

SELECCIÓN INICIAL DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR EN MORELOS, MÉXICO

INITIAL SELECTION OF SUGARCANE HYBRIDS IN MORELOS STATE, MEXICO

Lizbeth Patricia Piedra-Cornejo¹, Marianguadalupe Hernández-Arenas^{2*}, Jaime Canul-Ku², Carlos Sánchez-Abarca¹, Edwin Javier Barrios-Gómez²

¹Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Carr. México-Texcoco Km 38.5, CP 56230, Chapingo, Estado de México. México. Correo-e: liz17-04@hotmail.com

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatepec, Apartado postal 12, Carr. Zacatepec-Galeana Km. 0.5, CP 62780, Zacatepec, Morelos, México.

Teléfono: 01 (734) 34 30230 ext. 125. Correo-e: hernandez.marian@inifap.gob.mx; barrios.edwin@inifap.gob.mx; canul.jaime@inifap.gob.mx

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

El proceso para la obtención de nuevas variedades de caña de azúcar puede durar hasta 14 años y se divide en dos etapas: hibridación y selección de genotipos. El objetivo del presente trabajo fue seleccionar híbridos de caña de azúcar en etapa parcela, bajo las condiciones agroecológicas del estado de Morelos, México. El experimento se desarrolló en el INIFAP, Campo Experimental Zacatepec en los años 2012 a 2014. En un diseño completamente al azar se evaluaron 30 híbridos y tres variedades de caña de azúcar. El análisis mostró diferencias significativas entre genotipos y entre ciclos de cultivo en todas las variables analizadas. Los materiales con mejor respuesta en plantilla y soca fueron: ATEMEX 03-101 con

2.2 m de altura de tallo moledero, el genotipo ATEMEX 03-78 con 17.8 cm de longitud de entrenudos, el ATEMEX 03-83 con 36.5 mm de diámetro de tallos y la variedad ITV 92-1424 con 20.6 °Brix. Los genotipos presentaron mejor comportamiento en el ciclo plantilla que en soca. Al menos tres híbridos superan a las tres variedades comerciales en las variables evaluadas excepto en el contenido de sólidos solubles totales. Para continuar con el proceso de mejoramiento genético los materiales sobresalientes deben ser evaluados en ambientes diferentes y registrar información cuando tengan un mínimo de 13 meses de edad en ambos ciclos.

Palabras clave: *Saccharum officinarum*, híbridos, mejoramiento genético, evaluación agronómica.

ABSTRACT

The process for obtaining new varieties of sugar cane can last up to 14 years and it's divided into two stages: hybridization and selection of genotypes. The aim of this work was to select sugarcane hybrids stage plot, in the ecological conditions of Morelos state, Mexico. The experiment was conducted in INIFAP, Zacatepec in 2012 to 2014 in a completely randomized design 30 hybrid and three sugarcane varieties were evaluated. The analysis showed significant differences between genotypes and between crop cycles in all variables analyzed. Genotypes with better response in both productive cycles were ATEMEX 03-101 with 2.2 m height stem, ATEMEX 03-78 with 17.8 cm length of internodes, ATEMEX 03-83 with 36.5 mm diameter stems and ITV 92-1424 with 20.6 °Brix. The genotypes performed better in first than second productive cycle. At least three hybrids outperform the three commercial varieties evaluated variables except total soluble solids content. To continue the breeding process outstanding materials, should be evaluated in different environments and record information they have a minimum of 13 months in both cycles.

Keywords: *Saccharum officinarum*, hybrids, breeding, agronomic evaluation.

INTRODUCCIÓN

La producción de caña de azúcar es una de las principales actividades económicas en el ámbito agrícola nacional (CONADESUCA, 2014) la cual provee más de 8,000 empleos a la población rural (Campos, 2010). Se cuenta con más de 800 mil hectáreas de cultivo distribuidas en 15 entidades federativas (Campeche, Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, Tamaulipas, Tabasco, San Luis Potosí y Veracruz) (SIAP, 2013). En la zafra 2013/2014 se registró un rendimiento promedio de 68.71 t ha⁻¹ (CONADESUCA, 2014).

La producción nacional de caña cuenta con un número limitado de variedades, algunas fueron liberadas hace más de 20 años (Salgado *et al.*, 2013) y otras como la CP 72-2086 y MEX 69-290 ocupan más del 60% de la superficie destinada a este cultivo (Salgado *et al.*, 2013; Campos, 2010).

Las variedades juegan un papel importante en el desarrollo de este cultivo ya que aportan un 50% al rendimiento total y, la otra mitad se atribuye a la influencia de factores ambientales y ecológicos (Martínez-Torres, 2009). Por otro lado, al ser un monocultivo, la caña se ha vuelto susceptible a diferentes factores bióticos y abióticos, así como a la degeneración genética que disminuye su potencial productivo (Martínez-Torres, 2009). Además, la producción entre ciclos del cultivo, plantilla y soca, puede presentar disminución del rendimiento, influenciado por las características genéticas de la variedad, cuestiones climáticas, manejo del cultivo y del momento de la cosecha (Martínez-Torres, 2009).

En México, el mejoramiento genético de la caña de azúcar comprende la hibridación, selección y evaluación de genotipos en las diferentes zonas agroecológicas. Por lo que una vez obtenidos los híbridos, se inicia el proceso de selección en diferentes ambientes, el cual consiste en fases o etapas denominadas: parcela, multiplicación I, prueba de adaptabilidad, multiplicación II, evaluación agroindustrial, multiplicación III y prueba semicomercial (Martínez, 2005). El proceso para obtener una nueva variedad puede tardar hasta 14 años (Castillo, 2013; Flores, 2013).

En el estado de Morelos, para obtener nuevas variedades, se realizan cada una de las etapas de selección indicadas por lo que el objetivo del presente trabajo fue seleccionar híbridos de caña de azúcar en etapa parcela durante dos ciclos de cultivo (plantilla y soca).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y establecimiento del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el cual se encuentra ubicado en el km. 0.5 de la carretera Zacatepec-Galeana y con coordenadas 18°39'16" LN y 99°11'54.7" LO y a 911.8 msnm. El estudio consistió en 33 materiales de caña de azúcar, de los cuales 30 son híbridos (ATEMEX 2003-2004) y tres son las variedades comerciales (ITV 92-1424, MEX 69-290 y MY 55-14) más usadas en el estado de Morelos y que se usaron como testigos. Cabe señalar que las "variedades", llamadas así en el sector cañero (García, 1999), también son híbridos ya que resultan de una cruce (Filial 1) y posterior a esto se propagan de forma clonal. La siembra de tallos se realizó el 20 de enero del 2012 a cordón sencillo en surcos de cinco metros de largo y 1.30 m de ancho. Los materiales se establecieron en un diseño completamente al azar donde la parcela útil estuvo formada por tres surcos y la unidad experimental consistió de un tallo, se muestrearon seis tallos por surco, cada tallo se tomó como una repetición.

Manejo del cultivo

Al momento de la siembra se realizó un riego y los siguientes cada 20 días. El manejo agronómico se realizó de acuerdo al paquete tecnológico recomendado para la zona (Campos, 2010). La plantilla corresponde al ciclo 2012-2013 y la soca al 2013-2014. Cada mes se registraron mediciones de variables agronómicas: altura del tallo moledero (m), longitud del entrenudo (cm), diámetro del entrenudo (mm), número de entrenudos por tallo (No.) y sólidos solubles totales (°Brix).

El estado fitosanitario se evaluó en el ciclo soca a la edad de nueve meses del cultivo, determinando el grado de incidencia (%) de carbón (*Sporisorium scitamineum*

Syd. M. Piepenbring = *Ustilago scitaminea* H. Syd & P. Syd.), pokkah boeng (*Fusarium moniliforme* Sheld. Snyd et Hans) y daño por barrenador del tallo (*Diatraea* spp.) mediante la fórmula:

$$GI\% = 100 \times \frac{\sum TA}{\sum TT}$$

Donde GI% corresponde al grado de incidencia de la enfermedad en porcentaje; TA a los tallos afectados y TT son los tallos totales muestreados en 5 m lineales de surco evaluado (Ordosgoitti et al., 1979).

Cosecha

La cosecha se realizó: para la plantilla el 25 de febrero del 2013 y para la soca el 23 de marzo del 2014, en ambos casos a los 13 meses de edad, en forma mecanizada.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó mediante análisis de varianza en serie de experimentos, considerando los dos ciclos del cultivo, utilizando el programa SAS versión 9.0 y la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) para los dos ciclos de cultivo y para la interacción entre ambos. En la mayoría de los genotipos, los valores obtenidos en el ciclo plantilla fueron mayores que en el ciclo soca (Cuadro 1). Cubero (1999) y Campos (2010) indican que este comportamiento se debe a la expresión del vigor híbrido de los tallos recién sembrados. Para la selección de genotipos en caña es de suma importancia considerar la estabilidad, ya que es un cultivo que va a persistir en el mismo terreno por varios años y suele haber disminución y degeneración de las yemas remanentes de las cepas (Melgar et al., 2014; Díaz, 2002).

Cuadro 1. Promedio por híbrido y por ciclo de las diferentes variables evaluadas en caña de azúcar en Zacatepec, Morelos. 2012-2014.

Genotipo	AL (m)		LON (cm)		DIA (mm)		ENT		SST (°Brix)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ATEMEX 03-61	1.8	1.1	17.2	11.8	34.9	30.7	13.6	10.6	15.6	17.7
ATEMEX 03-63	1.9	1.8	12.2	12.0	31.7	28.1	13.0	14.6	19.0	18.7
ATEMEX 03-65	1.9	1.6	15.4	18.8	33.8	28.9	13.2	10.2	16.7	14.9
ATEMEX 03-70	1.5	1.2	11.8	13.0	30.1	27.1	12.0	13.0	15.4	13.2
ITV 92-1424	2.1	1.4	10.0	12.4	29.5	26.9	15.0	9.8	21.3	19.8
ATEMEX 03-71	2.2	1.4	13.8	16.6	27.8	28.6	14.8	9.8	15.3	14.8
ATEMEX 03-72	2.0	1.6	12.8	13.6	29.8	28.3	16.4	11.8	17.8	18.0
ATEMEX 03-73	1.8	1.7	10.6	13.4	32.2	28.6	15.6	14.6	18.8	17.5
ATEMEX 03-74	1.9	1.1	11.8	10.8	34.3	29.8	17.6	9.6	17.9	17.5
ATEMEX 03-75	2.1	1.4	12.6	14.6	32.2	26.9	16.0	10.0	15.7	13.7
ATEMEX 03-76	1.6	1.1	11.0	14.8	31.0	27.1	15.2	9.0	17.4	15.8
ATEMEX 03-77	1.9	1.6	16.0	19.2	29.6	30.5	12.8	9.2	16.1	15.0
ATEMEX 03-78	1.8	1.7	17.0	18.6	27.4	25.1	10.4	10.2	19.0	11.6
MEX 69-290	2.6	1.5	9.0	15.8	32.8	29.7	16.6	8.6	19.2	17.7
ATEMEX 03-82	2.2	1.2	14.0	16.2	30.3	26.4	12.6	7.8	19.5	18.4
ATEMEX 03-83	2.5	1.6	11.6	13.4	39.9	33.1	19.8	12.8	17.8	17.2
ATEMEX 03-84	2.4	1.5	14.2	13.4	31.4	27.6	18.2	11.0	13.2	15.5
ATEMEX 03-85	2.6	1.5	9.2	10.2	34.8	29.9	21.0	14.4	14.7	13.8
ATEMEX 03-86	1.7	1.4	16.6	15.8	28.7	26.2	11.8	7.8	15.8	14.3
ATEMEX 03-92	2.0	1.6	14.2	16.0	27.9	24.8	11.0	8.8	17.9	19.3
ATEMEX 03-94	2.1	1.6	13.8	14.0	33.0	28.1	12.6	10.4	17.1	18.2
ATEMEX 03-95	2.0	1.7	15.8	17.2	32.4	29.1	12.0	9.4	19.9	18.1
ATEMEX 03-100	2.6	1.6	8.0	13.6	34.0	28.8	22.4	11.2	16.1	14.6
ATEMEX 03-101	2.8	1.6	8.0	13.8	32.1	29.7	21.4	13.8	14.7	13.8
ATEMEX 03-103	1.9	1.5	12.0	14.6	30.7	28.0	14.6	9.2	17.2	18.6
ATEMEX 03-104	2.0	1.3	11.0	10.6	33.2	26.6	14.6	11.2	14.9	16.2
ATEMEX 03-105	2.3	1.5	12.2	15.0	33.1	30.4	15.2	12.6	13.6	14.0
ATEMEX 03-106	2.1	1.6	13.0	14.0	28.8	27.1	15.0	13.6	15.1	19.6
ATEMEX 03-107	2.3	1.2	11.8	13.2	29.0	26.6	16.8	13.2	19.3	15.2
ATEMEX 03-108	2.6	1.3	13.0	14.2	23.9	24.4	18.4	11.0	15.0	14.9
ATEMEX 04-02	2.1	1.3	11.2	11.8	32.0	25.1	16.4	8.8	15.4	16.0
MY 55-14	2.3	1.6	12.2	14.8	34.3	30.1	14.6	12.4	16.4	16.5
ATEMEX 04-03	2.4	1.6	9.4	14.8	29.5	25.4	17.6	10.2	14.1	16.4
CV (%)	13.5	13.1	15.4	15.4	9.6	12.6	14.2	15.6	12.0	8.4
Promedio	2.1	1.5	12.2	13.9	30.5	27.2	15.0	10.5	16.3	15.8

AL= altura del tallo; LON= longitud de entrenudos; DIA= diámetro de entrenudo; ENT= número de entrenudos; SST= sólidos solubles totales (°Brix); 1= Plantilla; 2= Soca; Diferencia mínima significativa de Tukey ($p \leq 0.05$); CV= Coeficiente de variación;

Altura del tallo moledero

La altura del tallo en la caña de azúcar es una variable que está muy

relacionada con el rendimiento agronómico, por lo cual es importante seleccionar materiales de porte alto (Salgado *et al.*, 2013). En el ciclo plantilla, el híbrido

ATEMEX 03-101 superó en un 25% a la variedad ITV 92-1424 y en 7.1% a la variedad MEX 69-290, que son dos de las variedades más usadas en el estado y en general en México, seguido de los genotipos ATEMEX 03-108, ATEMEX 03-85, MEX 69-290 y ATEMEX 03-100.

En el ciclo soca los genotipos sobresalientes fueron el ATEMEX 03-63, ATEMEX 03-78, ATEMEX 03-73, ATEMEX 03-95 y ATEMEX 03-65, superando hasta en un 22.2% a los testigos comerciales.

La variable altura de tallo moledero (AL) presentó los valores más altos y fueron estadísticamente diferentes en el ciclo plantilla que en la soca (Figura 1). El cultivo a los ocho y nueve meses de edad sigue presentando crecimiento vigoroso, en especial en plantillas (vigor híbrido), se debe continuar las evaluaciones posterior a los 10 meses de edad para determinar en qué momento del ciclo se comienzan a estabilizar o a mantener los valores y dejar de registrar esta variable.

De acuerdo con Ranjel *et al.* (2003) en la interacción entre ciclos observada en este trabajo, los tallos de los genotipos evaluados se clasifican como cortos (<2.5 m de largo), no obstante, los genotipos ATEMEX 03-101, ATEMEX 03-100, ATEMEX 03-85 y ATEMEX 03-83 superaron a los testigos comerciales.

En el catálogo de variedades de caña de azúcar que se explotan en la zona de abastecimiento del Ingenio Atencingo se reporta que la variedad MEX 69-290 posee una longitud del tallo moledero de 2.5-3.0 m y para la variedad MY 55-14 es de 3.2 m (Fideicomiso Ingenio Atencingo 80326). En los genotipos evaluados el ATEMEX 03-101, ATEMEX 03-108, ATEMEX 03-85, MEX 69-290, ATEMEX 03-100 y ATEMEX 03-83 midieron de 2.5-3.0 m de altura de tallo moledero en el ciclo plantilla. Una de las cuestiones que se deben considerar es que la evaluación se realizó a los 10 meses de edad y es probable que en esta fecha los genotipos aún no alcanzaban su máximo

crecimiento, el cual se determina al momento de la cosecha.

Longitud de entrenudos

La longitud de los entrenudos es una variable importante en la evaluación agronómica de variedades, ya que está íntimamente relacionada con la altura de tallo. En este órgano se almacenan los azúcares aprovechables por la industria (Amaya *et al.*, 1995). En la parte nodular existe mayor contenido de fibra y menor humedad (jugo) por lo que se prefieren variedades con entrenudos largos.

En el ciclo plantilla los híbridos que sobresalieron en longitud de entrenudo fueron ATEMEX 03-61 (17.2 cm), ATEMEX 03-78 (17.0 cm), ATEMEX 03-86 (16.6 cm), ATEMEX 03-77 (16.0 cm) y ATEMEX 03-95 (15.8 cm) y superaron hasta en 47.6% a las variedades testigo. Mientras que en soca los híbridos sobresalientes fueron ATEMEX 03-77 (19.2 cm), ATEMEX 03-65 (18.8 cm), ATEMEX 03-78 (18.6 cm), ATEMEX 03-95 (17.2 cm) y ATEMEX 03-71 (16.6 cm). En soca, los testigos comerciales fueron superados por 25 de los híbridos evaluados con diferencias de hasta 35.4% (ITV 92-1424).

Los resultados indican que el ciclo plantilla fue superior al ciclo soca respecto a la longitud de entrenudos (Figura 1), lo cual reafirma la teoría de que el vigor con el paso de un ciclo de cultivo a otro disminuye.

Ranjel *et al.* (2003) en el catálogo de variedades de CENICAÑA, mencionan que para la variedad MEX 64-1487 el largo del entrenudo va de los 15 a 17 cm mientras que el ingenio Atencingo registra una longitud de entrenudo de 10 cm en la variedad MY 55-14. En este trabajo ocho de los híbridos superaron a todos los testigos en los promedios de los ciclos plantilla y soca; entre ellos, el material ATEMEX 03-78 tiene los valores más altos con 17.8 cm superando a ITV 92-1424 en 37.1%, MEX 69-290 en 30.3%, y MY 55-14 en 24.1%.

Diámetro de entrenudos

El diámetro delgado de tallos, entrenudos cortos, bajo porte de la planta y bajo contenido de sacarosa son caracteres dominantes (Cassalett y Ranjel, 1995).

En el ciclo plantilla y soca los híbridos ATEMEX 03-83, ATEMEX 03-61, ATEMEX 03-85, ATEMEX 03-74 y el testigo MY 55-14 superaron los 30 mm de diámetro y estuvieron por encima de los genotipos restantes.

Sin embargo, se observó una reducción de hasta un centímetro de diámetro en los tallos producidos en soca en relación al obtenido en las plantillas (Figura 1). En caña de azúcar la repetibilidad puede ser clonal e individual, la primera se refiere cuando un clón pasa de un estado de

selección a otro, mientras que, en la individual se refiere a un determinado carácter a través de varias cosechas en un mismo sitio (Cassalett y Ranjel, 1995). En términos generales, se busca que los genotipos seleccionados presenten la mayor repetibilidad clonal e individual para asegurar un buen comportamiento productivo en sucesivos ciclos del cultivo.

Para el diámetro de entrenudos existe una clasificación (Ranjel *et al.*, 2003) y con base a esto la mayoría de los genotipos evaluados se clasificaron de medianos a gruesos (26-35 mm), excepto tres. ATEMEX 03-108 y ATEMEX 03-92 tuvieron el menor diámetro (<25 mm) y se ubicaron como delgados y ATEMEX 03-83 como de diámetro muy grueso (>36 mm).

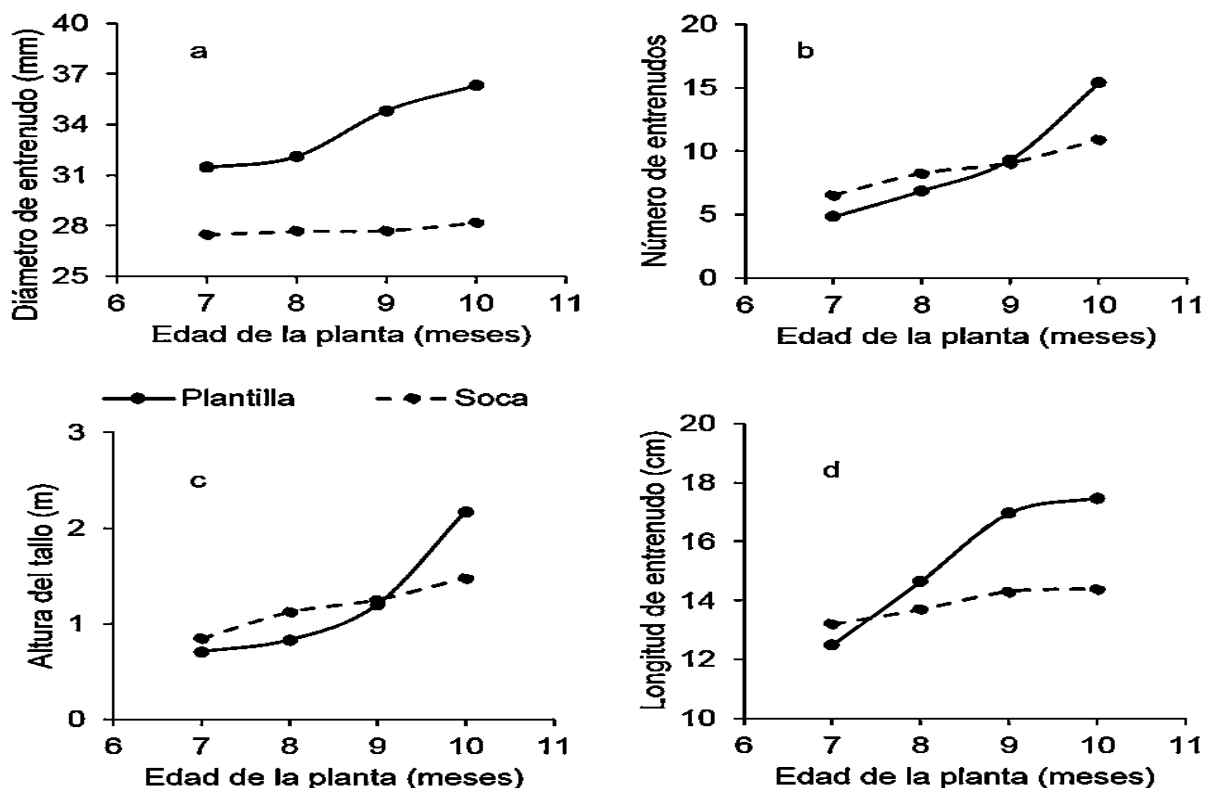


Figura 1. Comportamiento promedio de genotipos de caña de azúcar en dos ciclos de cultivo en Zacatepec, Morelos. 2012-2014

(a = diámetro de entrenudo, b = número de entrenudos, c = altura de tallo, d = longitud de entrenudos)

Número de entrenudos

En el cultivo de la caña de azúcar el número de entrenudos en conjunto con el largo de los mismos determinan la altura del tallo. En el ciclo plantilla los híbridos con mayor número de entrenudos fueron ATEMEX 03-100 (22.4), ATEMEX 03-101 (21.4), ATEMEX 03-85 (21.0), ATEMEX 03-83 (19.8) y ATEMEX 03-108 (18.4); además los testigos fueron superados por 10 de los híbridos evaluados.

Para el ciclo soca el híbrido ATEMEX 03-63 es el que mejor comportamiento presentó con 14.6 entrenudos superando hasta en un 41.1% a los testigos. El híbrido ATEMEX 03-85 mantuvo mayor estabilidad entre el ciclo plantilla y soca. El número de entrenudos se incrementa en relación a la edad de la planta, en la plantilla se observó una diferencia significativa en esta variable, siendo que en soca, el número de entrenudos fue menor (Figura 1). A partir de los 10 meses de edad la diferenciación de entrenudos disminuye para darle paso a otros procesos como son la acumulación de azúcares y otros solutos (Castillo y Silva, 2004).

Es necesario considerar que la edad del cultivo no es necesariamente síntoma de madurez (González *et al.*, 1974) y que las fechas de registro de datos se tienen que terminar con el ciclo en campo, para determinar con mayor exactitud el comportamiento de los genotipos y no solo en dos años de evaluación para los híbridos ya que para el ingenio se debe mantener este cultivo en la parcela con la misma variedad por cuatro años y en el Catálogo nacional de variedades "RB" de caña de azúcar (RIDESA, 2010) evalúan a las variedades por tres ciclos. Aunque la tendencia siempre es la reducción del vigor productivo de las mismas y este se acentúa de plantilla a soca, de hasta 22.3% de reducción del rendimiento.

Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales expresados en °Brix son de suma importancia, ya que reflejan la dulzura y la cantidad de sacarosa contenida en el jugo de la caña de azúcar y sirven para determinar en gran parte la calidad agroindustrial de las variedades, los ingenios que procesan caña no toleran o no aceptan variedades que tengan menos de 18-22 °Brix, debido a que el proceso de extracción de azúcar se hace ineficiente y más costoso (Salgado *et al.*, 2013).

En el ciclo plantilla y soca la variedad ITV 92-1424 (21.3 °Brix) presentó los valores más altos en sólidos solubles totales y ningún otro genotipo alcanzó los 20°Brix; sin embargo, los híbridos ATEMEX 03-82 (19.0 °Brix), ATEMEX 03-77 (18.8 °Brix), ATEMEX 03-92 (18.6 °Brix) superaron al testigo MEX 69-290 (18.4 °Brix) y se encuentran en el rango de concentración de sólidos solubles totales aceptables para la industria (Salgado *et al.*, 2013). La variedad ITV 92-1424 es cultivada a nivel nacional debido a sus características agronómicas y principalmente por su alto contenido de acumulación de sacarosa, sin embargo, en el ingenio la Joya, Campeche se tiene el registro de que la variedad CP 94-1694 es semejante a la variedad empleada como referencia (Vera-Espinoza, 2008).

En este trabajo se encontraron diferencias estadísticas entre ciclos, la menor cantidad de sólidos solubles totales se registró en la soca. Cabe señalar que la observación se realizó a los 10 meses de edad del cultivo, considerada como el periodo de máximo crecimiento, y se menciona que la acumulación de sacarosa en esta etapa solo llega al 35% mientras que en el periodo de maduración (12-14 meses) puede ser del 95% (Castillo y Silva, 2004). Por tanto, se deben tomar en cuenta las curvas de madurez que se basan en la acumulación de sacarosa, misma que después de llegar a su punto máximo comienza a declinar si no se cosecha a

tiempo ya que los azúcares aprovechables son convertidos en fibra y médula (Clements, 1980).

Estado fitosanitario

El carbón es una enfermedad que está muy ligada a la variedad utilizada y que puede permanecer en el campo y volver a aparecer en nuevas siembras aunque el material sea certificado libre de patógenos. La única solución para evitar la incidencia de esta enfermedad es utilizar variedades resistentes (Melgar *et al.*, 2014).

En cuanto a la incidencia de carbón (*Sporisorium scitaminea*) mediante los monitoreos realizados al cultivo, no se detectaron síntomas de la enfermedad. Esto significa que los 33 genotipos evaluados se consideran tolerantes; sin embargo, se debe tomar en cuenta que la evaluación se realizó bajo el concepto de infestación natural o presencia del inóculo natural en campo por lo que se recomienda emplear un método alternativo de inoculación artificial para asegurar la presencia del patógeno en todos los genotipos y determinar con mayor seguridad la resistencia a este patógeno (Rott *et al.*, 2000).

El barrenador se presentó en el 20% de los híbridos evaluados con una incidencia menor al 5%, y en los testigos no se registraron tallos con daños (Figura 2). Los materiales se clasifican como resistentes a esta plaga. Los híbridos ATEMEX 03-73, ATEMEX 03-78, ATEMEX 03-92, ATEMEX 03-94, ATEMEX 03-95 y ATEMEX 03-107 presentaron pérdida de tallos por *Diatraea* spp. Esta plaga se asocia principalmente a materiales con menor contenido de fibra y suele presentarse en etapas tempranas del cultivo (3-4 meses de edad) ya que ocasiona el daño conocido como corazón muerto (Márquez, 2014).

La enfermedad de pokkah boeng causada por *Fusarium* spp, se presentó en el

93.3% de los híbridos utilizados y en las tres variedades testigo, con una incidencia menor al 10%, por lo que se consideran moderadamente resistentes (incidencia del 5-15%) y resistentes a esta enfermedad (incidencia <5%) (Ordosgoitti *et al.*, 1979 y Melgar *et al.*, 2014)(Figura 2). Los daños por *Fusarium* están muy relacionados con factores de adaptabilidad y nutrición propios de las condiciones de producción en las que se encuentren las variedades (Chavarría, 2006) por lo que en subsecuentes etapas de selección debe ser considerada esta enfermedad.

La fecha de muestreo considerada para la evaluación del estado fitosanitario no es la adecuada, dado que la incidencia de plagas y enfermedades en este cultivo se da en etapas iniciales, donde las plantas son susceptibles por carecer de paredes gruesas y poco contenido de fibra, además de coincidir con la temporada de lluvias (altas temperaturas y alta humedad relativa), que favorecen la multiplicación y diseminación de plagas y enfermedades (Márquez, 2014).

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el trabajo, los híbridos evaluados presentan alta variabilidad en altura de tallo moledero, longitud, diámetro y número de entrenudos y contenido de sólidos solubles totales.

El mayor vigor de los genotipos se expresó en el ciclo plantilla; mientras que, en soca se observa una reducción del 20% al 40% en las variables evaluadas.

Los híbridos ATEMEX 03-101, ATEMEX 03-77, ATEMEX 03-83 y ATEMEX 03-85 presentaron las mejores características y estabilidad entre ciclos de producción.

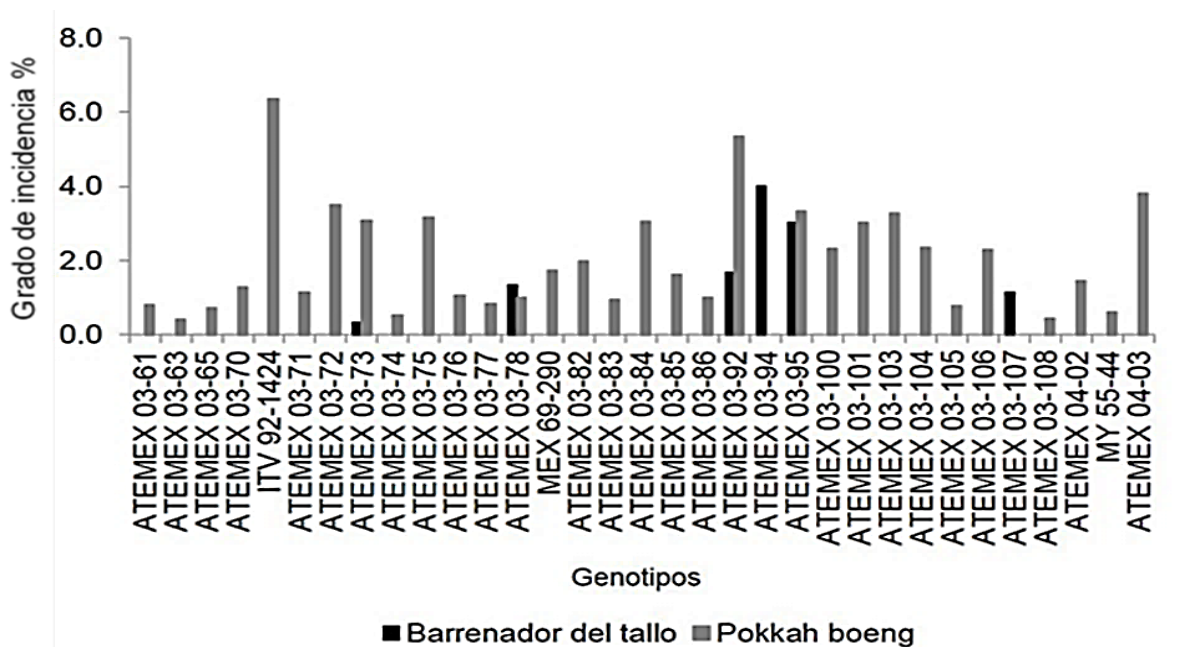


Figura 2. Incidencia de barrenador del tallo (*Diatraea* spp.) y pokkah boeng (*Fusarium moniliforme*) en 30 híbridos y tres variedades de caña de azúcar, evaluados en Zacatepec, Morelos, 2012-2014.

La variedad comercial ITV 92-1424 superó a todos los genotipos en el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), no obstante, deben realizarse evaluaciones al momento de la cosecha para determinar la acumulación final de $^{\circ}$ Brix.

La incidencia de las plagas y enfermedades depende del inóculo inicial de las mismas por lo que se debe evaluar en condiciones controladas la resistencia de los genotipos a carbón y pokkah boeng.

LITERATURA CITADA

Amaya E. A., J. H. Cock, A. Hernández., J. Irvine. 1995. Biología (pp. 31-62). *In*: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. CENICAÑA. Colombia, 394 pp.

Campos H. A., A. A. Lugo. 2010. Guía para cultivar caña de azúcar en el estado de Morelos. Folleto para productor No. 52. México. 42 pp.

Cassalett D. C. y J. H. Rangel. 1995. Mejoramiento genético (pp.63-81). *In*: El

cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. CENICAÑA. Colombia, 394 pp.

Castillo, M. A. 2013. Manejo y aprovechamiento de variedades de caña de azúcar. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Córdoba. México, 53 pp.

Castillo T. R. O. y S. E. Silva. 2004. Fisiología, floración y mejoramiento de la caña de azúcar en el Ecuador. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). Publicación Técnica No. 3. Ecuador, 26 pp.

Chavarría S. E. 2006. Escalas descriptivas para la evaluación de enfermedades de la caña de azúcar. Liga Agrícola de la Caña de Azúcar. Costa Rica. 45 pp.

Clements F. H. 1980. Sugarcane crop logging and control: principles and practices. The University Press of Hawaii, Honolulu. USA. 520 pp.

CONADESUCA. 2014. Reporte de avance de producción de caña y azúcar (En línea). Reporte No. 36-Final. Semana No. 41.

- (http://www.infocana.gob.mx/mos_boletin.php?id). Consultado 10 Oct. 2014.
- Cubero J. I. 1999. Introducción a la mejora genética vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. México. 352 pp.
- Díaz M. L. L. 2002. Manual de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Honduras. 148 pp.
- Fideicomiso Ingenio Atencingo 80326 (S/A). Variedades de caña de azúcar que se explotan en la zona de abastecimiento del Ingenio Atencingo. Superintendencia General de Campo. México. 36 pp.
- Flores R. C. 2013. Estaciones de hibridación (En línea). CIDCA. http://www.caneros.org.mx/site_caneros/descargas/pleno_gdl/04_PONENCIA_ESTACIONES_HIBRIDACION.pdf. Consultado 10 Oct. 2014.
- García E. A. 1999. Glosario de términos de campo y fábrica de la agroindustria azucarera. Compañía editora del manual azucarero. México, D.F. 311 pp.
- González G. A., V. B. Ortiz., P. C. I. Pascual. 1974. Sazonado y maduración de la caña de azúcar. CNIA. Serie Divulgación Técnica IMPA Libro No. 8. México. 165 pp.
- Márquez J., M. 2014. El manejo integrado de plagas (pp. 204-231). *In: El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Artemis Edinter. Guatemala. 512 pp.
- Martínez A., J. 2005. Guía metodológica para la selección de variedades de caña. Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. México. 79 pp.
- Martínez-Torres D. R. 2009. Evaluación agroindustrial de variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el ingenio El Modelo, Úrsulo Galván, Veracruz. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz. Veracruz, México. 64 pp.
- Melgar M., A. Meneses., H. Orozco, O. Pérez., R. Espinosa. 2014. El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. CENGICAÑA. Artemis Edinter. Guatemala. 512 pp.
- Ordosgoitti A., V. González, A. Aponte. 1979. El carbón de la caña de azúcar. Carta Agrícola CENIAP, 1:1. Venezuela. 45 pp.
- Ranjel J. H., V. C. Viveros, E. A. Amaya, L. L. A. Gómez, K. J. Victoria, S. J. C. Ángel. 2003. Catálogo de variedades. Segunda edición. Serie técnica No. 31. CENICAÑA. Colombia. 81 pp.
- RIDESA. 2010. Catálogo nacional de variedades "RB" de caña de azúcar. Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. Brasil. 136 pp.
- Rott P., R. A. Bailey, J. C. Comstock, B. J. Croft, A. S. Saumtally. 2000. A guide to sugarcane diseases. CIRAD and ISSCT. France. 339 pp.
- Salgado G. S., E. L. C. Lagunes, E. R. Núñez, G. C. F. Ortiz, A. L. Bucio, I. E. M. Aranda. 2013. Caña de azúcar: producción sustentable. Editorial del Colegio de Posgraduados. México. 524 pp.
- SIAP (Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2013 (En línea). <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Consultado 10 Oct. 2014.
- Vera-Espinoza, J. 2008. Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) introducidas en el estado de Campeche. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. México. 90 pp.