

EVALUACIÓN AGROINDUSTRIAL DE DIEZ VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

AGROINDUSTRIAL EVALUATION OF TEN VARIETIES OF SUGAR CANE (*Saccharum* spp.)

Javier Vera-Espinosa, J.¹; Carrillo-Ávila, E.^{1*}; Flores-Cáceres, S.²; Arreola-Enríquez, J.¹; Osnaya-González, M.¹; Castillo-Aguilar, C.D.C.¹

¹ Colegio de Postgraduados *Campus* Campeche. Carretera Federal Haltunchén-Edzná Km. 17.5, Sihochac, Municipio de Champotón, Campeche. ² Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica. In memoriam.

***Autor de correspondencia:** ceugenio@colpos.mx

RESUMEN

Para ofrecer variedades de caña (*Saccharum* spp.) con mejores características agronómicas a productores, se evaluaron diez variedades introducidas al estado de Campeche, México, usando la variedad NCo 310 como testigo, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se evaluaron los ciclos plantilla y soca, midiéndose: rendimiento de campo (*RC*), azúcar (*RA*), grados brix (*Brix*), pureza (*P*), contenido de sacarosa (*Sac*), fibra (*F*), azúcares reductores (*AR*) y humedad (*H*). Todas las variedades presentaron valores estadísticos semejantes en cuanto a *F*, *H* y *AR* durante el ciclo soca, e igual *Brix* y *P* en ambos ciclos ($p \leq 0.05$). Las variedades con *RC* significativamente mayor durante el ciclo plantilla fueron SP 83 5073 y SP 80 1816, y durante el ciclo soca CP94 1674 y SP 83 5073, superiores al de la variedad testigo ($p \leq 0.05$). La variedad SP 83 5073 registró significancia en *Sac* que el testigo durante la plantilla, y durante la soca CP94 1674 mostró la mayor concentración. En la soca, *RA* fue estadísticamente mayor en variedades CP94 1674 y SP 83 5073 ($p \leq 0.05$). Las variedades CP94 1674 y SP 83 5073 fueron las recomendadas para el área cañera de la zona de evaluación.

Palabras clave: *Saccharum officinarum* L., variedades, selección, rendimiento.

ABSTRACT

In order to offer sugar cane (*Saccharum* spp.) varieties with better agronomic characteristics to producers, ten cultivars introduced to the state of Campeche, México, were evaluated, using the NCo 310 cultivar as control, under a random block design with three repetitions. The plantilla (seedling) and soca (root) cycles were evaluated, measuring: field yield (*RC*), sugar (*RA*), Brix degrees (*Brix*), purity (*P*), saccharose content (*Sac*), fiber (*F*), reducing sugars (*AR*) and moisture (*H*). All the varieties presented similar statistical values in terms of *F*, *H* and *AR* during the soca cycle, and also *Brix* and *P* in both cycles ($p \leq 0.05$). The varieties with significantly higher *RC* during the plantilla cycle were SP 83 5073 and SP 80 1816, and during the soca cycle CP94 1674 and SP 83 5073, higher than the control cultivar ($p \leq 0.05$). The cultivar SP 83 5073 showed greater significance in *Sac* than the control during the plantilla, and during the soca CP94 1674 showed the highest concentration. During the soca, *RA* was statistically higher in cultivars CP94 1674 and SP 83 5073 ($p \leq 0.05$). The cultivars CP94 1674 and SP 83 5073 were the ones recommended for the sugar cane area in the evaluation zone.

Keywords: *Saccharum officinarum* L., varieties, selection, yield.

INTRODUCCIÓN

Un aspecto fundamental para mejorar la productividad del sector azucarero es la selección de nuevas variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), con resistencia a plagas y con mayor rendimiento en azúcar. El cultivo de caña de azúcar, es económicamente muy importante y antiguo, genera empleos e ingresos para un amplio sector social principalmente en Latinoamérica y Asia. En México proporciona empleo directo a más de 300 mil personas (García, 1999), se cultiva en 15 provincias (845,162 ha), con rendimiento promedio de 78.16 t ha⁻¹ (SIAP, 2015). En el Ingenio "La Joya", en Campeche, México, la superficie sembrada en 2013 fue de 12,307.68 ha con rendimiento de campo promedio de 62.95 t ha⁻¹ (SIAP, 2015), uno de los más bajos en el país, atribuido que no se han introducido nuevas variedades, y la superficie irrigada representa 19.1% del total (SIAP, 2015), además se presenta la incidencia de mosca pinta (*Aeneolamia postica*) y la enfermedad del carbón (*Ustilago scitaminea*) como problemas fitosanitarios importantes, debido a que la variedad más cultivada NCo 310 es susceptible a esta última. Los brotes de enfermedades epidémicas han sido la causa fundamental de la necesidad de renovar las variedades cultivadas y una de las principales causas de su deterioro y decaimiento productivo (Flores, 2001), destacando en México el raquitismo del retoño (*Leiftonia xyli* sub sp *xyli*), la roya (*Puccinia melanocephala*) y la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans* A.) (Flores, 2001; Flores, 2002; Huerta et al., 2003). Además del propósito permanente de aumentar la productividad, la declinación clonal por pérdida de vigor después de varios años de cultivo determina la necesidad de realizar cambios de variedades (Chavanne et al., 1997). Los países cañeros han establecido programas de mejoramiento genético para la generación y selección de variedades mejoradas (Flores, 2002; Ramdoyal et al., 2002; Bischoff y Gravois, 2004; Magarey et al., 2004), a fin de producir variantes biológicas con mejor rendimiento de campo, contenido de azúcar, resistentes a plagas, con adaptación a condicio-

nes de suelo, clima y fácil cosecha mecánica (Jackson, 2005). Bischoff y Gravois (2004) señalan que la selección de variedades permite mantener la competitividad del sector cañero, así como aumentar la resistencia del cultivo a la roya, virus del mosaico, síndrome del amarillamiento y escaldadura de la hoja; subrayan además que las enfermedades de la caña son controladas casi exclusivamente con el uso de variedades resistentes. Por ello, la selección de mejores variedades de caña de azúcar es una alternativa para aumentar la productividad (Ramdoyal et al., 2002). Además de la cruce y selección, otra alternativa es la introducción y prueba de adaptabilidad de variedades ya seleccionadas en otros países con condiciones de suelo y clima similares a los de la región en la que se planea establecerlas. Con base en lo anterior, se evaluaron diez variedades de caña procedentes de diversos países, con el objetivo de seleccionar las de mejor rendimiento en campo y azúcar, para contribuir a incrementar la productividad del sector cañero en Campeche, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 53 variedades de caña introducidas a México de diversos países recibidas durante 2001 y 2002 en Colegio de Postgraduados *Campus* Campeche. Se establecieron en campo en fase de cepa, evaluando longitud y grosor de tallo, número y tamaño de hojas, número de tallos por cepa en plantilla y soca, para identificar las diez mejores evaluando adaptabilidad en campo a condiciones de suelos, clima y fitopatógenos. Además de las diez variedades preseleccionadas (Cuadro 1), se incluyó la variedad NCo 310 como testigo, que es la de mayor área cultivada en la región de estudio. la evaluación se desarrolló en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados *Campus* Campeche (19° 29' 48" N y 90° 32' 47" O), a 16 m de altitud, con clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano, Aw₀ de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1988), y temperatura y precipitación pluvial media anuales de 26 °C y 1150 mm respectivamente, temporada de lluvias bien definida en verano que incluye

Cuadro 1. Variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp*) evaluadas en Campeche, México.

Nombre	País de origen	Nombre	País de origen	Nombre	País de origen
CMT 70 611	China	SP 81 1763	Brasil	LAICA 96 606	Costa Rica
CYZ 82 154	China	SP 83 5073	Brasil	LAICA 92 13	Costa Rica
SP 80 3280	Brasil	CP 94 1674	E.U.A.	NCo 310	Testigo
SP 80 1816	Brasil	B 86 326	Barbados		

parte del otoño, y una temporada de secas de enero a mayo. La siembra se llevó a cabo el 14 de julio de 2004 mediante tallos de 10 meses de edad como "semilla" con dos a cuatro yemas. Se fertilizó con 240N-120P-120K, más urea (46N-00P-00K, además de 17N-17P-17K, fraccionando en cuatro aplicaciones cada 45 días desde la siembra. Se aplicaron tres riegos en los periodos secos (febrero y marzo de 2005). Para el ciclo de soca se fertilizó con la misma dosis y frecuencia, pero bajo condiciones de temporal. Dado que la variable principal fue la adaptación, no se realizó algún tipo de control, aunque se instalaron trampas amarillas para tener idea de la incidencia de mosca pinta (*Aeneolamia* spp).

Se usó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en ambos ciclos, con las variedades consideradas como tratamientos, establecidas en unidades experimentales de seis surcos de 20 m de largo espaciados a 1.4 m. La parcela útil fue de dos surcos centrales, eliminando 2.5 m exteriores. En el ciclo plantilla se determinó: rendimiento de campo (*RC* t ha⁻¹) y azúcar (*RA* t ha⁻¹), grados *Brix*, contenido de sacarosa (*Sac* %) y pureza (*P* %). En el ciclo soca se evaluó también el contenido de fibra (*F* %) y azúcares reductores (*AR* %). El análisis industrial está caracterizado por las variables *Brix*, *Sac*, *P*, *F* y *AR*; y para determinar sus valores durante los dos ciclos se colectaron muestras de seis tallos de caña por variedad en los cuatro meses previos a la cosecha, los cuales fueron procesadas y analizadas.

La cosecha del ciclo plantilla se realizó en abril de 2005 y la del ciclo soca en junio de 2006, cortando y pesando la caña en cada parcela útil. El *RA* se calculó multiplicando el contenido de sacarosa de cada variedad por su *RC*. Se realizó el análisis de varianza del diseño de bloques en cada variable de respuesta con el uso del paquete SAS (2003) y las medias en las variables con diferencias estadísticas se compararon con la prueba de Tukey (1991) con un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó la enfermedad del carbón (*Ustilago scitaminea*) en la variedad testigo en los dos ciclos sin observarse en las demás variedades. Se registró la presencia de mosca pinta (*Aeneolamia* spp.), sobre todo durante la soca atacando a todas las variedades, capturando 100 adultos por trampa. Si bien no se realizó una evaluación sistemática, el testigo fue visualmente más susceptible a la plaga. Ambos resultados confirman lo señalado por autores tales como, Chavanne *et al.* (1997), Flores (2001) y Ramdoyal *et al.* (2002), en cuanto a la pérdida de

resistencia a plagas en variedades cultivadas muchos años.

Los cuadros 2 y 3 muestran la comparación múltiple de medias para las variables con diferencias estadísticas significativas entre variedades para los ciclos plantilla y soca respectivamente.

Rendimiento de campo (RC)

No se encontraron diferencias significativas durante el ciclo de plantilla. Los valores más altos se registraron en las variedades SP 83 5073 y SP 80 1816, de 73.45 y 65.0 t ha⁻¹ respectivamente, superiores al de la variedad testigo (que ocupó el cuarto puesto) y al promedio regional. En la soca se obtuvieron diferencias altamente significativas, con valores mayores en CP 94 1674 y SP 83 5073 que en la variedad testigo. La ausencia de diferencia estadística en la plantilla y su registro en soca también fue reportada por Uzcátegui y Bastardo (1988), y se relaciona con la estabilización en el rendimiento de la caña a partir de la soca. El *RC* del testigo de la plantilla a la soca pasó del cuarto al décimo puesto,

Cuadro 2. Comparación múltiple de medias de once variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en ciclo plantilla.

Variedad	Sacarosa (%)**	Variedad	Azúcares reductores (%)**
SP 83 5073	19.51 a	B 86 326	1.08 a
CMT 70 611	19.15 a	SP 81 1763	0.92 ab
LAICA 92 13	18.61 ab	NCo 310	0.88 ab
SP 80 3280	18.36 ab	SP 80 3280	0.86 ab
CYZ 82 154	18.21 ab	CYZ 82154	0.84 ab
CP 94 1674	18.11 ab	SP 80 1816	0.68 ab
LAICA 96 606	17.88 ab	LAICA 96 606	0.68 ab
SP 81 1763	17.84 ab	SP 83 5073	0.57 ab
B 86 326	17.75 ab	LAICA 92 13	0.57 ab
SP 80 1816	16.86 ab	CMT 70 611	0.44 ab
NCo 310	15.94 b	CP 94 1674	0.39 b

**DMS=3.10%; **CV=5.83%. ++DMS=0.69%; ++CV=32.40%.

Medias con diferente letra en columna no son iguales estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$); DMS=Diferencia mínima significativa; CV=Coefficiente de variación.

Cuadro 3. Comparación múltiple de medias de once variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en ciclo soca.

Rendimiento de campo (t ha ⁻¹)*			Contenido de sacarosa (%)**			Rendimiento de azúcar (t ha ⁻¹)**		
Variedad	Media		Variedad	Media		Variedad	Media	
CP 94 1674	90.63	a	CP 94 1674	17.15	a	CP 94 1674	12.45	a
SP 83 5073	83.98	ab	SP 80 3280	16.67	ab	SP 83 5073	10.57	ab
LAICA 96 606	71.13	abc	SP 81 1763	16.63	ab	SP 81 1763	9.39	abc
SP 81 1763	71.12	abc	SP 80 1816	16.44	ab	SP 80 3280	9.23	abc
SP 80 3280	69.52	abc	SP 83 5073	16.15	ab	SP 80 1816	8.98	abc
SP 80 1816	68.33	abcd	CMT 70 611	16.14	ab	LAICA 96 606	8.28	abcd
LAICA 92 13	67.97	abcd	CYZ 82154	15.74	ab	LAICA 92 13	8.17	bcd
B 86 326	53.15	bcd	NCo 310	15.74	ab	B 86 326	5.99	cd
CMT 70 611	44.40	cd	LAICA 92 13	15.52	ab	CMT 70 611	5.61	cd
NCo 310	43.67	cd	LAICA 96 606	15.51	ab	NCo 310	5.36	cd
CYZ 82 154	38.33	d	B 86 326	14.84	b	CYZ 82 154	4.71	d

*DMS=30.99; *CV=16.46%. **DMS=1.92; **CV=4.06%. ***DMS=4.174; ***CV=17.54%

Medias con distinta letra en columna no son iguales estadísticamente (Tukey, p≤0.05). DMS=Diferencia mínima significativa. CV=Coefficiente de variación.

evidencia de su decaimiento productivo, concordando con lo señalado por Chavanne *et al.* (1997) y Flores (2001), en el sentido de que las variedades abaten su rendimiento. Variedades con RC superior al testigo fueron SP 83 5073, SP 80 1816 en la plantilla y CP 94 1674 en la soca (Figura 1).

No se encontraron diferencias estadísticas en ninguno de los ciclos para Brix. Todas las variedades tuvieron niveles similares en el jugo, con valores que variaron de 17.35 en la variedad B 86 326 durante el ciclo soca, a 21.08 en la variedad CP 94 1674 en la plantilla. Este resultado coincide con lo señalado por Jackson (2005), quien indica que los programas de hibridación y selección se han enfocado a mejorar el rendimiento de campo más que el contenido de azúcar. Por lo que respecta al contenido de Sac, se registraron diferencias estadísticas significativas tanto para plantilla como para soca (Cuadros 2 y 3 respectivamente). En la plantilla las variedades SP 83 5073 y CMT 70 611 fueron estadísticamente superiores al testigo, en el que se observó el nivel

más bajo. Para el ciclo soca, siete variedades presentaron valores de Sac promedio mayores que el testigo (Cuadro 3), aunque en ningún caso se declararon diferencias significativas con éste. Lo anterior se relaciona con lo señalado por Jackson (2005) quien resalta que en la selección de nuevas variedades no se ha dado suficiente importancia a la ganancia en sacarosa, aunque Uzcátegui y Bastardo (1988) encontraron diferencias estadísticas entre variedades en esta variable tanto para plantilla como para soca, y considerando ambos ciclos, SP 83 5073 y CP 94 1674 ocuparon los primeros lugares tanto en Sac como RC.

Pureza del jugo, contenido de azúcares reductores, humedad y fibra

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para P en la plantilla (CV=6.32%) ni en soca (CV=2.73%). Cabe señalar que en

plantilla las variedades SP 80 3280 y SP 83 5073 tuvieron los valores más altos con 85% y 81% respectivamente. Para el ciclo soca las variedades con mayores valores en P fueron SP 80 1816, SP 80 3280 y CP 94 1674 (91.26,



Figura 1. Cosecha de la variedad testigo para evaluar grados Brix y contenido de sacarosa.

90.89 y 90% respectivamente). En cuanto a *AR*, en la plantilla se encontraron diferencias significativas: la variedad CP 94 1674 presentó la menor cantidad y B 86 326 la mayor (Cuadro 2). Para el ciclo soca no se encontraron diferencias estadísticas, aunque las variedades con menor contenido fueron SP 80 1816 y CP 94 1674, con 0.4% y 0.49% respectivamente. Ambos resultados fortalecen la selección de la variedad CP 94 1674.

En las variables *H* y *F* no se realizaron determinaciones durante la plantilla, y en el ciclo de soca, el análisis de varianza no arrojó diferencias estadísticas significativas entre variedades. Todas presentaron contenidos de fibra menores a 15%, límite máximo considerado como deseable para el procesamiento de caña, aunque cabe señalar que la variedad CP 94 1674 tuvo el porcentaje más bajo de fibra (12.15%) y SP 83 5073 ocupó el cuarto lugar de menor a mayor contenido (13.14%).

La ausencia de diferencias estadísticas entre variedades para *AR* en el ciclo soca y para *P*, *H* y *F* en los dos ciclos, se debe a que son variables de importancia relativamente secundaria en el proceso de selección de nuevas variedades, en los que se busca en principio

aumentar el rendimiento de campo y resistencia a plagas con diferentes curvas de madurez (Ramdoyal *et al.*, 2002; Bischoff y Gravois, 2004; Magarey *et al.*, 2004; Jackson, 2005).

Rendimiento de azúcar

En la plantilla no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre variedades ($CV=30.58\%$), debido a que esta variable está influenciada por *RC* (en la que no existieron diferencias estadísticas). Las variedades SP 83 5073 y SP 80 3280 registraron el mayor rendimiento (10.78 y 8.12 t ha⁻¹ respectivamente), y la testigo NCo 310 el menor (5.60 t ha⁻¹). Para el ciclo soca se observaron diferencias altamente significativas entre variedades: CP 94 1674 y SP 83 5073 presentaron un *RA* significativamente mayor que el testigo, seguidas de SP 81 1763 y SP 80 3280. La variedad SP 81 1763 presentó valores aceptables en *RA*, pero presentó acame, cierre de campo tardío y mayor cantidad de *AR*, características que son indeseables.

La influencia de *RC* en los valores de *RA* es notable: el orden al colocar las variedades del mayor al menor rendimiento en ambas variables para el ciclo soca es casi idéntico (Cuadro 3), acorde a lo señalado por Jackson (2005), quien indica que en el proceso de selección de nuevas variedades se ha aumentado el rendimiento de azúcar con base en la mejora del rendimiento de caña.

CONCLUSIONES

Las variedades CP 94 1674 y SP 83 5073 superaron estadísticamente en rendimiento de caña y de azúcar a la variedad testigo en el ciclo soca. También presentaron valores altos consistentes en concentración de sacarosa así como, bajos en las variables no deseables, con diferencias estadísticas respecto al testigo en la mayoría de los casos, por lo que se recomendó su multiplicación para la región de estudio, especialmente para las comunidades de Sihochac, Hool y Villa Madero del municipio de Champotón, Campeche, México (Figura 2).



Figura 2. Establecimiento de semillero de la variedad SP 83 5073 en la comunidad de Sihochac, Campeche, México.

LITERATURA CITADA

- Bischoff K.P., Gravois K.A. 2004. The development of new sugarcane varieties at the LSU Agcenter. *Journal of American Society of Sugar Cane Technologist* 24:142-164.
- Chavanne R., Erazzu E.L., Cuenya M., Ahmed M.A., Espinosa A.M., García M.B., Díaz R.C. 1997. RA-87-2: una variedad promisorio de caña de azúcar de maduración temprana. *Avance Agroindustrial (Argentina)* 18 (71):12-15.
- Flores C.S. 2001. Las variedades de caña de azúcar en México. ATAM, México. 308 p.
- Flores C.S. 2002. 50 años del Centro de Investigación y Desarrollo de la caña de Azúcar 1952-2002. Boletín divulgativo. Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA) México: 16-25.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Tercera edición. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. 246 p.

- García Ch.L.R. 1999. Comercialización y seguridad alimentaria en relación al azúcar en América Latina y el Caribe. *In: Proceedings of the Cuba/FAO Internacional Sugar Conference*. Havana, Cuba, 7-9 December 1999.
- Huerta L.M., Ortega A.L.D., Landeros S.C., Fucikovsky Z.L., Marín G.M. 2003. Respuesta de 10 variedades de caña de azúcar a la escaldadura de la hoja [*Xantomonas albilineans* (Ashby) Dowson] en la región central costera de Veracruz. *Agrociencia* 37 (5): 511-519.
- Jackson P.A. 2005. Breeding for improved sugar content in sugarcane. *Fields Crops Research* 92: 277-290.
- Magarey R.C., Bull J.I., Neilsen W.A., Camilleri J.R., Magnanini A.J. 2004. Relating cultivar resistance to sugarcane yield using breeding selection trial analyses; orange rust and yellow spot. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 1057-1064.
- Ramdoyal K., Bissessur D., Badaloo G.H., Mungur H., Rivet L. 2002. Review of production trends, variety situation and breeding efforts for sustainable sugar production in the Central Sector of Mauritius. *Revue Agricole et Sucrière de l'île Maurice* 80 (3), 81 (1-3): 216-227.
- SAS. 2003. Versión para Windows 9.1.3. Service pack 2. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SIAP. 2015. Anuario de Estadística Básica Agrícola. SAGARPA. México. <http://www.siap.gob.mx>. Página consultada el 6 de abril de 2015.
- Tukey J.W. 1991. The philosophy of multiple comparisons. *Statistical science*. Vol. 6: 100-116.
- Uzcátegui C., Bastardo J. 1988. Evaluación de variedades de caña de azúcar en el Valle de Aragua. Período 1985-1989. *Caña de azúcar* 6 (1): 75-104.

