

Germinación y desarrollo de la caña de azúcar sembrada con esquejes de diferentes secciones del tallo y edades de corte

Oscar Núñez¹, Ray Cruz²

¹Jefe de Agronomía, Ingenio San Carlos (onunez@isc.com.ec). ²Supervisor de Investigación Agrícola, Ingenio San Carlos. Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos, Elizalde 114 y Pichincha, Guayaquil, Ecuador.

Introducción

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta en el establecimiento de un cultivo es la semilla. Conscientes de la importancia de contar con semilla de buena calidad para las nuevas siembras, el Departamento de Campo del ingenio San Carlos (ISC) planifica la siembra y cultivo de semilleros. No siempre, sin embargo, se logra contar con los semilleros inicialmente planificados como fuente de semilla. Daños causados a los semilleros por fenómenos naturales (ej: volcamiento, ataques de plagas, floración) y las condiciones climáticas propias de la zona no permiten contar siempre con semilla de óptima calidad, en cuyos casos hay que usar lo que se tenga disponible, lo que significa que hay que utilizar semilla de una edad mayor que la usualmente recomendada.

La caña de azúcar se propaga comercialmente de forma vegetativa usando el tallo como semilla. Estudios realizados por varios investigadores han demostrado que las yemas de la sección superior del tallo tienen mayor poder germinativo que las yemas de las secciones inferior y media, sugiriendo que las yemas más jóvenes germinan mejor (Thompson, 1964; Abayomi, 1986). A pesar de ello, hay escasa información acerca del efecto que tiene la edad de corte de la semilla sobre la germinación, por lo tanto no conocemos con certeza si la gradiente de germinación en el tallo es igual a cualquier edad de corte. Además, es importante conocer el umbral, en cuanto a edad de yemas, en el cual el porcentaje de germinación es inaceptable.

En el ISC se utiliza semilla con una edad entre 7 y 12 meses, pero no se han evaluado las diferencias en germinación de manera que se pueda conocer con certeza el efecto que tiene la edad de corte de la semilla sobre la germinación y el posterior desarrollo de la caña. Son escasos los estudios que han determinado el efecto de la edad de la semilla sobre la germinación. Algunos autores recomiendan determinar para cada variedad la edad a la cual la germinación se hace inaceptable (el umbral) y en cada condición climática debido a la influencia que estos dos factores tienen sobre la madurez fisiológica de la semilla (Bakker, 1926).

El objetivo del presente estudio fue evaluar a través de dos experimentos de campo, uno para cada variedad, el efecto que tienen sobre la germinación de las yemas y el posterior desarrollo de la caña la edad de corte de la semilla y la sección del tallo. Se estudiaron las variedades CC-8592 y ECU-01, que entre las dos ocupan más del 60% del área del ISC.

Materiales y métodos

Se instalaron dos experimentos de campo en un lote de caña de azúcar del ingenio San Carlos, ubicado en las coordenadas geográficas 02°13' latitud sur y 79°25' longitud oeste, a una altitud de aproximadamente 35 metros sobre el nivel del mar. La precipitación media anual es 1570 mm, la evaporación anual es de 1073 mm y la temperatura media 25.2°C. El ensayo se instaló en suelo tipo B0 (Fluventic Haplustept) de textura franco limosa.

Se diseñó el estudio como un experimento factorial de dos factores: a) sección del tallo y b) edad de corte. Se probaron tres niveles para cada factor con cuatro repeticiones. Los niveles para cada factor fueron:

- a) sección del tallo: se obtuvo semilla de las secciones inferior, media y superior
- b) edad de corte de semilla: se cortó semilla de 8.5, 10.5 y 12.5 meses

La unidad experimental fue la parcela, que estuvo conformada por 4 surcos de 15 m (90 m²), la estructura de parcelas del ensayo fue un diseño en bloques completamente al azar. Se evaluaron dos variedades: CC-8592 y ECU-01. Para cada variedad se instaló un experimento independiente de nueve tratamientos cada uno, las dos variedades se sembraron en el mismo lote a unos 50 m de separación.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en las variedades CC-8592 y ECU-01

Tratamiento	Sección del tallo	Edad de corte (meses)
1	Inferior	8.5
2	Inferior	10.5
3	Inferior	12.5
4	Media	8.5
5	Media	10.5
6	Media	12.5
7	Superior	8.5
8	Superior	10.5
9	Superior	12.5

Los esquejes que se usaron como semilla se obtuvieron de seis lotes ubicados dentro del ISC, así se contó con material propagativo de las tres edades de corte de semilla y de las dos variedades. Para separar los esquejes según su sección en el tallo se establecieron los siguientes pasos con todos los tallos de los que se obtuvieron esquejes:

1) esquejes de la sección inferior: de cada tallo se eliminó la primera yema visible desde la parte inferior del tallo, se cortaron las siguientes 3 yemas como un esqueje de la sección inferior.

2) esquejes de la sección superior: a partir de la 4ta lígula visible hacia abajo se deshojó el tallo, se eliminaron entrenudos con yemas poco abultadas y desde ahí se cortaron 4 yemas hacia abajo como un esqueje de la sección superior.

3) esquejes de la sección media: del tallo sobrante se cortaron las 3 yemas centrales como un esqueje de la sección media.

Los esquejes de la sección superior tienen una yema más que los inferiores y medios porque así ocurre en condiciones comerciales donde los cortadores de semilla buscan un tamaño de esqueje uniforme antes que un número de yemas por esqueje. Al ser los entrenudos de la parte superior más cortos habrá una yema más en esta sección si se mantienen los esquejes con similar longitud. Los esquejes de las secciones inferior y media se sembraron a una densidad de 12 yemas por metro y los de la sección superior a 16 yemas por metro, manteniendo igual el número de esquejes por surco en todos los tratamientos.

La germinación se evaluó contando el número de brotes primarios en los dos surcos centrales a los 30 y 45 días después de la siembra. También se evaluó el desarrollo posterior de los brotes midiendo su población a los 60, 90 y 150 días después de la siembra y su altura a los 150 días después de la siembra. Al momento del corte de semilla se tomaron muestras de caña, de las tres edades de corte y secciones del tallo para analizarlas en el laboratorio. Se determinó el contenido de humedad secando la muestra en un horno hasta peso constante y por el método de digestión se determinó el contenido de pol y azúcares reductores.

Resultados y discusión

Porcentaje de germinación

En la variedad CC-8592 la sección del tallo tuvo una influencia altamente significativa sobre el porcentaje de germinación ($p < 0.0001$). A los 45 días después de la siembra la germinación fue significativamente mayor cuando se utilizó el tercio superior del tallo de cualquier edad (Cuadro 2). A los 30 y 45 días después de la siembra la germinación con la semilla del tercio medio de 8.5 meses no presentó diferencia significativa con la germinación de los tercios superiores. Los resultados de germinación obtenidos son similares a los reportados por Muralles et. al. (2009), que en un estudio bajo condiciones controladas en el norte de Florida obtuvo niveles de germinación significativamente más altos con semilla de la sección superior del tallo (73%), en comparación con los esquejes de la sección media (24%) e inferior (6%).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación a los 30 y 45 días después de la siembra en la variedad CC-8592

Sección	Edad de corte (meses)	Germinación 30 dds (%)	Germinación 45 dds (%)
Inferior	8.5	15 cd	20 cd
Inferior	10.5	7 d	10 d
Inferior	12.5	13 cd	15 cd
Media	8.5	32 ab	39 ab
Media	10.5	19 bcd	28 bc
Media	12.5	21 bc	27 bc
Superior	8.5	43 a	52 a
Superior	10.5	41 a	49 a
Superior	12.5	41 a	50 a
Sig. edad de corte		P < 0.01	P < 0.05
Sig. sección del tallo		P < 0.0001	P < 0.0001

El Cuadro 2 demuestra que dentro de cada sección, la edad no afecta a la germinación, tanto a los 30 como a los 45 días. Sin embargo, analizando solamente el factor edad independientemente de la sección, se encontró un efecto significativo de la edad en la germinación de la variedad CC-8592 ($p < 0.05$). A pesar de encontrarse efecto significativo de la edad, no hay una tendencia lógica en estos resultados, por lo cual no podríamos asignarle una utilidad práctica a este resultado. En el Cuadro 3 se observa que con la semilla de 8.5 meses se obtuvo una germinación estadísticamente similar a la alcanzada con la semilla de 12.5 meses, pero significativamente superior a la alcanzada con semilla de 10.5 meses.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación a los 30 y 45 días después de la siembra por edad para todas las secciones de tallo

Edad (meses)	Porcentaje de germinación (%)	
	30 dds	45 dds
8.5	30 a	37 a
10.5	22 b	31 b
12.5	25 ab	29 ab

En la variedad ECU-01, tanto la sección del tallo también como la edad de la semilla tuvieron una influencia altamente significativa sobre el porcentaje de germinación a los 30 y 45 dds ($p < 0.0001$). Los niveles más altos de germinación se obtuvieron con la semilla de los tercios superiores y con la semilla de 8.5 meses del tercio medio, no se presentaron diferencias significativas entre estos cuatro tratamientos (Cuadro 4). Con la semilla de la sección superior la germinación a los 45 dds fue de 41% a 52%, con la sección media fue de 8% a 47% y con la sección inferior fue del 6% al 30%.

Cuadro 4. Porcentaje de germinación a los 30 y 45 días después de la siembra en la variedad ECU-01

Sección	Edad de corte (meses)	Germinación 30 dds (%)	Germinación 45 dds (%)
Inferior	8.5	14 bc	30 bc
Inferior	10.5	4 c	6 e
Inferior	12.5	2 c	8 de
Media	8.5	30 a	47 a
Media	10.5	10 c	20 cd
Media	12.5	3 c	8 de
Superior	8.5	37 a	52 a
Superior	10.5	30 a	49 a
Superior	12.5	26 ab	41 ab
Sig. edad de corte		P < 0.0001	P < 0.0001
Sig. sección del tallo		P < 0.0001	P < 0.0001

En la variedad ECU-01 si se encontró una tendencia lógica en los resultados de germinación por edad para todas las secciones (Cuadro 5). Con semilla de 8.5 meses la germinación promedio a los 45 dds estuvo en 45%, con semilla de 10.5 meses fue del 25% y con semilla de 12.5 meses fue de 14%. En el ISC, el porcentaje de germinación promedio del 2010, a escala comercial, fue 46% (Datos del Ingenio San Carlos, 2010).

Cuadro 5. Porcentaje de germinación a los 30 y 45 días después de la siembra para todas las secciones de tallo

Edad (meses)	Porcentaje de germinación (%)	
	30 dds	45 dds
8.5	31 a	45 a
10.5	14 b	25 b
12.5	7 c	14 c

En el Cuadro 6 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en germinación, según la sección del tallo y la edad del corte de los esquejes utilizados. En la práctica, se recomienda usar semilla con la que se obtiene una excelente o buena germinación y se recomienda descartar semilla con la que se obtiene pobre germinación. Es lógico que la germinación de la sección superior haya sido muy parecida entre las tres edades de corte, debido a que la elongación del tallo ocurre en la parte alta de la planta las yemas de la sección superior realmente tienen la misma edad en las tres edades de corte. Las yemas de las secciones media y superior, en cambio, si difieren en edad entre las edades de corte.

Cuadro 6. Calidad de la germinación de los esquejes según su sección del tallo y edad de corte

Germinación	Sección del tallo	Edad de corte (meses)
Excelente	Media	8.5
	Superior	8.5 – 10.5 – 12.5
Buena	Inferior	8.5
	Media	10.5
Pobre	Inferior	10.5 – 12.5
	Media	12.5

La siembra de semilleros en el ISC, y en la mayor parte de la zona cañera de la costa ecuatoriana, se realiza entre octubre y diciembre. Sembrar en esta época asegura tener semilla joven entre mayo y septiembre que es la época de siembra comercial. Sin embargo, entre octubre y diciembre solamente se cuenta con semilla de entre 10 y 12.5 meses, que por lo observado en el presente estudio no tiene la edad óptima para alcanzar una buena germinación con todo el tallo. Se debería buscar, en la práctica, estrategias que permitan contar con semilla más joven en la época de siembra de semilleros. Existen tres estrategias que se podrían considerar: 1) sembrar hasta enero o febrero para tener semilla más joven entre octubre y diciembre, la factibilidad de esta opción dependerá de la intensidad de la precipitación en estos meses; 2) usar entre octubre y diciembre semilla sembrada en mayo o junio; 3) en semilla sembrada en la época normal (octubre-diciembre) hacer un “retrocorte” en febrero o marzo y usar el rebrote como semilla entre octubre y diciembre; las dos últimas requieren ser estudiadas para determinar su factibilidad.

Población y altura de tallos

En la variedad CC-8592 el efecto de la sección del tallo fue altamente significativa sobre la población de tallos a los 60, 90 y 150 días después de la siembra ($p < 0.0001$). Por el contrario, la edad de corte de la semilla no incidió significativamente sobre la población en ninguna de las tres edades (Cuadro 7). A los 150 dds la población de tallos en los tratamientos con semilla del tercio superior (9.8 - 10.7 tallos/m) fue significativamente mayor a la obtenida con semilla del tercio inferior de 10.5 y 12.5 meses (5.0 – 5-5 tallos/m). Debido a la superioridad en población de tallos con la semilla de la sección superior a los 5 meses después de la siembra es probable que las diferencias sean similares en la productividad final de caña (TCH). En un estudio de con datos de cuatro cosechas realizado por Barrantes et. al. (2003) en Costa Rica, se reportó que la caña de la sección superior produjo en promedio 6.6% más TCH que la de la sección inferior y 1.6% más que la de la sección media

En altura de tallos, el efecto de la sección del tallo fue altamente significativo ($p < 0.0001$), siendo los tallos de semilla de la sección superior significativamente más altos que los tallos de semilla de la sección inferior de 8.5 y 10.5 meses de edad de corte. El efecto de la edad de corte también fue significativo sobre la altura de los tallos en la variedad CC8592 ($p < 0.05$).

Cuadro 7. Población de tallos a los 60, 90 y 150 dds y altura a los 150 dds en la variedad CC-8592

Sección	Edad de corte (meses)	Población (tallos/m)			Altura (cm)
		60 dds	90 dds	150 dds	150 dds
Inferior	8.5	3.0 c	4.9 cd	7.3 abc	82 cd
Inferior	10.5	1.5 d	2.5 e	5.0 c	75 d
Inferior	12.5	2.2 c	3.3 e	5.5 bc	83 bcd
Media	8.5	6.0 bc	7.4 bc	8.9 ab	99 abc
Media	10.5	4.5 c	6.9 bc	7.7 abc	90 bcd
Media	12.5	4.3 c	5.9 bc	8.1 abc	97 abc
Superior	8.5	11.1 a	11.5 a	9.8 a	111 a
Superior	10.5	10.0 ab	10.6 ab	10.7 a	101 ab
Superior	12.5	9.7 ab	11.3 a	10.4 a	109 a

En la variedad ECU-01 tanto la sección del tallo como la edad de corte de la semilla influyeron significativamente en la población de tallos a los 60, 90 y 150 días después de la siembra ($p < 0.001$). Al igual que en la variedad CC-8592 las diferencias entre tratamientos se reducen a los 150 dds, en comparación con las diferencias observadas a los 60 y 90 dds, pero los tratamientos con semilla del tercio superior siguieron presentando mayor población de tallos (12.3 – 13.7 tallos/m) que los tratamientos con semilla del tercio inferior de 10.5 y 12.5 meses y del tercio medio de 12.5 meses (4.8 – 6.0 tallos/m).

En la variedad ECU-01 también existió efecto significativo de la sección del tallo y la edad de cosecha sobre la altura a los 150 dds. La altura de tallos de 8.5 meses del tercio superior presentó una altura significativamente mayor (97 cm) a la altura alcanzada con la semilla de los tercios inferiores y de los tercios medios de semilla de 10.5 y 12.5 meses (58 – 75 cm).

Cuadro 8. Población de tallos a los 60, 90 y 150 dds y altura a los 150 dds en la variedad ECU-01

Sección	Edad de corte (meses)	Población (tallos/m)			Altura (cm)
		60 dds	90 dds	150 dds	150 dds
Inferior	8.5	4.9 b	8.4 bc	12.1 a	75 bc
Inferior	10.5	1.2 c	2.1 e	4.8 b	60 c
Inferior	12.5	1.0 c	2.0 e	5.2 b	62 c
Media	8.5	7.4 a	10.4 ab	13.3 a	87 ab
Media	10.5	3.3 bc	6.2 cd	9.5 ab	74 bc
Media	12.5	1.8 c	2.8 de	6.0 b	58 c
Superior	8.5	9.6 a	13.5 a	13.0 a	97 a
Superior	10.5	9.8 a	12.6 a	13.7 a	84 ab
Superior	12.5	7.9 a	11.5 ab	12.3 a	90 ab

Análisis de calidad de semilla

En las dos variedades bajo estudio, tanto la sección del tallo como la edad de corte de la semilla tuvieron una influencia significativa en las tres variables de calidad de caña evaluadas (humedad, pol y azúcares reductores). En los Cuadros 9 y 10 se indican las diferencias entre tratamientos que existieron en las tres variables de calidad de caña evaluadas. Como era de esperarse, la humedad fue mayor en los esquejes de la sección superior y menor en los de la sección inferior, estos datos confirman que a medida que aumenta la edad del tallo su humedad disminuye. Lo mismo ocurre con los azúcares reductores, que presentan valores más bajos en caña de mayor edad. El pol %, por el contrario, se incrementa a una mayor edad.

Cuadro 9. Calidad de caña de los esquejes de la variedad CC-8592

Sección de tallo	Edad de corte (meses)	Humedad (%)	Pol (%)	Azúcares reductores (%)
Inferior	8.5	70.3 ab	13.0 c	0.59 a
Inferior	10.5	69.5 ab	14.0 c	0.64 a
Inferior	12.5	69.0 a	14.1 c	1.81 b
Media	8.5	72.6 bc	12.8 c	1.03 ab
Media	10.5	72.0 bc	12.7 c	1.02 ab
Media	12.5	70.7 ab	13.6 c	1.36 ab
Superior	8.5	77.4 d	6.5 a	1.97 b
Superior	10.5	77.3 d	8.5 a	2.01 b
Superior	12.5	75.4 cd	10.4 b	1.84 b
Sig. edad de corte		<0.05	<0.0001	<0.05
Sig. sección del tallo		<0.0001	<0.0001	0.0001

Cuadro 10. Calidad de caña de los esquejes de la variedad ECU-01

Sección de tallo	Edad de corte (meses)	Humedad (%)	Pol (%)	Azúcares reductores (%)
Inferior	8.5	72.3 bc	12.1 cd	0.74 ab
Inferior	10.5	69.3 ab	14.3 e	0.42 a
Inferior	12.5	67.5 a	14.4 e	0.26 a
Media	8.5	74.8 cd	11.6 bc	1.28 bc
Media	10.5	72.5 bc	14.0 de	0.76 ab
Media	12.5	70.4 ab	14.8 e	0.49 a
Superior	8.5	78.7 e	8.0 a	1.89 c
Superior	10.5	77.4 de	8.8 a	1.63 c
Superior	12.5	76.5 de	9.5 ab	1.64 c
Sig. edad de corte		<0.0001	<0.0001	0.0004
Sig. sección del tallo		<0.0001	<0.0001	<0.0001

En las dos variedades, las tres variables de calidad de caña se correlacionaron significativamente con los valores de porcentaje de germinación a los 45 dds (Cuadro 11). En la variedad CC-8592 la correlación más fuerte con la germinación se observó con la humedad que explicó el 73% de la variabilidad en germinación. En la variedad ECU-01 el pol fue la variable que alcanzó la correlación más fuerte con la germinación a los 45 dds., explicando el 72% de la variabilidad en germinación. La tendencia a los 30 dds fue similar (datos no presentados). La correlación de la germinación con la humedad y el pol de la caña fue inversa, mientras que la correlación con los azúcares reductores fue directa.

Cuadro 11. Correlación entre variables de calidad de caña y porcentaje de germinación a los 45 dds

Variables	CC-8592		ECU-01	
	r ²	Sig.	r ²	Sig.
Humedad – germinación 45 dds	0.73	*	0.71	*
Pol – germinación 45 dds	0.60	*	0.72	*
Azúcares red. – germinación 45 dds	0.60	*	0.69	*

*: sig. (p. 0.05)

Los resultados de los análisis de calidad de caña indican que los esquejes que tuvieron las características de una caña que está madurando, es decir baja humedad, alto pol y altos azúcares reductores, no tuvieron buenos niveles de germinación, indicando que un estado de maduración en la caña reduce la viabilidad de las yemas. Sería interesante evaluar si con prácticas de manejo que prevengan la maduración de la caña, como por ejemplo mantener los riegos hasta poco antes del corte o fertilizar con N tardíamente, se puede incrementar la germinación de las yemas más maduras.

Conclusiones

Tanto la sección del tallo como la edad de corte de la semilla tuvieron un efecto significativo sobre la germinación de los esquejes de caña de azúcar. Los resultados indican que para obtener un porcentaje de germinación deseable se debe procurar sembrar yemas lo más jóvenes posible, esto se puede inferir porque al usar la sección superior de los tallos siempre se obtuvo una germinación deseable. También se obtuvieron niveles de germinación deseables con la sección media de la semilla de 8.5 meses. No se lograron niveles aceptables de germinación con la sección inferior de semilla de 8.5 meses ni con las secciones media e inferior de semilla cortada a los 10.5 y 12.5 meses.

En las variedades CC-8592 y ECU-01 bajo las condiciones del ISC, se debe utilizar semilla con edad de corte menor a 8.5 meses si se quiere aprovechar eficientemente todo el tallo como material propagativo. Mientras mayor sea la edad de corte de la semilla, mayor será la necesidad de descartar las yemas más viejas del tallo. La germinación a los 30 y 45 días se correlacionó significativamente con el contenido de humedad, pol y azúcares reductores de los esquejes de caña, siendo mayor la germinación con los esquejes que no mostraron signos de maduración.

Agradecimientos

Se agradece de manera especial al Dr. Egbert Spaans por la minuciosa revisión que hizo a este trabajo, sus observaciones y comentarios definitivamente mejoraron el contenido del artículo. Se agradece también al Sr. Gabriel Vega por su valiosa colaboración en la recolección y el análisis de los datos de este estudio.

Bibliografía

Abayomi, Y.A., Etejere, E.O., Fadayomi, O. (1986). Effect of stalk section, coverage depth and date of first irrigation on seedcane germination of two commercial sugarcane cultivars in Nigeria. Turrialba Vol. 40, No. 1, 1990, pp- 58-62.

Bakker, H. (1926). Sugarcane cultivation and management. Kluwer Academic/Plenum publishers. 233 Spring Street, New York, N.Y. 100103.

Barrantes, J.C., Chaves, M. (2003). Efecto de la sección del tallo usado como semilla en la producción agroindustrial de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), cultivada en Perez Zeledón, Costa Rica. Congreso de ATACORI, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 179-182.

Datos del Ingenio San Carlos (2010). Porcentaje de germinación a escala comercial. Información proporcionada por Edgar Sánchez, Jefe de Siembra del ISC.

Murales, L., Boques, A., Grant, H., Queeley, G. (2009). Sugarcane eye propagation in northern Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 122: 411-413.

Thompson, G. D., Halse, C. G. (1964). Some notes on sugarcane planting procedures. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association. April 1964. p: 154-165.