

Evaluación de cuatro distancias de siembra en la modalidad de surco gemelo en tres variedades comerciales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Región Sur. Costa Rica

Julio César Barrantes Mora¹ Roberto Alfaro Portugal² Randall Ocampo Chinchilla³

Resumen

En esta investigación se presentan los resultados de la primera cosecha, donde se evaluaron cuatro distancias de siembra tres de ellas bajo el sistema de dos surcos gemelos respecto a la distancia de siembra tradicional de 1,5 m, en tres variedades comerciales de caña en la Región Sur de Costa Rica, a través de un diseño de Bloques Completos Al Azar con un arreglo factorial de 4³, donde el primer factor correspondió a las distancias evaluadas (1,4 m x 0,6 m, 1,6m x 0,6 m y 1,8m x 0,6 m y 1,5 m utilizado como testigo) y el segundo factor correspondió a las variedades comerciales (LAICA 05-805, LAICA 04-825 y LAICA 01-604). Los resultados mostraron que en la producción de caña (T/ha), la distancia de 1,6m x 0,6 m presentó diferencias significativas respecto al tratamiento testigo superándolo en un 15.7 % en esta variable. Para la producción de azúcar (t/ha), los tratamientos de 1,4 m x 0,6 m y 1,6 x 0,6 fueron los de mejor comportamiento con incrementos de 14,5 y 11,3 % respecto al tratamiento 1,5 m (testigo). En la interacción distancia de siembra por variedad, se presentó un comportamiento diferenciado en la producción de azúcar (t/ha), sobresaliendo el tratamiento 1,4m x 0,6 m en la variedad LAICA 05-805, 1,8 x 0,6 m para la variedad LAICA 04-826 y 1,6 x 0,6 m para la variedad LAICA 01-604. Es necesario darle continuidad a esta investigación para determinar si hay o no consistencia en los resultados obtenidos en esta primera cosecha.

Palabras clave: caña de azúcar, densidad de siembra, rendimiento agrícola, surco de doble hilera, Región Sur.

Introducción

En la agroindustria azucarera es imperativo buscar nuevas tecnologías que nos ayuden a alcanzar una producción eficiente de la caña de azúcar para las principales variables como lo son rendimiento de campo (toneladas de caña/ha) y rendimiento industrial (kg azúcar/t). Estos cambios tecnológicos muchas veces conllevan a romper prácticas tradicionales que se consideran culturas impregnadas en el quehacer diario de los productores y frecuentemente difíciles de modificar por ser aplicadas por largo tiempo en el manejo diario de los productores. Por ello se considera muy importante investigar en aquellas distancias de siembra que mejor se adapten a las diferentes variedades comerciales, como una forma de generar nuevas tecnologías que



¹Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Coordinador Regional Pérez Zeledón Costa Rica. E-mail: jbarrantes@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555

²Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Jefe Programa Agronomía. Grecia, Costa Rica. E-mail: ralfaro@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555

³Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Programa Agronomía. Guanacaste, Costa Rica. E-mail: rocampo@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555

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). La modalidad del doble surco, conlleva ventajas importantes al incrementar los rendimientos 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 y tres distancias de siembra, en la modalidad de surco doble 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 manejó un diseño de Bloques completos al azar con tres repeticiones y en arreglo factorial 4³, donde el primer factor correspondió a cada distancia de siembra y el segundo factor 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 distancias 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 y Discusión

En el anexo 1 se presentan los resultados de la primera cosecha y su correspondiente análisis de varianza, observándose en el mismo en cuanto a las distancias de siembra se obtuvo diferencias significativas en la producción de caña y azúcar (t/ha), donde el mejor tratamiento fue de 1,6 m, el cual supero al tratamiento testigo (1,5 m) en 5,7% para la variable t caña/ha. En la producción de azúcar (t/ha) el mejor tratamiento fue la distancia en surco doble de 1,4 m, superando también al tratamiento testigo en 1,88 t toneladas de azúcar por hectárea (14,5%). Este comportamiento tan variado en ambas variables se debió a la diferencia entre estos tratamientos en el rendimiento industrial. (Cuadro 2).

Cuadro 2
Resultados agroindustriales de la evaluación de las 4 densidades de siembra evaluadas.
1ª. Cosecha 2014

distancia siembra (m)	metros lineales /ha	% variación	promedio t caña/ha		% variación	promedio t azúcar/ha	% variación
1,40 x 0,6	10.000	50,0%	119,01	a	13,1%	14,87	14,5%
1,60 x 0,6	9.091	36,4%	121,68	a	15,7%	14,46	11,3%
1,80 x 0,6	8.333	25,0%	114,72	ab	9,1%	13,74	5,8%
1,50 (testigo)	6.667		105,19	b		12,99	

Entre las variedades 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. En producción de caña (t/ha) la variedad Laica 05- 805 fue la de mayor productividad, presentando diferencias significativas respecto a las otras dos variedades analizadas. Para la producción de azúcar (t/ha) no hubo diferencias estadísticas significativas entre las variedades evaluados, como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3
Resultados agroindustriales de las 3 variedades evaluadas. 1ª. Cosecha 2014

Variedad	kg azúcar/t		t caña/ha		t azúcar/ha
LAICA 01 604	129,89	a	107,05	b	13,99
LAICA 04-825	123,35	b	111,81	b	13,77
LAICA 05-805	113,22	c	126,59	a	14,34

En la interacción distancias por variedades (cuadro 4) se observa que no hubo diferencias estadísticas significativas para la variable industrial (kg azúcar/t) pero si para las variables producción de caña y azúcar (t/ha).

Cuadro 4
Comportamiento agroindustrial de los tratamientos evaluados en el ensayo de densidad de siembra. 1ª. Cosecha 2014

Densidad	Variedad	kg azúcar/t	% variación	t caña/ha		% variación	t azúcar/ha		% variación
1,4 x 0,6	LAICA 01 604	130,22	0,60	107,74	ABb	7,4%	14,03	ABa	7,9%
1,6 x 0,6	LAICA 01 604	132,5	2,36	116,45	Aa	16,1%	15,42	Aa	18,6%
1,8x 0,6	LAICA 01 604	127,36	-1,61	103,67	ABa	3,3%	13,28	ABa	2,2%
1,5 (testigo)	LAICA 01 604	129,45		100,32	ABa		13,00	ABa	
1,4 x 0,6	LAICA 04 825	126,86	-0,70	106,07	ABb	-2,3%	13,45	ABa	-3,0%
1,6 x 0,6	LAICA 04 825	118,66	-7,12	113,74	ABab	4,8%	13,50	ABa	-2,7%
1,8x 0,6	LAICA 04 825	120,11	-5,99	118,85	Aa	9,5%	14,27	Aa	2,9%
1,5 (testigo)	LAICA 04 825	127,76		108,57	ABab		13,87	ABa	
1,4 x 0,6	LAICA 05 805	119,47	5,64	143,21	Aa	34,3%	17,12	Aa	41,5%
1,6 x 0,6	LAICA 05 805	107,17	-5,23	134,85	ABa	26,4%	14,46	ABa	19,5%
1,8x 0,6	LAICA 05 805	113,15	0,05	121,63	ABa	14,0%	13,68	ABa	13,1%
1,5 (testigo)	LAICA 05 805	113,09		106,67	Ba		12,10	Ba	

Letras mayúsculas agrupan en el sentido del primer factor y letras minúsculas en el sentido del segundo factor.

Como esas diferencias se encuentran ligadas entre si, por lo tanto analizaremos la variable producción de azúcar la cual sus diferencias quedaron influenciadas por la variedad utilizada. El mejor tratamiento (figura 2) fue la distancia de 1,4 m para la variedad LAICA 05- 805, en la variedad LAICA 01- 604 fue de 1,6 m y en la variedad LAICA 04-825 todas las distancias fueron muy similares, siendo levemente superior la distancia de 1,8 m.

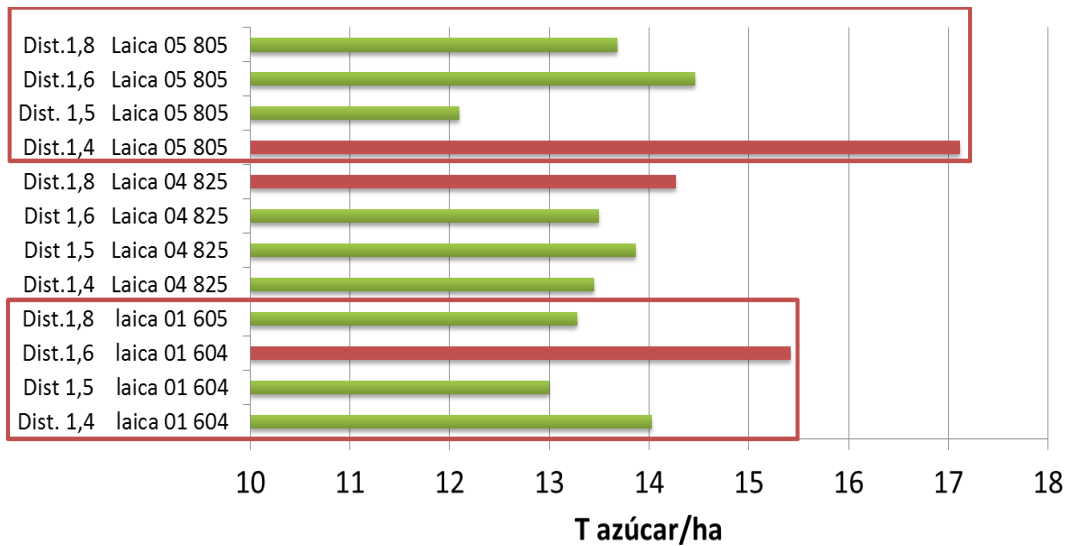


Figura 2. Comportamiento agroindustrial (t azúcar/ha). 1ª cosecha 2014.

En general todas las variedades incrementaron su producción de caña y azúcar en las nuevas distancias de siembra evaluadas y donde la siembra tradicional de surco sencillo a 1,5 metros quedo rezagado en forma significativa en esta primera cosecha.

Para la variable producción de azúcar (t/ha) el mejor tratamiento fue la distancia 1,4 m x 0,6 m la cual supero al testigo en 14,5% (1,9 t/ha). Asimismo en producción de caña (t/ha), la distancia que mayor productividad ofreció fue la de 1,6 m x 0,6 m superando al tratamiento testigo en 15,7 % (16,5 t/ha). (Figura 3 y 4).

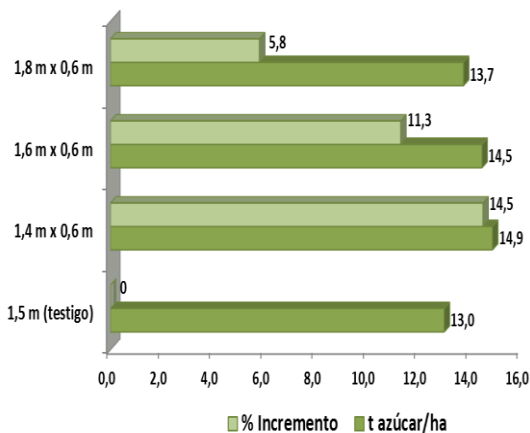


Figura 3. Comportamiento agroindustrial (t azúcar/ha) de las distancias evaluadas. 1ª. Cosecha 2014.

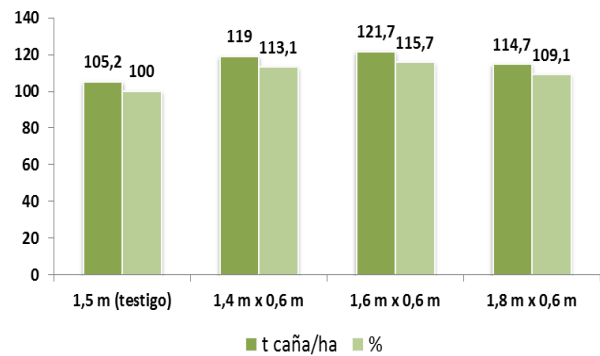


Figura 4. Comportamiento agrícola (t caña/ha) de las distancias evaluadas. 1ª. Cosecha 2014.

Conclusiones

1. Se hace evidente que las variedades tienen un comportamiento diferenciado a las diferentes densidades por lo que se debe investigar en forma particular la mejor distancia para cada material genético en función de su desarrollo vegetativo así como de adaptación a las diferentes condiciones edafo-climáticas.
2. Para las variedades LAICA 05-805 y LAICA 01-604 todas las densidades superaron al testigo tradicional (1,5 m). En la variedad LAICA 04-825, solo superaron al testigo las densidades mayores (1,6 m x 0,6 y 1,8 m x 0,6).
3. Durante la primera cosecha todas las densidades evaluadas superaron al testigo en una proporción que oscila entre 5,8 y 14,5 % para la producción de azúcar/ha siendo la distancia de 1,4m x 0,6 m. la de mejor respuesta productiva agroindustrial presente.
4. Para la variable de rendimiento de campo (t caña/ha), la mejor respuesta la obtuvo 1,6 m X 0,6 m superando en 15,7% al testigo.
5. Para la interacción variedad y densidad la mejor respuesta productiva se alcanzó con la distancia de 1,4 m x 0,6 m y la variedad LAICA 05-805 ,superando ampliamente a los demás tratamientos con una productividad de 17,12 t azúcar/ha. Para un incremento de 34,3% respecto al testigo de la misma variedad.
6. Se evaluará el comportamiento de las densidades evaluadas durante los ciclos siguientes para poder determinar su impacto durante la vida útil de la plantación.

Recomendaciones

1. Se debe dar seguimiento en las socas siguientes de este ensayo para determinar la consistencia o no de los comportamientos productivos obtenidos.
2. Es necesario realizar una evaluación económica (Beneficio/costo) en la que se logre definir la densidad para cada variedad que técnica y económicamente es más rentable.

Bibliografía

- 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.

Reconocimiento

El Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA) quiere dejar patente un sincero agradecimiento al Departamento Agrícola de Coope Agri R.L. por su valioso apoyo en la logística de ejecución de esta investigación; en especial al Ing. Agr. Oldemar Navarro Acuña Gerente de Departamento e Ing. Agr. Willy Valverde Araya Jefe de Investigación y Semilleros de CoopeAgri R.L. Así como a los encargados de la labor de mecanización y diseño a la hora del establecimiento del ensayo señores: Juan José Zeledón y Guillermo Jiménez. A todos Gracias.

VI Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)
 Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)
 20 y 21 de agosto del 2015. Salón de Asambleas de CoopeVictoria R. L., Grecia.
 Alajuela, Costa Rica.

Anexo 1

Resultados del análisis de varianza realizado a los diferentes tratamientos. 1ª. Cosecha 2014

		% Brix		% Sac		% Pza		% Fibra		Rend Ind		TM caña / ha		Tm Azúcar / ha	
F de V	G.L.	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Bloques	2	0,41	1	0,88	0,3	2,86	1	0,25	1	10,79	1	12,79	1	0,13	1
Distancia	3	0,6	0,37	1,29	0,16	7,29	0,17	0,44	1	72,35	0,12	471,03	0,01	6,13	0,06
Variedad	2	7,93	0	15,4	0	64,98	0	0,97	1	845,97	0	1.246,24	0	1,04	1
Distancia - Variedad	6	0,53	1	0,78	0,38	2,64	1	1,44	1	40,61	0,33	268,64	0,05	5,52	0,05
Error	22	0,54		0,68		4,03		1,49		33,05		107,49		2,13	
Total	35	33,57		56,17		262,15		45,2		2.901,30		7.907,77		100,59	
CV %		3,42		4,39		2,29		8,52		4,71		9		10,4	
Medias		FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP	FACTOR A	SEP
Dist. 1,4 m		21,83		19,27		88,25		14,16		125,52		119,01	a	14,87	a
Dist. 1,5 m		21,49		19,04		88,53		14,28		123,44		105,19	b	12,99	a
Dist. 1,6 m		21,21		18,43		86,81		14,66		119,44		121,68	a	14,46	a
Dist. 1,8 m		21,45		18,65		86,88		14,24		120,21		114,72	ab	13,74	a
Medias		FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP	FACTOR B	SEP
Laica 01 604		22,37	a	19,89	a	88,89	a	14,56		129,89	a	107,05	b	13,93	
Laica 04 825		21,34	b	19,01	b	89,03	a	14,43		123,35	b	111,81	b	13,77	
Laica 05 805		20,77	b	17,64	c	84,93	b	14,02		113,22	c	126,59	a	14,34	
Medias		INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP	INTER A*B	SEP
Dist. 1,4 laica 01 604		22,39		19,84		88,63		13,97		130,22		107,74	ABb	14,03	ABa
Dist. 1,4 Laica 04 825		21,96		19,6		89,27		14,57		126,86		106,07	ABb	13,45	ABa
Dist. 1,4 Laica 05 805		21,15		18,37		86,85		13,94		119,47		143,21	Aa	17,12	Aa
Dist 1,5 laica 01 604		22,03		19,69		89,39		13,75		129,45		100,32	ABa	13	ABa
Dist 1,5 Laica 04 825		21,6		19,64		90,85		14,63		127,76		108,57	ABa	13,87	ABa
Dist. 1,5 Laica 05 805		20,83		17,79		85,36		14,44		113,09		106,67	Ba	12,1	Ba
Dist. 1,6 laica 01 604		22,74		20,21		88,86		15,79		132,5		116,45	Aa	15,42	Aa
Dist 1,6 Laica 04 825		20,59		18,14		88,07		13,99		118,66		113,74	ABa	13,5	ABa
Dist. 1,6 Laica 05 805		20,3		16,95		83,49		14,2		107,17		134,85	ABa	14,46	ABa
Dist. 1,8 laica 01 604		22,34		19,82		88,69		14,73		127,36		103,67	ABa	13,28	ABa
Dist. 1,8 Laica 04 825		21,22		18,66		87,94		14,53		120,11		118,85	Aa	14,27	Aa
Dist. 1,8 Laica 05 805		20,79		17,46		84,03		13,48		113,15		121,63	ABa	13,68	ABa