

EVALUACIÓN DE VARIABLES DE CALIDAD EN HÍBRIDOS DE *Saccharum* spp. EN DIFERENTES AMBIENTES AGROECOLÓGICOS DE JALISCO, MÉXICO

EVALUATION OF QUALITY VARIABLES IN *Saccharum* spp. HYBRIDS IN DIFFERENT AGROECOLOGICAL ENVIRONMENTS IN JALISCO, MÉXICO

García-Preciado J.C.^{1*}; Álvarez-Cilva M.¹; Guzmán-Martínez M.²; Cervantes-Preciado J.F.¹; Bermúdez-Guzmán M.J.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Tecomán. Km. 35 Carretera Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, C.P. 28930. ²Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Matemáticas, Av. Javier Méndez Aponte Núm. 1, Fracc. Servidor Agrario, C.P. 39070, Chilpancingo, Guerrero.

*Autor para correspondencia: garcia.concepcion@inifap.gob.mx

RESUMEN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Jalisco, México representa uno de los principales cultivos agroindustriales y el de mayor relevancia socioeconómica para la entidad. Ante la disminución de productividad en las variedades comerciales se llevó a cabo una evaluación de variables de calidad industrial en nuevos híbridos y variedades comerciales en tres zonas cañeras de Jalisco, diferenciadas por su condición de clima, manejo y suelo. La información obtenida fue analizada mediante métodos estadísticos multivariados-combinados durante dos ciclos de cultivo, resultando sobresalientes por su contenido de sacarosa para las zonas de estudio los híbridos nacionales ATEMEX 99-48, COLMEX 95-27 y ATEMEX 99-1.

Palabras clave: caña de azúcar, análisis multivariados, sacarosa, variedades.

ABSTRACT

Sugar cane (*Saccharum* spp.) in Jalisco, México, represents one of the main agro-industrial crops and the one of highest socioeconomic relevance for the entity. In face of the decrease in productivity of commercial varieties, an evaluation was carried out of the industrial quality variables in new hybrids and commercial varieties in three cane-producing zones in Jalisco, differentiated by their conditions of climate, management and soil. The information obtained was analyzed through multivariate-combined statistical methods, during two cultivation cycles. The national hybrids ATEMEX 99-48, COLMEX 95-27 and ATEMEX 99-1 turned out to be outstanding for the study zones due to their sucrose content.

Keywords: sugar cane, multivariate analysis, sucrose, varieties.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. En México constituye uno de los cultivos agroindustriales de mayor importancia económica y social, siendo una fuente de empleo directo en campo e industria (SIAP, 2015). El estado de Jalisco, México, ocupa el segundo lugar a nivel nacional con una producción de 792 mil toneladas de azúcar y tercero en superficie sembrada, con aproximadamente 74 mil hectáreas (CONADESUCA, 2016). A pesar de la relevancia del cultivo tanto en el país como en dicha entidad actualmente se depende principalmente de dos variedades comerciales de caña de azúcar: CP 72-2086 y MEX 69-290, las cuales representan más de 50 % de la superficie cultivada (CONADESUCA, 2016). Estos genotipos tienen más de 30 años de uso, por lo que han presentado disminución en su rendimiento y calidad por mezclas físicas en campo, deterioro genético y decline productivo, entre otras. Dentro de algunas alternativas para aumentar la productividad se encuentra la selección de híbridos de caña de azúcar, que constituye un paso importante en el mejoramiento genético del cultivo, ya que los mejoradores seleccionan genotipos con características de mayor rendimiento ($t\ ha^{-1}$), °Brix, porcentaje de sacarosa (Pol), y resistentes a enfermedades entre otras principales. En México, actualmente el mejoramiento genético de *Saccharum* spp. es llevado a cabo por el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA), cuya tarea consiste en generar híbridos que una vez establecidos comercialmente se clasifican como variedades comerciales más productivas y tolerantes a enfermedades. El Campo Experimental Tecomán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) es uno de los 11 Campos Experimentales Regionales, distribuidos en las diferentes zonas cañeras del país, que tiene la tarea de evaluar los híbridos generados por el CIDCA. Su finalidad es probar la adaptación de los materiales a diferentes condiciones de suelo y clima (IMPA, 1990; Martínez, 2006). En dicha fase se evalúan variables agronómicas y de calidad industrial de forma periódica, con base en la metodología del IMPA (1953). Respecto al análisis de variables de calidad, tradicionalmente se realizan gráficos de madurez, tomando como variable única al porcentaje de sacarosa en caña, aun cuando se dispone de información sobre porcentaje de fibra, °Brix, azúcares reductores, humedad y pureza del jugo (IMPA, 1983). En México, comúnmente se utiliza el análisis de varianza (Martínez-Torres, 2009) o regresiones lineales simples por híbrido para modelar las curvas de madurez (Delgado *et al.*, 2012). Sin embargo, es importante hacer uso de metodologías de análisis que permitan incorporar un mayor número de variables, tal como el uso métodos estadísticos multivariados (Senties y Gómez, 2014). Este tipo de análisis se han utilizado para la evaluación de variables agroindustriales en programas de mejoramiento genético de caña de azúcar, así como para la selección de híbridos comerciales en países como Argentina, China, Etiopía, India, Kenia, Pakistán y Venezuela (Ostengo *et al.*, 2011; Bastidas *et al.*, 2012; Luo *et al.*, 2015; Zhou *et al.*, 2015; Ftwi *et al.*, 2016; Ong'ala *et al.*, 2016; Shahzad *et al.*, 2016; Ahmed *et al.*, 2017). Por lo anterior, el presente trabajo propuso analizar el comportamiento e interacción de variables de calidad industrial en nuevos híbridos de caña de azúcar en la fase de prueba de adaptación en tres ambientes agroclimáticos mediante dos métodos estadísticos mul-

tivariados: Análisis de Componentes Principales (APC) y Análisis de Conglomerados Jerárquicos (ACJ), para con ello favorecer el proceso de selección de genotipos de caña en fases intermedias de selección para el programa de mejoramiento genético de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron genotipos de caña de azúcar de origen nacional y extranjero obtenido a partir de hibridaciones e intercambios de germoplasma, respectivamente. Los cruzamientos genéticos fueron realizados en el Centro Nacional de Hibridación ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México. A partir de ello, todos los materiales se evaluaron y multiplicaron en el Campo Experimental Tecomán y Sitio Experimental Costa de Jalisco, del INIFAP, así como en el Campo Experimental regional Atencingo, de la misma estructura del CIDCA. Los híbridos se evaluaron durante la etapa de selección denominada: fase prueba de adaptabilidad, durante dos ciclos de cultivo (planta y soca), en tres sitios ubicados en gradientes altitudinales de los 300 a 1300 m (Cuadro 1). En estos, el número de nuevos híbridos establecidos por ensayo fue variable (29 a 73) junto con los híbridos comerciales: CP 72-2086, ITV 92-1424, MEX 69-290, MEX 57-473 Y MEX 79-431 (Cuadro 2).

El diseño experimental fue bloques completos al azar, con una repetición. La unidad experimental fue de cuatro surcos, cada uno de 15 m de longitud por 1.40 m de ancho, y la parcela útil fue de dos surcos centrales, eliminando dos metros entre sus extremos. Durante el ciclo planta, entre los 10 y 13 meses de edad se analizaron datos de calidad industrial: porcentaje de sacarosa,

Cuadro 1. Descripción de los sitios donde se establecieron los ensayos.

Ingenio	Localidad	altitud (m)	PAA (mm)	TMA (°C)	Textura del suelo	Condición	Establecimiento	Coordenadas	
								Lat. norte	Log. oeste
José María Morelos	Las Varas	302	1651	28.1	Franco arcilloso	Riego de auxilio	2010	19° 36' 47.27"	104° 28' 55.80"
Melchor Ocampo	Corral de Piedra	880	852	22.0	Franco	Riego	2010	19° 43' 59.91"	104° 09' 11.19"
José María Martínez (Tala)	Los Troncones	1300	990	21.1	Franco	Riego de auxilio	2010	20° 41' 53.64"	103° 51' 18.86"

Los datos de clima se recolectaron de las estaciones del SMN cercanas a los experimentos (normales climáticas periodo 1981-2010). MSNM es la altura en metros sobre el nivel del mar. Precipitación acumulada anual (PAA). TMA representa la temperatura media anual.

°Brix, pureza del jugo, porcentaje de fibra, azúcares reductores y porcentaje de humedad. En el ciclo soca se realizaron las mismas determinaciones entre los ocho y once meses de edad del cultivo. Lo anterior dio como resultado tres monitores diferentes para cada variable a lo largo de tres meses por espacios de tiempo iguales. Para las determinaciones de las variables de calidad se tomaron muestras de tallos de caña en la parcela útil y se trasladaron a los laboratorios de campo de cada uno de los Ingenios para su debido procesamiento de acuerdo con las Normas Oficiales vigentes. Se calculó el promedio por variable de calidad e híbrido, y dicha información se utilizó para el análisis mediante las técnicas multivariadas: Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis de Conglomerados Jerárquicos (ACJ) (Johnson y Wichern, 2014). La combinación de estos dos análisis permitió estudiar la variabilidad de los híbridos de acuerdo con las diferentes variables de calidad. Paralelamente se realizó una prueba de Tukey (1991) con un nivel de significancia de 5 % ($p \leq 0.05$) solo para la variable sacarosa. El análisis estadístico se llevó a cabo con la ayuda del software estadístico R[®] versión 3.3.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales resultó significativo para todos los sitios. En Corral de Piedra el análisis explicó 88 % de la variabilidad total en los 73 híbridos analizados, en Troncones, el ACP explica 70.3 % de la variabilidad de 29 híbridos; finalmente, en las Varas la variabilidad explicada fue de 86.1 %. Lo anterior coincide con la evaluación de variables de calidad en diferentes clones de caña de azúcar, donde se explicó 80.8 %, realizando el ACP (Ong'ala *et al.*, 2016).

Análisis de conglomerados jerárquicos

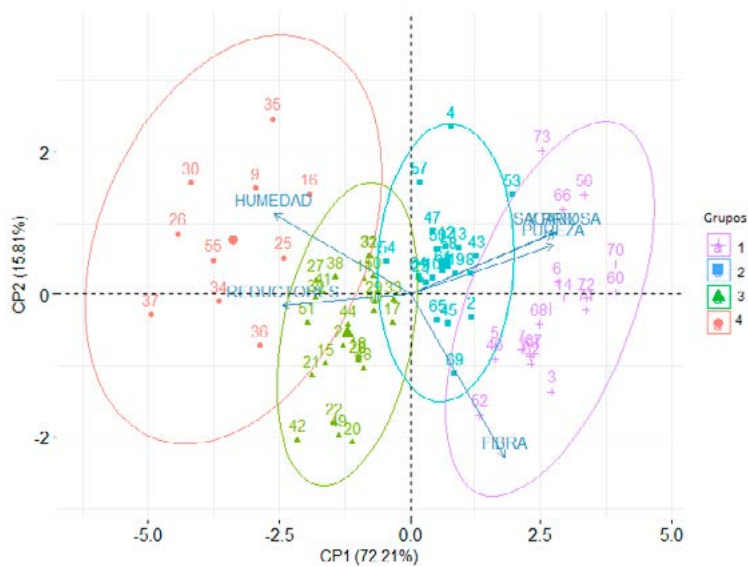
El análisis de conglomerados jerárquicos en combinación con el ACP agrupó los híbridos de acuerdo con características similares entre las variables de calidad;

resultando el contenido de sacarosa la variable más importante para dicho agrupamiento (Figura 1). Respecto a la agrupación de las variedades comerciales que se repiten en los tres sitios, al no presentar el mismo porcentaje de sacarosa en caña se clasificaron en distintos grupos. Estas diferencias pueden atribuirse a condiciones de suelo, clima, riego y la fertilización de cada sitio particular (Salgado *et al.*, 2008). En este sentido la variedad comercial CP 72-2086 en Corral de Piedra se ubicó en el Grupo 3, mientras que los Troncones se dispersaron en el Grupo 1. Otro ejemplo es la MEX 69-290 que en Corral de Piedra se observó en el Grupo 4 y en las Varas en el Grupo 2. Este resultado refleja inestabilidad de la MEX 69-290 y CP 72-2086 en lo que respecta a contenido en sacarosa. En cambio, el nuevo híbrido ATEMEX 99-48 se ubicó en el Grupo 1 en las tres localidades (Figura 1 a, b y c), al igual que la C3COLMEX 05-256 y ATEMEX 99-1, que se presenta en el mismo grupo (Figura 1 a y c). Al respecto, Senties y Gómez (2014) mencionan que la interacción Genotipo-ambiente tiene un efecto diferencial sobre la estabilidad y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, reflejándose en la expresión final del fenotipo. El ACJ también muestra que los híbridos con mayor contenido de sacarosa presentaron los menores porcentajes en azúcares reductores y porcentaje de humedad. Al respecto, Chávez (1982) menciona que la sacarosa de la caña de azúcar muestra una correlación lineal inversa con el contenido de humedad. Con las variables sacarosa, pureza y °Brix, lo que se observó fue una correlación lineal positiva, ya que cualquier aumento que se tenga en alguna de ellas se observará en las otras variables (Figura 1). Lo anterior difiere con los resultados de Salgado *et al.* (2016), quienes mencionan que no se puede establecer una relación directa entre pureza y contenido de sacarosa en variedades de caña (*Saccharum* spp). La única variable que presentó un comportamiento casi ortogonal con los dos grupos de variables antes mencionadas fue el porcentaje de fibra;

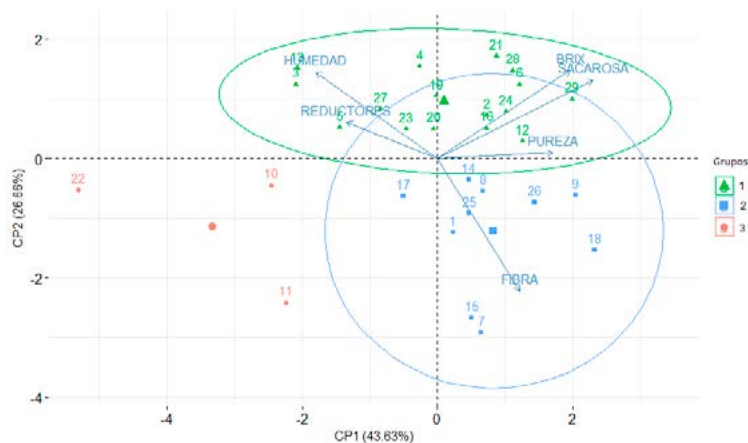
Cuadro 2. Híbridos de Saccharum spp., evaluados en tres zonas de abasto de Jalisco, México.

No.	Híbrido	Origen	No.	Híbrido	Origen	No.	Híbrido	Origen	No.	Híbrido	Origen
Corral de Piedra											
1	C3 COLMEX 05-373	N	20	C1 COLMEX 05-89	N	38	C1 COLMEX 05-373	N	56	ATEMEX 99-29	N
2	C12 COLMEX 05-456	N	21	C4 COLMEX 05-633	N	39	C6 COLMEX 05-897	N	57	ATEMEX 99-74	N
3	C11 COLMEX 05-520	N	22	C1 COLMEX 05-437	N	40	C4 COLMEX 05-69	N	58	ATEMEX 99-44	N
4	C2 COLMEX 05-232	N	23	RB 85-5113	E	41	C1 COLMEX 05-343	N	59	ATEMEX 99-26	N
5	C3 COLMEX 05-129	N	24	C5 COLMEX 05-633	N	42	C1 COLMEX 05-236	N	60	ATEMEX 99-64	N
6	C5 COLMEX 05-234	N	25	C5 COLMEX 05-192	N	43	C2 COLMEX 05-147	N	61	RB 72-1012	E
7	C3 COLMEX 05-107	N	26	C1 COLMEX 05-511	N	44	C3 COLMEX 05-256	N	62	CP 16-94	E
8	C3 COLMEX 05-192	N	27	CP 72-2086*T	E	45	C1 COLMEX 05-255	N	63	ATEMEX 99-34	N
9	C4 COLMEX 05-520	N	28	C3 COLMEX 05-204	N	46	C1 COLMEX 05-5	N	64	ATEMEX 99-62	N
10	C1 COLMEX 05-327	N	29	C5 COLMEX 05-373	N	47	ATEMEX 96-40	N	65	ATEMEX 99-1	N
11	C3 COLMEX 05-448	N	30	C5 COLMEX 05-47	N	48	C3 COLMEX 05-66	N	66	ATEMEX 99-26	N
12	C1 COLMEX 05-212	N	31	C8 COLMEX 05-458	N	49	C1 COLMEX 05-542	N	67	ATEMEX 99-58	N
13	C3 COLMEX 05-484	N	32	C3 COLMEX 05-633	N	50	C1 COLMEX 05-47	N	68	ATEMEX 99-1	N
14	C4 COLMEX 05-843	N	33	C9 COLMEX 05-38	N	51	C7 COLMEX 05-238	N	69	ATEMEX 99-14	N
15	C9 COLMEX 05-147	N	34	C3 COLMEX 05-884	N	52	C7 COLMEX 05-212	N	70	ATEMEX 99-48	N
16	C10 COLMEX 05-454	N	35	MEX 69-290*T	N	53	ITV 92-1424*T	N	71	ATEMEX 99-53	N
17	C1 COLMEX 05-207	N	36	C1 COLMEX 05-730	N	54	C5 COLMEX 05-38	N	72	ATEMEX 99-27	N
18	C1 COLMEX 05-114	N	37	C1 COLMEX 05-884	N	55	C8 COLMEX 05-38	N	73	ATEMEX 99-5	N
19	C5 COLMEX 05-192	N									
Los Troncones											
1	C9 COLMEX 05-147	N	9	C1 COLMEX 05-212	N	16	CP 72-2086*T	E	23	ATEMEX 99-34	N
2	C4 COLMEX 05-627	N	10	C1 COLMEX 05-236	N	17	ATEMEX 99-14	N	24	COLMEX 94-8	N
3	C1 COLMEX 05-214	N	11	C1 COLMEX 05-542	N	18	MEX 57-473*T	N	25	ATEMEX 99-62	N
4	MEX 57-473*T	N	12	C3 COLMEX 05-256	N	19	RB 85-5113	E	26	ATEMEX 99-27	N
5	C9 COLMEX 05-38	N	13	C5 COLMEX 05-147	N	20	ATEMEX 99-44	N	27	ATEMEX 99-5	N
6	C8 COLMEX 05-38	N	14	C5 COLMEX 05-47	N	21	ATEMEX 99-48	N	28	ATEMEX 99-26	N
7	C3 COLMEX 05-129	N	15	C1 COLMEX 05-89	N	22	ATEMEX 99-58	N	29	COLMEX 95-27	N
8	C1 COLMEX 05-207	N									
Las Varas											
1	C4 COLMEX 01-627	N	14	C9 COLMEX 05-147	N	27	C3 COLMEX 05-448	N	40	MEX 79-431*T	N
2	C1 COLMEX 05-437	N	15	C3 COLMEX 05-884	N	28	C3 COLMEX 05-107	N	41	ATEMEX 99-74	N
3	C2 COLMEX 05-134	N	16	C12 COLMEX 05-454	N	29	C1 COLMEX 05-147	N	42	ATEMEX 99-26	N
4	C2 COLMEX 01-1062	N	17	MEX 69-290*T	N	30	C3 COLMEX 05-129	N	43	ATEMEX 99-48	N
5	C3 COLMEX 05-66	N	18	C1 COLMEX 05-730	N	31	C3 COLMEX 05-256	N	44	RB 72-1012	E
6	C1 COLMEX 05-212	N	19	C10 COLMEX 05-454	N	32	CP 88-1508	E	45	ATEMEX 99-53	N
7	C1 COLMEX 05-89	N	20	C10 COLMEX 05-627	N	33	ATEMEX 99-62	N	46	ATEMEX 99-14	N
8	C1 COLMEX 05-236	N	21	C5 COLMEX 05-38	N	34	ATEMEX 99-27	N	47	ATEMEX 99-53	N
9	C6 COLMEX 05-897	N	22	CP 72-2086*T	E	35	COLMEX 94-8	N	48	ATEMEX 99-44	N
10	C1 COLMEX 05-255	N	23	C9 COLMEX 05-38	N	36	CP 89-1684	E	49	COLMEX 95-27	N
11	C8 COLMEX 05-38	N	24	C7 COLMEX 05-238	N	37	ATEMEX 99-58	N	50	ATEMEX 99-29	N
12	C5 COLMEX 05-147	N	25	C4 COLMEX 05-404	N	38	ATEMEX 99-1	N	51	ATEMEX 99-26	N
13	C1 COLMEX 05-542	N	26	C4 COLMEX 05-520	N	39	ATEMEX 99-5	N	52	ATEMEX 99-34	N

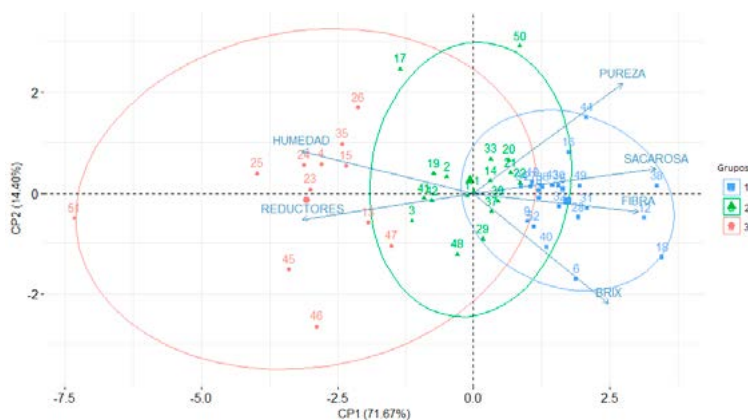
*T=testigos comerciales. No.=el número asignado al híbrido para el análisis. Híbrido=nombre del híbrido evaluado. N=híbrido nacional. E=híbrido extranjero.



a) Corral de Piedra



b) Los Troncones



c) Las Varas

Figura 1. Análisis de componentes principales y análisis de conglomerados jerárquicos en tres localidades cañeras del estado de Jalisco para híbridos de *Saccharum* spp.

así, a medida que aumenta el porcentaje de sacarosa, el contenido de fibra en tallo disminuye (Figura 1 a, b y c).

Contenido de sacarosa en los híbridos

El ACP y ACJ consideraron al porcentaje de sacarosa como la variable de mayor importancia, de tal modo que para clasificar híbridos sobresalientes se utilizó como referencia la máxima óptima de las Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2016 (CNPR, 2016), donde los híbridos con mayor contenido en sacarosa son nacionales (Cuadro 3) y algunos de ellos presentan coincidencias de superioridad (ATEMEX 99-48 y ATEMEX 99-26). Al realizar la prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$) no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los contenidos promedios de dicha variable, excepto en los Troncones entre la COLMEX 95-27 y COLMEX 94-8 (Cuadro 3). Estos resultados son congruentes con los obtenidos en la evaluación de los porcentajes de sacarosa en ciclo planta y soca a 53 variedades de caña de azúcar (nacionales y extranjeras) en el estado de Campeche, México (Vera et al., 2016).

CONCLUSIONES

A pesar de las diferencias de manejo agronómico, climatológicas y de suelo en los sitios donde se efectuaron las evaluaciones se encontró que la ponderación de las variables de calidad cambia en cada par de combinaciones que se tiene por sitio. El ACP y ACJ ofrece una alternativa para la evaluación de variables de calidad en nuevos híbridos de caña de azúcar en fases intermedias y/o avanzadas de selección. Los materiales sobresalientes son: ATEMEX 99-48, ATEMEX 99-26, C3COLMEX 05-256, ATEMEX 99-1, COLMEX 95-27 y COLMEX 94-8. Respecto a las variedades comerciales, la sobresaliente en Corral de Piedra es la ITV 92-1424, en los Troncones la CP 72-2086 y en las Varas la MEX 69-290.

AGRADECIMIENTOS

A los Comités de Producción y Calidad Cañera de los Ingenios participantes. A la Fundación Produce Jalisco A.C. por su colaboración para el financiamiento del se-

Cuadro 3. Representación de híbridos de *Saccharum* spp. con mayor contenido de sacarosa por localidad.

No.	T _A	Híbrido	% de Sacarosa promedio	No.	T _A	Híbrido	% de Sacarosa promedio	No.	T _A	Híbrido	% de Sacarosa promedio
Localidad: Corral de Piedra											
70	a	ATEMEX 99-48	14.71	60	a	ATEMEX 99-64	14.57	66	a	ATEMEX 99-26	14.22
56	a	ATEMEX 99-29	14.61	72	a	ATEMEX 99-27	14.27				
MOP-SAC ≥ 14.21% DMS 12.24% CV 6.18%											
Localidad: Los Troncones											
29	a	COLMEX 95-27	16.02	6	bc	C8 COLMEX 05-38	15.71	24	d	COLMEX 94-8	15.48
21	b	ATEMEX 99-48	15.73	28	c	ATEMEX 99-26	15.70				
MOP-SAC ≥ 14.61% DMS 1.29% CV 5.82%											
Localidad: Las Varas											
38	a	ATEMEX 99-1	13.59	12	ab	C5 COLMEX 05-147	13.17				
8	ab	C1 COLMEX 05-236	13.22	43	abc	ATEMEX 99-48	13.16				
MOP-SAC ≥ 13.11% DMS 3.68% CV 6.04%											

*T=Testigos comerciales. No.=el número de híbrido asignado para el análisis. Híbrido=nombre del nuevo híbrido evaluado (nacional o extranjero). TA=Tukey agrupamiento (alpha 0.05). MOP-SAC=Máxima optima proyectada en % de sacarosa, periodo 2007-2016. DMS=Diferencia mínima significativa; CV=Coefficiente de Variación.

guimiento técnico de dicha investigación, y muy en especial a los productores cooperantes donde se llevaron a cabo las evaluaciones.

LITERATURA CITADA

- Bastidas L., Rea R., De Sousa-Vieira, O., Hernández E., Briceño R. 2012. Análisis de variables agronómicas en cultivares de caña de azúcar con fines azucareros, paneleros y forrajeros. *Bioagro*, vol. 24, núm. 2, pp. 135-142.
- Chaves-Solera M. A. 1982. La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar. Seminario de Tecnología Moderna de la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, 1982. Memorias. San José, setiembre. p: 28-40.
- CNPR. 2014. Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar zafra 2003-2014. De la Unión Nacional de Cañeros, A.C.-CNPR. Recuperado de: <http://www.caneros.org.mx/estadisticas.html>
- CONADESUCA. 2016. Reporte de producción de caña y azúcar. Zafra 2015/16. Reporte de avance de producción por estado (semana no. 41). 5 p.
- CONADESUCA. 2016. Nota informativa sobre innovaciones en materia de productividad del sector. Nuevas variedades de caña de azúcar. 7 y 8 pp.
- CONADESUCA. 2016. Variedades con mejores rendimientos de las zonas cañeras en México. Nota Técnica Informativa. 7 p.
- Delgado-Mora I, Suárez H. J., García-Pérez H., Bernal-Liranza N., Díaz-Mujica F. R., Bernal-Villegas A., Gómez-Pérez J. R., Aday-Díaz O., González-Gallardo H., Buedo-Domínguez M., Reyes-Pérez S., Núñez-Jaramillo D., Barroso-Medina J. y Machado-Toledo L. F. 2012. Potencialidades de familias de variedades de caña de azúcar para diferentes periodos de zafra en Cuba. *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 3, p. 5-14.
- Ftwi M., Mekbib F., Abraha E. 2016. Multivariate analysis of sugar yield contributing traits in Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), in Ethiopia. *African Journal of Plant Science* 10: 145-156.
- IMPA. 1990. Informe técnico 1989, Córdoba, Veracruz. México.
- IMPA. 1983. Programa de Variedades, Objetivos, Importancia y Metodología Experimental. Centro Nacional de Investigaciones Azucareras. Córdoba, Veracruz.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2014). Applied multivariate statistical analysis. Pearson.
- Luo J., Pan Y.-B., Xu L., Grisham M. P., Zhang H., & Que Y. 2015. Rational regional distribution of sugarcane cultivars in China. *Scientific Reports* 5: 1-10.
- Martínez-Arroyo J. 2006. Guía Metodológica para la Selección de Variedades de Caña. Atencingo, Puebla, México. 3 p.
- Martínez-Torres, D. R. (2009). Evaluación Agroindustrial de Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el Ingenio El Modelo, Úrsulo Galván, Veracruz.
- Ong'ala J., Mwangi D., Nuani F. 2016. On the Use of Principal Component Analysis in Sugarcane Clone Selection. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics* 70: 33-39.
- Ostengo S., García M. B., Díaz-Romero C., Delgado N., Díaz J. V., Cuenya M. I. 2011. Evaluación de la estabilidad de un cultivar de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en diferentes ambientes agroecológicos a través de una técnica no paramétrica en Tucumán, R. Argentina. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 88: 21-26.
- Salgado-García, S., Castelán-Estrada, M., Aranda-Ibañez, E.M., Ortiz-Laurel, H., Lagunes-Espinoza, L.C., Córdoba-Sánchez, S. 2016. Calidad de jugos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) según el ciclo de cultivo en Chiapas, México. *Agroproductividad*, 9 (7) 23-28 pp.
- Salgado-García S., Palma-López D.J., Zavala-Cruz J., Lagunes-Espinoza L.C., Castelán-Estrada M., Ortiz-García C.F., Juárez-López J.F., Rincón-Ramírez J.A., Hernández-Nataren E. 2008. Programa sustentable de fertilización para el ingenio Pujilic, Chiapas, México. *Terra-Latinoamericana*. 26 (4):361-373.
- Senties-Herrera H.E. 2013. Variabilidad genética y caracterización de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. 142-143 pp.

- Senties-Herrera, H.E., y Gómez-Merino, F.C. 2014. Nueva Directrices en Mejoramiento Genético de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*, 7(2), 10-12 pp.
- Shahzad M., Ahmed D. 2017. Multivariate Analysis in Determining Morphologically Diverse Sugarcane Genotypes (*Saccharum officinarum* L.) and their Flowering Response at Arja, Azad Kashmir. *Sarhad Journal of Agriculture* 33: 90-102.
- SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado de: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp
- Unión Nacional de Cañeros, A.C.-CNPR (2017). Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2016 (E-41, E-51 y E-70). Recuperado de <http://caneros.org.mx/historica/>
- Vera-Espinosa J., Carrillo-Ávila E., Flores-Cáceres S., Arreola-Enriquez J., Osnaya-González M., Castillo-Aguilar C.D.C. 2016. Evaluación Agroindustrial de Diez Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*, 9(3), 21-26 pp.
- Zhou H., Yang R.-Z., Li Y.-R. 2015. Principal Component and Cluster Analyses for Quantitative Traits in GT Sugarcane Germplasm (*Saccharum* spp. Hybrids). *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 3: 2319-1473.

