

Germination of the artificial sugarcane seed (*Saccharum spp.*)

Germinación de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum spp.*)

Salgado-García, Sergio¹; Álvarez-Sánchez, Giener F.^{1*}; Palma-López David J.¹; Lagunes-Espinoza Luz del C.¹; Ortiz-Laurel Hipólito²

¹Maestría en Ciencias Producción Agroalimentaria en el Trópico-Grupo MASCAÑA Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. ²Colegio de Postgraduados Campus Córdoba-Grupo MASCAÑA

*Autor por correspondencia: alvarez.geiner@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: Determinate the sugarcane (*Saccharum spp.*) seed germination and seedlings emergence from the artificial seed in an Eutric Fluvisol.

Design/methodology/approximation: A completely random design was used, and the treatments were distributed in experimental plots with 4 replications each. The study variables were: the emergence of seedlings and the vigor of seedlings at 30 days after sowing.

Results: Encapsulate sugarcane buds using sodium alginate at 2 % plus calcium chloride at 10 % and starch at 15 %, provided an adequate mean for the conservation of the viability of the yolk, obtaining emergency percentages of 94.4 and 97.2 %, respectively at 30 days after planting.

Limitations/implications: The encapsulated of Sodium alginate at 2% plus calcium chloride at 10% obtained a good percentage of germination, however, its high cost makes its implementation in the unprofitable field.

Finding/Conclusions: The results demonstrate the ability of the artificial seed of sugar cane encapsulated with starch for a rapid and homogeneous emergency in field conditions, evidencing the enormous potential of this technology as an alternative to improve the quality of sugarcane seeds and to reduce the weight of the planting material used.

Keyword: Artificial seed, Encapsulated, Emergence seedling.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la germinación y emergencia de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a partir de la semilla artificial en un suelo Fluvisol eutricto.

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizó un diseño completamente al azar donde los tratamientos se distribuyeron en parcelas experimentales con cuatro repeticiones cada una. Las variables de estudio fueron: la emergencia de plántulas y el vigor de plántulas a los 30 días después de la siembra.

Resultados: Encapsular yemas de caña de azúcar utilizando alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10 % y almidón al 15 %, propician un medio adecuado para la conservación de la viabilidad de la yema al obtener porcentajes de emergencia de 94.4 y 97.2 % respectivamente a los 30 días después de la siembra.

Limitaciones/implicaciones: Los encapsulados de alginato de sodio al 2 % + cloruro de calcio al 10 % obtuvieron un buen porcentaje de germinación, sin embargo, su alto costo hace poco rentable su implementación en campo.

Hallazgos/conclusiones: Los resultados demuestran la capacidad de la semilla artificial de caña de azúcar encapsulada con almidón para una emergencia rápida y homogénea en condiciones de campo, lo que pone en evidencia el enorme potencial de esta tecnología como una alternativa que permita mejorar la calidad de semillas de caña de azúcar y reducir el peso del material de siembra utilizado en los métodos tradicionales.

Palabras clave: Semilla artificial, encapsulados, emergencia de plántulas

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 7, julio. 2019. pp: 51-56.

Recibido: noviembre, 2018. **Aceptado:** abril, 2019.



INTRODUCCIÓN

La importancia de la industria azucarera en México radica en su relevancia económica y social, debido a las grandes inversiones en capital, así como a la dependencia directa de más de 440,000 personas que desarrollan diversas actividades asociadas al cultivo, tales como la siembra, el crecimiento y desarrollo, cosecha, transporte, industrialización y comercialización (Figuerola *et al.*, 2015).

La siembra de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en México, es una actividad semi-mecánica al combinar operaciones manuales y mecanizadas (Ortiz-Laurel *et al.*, 2016); sin embargo, aun cuando se utiliza la tecnología de máquinas sembradoras que usan tallos enteros o trozos de caña, no se ha logrado la eficiencia de una siembra mecanizada de precisión (Robotham, 2004). Durante la obtención de los trozos (canutos o entrenudos) de caña con cosechadoras integrales y en el transbordo a las sembradoras, las yemas de caña de azúcar son dañadas, esta situación reduce el porcentaje de germinación, estimando que el 70% de las yemas sembradas comercialmente logran germinar (Viveros y Calderón, 1995).

Debido a lo anterior, surge la tecnología de las semillas artificiales y las bud-chips (yemas individuales). La primera, describe generalmente un embrión somático, encapsulado con una cubierta sintética que lo protege, permite su manipulación, aporta nutrientes, permite el intercambio gaseoso para la respiración del embrión, además de ser lo suficientemente blando para permitir la germinación (Cid *et al.*, 2006; Morales y Cano, 2012). La tecnología de bud-chips consiste en yemas individuales extraídas de los tallos de caña de azúcar utilizadas para la propagación de plántulas en invernaderos para la siembra semimecánica, y se considera una alternativa para reducir el peso y mejorar la calidad de la semilla de caña, al ser menos voluminosa, fáciles de transportar y más económicas, frente al gran volumen de material de siembra utilizado convencionalmente, que plantea un problema en el transporte, manipulación y almacenamiento de los tallos, los cuales se deterioran rápidamente, reduciendo la viabilidad de las yemas afectando la germinación (Jain *et al.*, 2010; Naik *et al.*, 2013; Budi *et al.*, 2016; Galal, 2016; Patnaik *et al.*, 2017).

En base a esto, se desarrolló la semilla artificial de caña de azúcar, la cual consiste en un trozo de tallo de caña de azúcar de 35 mm de longitud con una sola yema, desinfectada y encapsulada con una mezcla de paja de

caña de azúcar molida seca y un polímero biodegradable, además, al utilizar alginato de sodio y almidón, se ha registrado mayor resistencia y protección a las yemas, favoreciendo hasta el 100% de germinación (Álvarez-Sánchez *et al.*, 2018). En seguimiento al desarrollo de la semilla artificial, en el presente estudio se evaluó la germinación y emergencia de plántulas de caña de azúcar en condiciones de campo a partir de la semilla artificial elaborada a diferentes concentraciones de alginato de sodio más cloruro de calcio y almidón.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Las muestras de caña (*Saccharum spp.*) se tomaron en plantaciones de caña de azúcar de ocho meses de edad, de la variedad Mex 69-290, localizadas en el poblado C-34 (Pdte. Benito Juárez García) de Huimanguillo Tabasco (17° 58' 16" N - 93° 37' 30" O).

Obtención y desinfección de yemas

Se cortaron los tallos de caña, posteriormente, con el uso de una segueta (sierra pequeña de diente fino) se cortaron trozos de tallos con yemas de 35 mm de longitud, que debían contar con 20 mm de reserva a partir de la cicatriz hacia la parte superior de ésta, y 15 mm en la parte inferior.

Las yemas fueron desinfectadas en una solución de Malathion 50 EC (Agroquímica Tridente) al 0,2% (2 mL L⁻¹ de agua) y Carbendazim (Prozycar[®] 500) al 0,1% (1 mL L⁻¹ de agua). Se sumergieron las yemas en la solución durante 10 min, y posteriormente se dejaron secar otros 10. Los Tratamientos (T) para encapsular la yema de caña de azúcar y formar la semilla artificial fueron: T1: alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10%, T2: almidón al 15%, T3: yema sin encapsulado, y T4: yema recién cortada (Figura 1).

Encapsulado de las yemas

Se utilizaron 20 g de alginato de sodio (MEYER[®]), así como, 100 g de cloruro de calcio (J.T. Baker[®]), correspondientes al T1. Se mezcló el alginato de sodio con 1 L de agua en un vaso de precipitado, agitando constantemente para evitar la formación de grumos. De igual manera se mezclaron los gramos de cloruro de calcio en 1 L de agua en un vaso de precipitado. En el primer vaso con la mezcla de alginato de sodio se agregaron 300 g de paja de caña de azúcar molida seca para formar una pasta, con la cual se cubrieron las yemas manualmente.



Figura 1. Tratamientos de encapsulado. a: almidón al 15%. b: alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10%. c: yema sin encapsulado. d: yema recién cortada.

Las yemas encapsuladas se sumergieron en la solución de cloruro de calcio por cinco minutos, para la solidificación del polímero y posteriormente se colocaron en una bandeja de plástico para dejarlos secar durante 72 h a la sombra a temperatura ambiente (28 ± 2 °C). El grosor del encapsulado fue de aproximadamente 5 mm (Figura 1).

Encapsulado de las yemas de caña de azúcar utilizando almidón

Se utilizaron 150 g de fécula de maíz (Maizena®) correspondientes al T2. En una parrilla eléctrica (Cimarec, Thermo scientific, USA) se colocó un vaso de precipitado (KIMAX®, USA) con 750 mL de agua para calentarla. La fécula de maíz se disolvió en 250 mL de agua en un vaso de precipitado, a esta mezcla se le agregaron los 750 mL de agua caliente, y se agitó hasta homogeneizarla. Se pesaron 300 g de paja de caña de azúcar molida seca, utilizando una balanza granataria (TJ611, OHAUS®, México). A la mezcla de Almidón se le agregó la paja molida para formar una pasta, con la cual se cubrieron las yemas manualmente y se colocaron en una bandeja de plástico para dejarlos secar durante 72 h a la sombra a temperatura ambiente. El grosor del encapsulado fue de aproximadamente 5 mm. El T3 (yemas sin encapsulado), consistió en el mismo procedimiento de obtención y desinfección de yemas que el T1 y T2, pero sin encapsular, de igual manera se dejaron en reposo bajo las mismas condiciones que el T1 y T2. La obtención de yemas para los T1, T2 y T3, la desinfección y el encapsulado, se realizaron el mismo día del corte de

los tallos de caña de azúcar.

El T4 (yema recién cortada), consistió en el mismo procedimiento de obtención y desinfección de yemas que el T3, pero este procedimiento se realizó el mismo día de la siembra.

Establecimiento del experimento y manejo agronómico

El experimento se estableció en julio de 2017, en un suelo Fluvisol eutrítico (Salgado et al., 2005), en las instala-

ciones del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, con dimensiones de 15 m de ancho por 17 m de largo, la cual se dividió en 16 parcelas experimentales de 3 m de ancho por 3.5 m de largo, con tres líneas de siembra a 1.3 m de separación una de otra y una distancia entre semillas de 50 cm. Para dicho experimento, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde los tratamientos se distribuyeron en parcelas experimentales con cuatro repeticiones cada una.

Para el control de malezas en las parcelas experimentales, se aplicó un herbicida post-emergente (velfosato) siete días antes de realizar la siembra, una vez establecido el experimento el control de malezas se realizó de forma manual. La siembra se llevó a cabo después de las 72 h de reposo de los tratamientos T1, T2 y T3, para ello, se eliminó con palas la maleza seca en cada línea de siembra de las parcelas experimentales, posteriormente, cada semilla fue depositada en el suelo a una profundidad aproximada de 10 cm y una distancia de siembra de 50 cm entre semillas. El riego de las parcelas experimentales se aplicó diariamente mediante riego rodado hasta capacidad de campo.

Se midieron las variables de emergencia de plántulas, realizando un conteo de las plántulas emergidas por tratamiento a los 30 días después de la siembra. También el vigor de plántula, mediante la extracción de todas las plántulas emergidas a los 30 días, para medir la longitud de raíces y altura del tallo.

Se realizó un análisis de varianza con el diseño completamente al azar, y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey, usando el paquete SAS versión 9.3. Para obtener una distribución normal aproximada, el porcentaje de emergencia de plántulas se transformó al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción de plántulas emergidas $[\sqrt{x} / (100)]$. Para la variable vigor de plántula se realizó una transformación logarítmica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La emergencia de plántulas, mostró que T1 y T2 registraron emergencia de plántulas de 94.4 y 97.2% (estadísticamente iguales entre sí) (Cuadro 1); sin embargo, el T3 (yema sin encapsulado), mostró el menor porcentaje (55.5 %), sugiriendo que, encapsular yemas de caña de azúcar utilizando alginato de sodio (T1) y almidón (T2) mantiene la viabilidad de la yema (Figura 2) superando a las yemas recién cortadas (T4).

Los resultados de emergencia de plántulas obtenidos por los T1 y T2 (94.4 y 97.2% respectivamente), fueron ligeramente superiores al 93.66% de germinación obtenido a los 35 d después de la siembra por Galal (2016) al sembrar bud-chips (macetas con sistema de riego) (Galal, 2016), y a los 92.4% que reportaron Patnaik et al. (2017), utilizando la tecnología bud-chips (Patnaik et al., 2017). Arias et al. (2016), reportaron una emergencia de plántulas de 84% al encapsular yemas de caña de azúcar utilizando almidón al 10%, y 100% de emergencia de plántulas con alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10% a los 45 d después de la siembra (2). En el presente estudio, se registró que al aumentar la concentración de almidón al 15% se obtiene mayor por-

centaje de emergencia de plántulas, además, que, la concentración de alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10% es adecuada para la elaboración del vehículo para mejorar la emergencia ("semilla artificial") de yemas de caña de azúcar.

Para la longitud de raíz, el análisis de varianza indicó diferencias significativas entre tratamientos para el vigor de plántula. La prueba de medias de Tukey, indica que el T1 y el T4 presentaron la mayor longitud de raíz (12 y 11.2 cm, respectivamente),

siendo éstos estadísticamente iguales entre sí. La menor longitud de raíz se registró en T2 y T3 (Figura 3), ambos con una media de 8 cm de longitud de raíz (Cuadro 1).

En lo que respecta a la altura de tallo, en el análisis de varianza se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos. La prueba de medias de Tukey, indicó que T1 y T4, presentaron la mayor altura de tallo (49.6 y 54.6 cm, respectivamente), mientras que la menor altura fue de plántulas de T3 (30 cm) (Cuadro 1).



Figura 2. Germinación de yemas de *Saccharum* spp., mediante el vehículo de almidón al 15%



Figura 3. Desarrollo del sistema radical de la plántula a partir de yemas de *Saccharum* spp., mediante vehículo elaborado con almidón al 15%, o "semilla artificial".

Cuadro 1. Emergencia y vigor de plántulas de *Saccharum* spp. a los 30 días de siembra en condiciones de campo.

Tratamientos (T)	Emergencia de plántulas (%)	Longitud de raíz (cm)	Altura de tallo (cm)
T1 Alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10%	94.4 a	12 a	49.6 a
T2 Almidón al 15%	97.2 a	8 b	40.4 b
T3 Yema sin encapsulado	55.5 c	8 b	30 c
T4 Yema recién cortada	80.5 b	11.2 a	54.6 a
Media (%)	81.9	9.8	43.6
CV (%)	4.5	1.6	1.7
Prob F	0.0001**	0.0001**	0.0001**
DMS	0.1	0.06	0.1

†Medias con la misma letra en la columna son iguales estadísticamente. Prueba de Tukey (P≤0.05). **Diferencia altamente significativa.

Aun cuando el porcentaje de emergencia de plántulas fue igual estadísticamente en los tratamientos de alginato de sodio y almidón, existe una diferencia en la velocidad de germinación y emergencia de plántulas (Figura 4) que origina las diferencias en longitud de raíces y altura del tallo, los tratamientos que presentaron mayor velocidad de emergencia de plántulas a los 20 días después de la siembra (T1 y T4), obtuvieron la mayor longitud de raíces y altura de tallo a los 30 días después de la siembra, en contraste, el T2 presentó mayor velocidad de emergencia de plántulas a los 30 días, obteniendo una longitud de raíz y altura de tallo promedio, menor que los T1 y T4. Sin embargo, a largo plazo, esto podría no presentarse, según lo reportado por Nieves *et al.* (2003), al demostrar que, las diferencias de altura y diámetro del tallo de plantas de cultivos de caña de azúcar *in vitro* y plantas derivadas de tallos con tres yemas sembradas en condiciones de campo disminuyen con el tiempo e incluso desaparecen a los 12 meses de edad.

Estos resultados sugieren que los recubrimientos de polímeros en las concentraciones utilizadas en el T1 y T2, producen mayor porcentaje de emergencia de plántulas a los 30 días después de la siembra, en comparación con las yemas sin encapsulados y recién cortadas, lo cual demuestra la viabilidad de la "semilla artificial" de caña de azúcar en condiciones de campo.

CONCLUSIONES

Los resultados de la emergencia de plántulas a partir de la semilla artificial de caña de azúcar en condiciones de campo, demuestran que encapsular yemas de caña de azúcar utilizando alginato de sodio al 2% + cloruro de calcio al 10% y almidón al 15%, propician un medio adecuado para la conservación de la viabilidad de la yema al obtener porcentajes de emergencia de 94.4 y 97.2% respectivamente. Con los resultados obtenidos, se demuestra la capacidad de la semilla artificial de caña de azúcar encapsulada con almidón para una emergencia rápida y homogénea en condiciones de campo, lo que pone en evidencia el potencial de uso como alternativa que permita mejorar la calidad de semillas de caña de azúcar y reducir el peso del material de siembra utilizado en los métodos tradicionales.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Sánchez G.F., Arias-de la Cruz H.L., Salgado-García S., Córdova-Sánchez S., Ortiz-Laurel H., Castelán-Estrada M., García-de la

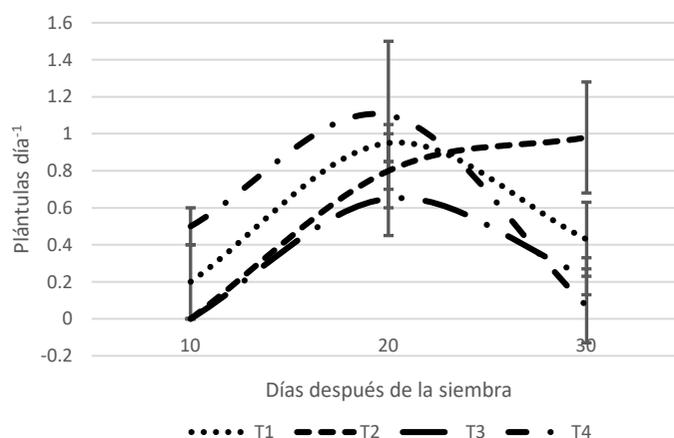


Figura 4. Velocidad de emergencia de plántulas de *Saccharum* spp., variedad Mex 69-290 a 10, 20 y 30 días después de la siembra en condiciones de campo

Cruz R., & Castañeda-Ceja R. (2018). Development of artificial sugarcane seed CP-54 from three cultivars (cv MEX 69-290; cv MEX 68-P-23; cv. CP 72-2086) using polymers in Tabasco, Mexico. *Acta Agron.* 67(1): 94-100 pp.

Budi S., Redjeki E.S., & Prihatiningrum A.E. (2016). Effect Variety and Stratified Plantlet Nursery to the Growth Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Propagated in Single Bud. *Research Journal of Seed Science.* 9(2): 42-47.

Cid Mariela., González-Olmedo J.L., Lezcano Y., & Nieves N. (2006). Influencia del pectimorf sobre la calidad de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Cultivos tropicales.* 27(1): 31-34 pp.

Figueroa R.K.A., García G.A.M.T., Mayett M.Y., Hernández R.F., & Figueroa S.B. (2015). Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 6(6): 1345-1358 pp.

Galal A.M.O. (2016). A new technique for planting sugarcane in egypt. *IIOAB JOURNAL.* 7(4): 15-21 pp.

Jain R., Solomon S., Shrivastava A.K., & Chandra A. (2010). Sugarcane bud chips: a promising seed material. *Sugar Tech.* 12(1): 67-69 pp.

Morales M.E de J., & Cano J del S. (2012). Semillas sintéticas. El campo del futuro. *Revista Ciencia y Desarrollo.* Edición marzo-abril 2012. 16-21 pp.

Naik R., Annamalai S.J.K., Nair N.V., & Prasad N.R. (2013). Studies on mechanization of planting of sugarcane bud chip settlings raised in portrays. *Sugar Tech.* 15(1): 27-35 pp.

Nieves N., Zambrano Y., Tapia R., Cid M., Pina D., & Castillo R. (2003). Field performance of artificial seed-derived sugarcane plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 75: 279-282 pp.

Ortiz-Laurel H., Rosas-Calleja D., Rössel-Kipping D., Salgado-García S., & Debernardi de la Vequia H. (2016). Efectividad y rentabilidad de técnicas de siembra de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad.* 9(3): 40-47 pp.

Patnaik J.R., Singh S.N., Sarangi D., & Nayak P.K. (2017). Assessing potentiality of bud chip technology on sugarcane productivity, profitability and sustainability in real farming situations under south east Coastal Plain Zone of Odisha, India. *Sugar Tech.* 19(4): 373-377 pp.

- Robotham B.G. (2004). Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. Proc. Aust. Soc. Sugar cane Technol. 26: 9 p.
- Salgado G.S., Palma-López D.J., Lagunes E.L.C., Ortiz G.C.F., & Ascencio R.J.M. (2005). Bases para generar un programa sustentable de fertilización en un Ingenio de Tabasco, México. Interciencia. 30(7): 395-403 pp.
- Viveros, C.A. & H Calderón. 1995. Siembra. En Cenicaña. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali. Cenicaña. Colombia. 131-139 pp.

