

EVALUACIÓN DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA EN TRES VARIEDADES COMERCIALES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) PROMEDIO DE TRES COSECHAS 2016. PÉREZ ZELEDÓN, COSTA RICA

Barrantes Mora Julio César, Ocampo Chinchilla Randall, Alfaro Portuguez Roberto
Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar LAICA – DIECA. jbarrantes@laica.co.cr

Resumen

En esta investigación se presentan los resultados durante la primera cosecha y promedio de tres cortes, donde se evaluaron 4 densidades de siembra en 3 variedades comerciales de caña en la Región Sur de Costa Rica. Se utilizó un diseño de Bloques Completos Al Azar (BCA) con un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande correspondió a las densidades evaluadas (1,4 m x 0,6 m, 1,6 x 0,6 m y 1,8 x 0,6 m y 1,5 m utilizado como testigo) y las parcelas pequeñas corresponden a las variedades comerciales (LAICA 05-805, LAICA 04-825 y LAICA 01-604). Los resultados en primera cosecha muestran que para las variables agroindustriales no hubo diferencias estadísticas para las variedades LAICA 04-825 y LAICA 01-604; pero si las hubo en la variedad LAICA 05-805 en todas las densidades evaluadas respecto al testigo (1,5m). Para esta misma cosecha, en la variable toneladas de caña/ha, la densidad de 1,6 x 0,6 m y 1,4 x 0,6 m muestran diferencias significativas respecto al tratamiento de 1,8 m y el testigo, con incrementos de 15,7 y 13,1%. Para la variable de toneladas de azúcar/ha, los tratamientos de 1,4 m x 0,6 m y 1,6 m x 0,6 m fueron los de mejor comportamiento con incrementos de 14,5 y 11,3% respecto al tratamiento 1,5 m (testigo). Al analizar los resultados obtenidos promedio de tres cosechas; sobresale el tratamiento LAICA 05-805 a una densidad de 1,4 m x 0,6 m siendo este tratamiento muy consistente a través de todo el período evaluado mostrando diferencias estadísticas significativas al comparar con el testigo; para la LAICA 04-825 no hay diferencias entre las densidades evaluadas y el testigo (1,5 m) y en la variedad LAICA 01-604 sobresale 1,4 m x 0,6 m pero sin mostrar diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos.

Introducción

La búsqueda de tecnologías más innovadoras que ayuden a incrementar el rendimiento agroindustrial bajo condiciones técnicas más rentables ha sido una necesidad imperante en la investigación y adopción tecnológica alrededor del



cultivo de la caña de azúcar en la Región Sur de Costa Rica. Por eso, en este cultivo se realizan constantemente evaluaciones de nuevas tecnologías, que buscan impactar en una producción más eficiente para las principales variables asociadas a la actividad como lo son rendimiento de campo (toneladas de caña/ha) y rendimiento industrial (kg azúcar/t). La adopción tecnológica tiene un papel relevante en todo este proceso de cambios técnicos, pues implica realizar labores de una manera diferente a como tradicionalmente se realizan y ello conlleva a romper paradigmas o prácticas tradicionales que se consideran posicionadas en el quehacer diario de los productores y frecuentemente difíciles de modificar por ser aplicadas por largo tiempo en el manejo diario de las plantaciones. No obstante, esta región se caracteriza porque los productores cañeros muestran una gran apertura a la adopción técnica bajo recomendaciones bien dirigidas; lo que facilita en gran medida estos procesos de cambio. Para la agroindustria azucarera de esta región, es importante investigar sobre la determinación de la densidad de siembra que mejor se adapte a las diferentes variedades comerciales de la Región Sur como una forma de generar nuevas tecnologías que incidan directamente en mejorar los indicadores productivos y con ello la rentabilidad del cultivo en Región Sur (Pérez Zeledón y Buenos Aires). En el mundo cañero, se emplea una amplia gama de distancias de siembra, que van desde 0,90 m hasta 1,80 m, y la mayoría de los productores coinciden en señalar que, dentro de ciertos límites, se obtienen incrementos en el rendimiento agrícola con las distancias menores, al aumentar el número de tallos por unidad de área (García, 1998, citado por Gómez *et al* 2011). Una de las principales ventajas del doble surco es que los rendimientos se elevan en un 20% en comparación

con el surcado tradicional, lo cual se debe a la mayor densidad de siembra (Campos y Ambriz 2006). La densidad de siembra puede cambiar, también, con la forma de arreglo de los surcos. Cuando se utiliza el sistema de surco apareado, similar al que se usa en la siembra de piña, consistente en plantar en dos surcos estrechos distanciados 0,75 m entre sí y dejando una calle amplia de 1,5 m, se necesitaría 33% más de material de siembra, más laboreo y mayor área para los semilleros; pero se esperaría un incremento equivalente en población y, en consecuencia, una mayor producción. No obstante, estas variantes se deben evaluar con diferentes variedades de caña y tipos de suelos. (Viveros y Calderón 1995); pues existen muchos cuestionamientos ligados a las distancias de siembra, ya que por un lado al reducir las distancias se busca tener un mayor número de tallos, también con distancias mayores permite tener una mayor luminosidad y por lo tanto un mayor crecimiento de los tallos. Es por lo anterior que se estableció este estudio con el objetivo de evaluar el comportamiento agroindustrial de tres variedades comerciales a cuatro densidades de siembra en la caña de azúcar de la Región Sur de Costa Rica.



Materiales y Métodos

El ensayo se estableció del 17 AL 22 de mayo de 2013 en la Finca El Porvenir perteneciente a CoopeAgri R.L. y ubicada en el distrito de San Pedro, Cantón de Pérez Zeledón a una altitud 560 msnm, una temperatura media de 23,3 C° y una precipitación media anual de 2581 mm. El surco doble se mantuvo a una distancia de 0,6 m y se evaluaron



3 distancias de separación entre cada surco doble: 1,4 m; 1,6 m y 1,8 m. Como tratamiento testigo o comparador se utilizó la distancia de siembra convencional y

tradicional de la región en surcos simples de 1,5 m de distancia entre surco (Figura 1). Las variedades evaluadas fueron LAICA 01-604, LAICA 05-805 y LAICA 04-825 por su importancia y buen comportamiento productivo en la región. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con tres repeticiones y con arreglo de parcela dividida, donde el primer factor (parcela grande) correspondió a cada distancia de siembra y el segundo factor (parcela pequeña) a cada variedad. Todas las parcelas contaron con la misma cantidad de metros lineales de surco (28 m) equivalente a parcelas de 4 surcos de 7 metros de largo de parcela útil, variando en cada tratamiento la distancia de separación de los surcos gemelos y por consiguiente variando el área de la parcela como se observa en la figura 1.



Figura 1. Diseño de ensayo de 4 densidad de siembra en 3 variedades. Región Sur 2013

En esta investigación se incrementan en 25, 36,4 y 50% la cantidad de metros lineales por hectárea para los tratamientos 1,40 x 0,6; 1,6x 0,6 m y 1,8 x 0,6 m respecto a la siembra tradicional (1,5 m) como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Distancias de siembra, área total y metros lineales por parcela

Distancia siembra (m)	Área Parcela (m ²)	Metros lineales /ha	% variación respecto testigo
1,40 x 0,6	28,0	10.000	50,0
1,60 x 0,6	30,8	9.091	36,4
1,80 x 0,6	33,6	8.333	25,0
1,50 (t)	42,0	6.667	

Para el manejo y homogenización de la fertilización se dosificó el fertilizante por metro lineal de surco tomando como base la cantidad de fertilizante utilizado normalmente para la distancia convencional (tratamiento testigo) de 1,5 m entre surco.

Resultados

Primera cosecha:

En el cuadro 2 se presentan los resultados de la primera cosecha y su correspondiente análisis de varianza para las principales variables agroindustriales. Se observa en el mismo que para los diferentes tratamientos evaluados; hubo diferencias significativas en la producción de caña y azúcar (t /ha), no así con la variable rendimiento industrial (kg azúcar/t) para todos los tratamientos evaluados. Al analizar el comportamiento de los tratamientos por variedad, para ambas variables (t de caña y azúcar/ha) los tratamientos asociados a los clones LAICA 01-604 y LAICA 04-825 no presentan diferencias estadísticas respecto al testigo; no obstante en la variedad LAICA 05-805 todas las densidades evaluadas obtuvieron diferencias estadísticas significativas respecto al testigo pero no entre sí; con incrementos en el tonelaje de campo (t caña/ha) en el orden del 34,3% (1,4 X 0,6 m); 26,4% (1,6 X 0,6 m) y 14,0% (1,8 X 0,6 m) y de la producción

agroindustrial (t azúcar/ha) en el orden 41,5% (1,4 X 0,6 m); 19,5% (1,6 X 0,6 m) y 13,14,0% (1,8 X 0,6 m).

Cuadro 2. Comportamiento agroindustrial de los tratamientos evaluados en el ensayo de densidad de siembra. Primera cosecha 2014

Densidad de Siembra (m)	Variedad	kg azúcar/t	% variación 1/	t caña/ha		% variación 1/	t azúcar/ha		% variación 1/
1,4 x 0,6	LAICA 05 805	119,5	5,6	143,2	a	34,3	17,1	a	41,5
1,5 (testigo)	LAICA 05 805	113,1	0	106,7	bc	0	12,1	b	0
1,6 x 0,6	LAICA 05 805	107,2	-5,2	134,9	ab	26,4	14,9	ab	19,5
1,8x 0,6	LAICA 05 805	113,2	0,1	121,6	abc	14	13,7	ab	13,1
1,4 x 0,6	LAICA 04 825	126,9	-0,7	106,1	bc	-2,3	13,4	ab	-3
1,5 (testigo)	LAICA 04 825	127,8	0	108,6	bc	0	13,9	ab	0
1,6 x 0,6	LAICA 04 825	118,7	-7,1	113,7	abc	4,8	13,5	ab	-2,7
1,8x 0,6	LAICA 04 825	120,1	-6	118,9	abc	9,5	14,2	ab	2,9
1,4 x 0,6	LAICA 01 604	130,2	0,6	107,7	bc	7,4	14,3	ab	7,9
1,5 (testigo)	LAICA 01 604	129,5	0	100,3	c	0	13	ab	0
1,6 x 0,6	LAICA 01 604	132,5	2,4	116,55	abc	16,1	15,4	ab	18,6
1,8x 0,6	LAICA 01 604	127,4	-1,6	103,7	bc	3,3	13,4	ab	2,2
CV		4,8		9,5			9,7		
R ²		0,8		0,8			0,7		

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

1/ Porcentaje de variación respecto al tratamiento testigo.

En la figura 2 se ilustra los mejores tratamientos de densidad de siembra evaluados respecto al testigo (1,5 m) para cada una de las variedades durante la primer cosecha; sobresaliendo para la variedad LAICA 05-805 el tratamiento 1,4 m x 0,6 m; en la LAICA 04-825 sobresale la densidad 1,8 m x 0,6 m y en la variedad LAICA 01-604 sobresale 1,80 m x 0,6 m.

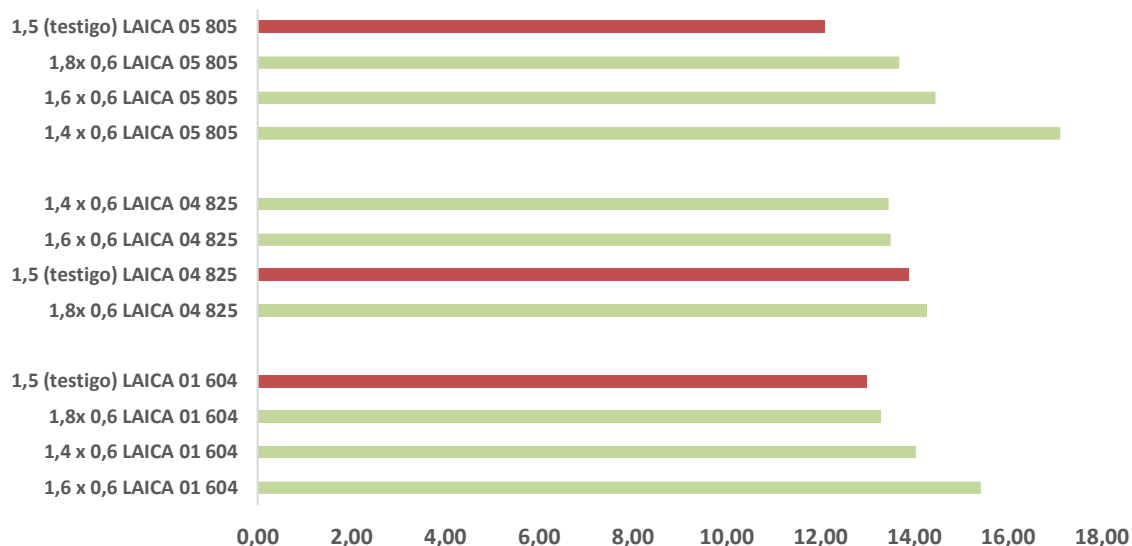


Figura 2. Comportamiento agroindustrial (t azúcar/ha). Primera cosecha 2014

Al analizar individualmente el factor densidad de siembra evaluado (cuadro 3), indistintamente de la variedad; se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 1,4 m X 0,6 m y 1,6 m x 0,6 m respecto al testigo (1,5 m) no así con la distancia 1,8 x 0,6 m. Entre la densidad testigo y el tratamiento 1,8 x 0,6 m no hay diferencias en la primera cosecha.

Cuadro 3. Resultados agroindustriales de la evaluación de las 4 densidades de siembra evaluadas. Primera cosecha 2014

Distancia siembra (m)	Metros lineales/ha	% Variación ^{1/}	Promedio t caña/ha		% Variación ^{1/}	Promedio t azúcar/ha	% Variación ^{1/}
1,40 x 0,6	10.000	50,0	119,0	a	13,1	14,9	14,5
1,60 x 0,6	9.091	36,4	121,7	a	15,7	14,5	11,3
1,80 x 0,6	8.333	25,0	114,7	ab	9,1	13,7	5,8
1,50 (testigo)	6.667		105,2	b		13,0	

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

^{1/} Variación respecto al testigo 1,50 m.

Al analizar individualmente el factor variedad (cuadro 4); entre éstas se presentaron diferencias en el rendimiento industrial (kg azúcar/ha) donde la mejor variedad fue LAICA 01- 604 con 129,89 kg/t marcando diferencias significativas respecto a la variedad LAICA 05-805 a la que superó en 16,67 kg/t y marcando diferencias también con la variedad

LAICA 04-825. En producción de caña (t/ha) la variedad LAICA 05- 805 fue la de mejor productividad obteniendo diferencias significativas respecto a las otras dos variedades analizadas. Para la variable de agroindustrial (t azúcar/ha) no hubo diferencias estadísticas significativas entre los materiales evaluados.

Cuadro 4. Resultados agroindustriales de las 3 variedades evaluadas
Primera Cosecha 2014

Variedad	kg azúcar/t		t caña/ha		t azúcar/ha
LAICA 01-604	129,9	a	107,1	b	14,0
LAICA 04-825	123,3	b	111,8	b	13,8
LAICA 05-805	113,2	c	126,6	a	14,3

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

Promedio tres cosechas:

La figura 3 muestra el comportamiento agrícola promedio de tres cosechas de las diferentes densidades evaluadas, donde se determinó que la densidad 1,4 m X 0,6 m obtuvo diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos evaluados; con aumentos promedios del 11,4%.

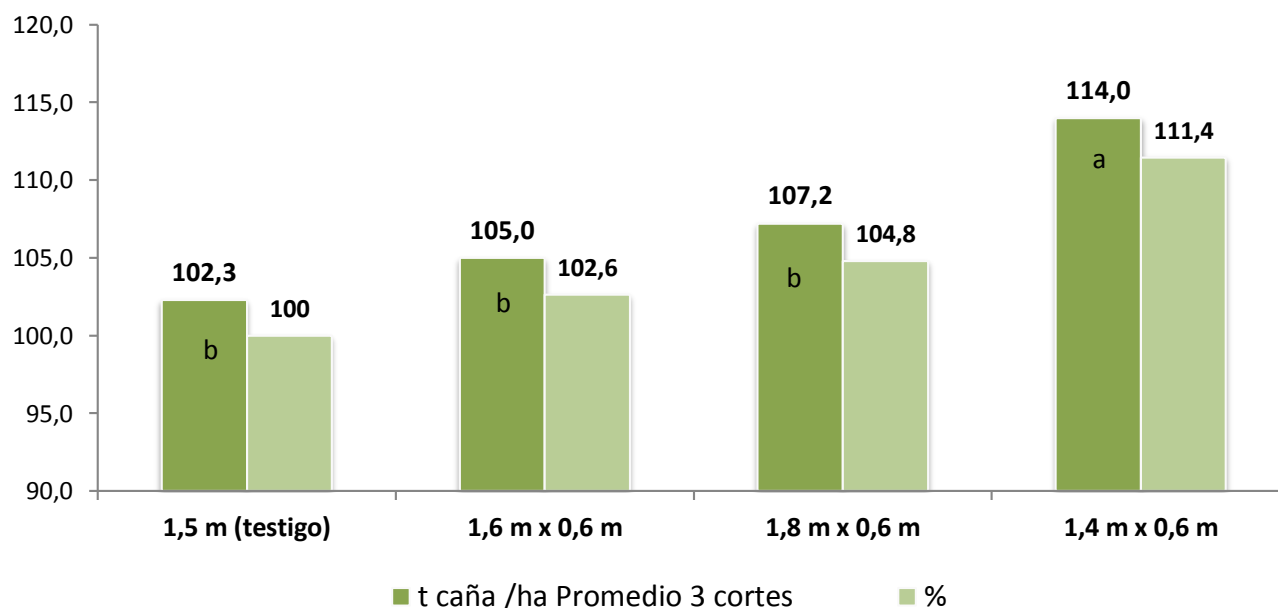


Figura 3. Comportamiento agrícola (t caña/ha) de las distancias evaluadas.
Promedio tres cortes 2016

Además, en el cuadro 5 se presentan los resultados agroindustriales y su correspondiente análisis de varianza. Se observa que entre los tratamientos evaluados hubo diferencias significativas tanto para en la producción de caña y azúcar (t /ha), lo mismo que en el rendimiento industrial (kg azúcar/t). Al puntualizar tratamientos, en la producción de campo (t caña/ha), se observa que la densidad 1,4 m x 0,6 m en la variedad LAICA 05-805 muestra diferencias con todos los tratamientos excepto con el tratamiento 1,8 m x 0,6 m. En la producción de azúcar/ha el tratamiento 1,4 m x 0,6 m en la variedad LAICA 05-805 mostró solo diferencias estadísticas significativas respecto al testigo en la misma variedad; y con los tratamientos asociados a la variedad LAICA 01-604 no así con los tratamientos de la variedad LAICA 04-825 con los que no hubo diferencias. Al analizar el comportamiento por variedad, para estas variables; la LAICA 01-604 y LAICA 04-825 no muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados y el testigo; no obstante en la variedad LAICA 05-805 todas las densidades evaluadas muestran diferencias respecto al testigo pero no entre sí; con incrementos en el tonelaje de campo (t caña/ha) en el orden del 26,9% (1,4 X 0,6 m); 10,4% (1,6 X 0,6 m) y 9,9% (1,8 m X 0,6 m) y de la producción agroindustrial (t azúcar/ha) en el orden 29,3% (1,4m X 0,6 m); 8,1% (1,6 m X 0,6 m) y 10,3% (1,8m X 0,6 m).

Cuadro 5. Comportamiento agroindustrial de los tratamientos evaluados en el ensayo de densidad de siembra. Promedio de tres cortes. 2016

Densidad Siembra (m)	Variedad	kg azúcar/t	% variación	t caña/ha	% variación	t azúcar/ha	% variación
1,4 x 0,6	LAICA 05 805	121,6	def	130,6	26,9	15,9	29,3
1,5 (testigo)	LAICA 05 805	119,7	ef	103	0	12,3	0
1,6 x 0,6	LAICA 05 805	117,4	f	113,6	10,4	13,3	8,1
1,8x 0,6	LAICA 05 805	120	ef	113,2	9,9	13,5	10,3
1,4 x 0,6	LAICA 04 825	127,9	abcde	111,5	-0,1	14,3	-2,1
1,5 (testigo)	LAICA 04 825	130,6	abcd	111,6	0	14,6	0
1,6 x 0,6	LAICA 04 825	124,8	bcdef	105,9	-5,2	13,2	-9,4
1,8x 0,6	LAICA 04 825	123,1	cdef	116,2	4,1	14,3	-1,9
1,4 x 0,6	LAICA 01 604	131,2	abc	107,7	16,6	13,1	4,8
1,5 (testigo)	LAICA 01 604	134,9	a	92,4	0	12,5	0
1,6 x 0,6	LAICA 01 604	133,5	ab	95,6	3,4	12,8	2,4
1,8x 0,6	LAICA 01 604	130,5	abcd	92,4	0	12,1	-3,2
CV		2,4		7,1		7,1	
R ²		0,9		0,8		0,8	

Porcentaje de variación respecto al testigo, para la variable correspondiente.
Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

En la figura 3 se ilustra los mejores tratamientos de densidad de siembra evaluados respecto al testigo (1,5 m) promedio de tres cosechas; sobresaliendo para la variedad LAICA 05-805 el tratamiento 1,4 m x 0,6 m siendo este tratamiento muy consistente a través de todo el período evaluado; en la LAICA 04-825 no hay diferencias entre las densidades evaluadas y el testigo (1,5 m) y en la variedad LAICA 01-604 sobresale 1,4 m x 0,6 m pero sin mostrar diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos.

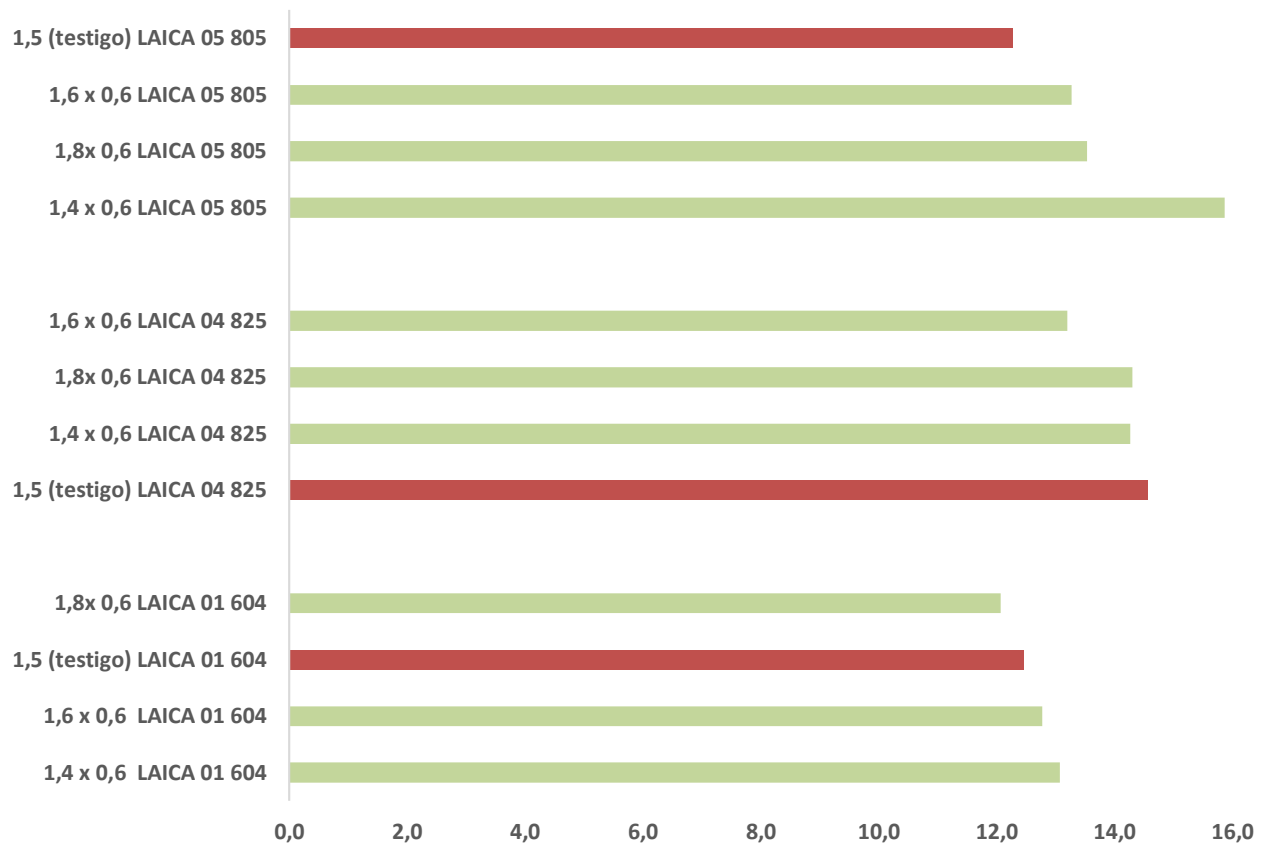


Figura 3. Comportamiento agroindustrial (t azúcar/ha). Promedio 3 cosechas 2016

Al analizar individualmente el factor densidad de siembra evaluado (cuadro 6), indistintamente de la variedad; se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 1,4 X 0,6 m respecto a los demás tratamientos de la investigación. Con incrementos del 11,3% para la producción de campo y 9,9% para la producción agroindustrial.

Cuadro 6. Resultados agroindustriales de la evaluación de las 4 densidades de siembra evaluadas. Promedio 3 Cosechas. 2016

Distancia siembra (m)	Metros lineales /ha	% variación	t caña/ha (promedio)		% variación	t azúcar/ha (promedio)		% variación
1,40 x 0,6	10.000	50,0	113,9	a	11,3	14,4	a	9,9
1,60 x 0,6	9.091	36,4	105,0	b	2,6	13,1	b	-0,2
1,80 x 0,6	8.333	25,0	107,2	b	4,8	13,3	b	1,5
1,50 (t)	6.667		102,3	b		13,1	b	

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.
Porcentaje de variación respecto al testigo, para la variable correspondiente.

Al analizar individualmente el factor variedad (cuadro 7); entre estas se presentaron diferencias en el rendimiento industrial (kg azúcar/ha) donde la mejor variedad fue LAICA 01-604 con 129,89 kg/t marcando diferencias significativas respecto a la variedad LAICA 05-805 a la que superó en 12,8 kg/t y marcando diferencias también con la variedad LAICA 04-825. En producción de caña (t /ha) las variedades LAICA 05-805 y LAICA 04-825 fueron las de mejor productividad obteniendo diferencias significativas respecto a la variedad LAICA 01-604 y con incrementos de 20,1 y 16,3 t/ha respectivamente. Igualmente, en la producción de agroindustrial (t azúcar/ha) las variedades LAICA 05-805 y LAICA 04-825 fueron las de mejor productividad obteniendo diferencias significativas respecto a la variedad LAICA 01-604 y con incrementos de 1,1 y 1,5 t/ha respectivamente.

Cuadro 7. Resultados agroindustriales de las 3 variedades evaluadas.
Promedio de 3 Cosechas 2016

Variedad	kg azúcar/t		t caña/ha		t azúcar/ha	
LAICA 01 604	132,5	a	95	b	12,6	b
LAICA 04-825	126,6	b	111,3	a	14,1	a
LAICA 05-805	119,7	c	115,1	a	13,7	a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

Para la variable t azúcar/ha el mejor tratamiento fue la distancia 1,4 m x 0,6 m superando al testigo en 9,9 % (1,3 t/ha). Igualmente, para la variable de rendimiento de campo (t caña/ha), la distancia de mejor comportamiento fue la de 1,4 m x 0,6 m superando al testigo en 11,3 % (11,6 t/ha).

Conclusiones

1. Se demuestra que el comportamiento agroindustrial de las diferentes densidades de siembra evaluados está muy ligada al material genético sembrado.
2. En la primera cosecha para la variable toneladas de caña/ha, la densidad de 1,6 x 0,6 m y 1,4 x 0,6 m muestran diferencias significativas respecto al tratamiento de 1,8 m y el testigo.
3. Para la variable de toneladas de azúcar/ha primer corte, los tratamientos; igual que para la variable de rendimiento de campo, las densidades de mejor respuesta fueron: 1,4 m x 0,6 m y 1,6 m x 0,6 m respecto al tratamiento 1,5 m (testigo).
4. En el análisis del promedio de rendimiento industrial (kg azúcar/ha) se presentaron diferencias significativas entre variedades evaluadas; donde la de mejor comportamiento fue LAICA 01-604 que superó a los otros materiales de la prueba.
5. Al igual que en el primer corte; en el promedio de tres cosechas, al analizar individualmente el factor densidad de siembra, indistintamente de la variedad; se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 1,4 X 0,6 m respecto a los demás tratamientos de la investigación, aumentando la producción en 11,3% para la producción de campo y 9,9% para la producción agroindustrial.
6. En general, la interacción de variedad y densidad muestra que el mejor tratamiento luego de 3 cosechas lo representa 1,4 m x 0,6 m en la variedad LAICA 05-805, que superó ampliamente a los demás tratamientos; aumentando la productividad en 26,9% del rendimiento de campo y 29,3% de la producción agroindustrial.
7. Luego de la cuarta cosecha de esta prueba (2017) se hará una evaluación económica (Beneficio/costo) en la que se logre definir la densidad para cada variedad que técnica y económicamente es más rentable.

Literatura citada

Campos A., Ambriz R. 2006. Tipos de surcado de caña de azúcar en el Estado de Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Morelos México. Desplegable No.9, 2 p.

Gómez S., Platero B., Rossi I., Prieto J. 2011. Plantación de la Caña de azúcar en surco de base ancha. ATAC No. 3 Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA), Camagüey, Cuba. p 33-38.

Viveros C.A., Calderón H. 1995. Siembra. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia, Cali. p 131-139.