

Evaluación del Uso de un Bioestimulante a Base de Bambú en el Crecimiento y Desarrollo Vegetativo de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. Atemex 96-183)

G. G. Cuevas Farias^{#1}, M. A. Celis Crisóstomo^{#2}, J. P. Mojica Sánchez^{#3}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Tamazula, Jalisco, México.

¹tm190115980@tamazula.tecmm.edu.mx, ²marco.celis@tamazula.tecmm.edu.mx,

³juan.mojica@tamazula.tecmm.edu.mx

Resumen— El presente estudio se centra en la evaluación del uso de un bioestimulante a base de bambú en el crecimiento y desarrollo vegetativo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. Atemex 96-183). Se establecieron cuatro tratamientos: tres con diferentes dosis de bioestimulante aplicadas en surcos individuales y un tratamiento control sin aplicación. Se evaluaron parámetros de crecimiento, como altura y diámetro de las plantas, así como la cantidad de macollos por metro lineal y el porcentaje de grados Brix, que es un indicador de la concentración de azúcares en la caña de azúcar. Los resultados obtenidos mostraron que el tratamiento con bioestimulante tuvo un impacto positivo en el crecimiento vegetativo de la caña de azúcar, incrementando la altura, el diámetro y la cantidad de macollos. Sin embargo, el efecto sobre el contenido de azúcares, medido a través de los grados Brix, fue menos significativo. Este estudio sugiere que el bioestimulante a base de bambú puede ser una alternativa viable para mejorar el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar, aunque se recomienda realizar estudios adicionales para optimizar las dosis y entender mejor su impacto en la calidad del producto final.

Palabras clave—Bioestimulante, bambú, fitohormonas, desarrollo vegetativo, caña de azúcar.

Abstract— The present study focuses on the evaluation of the use of a bamboo-based biostimulant on the growth and vegetative development of sugarcane (*Saccharum officinarum* L. Var. Atemex 96-183). Four treatments were established: three with different doses of biostimulant applied in individual furrows and a control treatment without application. Growth parameters were evaluated, such as plant height and diameter, as well as the number of tillers per linear meter and the Brix percentage, which is an indicator of sugar concentration in sugarcane. The results obtained showed that the biostimulant treatment had a positive impact on the vegetative growth of sugarcane, increasing the height, diameter and number of tillers. However, the effect on sugar content, measured by Brix, was less significant. This study suggests that bamboo-based biostimulant can be a viable alternative to improve sugarcane vegetative development, although further studies are recommended to optimize doses and better understand its impact on the quality of the final product.

Keywords— Biostimulant, bamboo, phytohormones, vegetative development, sugarcane.

I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, no solo por su papel en la producción de azúcar, sino también por su creciente relevancia en la generación de bioenergía, especialmente en la producción de etanol [1-3]. Diversos factores, como las prácticas agronómicas, las condiciones climáticas, la nutrición de las plantas y el uso más reciente de fitohormonas y bioestimulantes, influyen directamente en el rendimiento y la calidad de la caña de azúcar. Estos compuestos favorecen procesos fisiológicos en las plantas [4-5], mejorando su crecimiento, desarrollo y capacidad para resistir condiciones de estrés. En años recientes, la necesidad de encontrar alternativas más sostenibles en la agricultura ha impulsado el desarrollo y uso de bioestimulantes, entre ellos los derivados del bambú [6-7]. El bambú, conocido por su rápido crecimiento y adaptabilidad a diferentes ambientes, contiene auxinas y otros compuestos bioactivos que pueden estimular el crecimiento de otros cultivos (Figura 1).

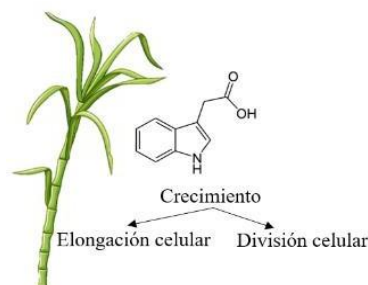


Fig. 1. Efectos de las auxinas en el desarrollo vegetal.

La acción de las auxinas como reguladoras del crecimiento vegetal está asociada al desarrollo y regulación de la planta. Las auxinas promueven el crecimiento en tallos y coleóptilos; este crecimiento se produce por un aumento en la extensibilidad de la pared celular, debido a que estos reguladores inducen el transporte de protones hacia la pared celular [8-9].

Este estudio se centró en evaluar cómo un bioestimulante elaborado a partir de extractos de bambú, llamado "Bambuxina", afecta el crecimiento y desarrollo vegetativo de la caña de azúcar, en particular de la variedad Atemex 96-183 [10], la cual es una variedad de alta productividad y resistencia a plagas y enfermedades. Para este propósito, se diseñaron tres tratamientos experimentales incluyendo un testigo destinados a comparar los efectos del bioestimulante en distintos aspectos del crecimiento de la caña de azúcar, tales como la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de macollos por metro lineal y el contenido de azúcares, medido en grados Brix, se encontraron resultados significativos respecto al uso del bioestimulante contra el testigo. Los tratamientos con Bambuxina mostraron un aumento en la altura (de 7.5% a 21.25%) y en el diámetro (20% en algunos casos), en comparación con el testigo en el desarrollo vegetativo, mientras los resultados en el número de macollos son menos significativos, factores como la variabilidad en la aplicación, las condiciones específicas del suelo, o incluso el microclima podrían influir en estos resultados.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización del trabajos experimental

El trabajo de campo de esta investigación se realizó en el año 2023, en el Municipio de Zapotiltic, del estado de Jalisco. Dicho estudio se realizó en la parcela Alpha Mina ubicada en las coordenadas geográficas (19°37'07.7"N 103°24'48.6"W), temperatura promedio de 20 °C y humedad relativa promedio de 76% (Figura 2).

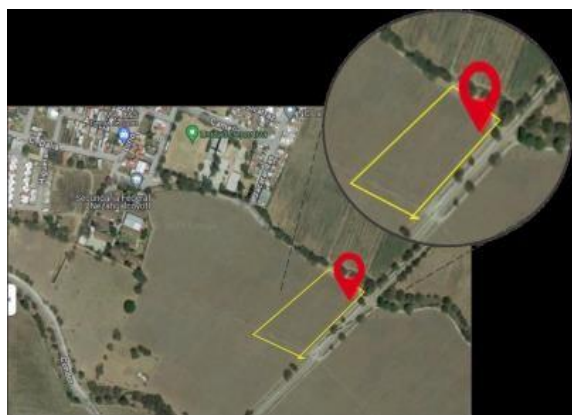


Fig. 2. Ubicación de la parcela Alpha Mina vía satelital fuente: Google Maps. Noviembre 2023.

2.2. Delimitación del área experimental.

Se seleccionaron tres surcos para la aplicación de bambuxina, con la finalidad de elegir completamente al azar cañas para las mediciones de crecimiento, diámetro, macollaje por metro lineal y °Brix. Se señaló un testigo a una distancia 50 metros aproximadamente sin aplicación de Bambuxina (Figura 3). La extensión del terreno fue de hectárea y media.

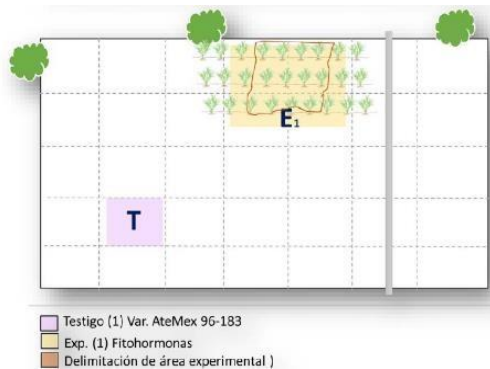


Fig. 3. Croquis de experimento para la aplicación de Bambuxina.

2.3. Material vegetal y elaboración de bioinsumo.

Se utilizó la variedad de caña de azúcar Atemex 96-183 y bambú para la elaboración del bioinsumo. Después de la selección de brotes jóvenes de *Bambusa spp.*, se inició el proceso de extracción de auxinas. Las cañas fueron despojadas de su corteza y segmentadas en secciones correspondientes a cada entrenudo, realizando cortes transversales precisos. Los segmentos obtenidos se depositaron en un recipiente plástico, al cual se añadió melaza (fuente de carbohidratos), ceniza de caña (fuente de minerales), y sustrato de tierra de maceta como aporte de materia orgánica. Se incorporó agua para facilitar la fermentación, y el recipiente fue sellado herméticamente con una cubierta de polietileno, asegurada con una cuerda. El sistema fue almacenado en condiciones de baja luminosidad y temperatura controlada durante un período de 30 días para optimizar la liberación y concentración de auxinas (Figura 4).



Fig. 4. Elaboración de bioinsumo de bambú.

2.4. Diseño experimental y aplicaciones

El diseño experimental evaluó el impacto del bioestimulante "Bambuxina" en la caña de azúcar (variedad Atemex 96-183) mediante un diseño de bloques al azar [8]. La parcela se dividió en tres surcos y el testigo. Se realizaron tres aplicaciones de Bambuxina: la primera, poco después de la germinación para mejorar el enraizamiento; la segunda, durante el crecimiento activo para promover la elongación del tallo y el número de macollos; y la tercera, antes de la maduración para aumentar la acumulación de azúcares. Estas aplicaciones permitieron medir los efectos del bioestimulante en la altura, diámetro del tallo, número de macollos y grados Brix, comparándolos con los surcos de control.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la aplicación de Bambuxina tuvo un impacto positivo en la altura de la caña de azúcar. En comparación con el testigo, los surcos tratados con Bambuxina mostraron un aumento en la altura que varió entre el 7.5% y el 21.25%.

Este aumento en la altura es significativo, ya que indica que el bioestimulante puede promover la elongación celular y el crecimiento vertical de la planta. La mayor altura observada podría ser resultado de la estimulación de las auxinas presentes en la Bambuxina, que son conocidas por promover el alargamiento celular. Sin embargo, la variabilidad en el aumento de altura entre los diferentes surcos tratados sugiere que el efecto del bioestimulante puede depender de factores adicionales, como la densidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes, o las condiciones de riego (Figura 5) [8].

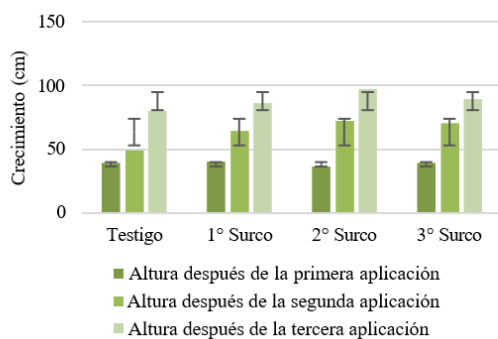


Fig. 5. Efectos del tratamiento con bioestimulante en el crecimiento de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. Atemex 96-183), se incluye testigo para la comparación.

El diámetro del tallo también se vio afectado por la aplicación de Bambuxina, con aumentos de hasta un 20% en algunos surcos en comparación con el testigo. Este incremento en el diámetro es relevante porque puede indicar una mejor acumulación de biomasa y un mayor vigor de las plantas. Un mayor diámetro también puede estar asociado con una mayor resistencia a factores ambientales adversos, como el viento y las plagas. La consistencia del aumento del

diámetro en los surcos tratados sugiere que la Bambuxina puede tener un efecto más uniforme en la expansión celular lateral en comparación con su efecto en la altura (Figura 6).

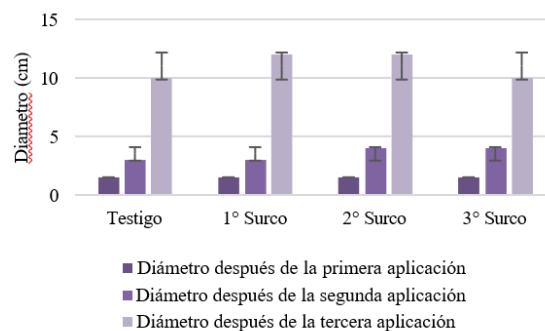


Fig. 6. Efectos del tratamiento con bioestimulante en el crecimiento de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. Atemex 96-183), se incluye testigo para la comparación.

El número de macollos por metro lineal mostró un aumento del 17.86% en el primer surco tratado con Bambuxina, mientras que en el segundo surco hubo una ligera disminución (-3.57%) y en el tercer surco no se observó ningún cambio en comparación con el testigo. Estos resultados son más variados y sugieren que el efecto del bioestimulante en el macollaje [10] puede ser más complejo y posiblemente influenciado por otros factores agronómicos o ambientales.

Un mayor número de macollos podría ser beneficioso para aumentar la densidad del cultivo y el rendimiento total, siempre que las plantas individuales mantengan una calidad óptima. La falta de un aumento consistente en el número de macollos puede indicar que la Bambuxina no siempre estimula la formación de brotes laterales, o que su efecto puede estar condicionado a la fase específica de crecimiento en la que se aplique (Figura 7).

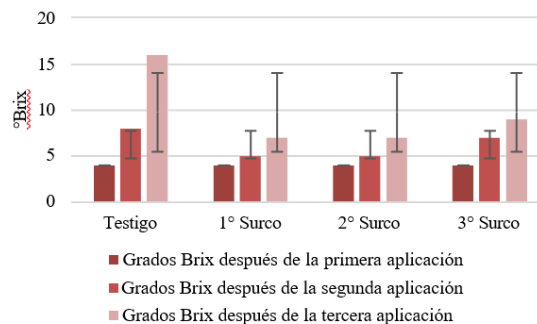


Fig. 7. Efectos del tratamiento con bioestimulante en los grados Brix de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. Atemex 96-183), se incluye testigo para la comparación.

El contenido de azúcar, medido en grados Brix, no mostró una mejora consistente con la aplicación de Bambuxina. De

hecho, el testigo tuvo un incremento mayor en los grados Brix en comparación con los surcos tratados. Esto podría indicar que, aunque la Bambuxina promueve el crecimiento y el desarrollo vegetativo, no necesariamente mejora la concentración de azúcares en los tallos. Una posible explicación es que el aumento en la biomasa vegetal podría estar diluyendo la concentración de azúcares o que el bioestimulante afecta principalmente al crecimiento vegetativo sin influir en los mecanismos de acumulación de crecimiento de nuevos brotes o en el aumento del tamaño del tallo, más que en la acumulación de azúcares (Figura 8).

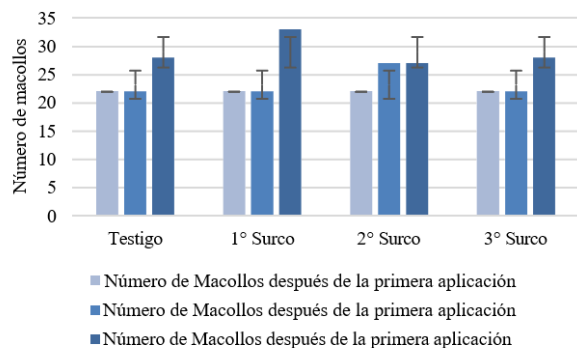


Fig. 8. Efectos del tratamiento con bioestimulante en el número de macollos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. Atemex 96-183), se incluye testigo para la comparación

IV. CONCLUSIONES

El estudio evaluó el efecto del bioestimulante "Bambuxina" en el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L., variedad Atemex 96-183). Los resultados mostraron que la aplicación de Bambuxina promovió un incremento significativo en la altura y el diámetro del tallo de las plantas, lo cual sugiere un impacto positivo en el crecimiento vegetativo y la robustez de la caña de azúcar. Sin embargo, los efectos en el número de macollos por metro lineal fueron variables, con un incremento notable en algunos casos y ausencia de cambios en otros. Además, la aplicación de Bambuxina no mejoró el contenido de azúcares medido en grados Brix; en algunos casos, el testigo sin tratamiento mostró un mayor contenido de azúcares que los surcos tratados.

REFERENCIAS

- [1] N. Aguilar Rivera, "Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México," *Nova scientia*, vol. 6, no. 12, pp. 125-161, 2014.
- [2] N. Aguilar Rivera, G. Galindo Mendoza, J. Fortanelli Martínez, y C. Contreras Servín, "Factores de competitividad de la agroindustria de la caña de azúcar en México," *Región y sociedad*, vol. 23, no. 52, pp. 261-297, 2011.
- [3] G. Raza, K. Ali, M. A. Hassan, M. Ashraf, M. T. Khan, and I. A. Khan, "Sugarcane as a bioenergy source," en *Sugarcane biofuels: status, potential, and prospects of the sweet crop to fuel the world*, pp. 3-19, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-18597-8_1.
- [4] I. Delgado Mora, D. Arocha Álvarez, J. R. Gómez Pérez y H. Jorge Suarez, "Respuesta de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para el rendimiento azucarero, en diferentes momentos evaluativos," *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, Vol. 55, no. 3, pp. 3-13, 2021.
- [5] L. M. Jacomassi, J. O. Viveiros, M. P. Oliveira, L. Momesso, G. F. de Siqueira, and C.A. Costa Crusciol, "A seaweed extract-based biostimulant mitigates drought stress in sugarcane," *Frontiers in Plant Science*, vol. 13, art. 865291, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.865291>.
- [6] O. Ali, A. Ramsubhag, y J. Jayaraman, "Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production," *Plants*, vol. 10, no. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10030531>.
- [7] L. P. Canellas y F. L. Olivares, "Physiological responses to humic substances as plant growth promoter," *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, vol. 1, pp. 1-11, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>.
- [8] M. Jordán y J. Casaretto, "Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas," en *Fisiología Vegetal*, F. A. Squeo y L. Cardemil, Eds. pp. 1-28, 2006.
- [9] M. Cid, J. L. González Olmedo, Y. Lezcano y N. Nieves, "Influencia del Pectimorf sobre la calidad de la semilla artificial de caña de azúcar (*Saccharum* sp.)," *Cultivos tropicales*, vol. 27, no. 1, pp. 31-34, 2006.
- [10] R. Zuaznabar Zuaznabar, G. Pantaleón Paulino, N. Milanés Ramos, I. Gómez Juárez y A. Herrera Solano, "Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FITOMAS-E en el estado de Veracruz, México," *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. 47, no. 2, pp. 8-12, 2013.