

Rendimiento y calidad de siete variedades de caña de azúcar en El Mante, Tamaulipas

José Reyes-Hernández¹
Rodolfo Torres-de los Santos¹
Hermelindo Hernández-Torres¹
Verónica Hernández-Robledo¹
Edwin Alvarado-Ramírez¹
Santiago Joaquín-Cancino^{2§}

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Mante-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Boulevard Enrique Cárdenas González núm. 1201, Col. Jardín, Ciudad El Mante, Tamaulipas, México. CP. 89840. Tel. 831 2320544. (jrhernandez@uat.edu.mx; rotorres@docentes.uat.edu.mx; yemir12torres@gmail.com; vero.hernandez@docentes.uat.edu.mx; edwin.alvarado@uat.edu.mx). ²Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario *campus* Victoria, edificio Centro de Gestión del Conocimiento, 4° Piso, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87120. Tel. 834 3181721.

§Autor para correspondencia: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx.

Resumen

Se evaluó el rendimiento agroindustrial y la calidad de jugo de siete variedades (IMMEX 91-589, XMEX 91-917, IMMEX 95-25, MEX 95-59, ATEMEX 96-40, MEX 96-60 e IMMEX 98-13) de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), más la CP 72-2086 como testigo, al inicio de la madurez. El experimento se realizó en El Mante, Tamaulipas, México, entre 2019 y 2020, bajo un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y considerando a las variedades como un tratamiento. Las variables fueron el rendimiento de tallos procesables (RTP) y de azúcar (RA), grados Brix (^oBx), concentración de sacarosa (S), pureza (P), azúcares reductores (Ar), humedad (H) y fibra (F). Se obtuvo que todas presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre variedades, excepto H y F ($p > 0.05$). En RTP, aumentaron el rendimiento de entre 2.8 y 20% con respecto al testigo a excepción de la IMMEX 98-13 que disminuyó 9.5% y en RA todas resultaron iguales al testigo, excepto MEX 95-59 e IMMEX 98-13, las cuales disminuyeron el rendimiento en 25.3 y 18.8%, respectivamente. En cuanto a Brix, S, P y Ar, todas las variedades obtuvieron valores similares a la CP 72-2086 y en algunos casos difirieron entre si. Los resultados indicaron que las variedades XMEX 91-917 e IMMEX 95-25 superaron en RTP a la variedad testigo, mientras que, en RA y calidad de jugo la igualaron, por lo que pueden ser una opción para diversificar las variedades en la región del estado.

Palabras clave: *Saccharum officinarum* L., Brix, sacarosa, tallos procesables.

Recibido: marzo de 2022

Aceptado: julio de 2022

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo que en las regiones tropicales y subtropicales es considerado de importancia en la agroindustria de alimentos, debido a su capacidad de producir grandes cantidades de biomasa (Waclawovsky *et al.*, 2010) y almacenar elevadas concentraciones de sacarosa en tallos; la cual, es utilizada para la producción de diferentes tipos de azúcares (SIAP, 2020).

En este sentido, México se ubica como el sexto productor de caña de azúcar a nivel mundial, con una producción de 64.5 millones de toneladas en una superficie de 856 mil hectáreas, que equivale a una producción promedio por hectárea de 75.4 t (SIAP, 2020). En 2019, Tamaulipas se posicionó como el sexto productor de este cultivo a nivel nacional, con una producción de 3.14 millones de toneladas (SIAP, 2020) y los principales municipios en donde se cultiva la caña de azúcar son El Mante, Xicotécatl, Ocampo, Antiguo Morelos, Nuevo Morelos y Gómez Farías y de estos, El Mante concentra más de 35% de la producción total del estado (García-Fernández *et al.*, 2014). Sin embargo, es altamente dependiente de la variedad CP 72-2086, que representa un riesgo de la aparición de una plaga o enfermedad emergente a la que pueda ser susceptible (Suárez *et al.*, 2018).

Aunado a lo anterior, la productividad del estado se encuentra por debajo de la media nacional, lo que hace la incorporación de nuevas variedades para aumentar la diversidad, e incluso si es posible, aumentar la productividad y calidad de la caña producida en la región (Gómez-Merino *et al.*, 2014). En este sentido, la variedad a elegir para la siembra debe mostrar adaptación a diferentes ambientes agroecológicos, resistencia a plagas y enfermedades de importancia económica, así como una alta productividad y calidad de jugo (Sentíes-Herrera y Gómez-Merino, 2014).

Por otro lado, según Gravois (2020) las variedades de caña de azúcar son el elemento vital de la industria azucarera, la selección de ellas es una de sus decisiones más importantes dado que tiene consecuencias a largo plazo, por consiguiente, el objetivo al momento de la selección debe ser maximizar la rentabilidad en cada año de un ciclo de cultivo largo. Además, ninguna variedad de caña de azúcar es perfecta, ya que cada una tiene un riesgo inherente (Gravois, 2020). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el rendimiento agroindustrial y la calidad del jugo de siete variedades de caña de azúcar al inicio de la madurez en la región de El Mante, Tamaulipas, bajo la hipótesis de que existen variedades que pueden igualar o superar en rendimiento y calidad a la variedad comercial CP 72-2086.

Materiales y métodos

Ubicación y descripción del sitio experimental

La evaluación se realizó de octubre de 2019 a agosto de 2020, en la región cañera de Tamaulipas, específicamente en la localidad de Quintero, municipio de El Mante (22° 43' 00" latitud norte y 98° 59' 34" longitud oeste, a 84 msnm). El suelo es clasificado como vertisol, con textura arcillosa, pH de 8.2 y elevada cantidad de carbonatos de calcio.

El clima, de acuerdo con la clasificación de Köppen, es del tipo Aw₀ (Vargas *et al.*, 2007), que corresponde a cálido subhúmedo y es caracterizado por una precipitación pluvial y temperatura atmosférica media anual de 1 053.7 mm y 24.6 °C, respectivamente. Las condiciones ambientales que se presentaron durante el periodo de evaluación se muestran en la (Figura 1).

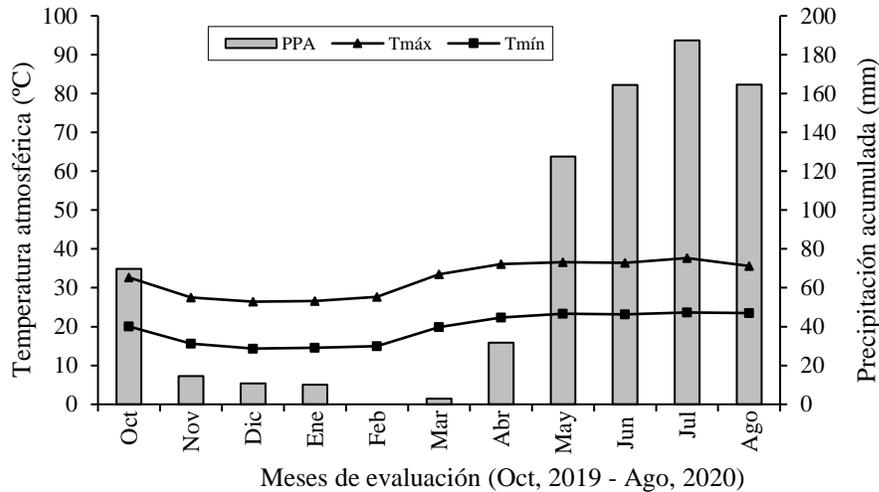


Figura 1. Climograma del sitio experimental con la precipitación pluvial acumulada (PPA) y las temperaturas máximas (Tmáx) y mínimas (Tmín) medias mensuales que se registraron durante el periodo de evaluación.

Diseño experimental

El factor de estudio fueron las variedades de caña de azúcar IMMEX 91-589, XMEX 91-917, IMMEX 95-25, MEX 95-59, ATEMEX 96-40, MEX 96-60 e IMMEX- 98-13 y se agregó la CP 72-2086 como testigo por ser la de mayor utilización en la región cañera del estado. La evaluación se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y considerando a las variedades como un tratamiento.

La unidad experimental se conformó por ocho surcos con 12 m de longitud y separados entre sí por 1.4 m. Los surcos útiles únicamente fueron los dos centrales y de estos, se descartó un metro lineal de cada extremo, a fin de evitar el efecto de orilla.

Establecimiento de las unidades experimentales

El suelo se preparó mediante barbecho, rastra doble cruzada y surcado, y la siembra se realizó el 01 de octubre de 2019, mediante el uso de material vegetativo (tallos) y el método tradicional de la región, cadena doble con traslape entre la punta y la base de los tallos. De igual manera, se realizó una fertilización edáfica con 217, 124, 44, 135 y 2 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y zinc, respectivamente y se dividió en dos aplicaciones, una al momento de la siembra y otra a los cinco meses después de la primera. Además, se aplicaron riegos de auxilio a capacidad de campo durante los periodos secos y se controlaron las malezas con la aplicación pre-emergente de Ametrina + Atrazina a razón 1146 g de cada ia ha⁻¹ y tres meses después, con posemergente de Ametrina + 2,4-D 765 g y 392.7 g, respectivamente de ia ha⁻¹.

Rendimiento agroindustrial

En campo, el rendimiento se evaluó en función de los tallos procesables (RTP, t ha⁻¹) al inicio de la maduración de la variedad testigo (CP 72-2086), lo cual, ocurrió a los nueve meses después de la siembra. Para ello, se cosecharon y pesaron en fresco únicamente los tallos que se ubicaban en

los ocho metros lineales considerados como útiles en cada uno de los dos surcos centrales de cada parcela, no sin antes retirarles las hojas verdes y secas y despuntarlos entre las secciones 8 y 10. Con los datos obtenidos se realizó el cálculo mediante la siguiente fórmula: RTP

$(t MV ha^{-1}) = \frac{\left(\frac{PTC (kg)}{AC (m^2)}\right) \times 10000}{1000}$. Donde: PTC= es el peso de los tallos cosechados; AC= es el área cosechada, que en este caso fue de 22.4 m²; 10 000= corresponde a los m² que tiene una hectárea; 1 000= los kg que tiene una tonelada.

El rendimiento industrial se evaluó de acuerdo con la producción de azúcar, la cual, se estimó mediante la siguiente fórmula: $RA (t ha^{-1}) = \frac{RTP (t MV ha^{-1}) \times S (\%)}{100}$. Donde: RTP= es el rendimiento de tallos procesables; S= el porcentaje de sacarosa; 100= el factor de conversión.

Calidad del jugo

En este caso, la evaluación se realizó con base a los grados Brix, contenido de sacarosa (%), pureza (%), azúcares reductores (%), humedad (%) y fibra (%) en los tallos procesables. Para estas determinaciones, de los tallos cosechados en la estimación del rendimiento, se eligieron 10 que fueran representativos de cada variedad y parcela, y se enviaron para su procesamiento y análisis al Laboratorio del Ingenio El Mante SA de CV, propiedad del Grupo Pantaleón y ubicado en el municipio de El Mante, Tamaulipas, México. En laboratorio, los análisis se realizaron siguiendo las metodologías establecidas para la Industria Azucarera de las Normas Oficiales Mexicanas.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron mediante un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y utilizando el software de análisis estadístico SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002). En el caso de las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (variedades), se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5% ($p \leq 0.05$) en la comparación de medias.

Resultados y discusión

Rendimiento agroindustrial

De acuerdo con el análisis de varianza, la diferencia observada en la respuesta de las variedades resultó significativa ($p \leq 0.05$) en ambas (Cuadro 1). El valor máximo de rendimiento de tallos procesables (RTP) lo obtuvo la variedad MEX 95-59 con 90.8 t ha⁻¹ y el mínimo, la IMMEX 98-13 con 68.51 t ha⁻¹, con diferencias significativas entre ambas ($p \leq 0.05$) y del resto de las variedades. Esto se reflejó en el aumento y disminución significativa ($p \leq 0.05$) del rendimiento en un 20 y 9.5% con respecto a la testigo (CP 72-2086), respectivamente, mientras que, las variedades IMMEX 91-589 y XMEX 91-917, estadísticamente ($p > 0.05$) resultaron similares entre si, al igual que las IMMEX 95-25 y MEX 96-60 e incrementaron el rendimiento entre 6.4 y 10.7%. En el caso de ATEMEX 96-40, aumentó 2.8% en rendimiento con respecto a la testigo.

Cuadro 1. Rendimiento agroindustrial al inicio de la madurez de siete variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y el testigo CP 72-2086, en la región cañera de El Mante, Tamaulipas, México.

Variedades	RTP (t MV ha ⁻¹)	RA (t ha ⁻¹)
CP 72-2086	75.67 e	8.62 ab
IMMEX 91-589	81.87 c	7.73 bc
XMEX 91-917	80.49 c	8.44 ab
IMMEX 95-25	83.74 b	9.1 a
MEX 95-59	90.8 a	6.44 c
ATEMEX 96-40	77.76 d	7.29 bc
MEX 96-60	83.57 b	7.73 bc
IMMEX 98-13	68.51 f	7 c
DMS	1.4	1.36

Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes (a, b, c, d, e, f) indican diferencia estadística significativa entre variedades de caña de azúcar (Tukey; $p \leq 0.05$). DMS= diferencia mínima significativa. RTP= rendimiento de tallos procesables; RA= rendimiento de azúcar.

En cuanto al rendimiento de azúcar (RA), mostró una respuesta totalmente diferente y opuesta a la variable anterior, ya que, el mayor rendimiento correspondió a IMMEX 95-25 con 9.1 t ha⁻¹ en promedio; mientras que, el menor valor correspondió a la MEX 95-59, variedad que obtuvo el mayor RTP y a la IMMEX 98-13 con 6.44 y 7 t ha⁻¹, respectivamente. No obstante, el rendimiento de la IMMEX 95-25 no difirió significativamente ($p > 0.05$) al de CP 72-2086 y XMEX 91-917, las cuales, obtuvieron valores de 8.62 y 8.44 t ha⁻¹, sin diferencia estadística ($p > 0.05$) de las IMMEX 91-589, ATEMEX 96-40 y MEX 96-60 ni de las que obtuvieron los valores mínimos.

En términos generales, la testigo (CP 72-2086) solo difirió significativamente ($p \leq 0.05$) de las IMMEX 98-13 y MEX 95-59, lo que, se reflejó en el rendimiento con una disminución de 18.8 y 25.3%, respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos, el mayor rendimiento de campo en términos de tallos procesables lo produjo la MEX 95-59; sin embargo, en rendimiento industrial presentó los valores mínimos. Contrario a esto, las variedades CP 72-2086, XMEX 91-917 e IMMEX 95-25 presentaron un rendimiento industrial superior a la MEX 95-59, pese a obtener un rendimiento de campo inferior a esta variedad. En cuanto a la IMMEX 91-589, ATEMEX 96-40, MEX 96-60 e IMMEX 98-13 obtuvieron rendimientos medios, a excepción de la IMMEX 98-13 en rendimiento de azúcar. Lo anterior, concuerda con lo reportado por Gilbert *et al.* (2006), quienes encontraron que, el genotipo de las variedades de caña de azúcar tiene gran influencia sobre la acumulación de sacarosa en los tallos, lo que se debe a la variabilidad en el tiempo de maduración de cada variedad (Da Silva *et al.*, 2012).

El comportamiento de la variedad MEX 95-59 indica que tiene una elevada tasa de acumulación de biomasa, por consiguiente, mayor demanda de agua en comparación al resto de las variedades (Coale *et al.*, 1993), razón por la que se originó un déficit hídrico que a su vez ocasionó una reducción en el contenido de sacarosa (Singels *et al.*, 2005; Singels *et al.*, 2010), aunado a que, el rendimiento de campo está estrechamente relacionado con el rendimiento industrial (Jackson, 2005; Vera-Espinosa *et al.*, 2016).

Al respecto, Méndez-Adorno *et al.* (2016) señalan que existen variedades de caña de azúcar que son sensibles al déficit hídrico; sin embargo, Inman-Bamber y Smith (2005) informaron que la restricción o déficit de agua es benéfica en este cultivo, pero no al inicio de la maduración, sino cuando está avanzada la etapa de maduración o semanas antes de la cosecha, ya que, induce una disminución en el crecimiento vegetativo y aumento en acumulación de sacarosa en tallos.

Por otra parte, el rendimiento de campo obtenido en las variedades evaluadas resultó superior a lo reportado por otros autores en algunas de estas variedades, como la CP 72-2086 que al cosecharla a once meses, produjo 64.69 t de biomasa por hectárea, con un rendimiento industrial de 9.13 t ha⁻¹ (Pérez *et al.*, 2019), aunque el último caso resultó superior a lo obtenido en este estudio. Estas variaciones en rendimiento se atribuyen al manejo agronómico y a las condiciones edafoclimáticas de cada sitio experimental; además, del número de zafras que lleva el cultivo (Salgado-García *et al.*, 2016) y al periodo transcurrido entre la siembra a la cosecha (Gilbert *et al.*, 2006).

Calidad del jugo

Las variedades mostraron efectos significativos ($p \leq 0.05$) en todas las variables consideradas en la evaluación de la calidad del jugo de caña de azúcar, con excepción de la humedad (H) y la fibra (F) (Cuadro 2). Los grados Brix (Brix) y la sacarosa (S) mostraron los valores máximos en la CP 72-2086, pero estadísticamente resultó similar ($p > 0.05$) a las variedades XMEX 91-917, IMMEX 95-25 e IMMEX 98-13 y estas a su vez, no difirieron significativamente ($p > 0.05$) de las IMMEX 91-589, ATEMEX 96-40, MEX 96-60 e IMMEX 98-13. En estas mismas variables, la variedad ATEMEX 96-40 presentó valores estadísticamente ($p > 0.05$) similares a MEX 96-60 en contenido de sacarosa, con 9.4 y 9.26%, respectivamente. Un efecto similar se observó en pureza (P), donde la variedad MEX 95-59 presentó el menor valor (77.29%) y difirió significativamente ($p \leq 0.05$) de las demás, las cuales, resultaron estadísticamente similares ($p > 0.05$) entre sí.

Cuadro 2. Calidad del jugo al inicio de la madurez de siete variedades de caña de azúcar y testigo CP 72-2086, en la región cañera de El Mante, Tamaulipas, México.

Variedades	°Brix*	Sacarosa*	Pureza*	Azúcares Reductores*	Humedad*	Fibra*
CP 72-2086	13.3 a	11.4 a	86.36 a	0.81 b	83.75 a	12.19 a
IMMEX 91-589	11.19 b	9.45 b	84.45 a	0.82 b	82.25 a	11.88 a
XMEX 91-917	12.3 ab	10.49 ab	85.25 a	0.94 ab	81.75 a	11.63 a
IMMEX 95-25	12.64 ab	10.87 ab	86 a	0.95 ab	84.25 a	11.75 a
MEX 95-59	9.19 c	7.1 c	77.29 b	1.14 a	85 a	11.19 a
ATEMEX 96-40	11.28 b	9.4 b	82.92 a	0.97 ab	83.25 a	11.63 a
MEX 96-60	10.95 bc	9.26 b	84.58 a	0.92 ab	84 a	12.5 a
IMMEX 98-13	11.94 ab	10.22 ab	85.56 a	0.99 ab	83 a	12.19 a
DMS	1.8	1.79	3.68	0.23	5.66	1.6

*= medias expresadas en porcentaje. Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes (a, b, c) indican diferencia estadística significativa entre variedades de caña de azúcar (Tukey; $p \leq 0.05$). DMS= diferencia mínima significativa.

En cuanto a azúcares reductores (Ar), los valores mínimos se obtuvieron en las CP 72-2086 e IMMEX 91-589 y los máximos en la MEX 95-59, por lo que difirieron significativamente ($p \leq 0.05$) entre sí, aunque estadísticamente ($p > 0.05$) las tres fueron similares al resto de las variedades.

Respecto a las variables H y F, no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre variedades; sin embargo, los valores obtenidos oscilaron entre 81.75 y 85 y 11.19 y 12.5%, respectivamente, para cada variable.

En México, la calidad del jugo de caña de azúcar se considera adecuada, los °Bx oscilan entre 12 y 18, el contenido de sacarosa es igual o mayor a 12.5%, pureza entre 79 y 89%, mientras que, la concentración de azúcares reductores debe ser inferior al 1% (Salgado *et al.*, 2003). Al respecto, las variedades evaluadas presentaron valores de sacarosa inferiores al porcentaje considerado como ideal para una calidad buena, a pesar de que en el resto de los parámetros se encontraban dentro de los rangos, con excepción de la MEX 95-59 que presentó una pureza por debajo de 79% y superó 1% de azúcares reductores, lo que se debió a la fase fenológica en la que se realizó la evaluación.

No obstante, las variedades CP 72-2086, XMEX 91-917 e IMMEX 95-25 estuvieron cercanas a los rangos de calidad, para el caso de la CP 72-2086 es atribuido que es una variedad de madurez temprana (Pérez *et al.*, 2019) y por lo cual, se cosecha a 11 meses de edad o rebrote, periodo en el que alcanza la madurez y calidad comercial. Aunado a lo anterior, estas variedades presentaron una relación inversa entre el contenido de sacarosa y azúcares reductores, característico de las variedades tempranas debido a que presentan niveles máximos de actividad de la invertasa neutra en comparación con las variedades tardías (Cardozo y Sentelhas, 2013) como la MEX 95-59 que presentó un comportamiento de este tipo y que pudo estar influenciado por el tiempo que tarda en madurar el tallo (Da Silva *et al.*, 2012), reflejado en la cantidad de azúcares reductores, los cuales, están compuestos principalmente por los monosacáridos glucosa y fructosa (Begum *et al.*, 2012)

Con relación a la humedad, en las secciones muestreadas fue superior al 80% y no presentó diferencias entre variedades, ni relación con los azúcares reductores como lo mencionan Salgado-García *et al.* (2016), quienes al evaluar las variedades CP 72-2086 y Méx 69-290 durante cinco ciclos de cultivo (plantilla-resoca cinco) encontraron que, a menor humedad había menor cantidad de azúcares reductores. De igual manera, estos autores mencionan que, al momento de la madurez, el tallo debe presentar un contenido de humedad de entre 68 y 70%.

La fibra es un componente seco e insoluble en el agua del tallo que resulta importante en la medición de la calidad de la caña debido a su relación inversa con la extracción de jugo y la eficiencia de la molienda (Islam *et al.*, 2021), por lo tanto, los niveles aceptables se encuentran entre 10 y 14% (Gravois y Milligan, 1992), ya que, de lo contrario por cada aumento de 1% en el contenido de fibra se provoca una disminución en los valores teóricos de sacarosa recuperable que varía del 1.51 al 3.02 g kg⁻¹ de caña (Glaz *et al.*, 2010). En este componente las variedades no mostraron diferencias entre sí, atribuido a la estabilidad química que presenta este cultivo en los compuestos de la pared celular, formada principalmente por hemicelulosa, celulosa y lignina, que en conjunto proporcionan soporte a los tallos (Waclawovsky *et al.*, 2010; Figueiredo *et al.*, 2019).

Por otro lado, los hallazgos obtenidos en algunas variedades resultaron similares a lo informado por otros autores quienes al evaluar y cosechar las variedades CP 72-2086 y MEX 79-431 a los once meses después de la siembra, encontraron que, no existe diferencia significativa en el contenido de sacarosa, °Brix, pureza y azúcares reductores entre variedades y que los promedios fueron 14.00%, 15.83°, 88.61% y 0.31%, respectivamente (Pérez *et al.*, 2019). De igual manera, Córdova-Gamas *et al.* (2016) encontraron que al cosechar la MEX 79-431 a 10 meses, el contenido de sacarosa, °Bx, pureza y azúcares reductores era de 9.46%, 18.8, 50% y 0.97%, respectivamente, valores inferiores en comparación con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Conclusiones

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el experimento y en la fase fenológica en la que se realizó la evaluación, se encontraron variedades que pueden igualar o incluso superar en rendimiento y calidad de jugo a la variedad comercial (CP 72-2086) de la región cañera de Tamaulipas y entre las más prometedoras se encuentran las XMEX 91-917 e IMMEX 95-25 que destacaron por su rendimiento agroindustrial y bajos valores de parámetros no deseables en el jugo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unidad Académica Multidisciplinaria Mante de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por las gestiones realizadas ante el Grupo Pantaleón para el procesamiento y análisis de muestras en el Laboratorio del Ingenio El Mante SA de CV.

Literatura citada

- Begum, M. K.; Alam, M. R.; Islam, M. S. and Arefin, M. S. 2012. Effect of water stress on physiological characters and juice quality of sugarcane. India. Sugar Technology. 14(2):161-167. <https://doi.org/10.1007/s12355-012-0140-6>.
- Cardozo, N. P. and Sentelhas, P. C. 2013. Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age. Brasil. Scientia Agricola. 70(6):449-456. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000600011>.
- Coale, F. J.; Sanchez, C. A.; Izuno, F. T. and Bottcher, A. B. 1993. Nutrient accumulation and removal by sugarcane grown on Everglades Histosols. Estados Unidos de América. Agron. J. 85(2):310-315. <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500020028x>.
- Córdova-Gamas, G.; Salgado-García, S.; Castelán-Estrada, M.; Palma-López, D. J.; García-Moya, E.; Lagunes-Espinoza, L. D. C. y Córdova-Sánchez, S. 2016. Opciones de fertilización para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Tabasco, México. México. Agroproductividad. 9(3):27-34.
- Da Silva, P. P.; Soares, L.; Da Costa, J. G.; Da Silva, L.; Farías, J. C.; Rebelo, E.; Messias, J.; De Souza, G. V.; Nascimento, V. X.; Todaroe, A. R.; Riffel, A.; Grossi-de-Saf, M. F.; Pereira, M. H.; Goulart, A. E. and Ramalho, C. E. 2012. Path analysis for selection of drought tolerant sugarcane genotypes through physiological components. Estados Unidos de América. Industrial Crops and Products. 37(1):11-19. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.015>.
- Figueiredo, R.; Araújo, P.; Llerena, J. P. P. and Mazzafera, P. 2019. Suberin and hemicellulose in sugarcane cell wall architecture and crop digestibility: a biotechnological perspective. China. Food and Energy Security. 8(3):1-24. <https://doi.org/10.1002/fes3.163>.
- García-Fernández, F. G.; Herrera, M. Á. y Muñoz, N. E. S. 2014. La agroindustria azucarera en El Mante, Tamaulipas. Estrategias para potenciar la cadena de valor. México. Rev. Mex. Agron. 35:922-933.
- Gilbert, R. A.; Shine, J. M.; Miller, J. D.; Rice, R. W. and Rainbolt, C. R. 2006. The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. China. Field Crops Res. 95(2-3):156-170. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.02.006>.
- Glaz, B.; Shine, J. M.; Irely, M. S.; Perdomo, R.; Powell, G. and Comstock, J. C. 2011. Seasonal fiber content of three sugarcane cultivars in three crop cycles on sand and muck soils. USA. Agron. J. 103(1):211-220. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0353>.

- Gómez-Merino, F. C.; Trejo-Téllez, I.; Morales-Ramos, V.; Salazar-Ortiz, J.; Velasco-Velasco, J.; Senties-Herrera, H. E. y Ladewig, P. 2014. Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar. *Agroproductividad*. 7(2):22-26.
- Gravois, K. 2020. Sugarcane variety performance. Pub. 3752:12. www.lsuagcenter.com/articles/page1588964225077
- Gravois, K. A. and Milligan, S. B. 1992. Genetic relationship between fiber and sugarcane yield components. *Estados Unidos de América. Crop Sci.* 32(1):62-67. <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200010014x>.
- Inman-Bamber, N. G. and Smith, D. M. 2005. Water relations in sugarcane and response to water deficits. *China. Fields Crops Res.* 92(2-3):185-202. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.023>.
- Islam, M. S.; Pan, Y. B.; Lomax, L. and Grisham, M. P. 2021. Identification of quantitative trait loci (QTL) controlling fibre content of sugarcane (*Saccharum* hybrids spp.). *Alemania. Plant Breed.* 140(2):360-366. <https://doi.org/10.1111/pbr.12912>.
- Jackson, P. A. 2005. Breeding for improved sugar content in sugarcane. *China. Fields Crops Res.* 92(2-3):277-290. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.024>.
- Méndez-Adorno, J. M.; Salgado-García, S.; Lagunes-Espinoza, L. C.; Mendoza-Hernández, J. R. H.; Castelán-Estrada, M.; Córdoba-Sánchez, S. e Hidalgo-Moreno, C. I. 2016. Relación entre parámetros fisiológicos en caña de azúcar (*Saccharum* spp.) bajo suspensión de riego previo a la cosecha. *México. Agroproductividad*. 9(3):15-21.
- Pérez, E. A.; López, I. G.; Salgado-García, S.; Rivera, S. I. y Sánchez, S. C. 2019. Fertilization alternatives for sugarcane crop in Pujilic Sugarcane Mill, Chiapas, México. *India. Sugar Technology*. 21(5):756-764. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0692-1>.
- Salgado, S.; Núñez, R.; Peña, J. J.; Etchevers, J. D.; Palma, D. J. y Soto, R. M. 2003. Manejo de la fertilización en el rendimiento, calidad del jugo y actividad de invertasas en caña de azúcar. *Venezuela. Interciencia*. 28(10):576-580.
- Salgado-García, S.; Castelán-Estrada, M.; Aranda-Ibañez, E. M.; Ortiz-Laurel, H.; Lagunes-Espinoza, L. C. y Córdoba-Sánchez, S. 2016. Calidad de jugos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) según el ciclo de cultivo en Chiapas, México. *México. Agroproductividad*. 9(7):23-28.
- Senties-Herrera, H. E. y Gómez-Merino, F. C. 2014. Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *México. Agroproductividad*. 7(2):9-15.
- Singels, A.; Donaldson, R. A. and Smit, M. A. 2005. Improving biomass production and partitioning in sugarcane: theory and practice. *China. Field Crops Res.* 92(2):291-303. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.022>.
- Singels, A.; Van Den Berg, M.; Smit, M. A.; Jones, M. R. and Van Antwerpen, R. 2010. Modelling water uptake, growth and sucrose accumulation of sugarcane subjected to water stress. *China. Field Crops Research*. 117(1):59-69. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.02.003>.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Suárez, J. H.; Menéndez, S. A.; González, M. A.; Delgado, M. I. y Gómez, P. J. R. 2018. Evaluación de genotipos de caña de azúcar en diferentes ambientes en el ingenio Ofelina, República de Panamá. *Cuba. Centro Agrícola*. 45(1):24-33.
- Vargas, V.; Hernández, M. E.; Gutiérrez, L. J.; Plácido, J. M. y Jiménez, C. A. 2007. Clasificación climática del estado de Tamaulipas, México. *México. Ciencia UAT*. 2(2):15-19.

- Vera-Espinosa, J. J.; Carrillo-Ávila, E.; Flores-Cáceres, S.; Arreola-Enríquez, J.; Osnaya-González, M. y Castillo-Aguilar, C. D. C. 2016. Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). México. Agroproductividad. 9(3):21-27.
- Waclawovsky, A. J.; Sato, P. M.; Lembke, C. G.; Moore, P. H. and Souza, G. M. 2010. Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. Reino Unido. Plant Biotechnol. J. 8(3):263-276. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2009.00491.x>.