

## **DESEMPEÑO DE LA CAÑA DE AZÚCAR BAJO DIFERENTES DISTANCIAS DE SIEMBRA QUE MEJORAN EL TRÁFICO DENTRO DEL CULTIVO**

Ray Cruz<sup>1</sup>, David Palomeque<sup>2</sup>, Oscar Núñez<sup>3</sup>, Egbert Spaans<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departamento de Campo, Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos Elizalde 114 y Pichincha, Guayaquil, Ecuador.

<sup>4</sup> Presidente de ALIA2, Urbanización El Cortijo C28, Samborondón, Ecuador

### **INTRODUCCIÓN**

En el Ingenio San Carlos se cultiva caña de azúcar a una distancia de siembra de 1,50m entre cada surco. Así se ha manejado el cultivo en San Carlos por más de 50 años. Sin embargo, se ha observado en el campo que esta distancia entre surcos es diferente a la trocha de llantas de las maquinarias y vehículos de mayor uso en las actividades de cultivo, cosecha y siembra. La diferencia entre la distancia de siembra y las trochas provoca el pisoteo de la hilera de caña, sobretodo en el momento de la cosecha mecanizada, ya que se triplica el tráfico en comparación con un sistema de cosecha manual con alce mecanizado. Estudios realizados en Colombia indican que el tráfico de maquinaria agrícola sobre la cepa puede producir una disminución de la productividad de caña del 21 al 25% (Franco et al. 2009).

Para resolver el problema de la falta de coincidencia entre la distancia entre surcos y la trocha de las llantas existen dos posibles soluciones: 1) unificar la trocha de las maquinarias ó, 2) adaptar la distancia de siembra a la maquinaria agrícola disponible. En el caso del Ingenio San Carlos se hizo un inventario del tráfico que existe en el cultivo y de la trocha de llantas de los tractores, cosechadoras y camiones de transporte de caña. Se pudo determinar que las cosechadoras y los camiones de cosecha son los que más posibilidad

tienen de pisotear las cepas de caña, ya que su trocha está entre 1,80 y 1,90 m. Considerando esta problemática se buscó un distanciamiento de siembra que coincidiera mejor con las trochas pero que no implique una reducción en la densidad de siembra, el doble surco con dos surcos juntos a 0,60 m de distancia entre si y cada par de surcos a 1,80 m fue el distanciamiento escogido para evaluar. En los años 2006 y 2007 se instalaron los primeros dos ensayos para hacer un comparativo entre el sistema de surco simple a 1,50 m y el sistema de doble surco antes mencionado. La productividad de la caña planta (TCH) presentó incrementos del 11 y 19% a favor del doble surco.

En el año 2009 se instalaron otros cinco ensayos y las áreas sembradas con doble surco en promedio obtuvieron un incremento de la productividad de caña del 14% en caña planta y del 11% en primera soca. También se evaluaron otras distancias de siembra más amplias que resultaron en menores densidades de siembra (surco simple a 1,65 m y 1,80 m), con las cuales se obtuvo, con respecto al testigo (1,50 m), una productividad similar en caña planta pero una fuerte reducción (15-21%) en la primera soca. El incremento de TCH observado en las cañas plantas con el sistema doble surco sugiere que bajo las condiciones de San Carlos existe un beneficio al sembrar a una densidad mayor, ya que en la caña planta no se puede atribuir ningún efecto al menor pisoteo de cepas.

Con los antecedentes expuestos, en el año 2011 se instalaron ensayos a escala comercial para evaluar el desempeño del cultivo bajo dos distancias de siembra que mejoran el tráfico interno en el cultivo: 1) surco simple a 1,65 m, 2) doble surco (1,80 m x 0,60 m), comparándolos con el surco simple a 1,50 m como testigo. El presente trabajo resume los resultados de estos ensayos comparándolos con los obtenidos en los instalados en años anteriores.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se escogieron ocho parejas de lotes con similares características de tipo de suelo, fecha de siembra, zona meteorológica y manejo de cultivo. En cinco parejas un lote se sembró bajo el sistema doble surco (1,80 x 0,60 m) y el lote testigo fue sembrado con surco sencillo a 1,50 m. En las otras parejas se sembró un lote con surco sencillo a 1,65 m y el testigo a 1,50 m. En el Cuadro 1 se muestran las ocho parejas de lotes con su variedad y área (ha). Al igual que en el 2009, se agregó un 15% a las dosis de fertilizante en los lotes con doble surco con respecto a las dosis aplicadas en el surco sencillo a 1,50 m.

**Cuadro 1.** Parejas de lotes describiendo su tratamiento, variedad y área. Ingenio San Carlos

Pareja	Lote	Tratamiento	Variedad	Área (ha)
1	066803	Doble surco	CC-8592	17,3
	066802	1,50 m	CC-8592	18,9
2	092801	Doble surco	CC-8592	6,9
	092808	1,50 m	CC-8592	16,8
3	090801	Doble surco	CC-8592	21,7
	092809	1,50 m	CC-8592	17,4
4	023209	Doble surco	ECU-01	5,0
	020304	1,50 m	ECU-01	9,1
5	010102	Doble surco	CC-8592	3,9
	010301	1,50 m	CC-8592	7,3
6	100804	1,65 m	ECU-01	6,92
	100803	1,50 m	ECU-01	17,44
7	020403	1,65 m	ECU-01	9,24
	020407	1,50 m	ECU-01	9,21
8	090405	1,65 m	ECU-01	15,08
	090406	1,50 m	ECU-01	19,45

En cada lote se establecieron cinco parcelas conformadas por 6 surcos de 15 m lineales donde se realizaron las evaluaciones para determinar la población de tallos en los dos

surcos centrales. En estas parcelas se marcaron 15 tallos para medir su altura y diámetro. Estas evaluaciones se realizaron cada dos meses desde la siembra hasta su cosecha.

Por ser lotes completos la cosecha de estos lotes se hizo de forma comercial, de tal manera que se midieron las toneladas de caña por hectárea pesando en la báscula de ingreso a la fábrica todos los camiones que salieron de las áreas del ensayo. El rendimiento azucarero también se obtuvo por el método comercial con base en los análisis de laboratorio que se realizan a escala comercial.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

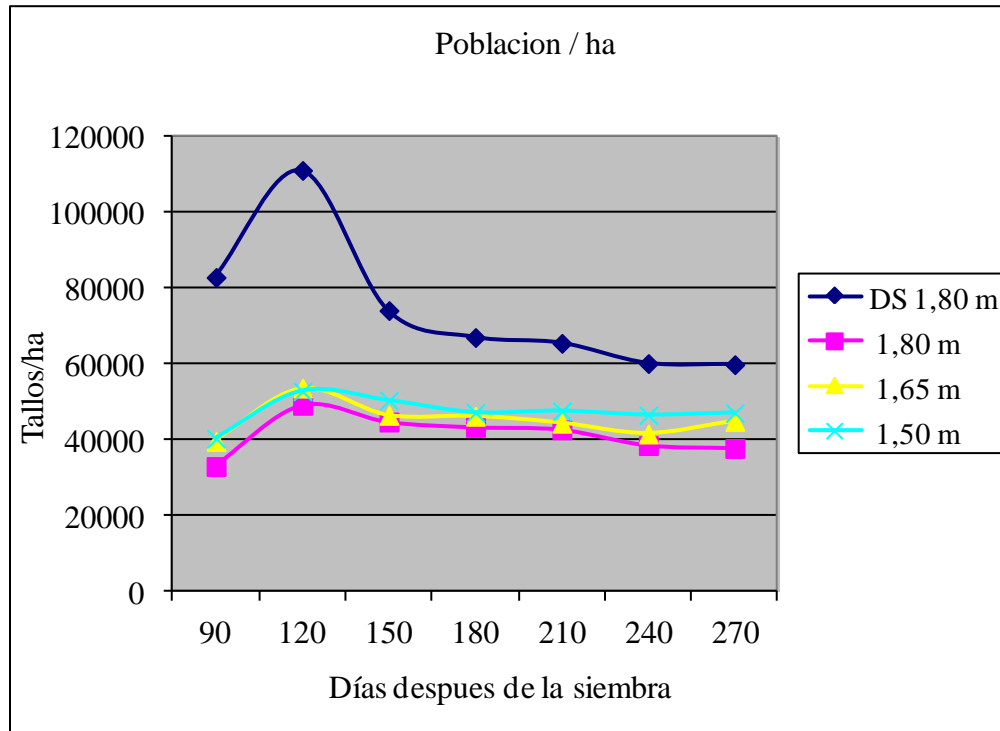
### **Población, altura y diámetro del tallo**

En población y diámetro del tallo se presentan los promedios de los datos obtenidos en las cinco parejas del doble surco, pues se obtuvo una tendencia similar en las dos variables. En el Cuadro 2 se observa como la población del doble surco presenta menos tallos/m que la existente en el surco sencillo. En tres de las cinco parejas se presentaron diferencias significativas a los 8 meses de edad a favor del surco sencillo. Aunque el doble surco presenta menor población de tallos/m en un surco, existe un incremento del 17% en la población de tallos al momento de la cosecha en una hectárea frente al surco sencillo, debido a la mayor cantidad de metros lineales por hectárea en el sistema doble surco en comparación con el surco sencillo a 1,50 m (6.667 m vs. 11.111 m).

**Cuadro 2.** Población (tallos/m) por tratamiento, Zafra 2012. Ingenio San Carlos

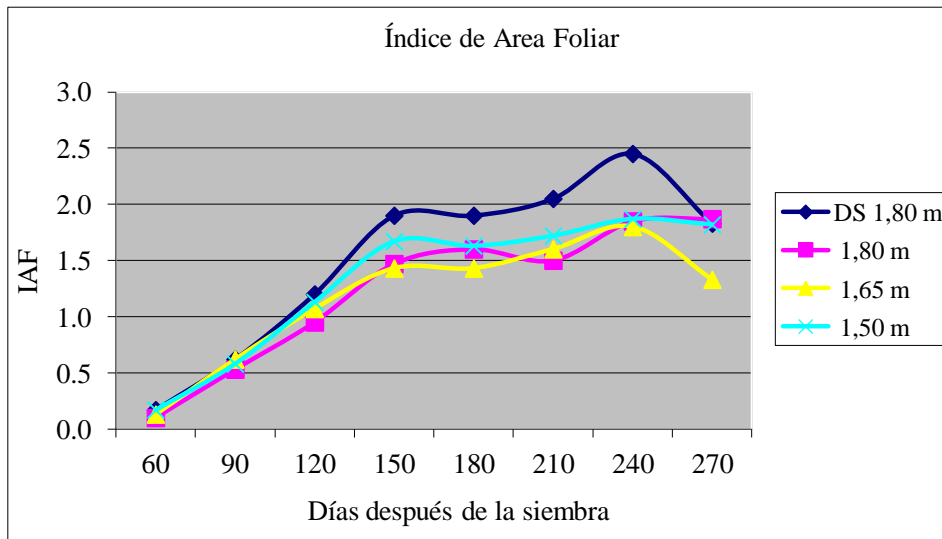
Tratamiento	Edad (meses)					
	2	4	6	8	10	12
Doble surco	4,9	5,4	5,0	4,6	4,6	4,6
1,50 m	6,1	6,8	6,6	6,7	6,4	6,4

En los ensayos instalados en el 2009 se ha observado similar tendencia, demostrando que la población de tallos/m en un surco del doble surco siempre fue inferior al compararla con otros distanciamientos de siembra. Por el contrario, la población de tallos/ha siempre fue mayor bajo el sistema doble surco. En la Figura 1 se observan los resultados de la densidad de tallos, expresada en tallos/ha en las cuatro distancias de siembra evaluadas, y se puede ver que a lo largo del ciclo de cultivo siempre hubo un mayor número de tallos por hectárea en el doble surco (1,80 x 0,60 m). Esto se debe a que el doble surco tiene más de metros lineales de caña por hectárea que los demás tratamientos, con 67% más que el surco sencillo (1,50 m).



**Figura 1.** Número de tallos por hectárea en la variedad ECU-01 desde los 90 hasta los 270 días después de la siembra. Zafra 2010. Ingenio San Carlos

Debido al incremento en la población de tallos/ha, el índice de área foliar (IAF) aumenta en el sistema de doble surco (Figura 2). El mayor IAF en el doble surco a lo largo del ciclo de cultivo hace que sea el tratamiento con mayor intercepción de luz. Se observó en el doble surco menor área foliar por tallo (datos no presentados). Es decir, que a mayor número de tallos/ha mayor fue el IAF, pero menor fue el área foliar individual de cada tallo. Esto es lógico ya que a mayor densidad de tallos mayor será la competencia entre ellos y por lo tanto menor el desarrollo individual de cada tallo.



**Figura 2.** Índice de Área Foliar de la variedad ECU-01 a partir de los 60 hasta los 270 días después de la siembra. Zafra 2010. Ingenio San Carlos

Como se muestra en los Cuadros 3 y 4, la altura y el diámetro del tallo de las 4 parejas con variedad CC8592 fueron similares en ambos tratamientos, a diferencia de otros años donde hemos encontrado que el doble surco suele presentar una menor altura y diámetro de tallos frente al surco sencillo (1.5m).

**Cuadro 3.** Altura promedio de tallos (cm) de las 4 parejas por tratamiento, variedad CC8592, zafra 2012. Ingenio San Carlos.

Tratamiento	Edad ( meses)					
	2	4	6	8	10	12
Doble surco	23	85	171	275	348	360
1,50 m	22	82	159	256	339	364

**Cuadro 4.** Diámetro promedio de tallos (cm) de las 5 parejas por tratamiento, zafra 2012. Ingenio San Carlos.

Tratamiento	Diámetro de tallo (cm)					
	2	4	6	8	10	12
Doble surco	1,54	2,45	2,52	2,69	2,73	2,80
1,50 m	1,46	2,27	2,59	2,75	2,75	2,58

En las tres parejas en las que se evaluó el distanciamiento de surco sencillo a 1,65m no se presentaron diferencias significativas en la población de tallos/m, altura y diametro de tallos frente al surco simple a 1,50 m.

### **Productividad de caña y rendimiento azucarero**

En las cinco parejas en las que se evaluó el doble surco se obtuvo mayor productividad bajo este sistema que en el surco sencillo a 1,50 m. En promedio el incremento obtenido fue de 17%. El mayor incremento se produjo en las parejas 3 y 4, que están ubicadas en la zona de menor luminosidad del ingenio (Cuadro 5). Los resultados sugieren que el beneficio productivo del sistema doble surco tiende a ser mayor en ambientes de baja luminosidad.

**Cuadro 5.** Diferencia (%) en productividad y rendimiento entre los tratamientos doble surco y surco sencillo a 1,65 m frente al surco sencillo a 1,50 m. Zafra 2012. Ingenio San Carlos.

Tratamiento	Pareja	TCH	LbAz/TMC	SAH
Doble surco	1	15%	-2%	13%
	2	36%	-3%	32%
	3	21%	1%	23%
	4	9%	-4%	5%
	5	6%	-7%	-1%
Promedio		17%	-3%	14%
1,65 m	6	-3%	4%	1%
	7	7%	-16%	-10%
	8	-32%	-2%	-34%
Promedio		-.9%	-5%	-14%

El rendimiento azucarero en ambos distanciamientos disminuyó frente al surco sencillo, un 3% para el doble surco y un 5% en el surco simple 1,65m respectivamente. Como resultado de esto un incremento del 14% en la producción de sacos de azúcar por hectárea se produjo en el doble surco, mientras que en el 1,65 m se presentó una reducción frente al surco simple 1,5m. Para estas variables no se realizó análisis estadístico por no contar con repeticiones, son los datos comerciales de los lotes bajo estudio.

### **Análisis Económico**

En el Cuadro 6, se presenta la cantidad de semilla (ton/ha) que se utiliza en promedio en los cuatro tratamientos, con un costo de producción de semilla de \$ 15/ton; y el costo de siembra por paquete de semilla de \$ 0,0506; lo que hace que el doble surco 0,60 – 1,20 m cueste \$71,1 más que el surco sencillo 1,50m, a diferencia de los surcos sencillos 1,80 y 1,65 m que tienen \$11,8 y \$25 menos que la distancia de siembra comercial del ISC.



En cuanto a la fertilización, se agregó el 30% más de fertilizante en la recomendación de kg/ha en N y P, teniendo que incrementar 1,3 sacos/ha de urea y 1 saco/ha de DAP en el tratamiento doble surco. Se obvió, la disminución de fertilizante en los tratamientos de 1,65 y 1,80 m surco sencillo porque el incremento de metros lineales/ha es aproximadamente del 10%. El incremento del costo de la semilla y del fertilizante se dividió para 4 años que es la edad promedio de las socas en el ISC, lo que da un valor adicional por año de \$ 17,78 en siembra y de \$ 19,73 en fertilizante adicional. El fertilizante aplicado en el tratamiento doble surco se incremento solamente en la caña planta.

**Cuadro 6.** Costos de siembra y fertilizante para cada tratamiento. Ingenio San Carlos.

Rubro	Tratamiento			
	Doble Surco	1,50	1,65	1,80
<b>Semilla</b>				
<i>Ton/ha</i>	11,0	7,5	6,9	6,2
<i>Costo de Prod. (\$/ha)</i>	165,1	111,8	102,9	92,7
<i>Costo de siembra(\$/ha)</i>	55,0	37,2	34,3	30,9
<i>Subtotal (\$/ha)</i>	220,1	149,0	137,2	123,6
<i>Diferencia costo (\$/ha)</i>	71,1		-11,8	-25
<b>Fertilizante</b>				
<i>Urea (sacos/ha)</i>	5,7	4,4	4,4	4,4
<i>DAP (sacos/ha)</i>	4,4	3,4	3,4	3,4
<i>Diferencia por ha</i>	<i>UREA</i>	<i>DAP</i>		
<i>Saco/Ha</i>	1,3	1,0		
<i>costo (\$)</i>	78,9			
<b>Total (\$/ha)</b>	<b>150,0</b>		<b>-11,83</b>	<b>-25,42</b>

En el Cuadro 7 se cuantifica la diferencia en TCH asumiendo un incremento de productividad promedio de 8 TCH/año en el doble surco con respecto a 1,50 m. Se considera un valor de \$ 28/ TCH, y se reducen los \$ 47/ha adicionales de siembra y fertilizante, obteniendo una utilidad de \$186,49/ha.

**Cuadro 7.** Costo y beneficio del tratamiento doble surco (1,80 x 0,60m) con respecto al 1,50 m. Ingenio San Carlos.

TCH adicional	8
\$/TCH	\$ 28,00
Ingreso adicional	\$ 224 ,00
Costo de siembra	\$ 17,78
Costo de fertilizante	\$ 19,73
Total costo adicional	\$37,51
Utilidad	\$ 186,49

## CONCLUSIONES

- Aunque el tratamiento de doble surco presento menor población de tallos por metro lineal, tiene mayor cantidad de tallos/ha debido a que hay mas metros lineales por ha que en los otros tratamientos. La mayor densidad de tallos que existe en el sistema doble surco causa un mayor índice de área foliar que incrementa la eficiencia del aprovechamiento de la radicación solar.
- En los ensayos a escala comercial cosechados en la zafra 2012 se observó un incremento del 17% en la productividad de caña (TCH) en el tratamiento doble surco con respecto al surco sencillo a 1,50 m.
- El distanciamiento de siembra de un surco simple a 1,65 m no presento incrementos en la productividad de caña con respecto al surco simple a 1,50 m.
- El incremento en los costos de semilla, siembra y fertilización en el tratamiento doble surco con respecto al de 1,50 m se vio compensado por el beneficio en el incremento obtenido en la productividad de caña.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Franco, R., Torres, J., Pantoja, J. 2009. Impacto de la siembra a 1,75 m en la productividad de la caña de azúcar en el Ingenio Mayagüez. Tecnicaña- VII Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de caña de azúcar. 5p.
- Sinclair, T. R., Gilbert, R. A., Perdomo, R. E., Shine Jr., J. M., Powell, G., Montes, G. 2004. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida USA. Fields Crops Research.