): 18-40p.