


Artículo original

## **Efecto de la aplicación de un bioproducto en etapas tempranas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)**

Yaisys Blanco-Valdes<sup>1\*</sup> 

Omar Enrique Cartaya-Rubio<sup>1</sup> 

Iván Castro-Lizazo<sup>2</sup> 

Meilyn Espina-Nápoles<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, (UNAH) carretera a Tapaste y Autopista Nacional, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700

\* Autor para correspondencia: [yblanco@inca.edu.cu](mailto:yblanco@inca.edu.cu)

### **RESUMEN**

Se realizaron dos experimentos, con el objetivo de evaluar la efectividad de la aplicación de QuitoMax<sup>®</sup> en etapas tempranas del desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). El primer experimento consistió en evaluar el efecto del QuitoMax<sup>®</sup> en la fase de germinación, para ello se evaluó la germinación sobre placas petri, sembrando 10 semillas de maíz del cultivar Jíbaro/placa. Estas fueron humedecidas a razón de 1 mL de QuitoMax<sup>®</sup>/semilla con diferentes concentraciones (grupos tratados) o agua destilada (testigo). Las concentraciones consistieron en: 0,05; 0,5 y 1 g L<sup>-1</sup> de QuitoMax<sup>®</sup>. El segundo experimento consistió en diferentes formas de aplicación del QuitoMax<sup>®</sup>, en etapas tempranas del cultivo de maíz, para lo cual se realizó la siembra en bolsas de polietileno, las semillas fueron embebidas y se le aplicó foliarmente las mejores concentraciones de QuitoMax<sup>®</sup> encontradas en el ensayo anterior. Se evaluó la germinación, la longitud del tallo y las raíces, la altura de las plantas y la masa seca de las plantas. El análisis de los resultados mostró una mejor respuesta de las plantas cuando recibieron la combinación de la imbibición de las semillas con la aspersion foliar de QuitoMax<sup>®</sup> a una concentración de 1 g L<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** bioestimulantes, polímeros, semillas

Recibido: 09/09/2020

Aceptado: 24/03/2021

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de gran preferencia y de alto consumo en el mundo, tanto como producto fresco como procesado <sup>(1)</sup>, debido a sus propiedades nutricionales, es un alimento que contiene muchos carbohidratos y por su extrema adaptabilidad se ha convertido en el alimento de más producción a nivel mundial.

Este cultivo extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, por lo que se necesita aplicarle una fertilización adecuada para cubrir sus requerimientos nutricionales <sup>(2)</sup>. Al igual que otros cereales, se caracteriza por ser un cultivo intensivo con grandes y crecientes aplicaciones de productos químicos, lo cual se ha señalado como una tendencia preocupante en América Latina <sup>(3)</sup>.

El maíz actualmente se cultiva en todas las provincias del país y se sitúa dentro de las prioridades de las políticas agrarias del estado; la productividad de estos cultivares no superan las 1,44-2,35 t ha<sup>-1</sup> como promedio <sup>(4)</sup>, siendo una de las limitantes de su producción, las incidencias de las plagas que con frecuencia merman los rendimientos, a pesar de que las plantas resisten sus ataques <sup>(5)</sup>.

El estado cubano hace esfuerzos para aumentar la producción de este cultivo, ya que las producciones continúan siendo escasas, por lo que es necesario incrementar la producción y el rendimiento del mismo en todos los escenarios agrícolas <sup>(6)</sup>. A pesar de los esfuerzos realizados por la agricultura para elevar los rendimientos en el cultivo, estos presentan una media nacional de 2,25 t ha<sup>-1</sup>, distante de la media mundial, con valores alrededor de las 4,50 t ha<sup>-1</sup> <sup>(7)</sup>.

A nivel mundial y, especialmente en Cuba, se trabaja arduamente en la búsqueda de bioestimulantes y biofertilizantes orgánicos que permitan a las plantas superar las situaciones de estrés en las condiciones adversas del medio, favoreciendo el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento, con una disminución del uso de sustancias químicas <sup>(8)</sup>.

Sin embargo, recientemente se ha establecido que existen sustancias naturales denominadas bioestimulantes, que al aplicarse a las semillas y a las plantas, pueden actuar como aceleradores del metabolismo celular e influir positivamente en el crecimiento, el desarrollo y la protección contra enfermedades de las plantas, lo cual conduce al incremento significativo del rendimiento y saneamiento de los frutos <sup>(9,10)</sup>. Dentro de los bioestimulantes más conocidos se encuentra el quitosano, derivado de la quitina, principio activo de origen natural, biodegradable y no causa daños al medio ambiente, que se obtiene en el departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

El quitosano es un polímero natural muy abundante que se extrae del exoesqueleto de los crustáceos <sup>(11)</sup>. En ese sentido, formulaciones como QuitoMax<sup>®</sup>, derivadas de quitosano, se ha empleado con éxito en la estimulación del rendimiento y sus componentes en el frijol y la papa <sup>(12,13)</sup>. Teniendo en cuenta las potencialidades del QuitoMax<sup>®</sup> en el crecimiento y el desarrollo de las plantas, nos trazamos como objetivo evaluar la efectividad de la aplicación de QuitoMax<sup>®</sup> en etapas tempranas del desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Efecto del QuitoMax<sup>®</sup> en la fase de germinación de la semilla de maíz

La investigación se llevó a cabo en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del INCA, en una cámara de crecimiento. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Se realizó la evaluación de la germinación *in vitro* sobre placas Petri de 16 mm de diámetro, sembrando 10 semillas de maíz/placa del cultivar Jíbaro y 4 placas/tratamiento (n=40). Se aplicaron los tratamientos a razón de 1 mL/semilla de QuitoMax<sup>®</sup> a diferentes concentraciones (grupos tratados) o agua destilada (grupo testigo), como sustrato sobre papel previamente esterilizado (Tabla 1).

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos estudiados.

Tratamientos	Descripción
1	Testigo (agua destilada)
2	QuitoMax <sup>®</sup> 1 g L <sup>-1</sup>
3	QuitoMax <sup>®</sup> 0,5 g L <sup>-1</sup>
4	QuitoMax <sup>®</sup> 0,05 g L <sup>-1</sup>

Las placas de germinación se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura (20,1-22,0 °C) y humedad relativa (50-64 %), condiciones que fueron monitoreadas diariamente mediante un termohigrómetro (Fisher Scientific). Igualmente se realizó observación diaria para la determinación del tiempo de emergencia de las radículas durante un periodo de 15 días. El experimento se replicó dos veces en el tiempo.

El resto de las mediciones se realizaron a los 15 días de iniciada la prueba. Transcurrido este tiempo, se realizó conteo de las semillas germinadas para la determinación del porcentaje de germinación relativo, la longitud de la raíz (cm), la longitud del tallo (cm) y la altura de la planta (cm).

### Efecto de diferentes formas de aplicación del Quitomax<sup>®</sup> en etapas tempranas del cultivo de maíz

Se utilizaron semillas de maíz de la variedad Jíbaro, cuyas semillas fueron suministradas por el Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal del INCA y se llevó a cabo el experimento, en condiciones semi-controladas, con los mejores resultados alcanzados en los estudios realizados sobre la germinación de las semillas (Tabla 2).

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos estudiados

Tratamientos	Descripción
1	Testigo (imbibición con agua destilada)
2	Imbibición de la semilla 1 hora (1 g L <sup>-1</sup> )
3	Imbibición de la semilla 1 hora (0,5 g L <sup>-1</sup> )
4	Aspersión foliar (1 g L <sup>-1</sup> ) (dosis 10 ml x planta)
5	Aspersión foliar (0,5 g L <sup>-1</sup> ) (dosis 10 ml x planta)
6	Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L <sup>-1</sup> )
7	Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (0,5g L <sup>-1</sup> )

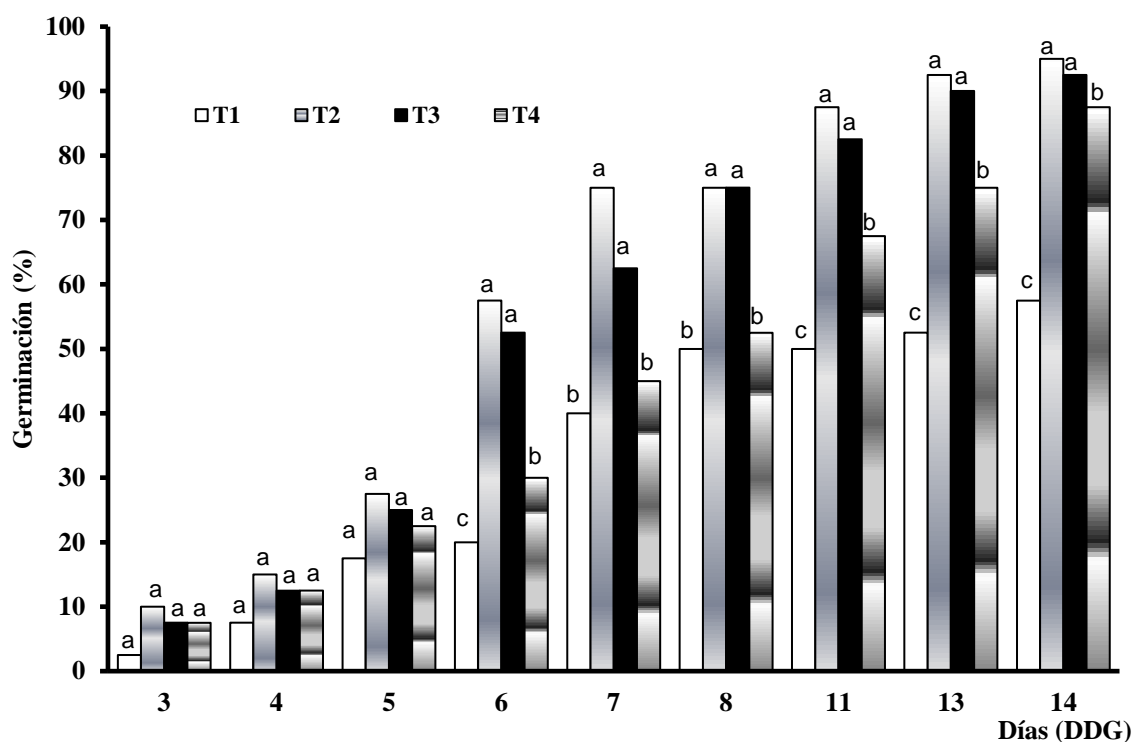
Para realizar los experimentos se utilizaron bolsas de polietileno de 7 kg de capacidad con un suelo clasificado como Ferralítico rojo lixiviado agrogénico <sup>(14)</sup>, recolectado en áreas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), se utilizaron diez bolsas por cada tratamiento, se sembraron cinco semillas por bolsas y a los siete días de emergidas las plantas se dejó solo una en cada bolsa, con un diseño completamente aleatorizado y el riego se realizó cada dos días. Este experimento se repitió tres veces en el tiempo (n=30).

Las aspersiones foliares se realizaron a los 15 y 30 días después de emergidas las plantas. A los 15 días posteriores de la primera aspersión foliar se midió a cinco plantas por tratamiento, el largo de la raíz (cm) y la altura de la planta (cm); a los 45 días después de emergidas las plantas se determinó la longitud de la raíz, la altura de la planta (cm) y la masa seca (g).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del QuitoMax<sup>®</sup> en la fase de germinación de la semilla de maíz

La germinación de las semillas es un proceso oxidativo, donde influyen múltiples factores, en la Figura 1, se muestra el resultado del porcentaje de germinación, en plántulas de maíz del cultivar Jíbaro, en condiciones controladas. Puede observarse que en los primeros cinco días después de la germinación (DDG), las concentraciones empleadas de QuitoMax<sup>®</sup> (T2, T3 y T4) no lograron estimular la germinación por encima del control (T1), al no existir diferencias significativas entre los tratamientos, obteniéndose el menor valor en la concentración de 0,05 g L<sup>-1</sup> (v:v) correspondiente al tratamiento T4.



Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con  $p < 0,05$  según Duncan

T1-Testigo, T2- Q:1 g L<sup>-1</sup>, T3- Q:0,5 g L<sup>-1</sup>, T4- Q:0,05 g L<sup>-1</sup>

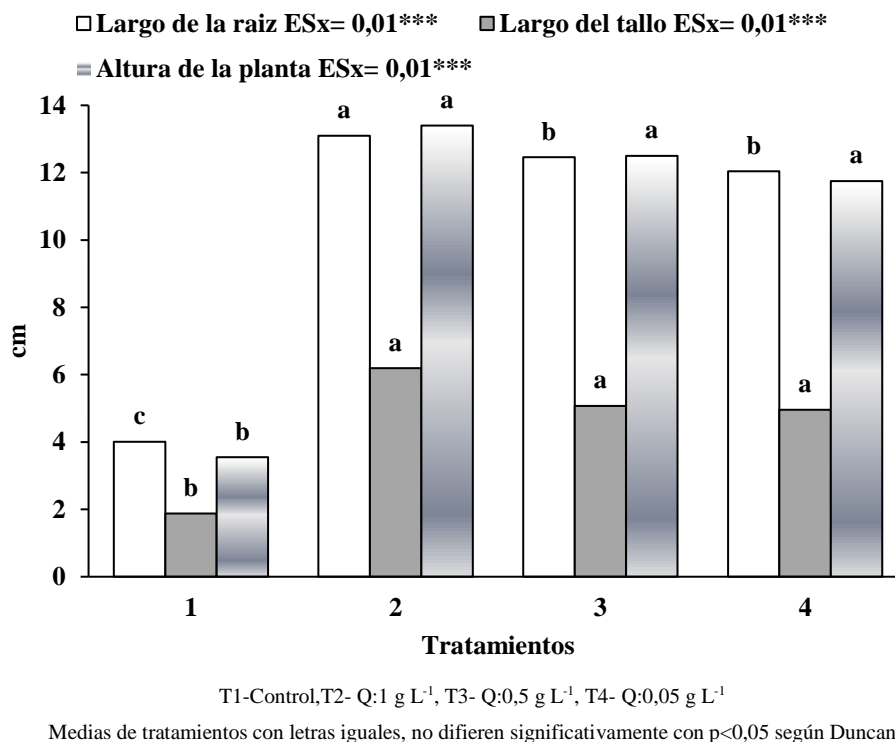
**Figura 1.** Efecto del QuitoMax<sup>®</sup> en el porcentaje de germinación de las semillas de maíz

Sin embargo, después de los 6 DDG, se aprecia el efecto fisiológico deseado del QuitoMax<sup>®</sup> sobre la germinación en los tratamientos 2, 3 y 4; demostrándose que las concentraciones empleadas lograron estimular este proceso, alcanzando valores por encima del testigo. Otro hallazgo importante fue que a medida que se disminuyó la concentración del QuitoMax<sup>®</sup> se redujo la germinación; obteniéndose el mejor resultado en la concentración de 1 g L<sup>-1</sup> correspondiente al tratamiento 2.

En sentido general, todos los tratamientos con QuitoMax<sup>®</sup>, incluido el de 0,05 g L<sup>-1</sup> (T4), que fue el que menor número de semillas germinadas presentó, se comportaron mejores que el tratamiento testigo, por lo que se puede plantear que la velocidad de germinación de estas semillas fue más lenta que en los tratamientos donde se aplicó la quitosana.

Algunos autores han planteado que la quitosana incrementa la germinación en algunos cultivos, ya que estimula enzimas del metabolismo secundario, tales como la quitinasa, celulasa y B 1,3 glucanasa<sup>(15,16)</sup>. Adicionalmente, el tratamiento con quitosana logró estimular algunos eventos en la semilla como son: hidratación de proteínas, cambios estructurales subcelulares, respiración, síntesis de macromoléculas y elongación celular. Todos estos procesos permiten el paso de un embrión deshidratado, en estado de reposo, con un metabolismo apenas detectable a uno con un metabolismo activo que culmina en el crecimiento del eje embrionario.

El efecto del QuitoMax<sup>®</sup> en los indicadores de crecimiento y desarrollo del maíz estudiados se muestran en la Figura 2. De forma general se puede apreciar que con la concentración de 1 g L<sup>-1</sup> fue con la que se logró mayor longitud de la raíz, mayor longitud del tallo y la mayor altura de la planta, pero esta concentración no difirió de los restantes tratamientos en los que se utilizó QuitoMax<sup>®</sup>, a excepción de la longitud de la raíz, pero sí se diferenció del tratamiento control (T1).



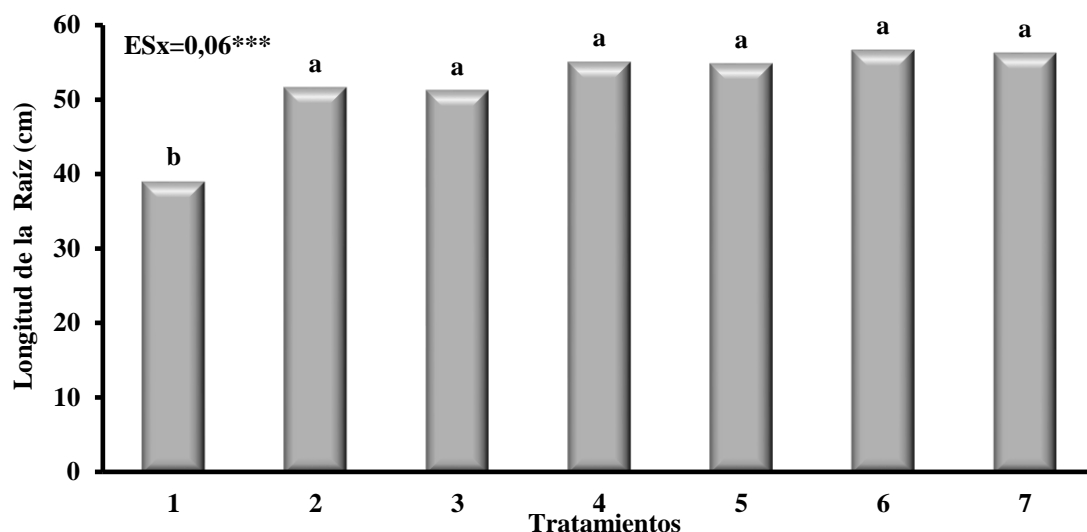
**Figura 2.** Efecto de las concentraciones de QuitoMax<sup>®</sup> en indicadores del crecimiento y desarrollo del maíz hasta la etapa V2 del maíz

Algunos autores han observado el efecto estimulador del crecimiento de la quitosana en semillas de cereales, así como otros investigadores han observado un aumento en el tamaño y el diámetro del tallo<sup>(17,18)</sup>. Esto puede explicarse porque la quitosana favorece la producción de enzimas relacionadas con el crecimiento y el desarrollo de las plantas, tales como la celulosa, lo que promueve una mayor altura de las plantas<sup>(19)</sup>.

Considerando lo anteriormente expuesto, es menester destacar que estos resultados poseen un impacto positivo y práctico en la agricultura cubana, porque la siembra usualmente se efectúa después de remojar e incubar las semillas por períodos sucesivos de 24 horas, aunque en Cuba, el tiempo de sumersión y reposo varía entre 24 horas y 30 horas en el verano y en invierno hasta 40 y 48 horas, respectivamente<sup>(20)</sup>, lo cual aceleraría este proceso con el empleo del QuitoMax<sup>®</sup>.

## Efecto de diferentes formas de aplicación del QuitoMax<sup>®</sup> en etapas tempranas del cultivo de maíz

Al evaluar el efecto de las diferentes formas de aplicación del QuitoMax<sup>®</sup> sobre la longitud de la raíz de las plantas de maíz (Figura 3), se registraron diferencias entre todas ellas y el tratamiento en el que no se aplicó (T1).



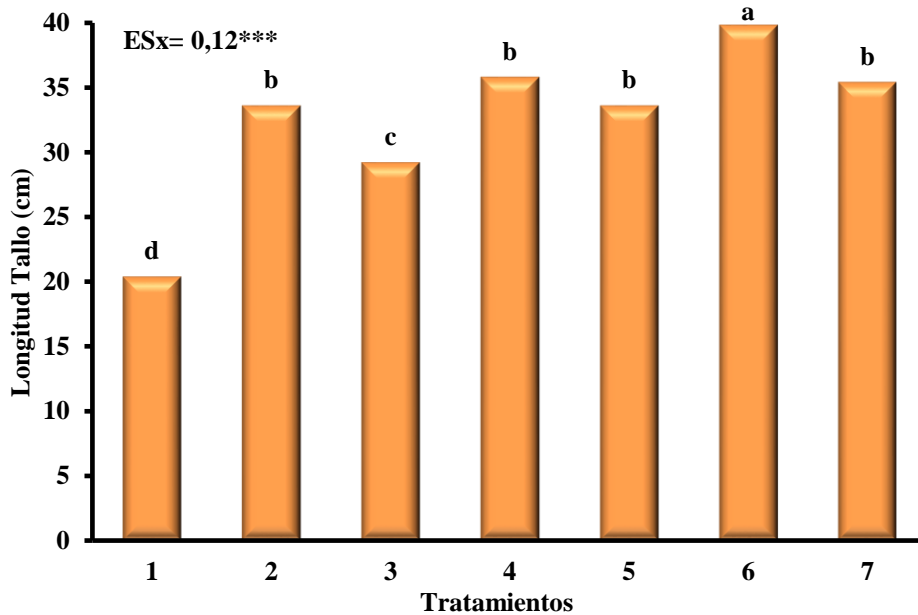
T1- Control, T2- Imbibición de la semilla 1 hora (1 g L<sup>-1</sup>), T3- Imbibición de la semilla 1 hora (0,5 g L<sup>-1</sup>), T4- Aspersión foliar (1 g L<sup>-1</sup>) (Dosis 10 mL x Planta), T5- Aspersión foliar (0,5 g L<sup>-1</sup>) (Dosis 10 mL x Planta), T6- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L<sup>-1</sup>), T7- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (0,5 g L<sup>-1</sup>)

Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con  $p < 0,05$  según Duncan

**Figura 3.** Longitud de la raíz de plantas de maíz tratadas con diferentes formas de aplicación del QuitoMax<sup>®</sup>

Se destaca el hecho de que en los tratamientos donde se aplicó la quitosana no existieron diferencias significativas entre ellos; sin embargo, con la aplicación de quitosana en la imbibición de las semillas combinada con la aspersión foliar (T6 y T7), se lograron longitudes superiores de la raíz a las aplicaciones independientes (T2, T3, T4 y T5) y al control (T1).

Los resultados de la evaluación de la longitud del tallo, se presentan en la Figura 4. Se observó que las plantas donde se aplicó el QuitoMax<sup>®</sup> de diferentes formas, mostraron resultados superiores significativamente a aquellas donde no se aplicó el producto (T1).

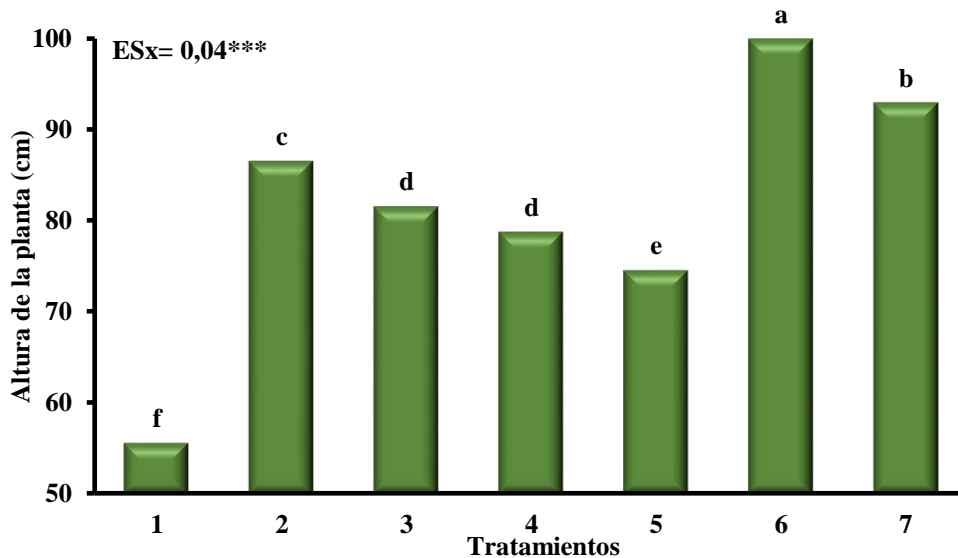


T1- Control, T2- Imbibición de la semilla 1 hora ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), T3- Imbibición de la semilla 1 hora ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ), T4- Aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ) (Dosis  $10 \text{ mL x Planta}$ ), T5- Aspersión foliar ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ) (Dosis  $10 \text{ mL x Planta}$ ), T6- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), T7- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ )

Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con  $p < 0,05$  según Duncan

**Figura 4.** Longitud del tallo de plantas de maíz tratadas con diferentes formas de aplicación del QuitoMax®

Al analizar el efecto de QuitoMax® sobre la altura de las plantas de maíz (Figura 5) se registraron diferencias entre los tratamientos donde se aplicó la quitosana y el tratamiento en el que no se aplicó (T1). Es de señalar que entre los tratamientos que se aplicó la quitosana, los mejores resultados con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, fue cuando se combinó la imbibición de las semillas con la aspersión foliar y dentro de estos cuando se aplicó a una concentración de  $1 \text{ g L}^{-1}$  (T6).



T1- Control, T2- Imbibición de la semilla 1 hora ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), T3- Imbibición de la semilla 1 hora ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ), T4- Aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ) (Dosis  $10 \text{ mL x Planta}$ ), T5- Aspersión foliar ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ) (Dosis  $10 \text{ mL x Planta}$ ), T6- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), T7- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ )

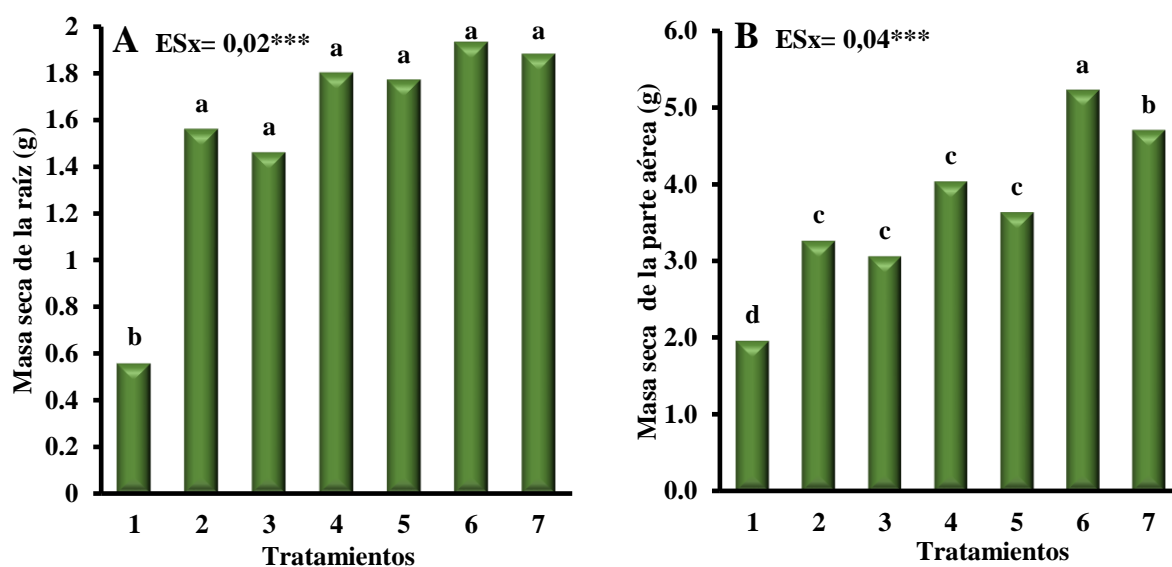
Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con  $p < 0,05$  según Duncan.

**Figura 5.** Altura de las plantas de maíz tratadas con diferentes formas de aplicación del QuitoMax®



La respuesta mostrada por las plantas tratadas con QuitoMax<sup>®</sup> en su crecimiento y desarrollo, concuerdan con lo informado por otros autores <sup>(21)</sup>, al estudiar el efecto de aplicaciones de quitosana en plantas jóvenes de maíz (*Zea mays* L.) expuestas a diferentes tipos de estrés. Respuestas similares en cuanto al incremento del crecimiento y el rendimiento con la aplicación QuitoMax<sup>®</sup> fueron encontrados al evaluar el efecto de la aplicación de este producto de forma foliar en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) <sup>(12)</sup>.

El efecto de la aplicación de la quitosana en la masa seca de la raíz y la parte aérea de las plantas de maíz se muestra en la Figura 6. El comportamiento de la masa seca de la raíz (Figura 6A), mostró que no existen diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos donde se realizaron aplicaciones del producto y sí con el tratamiento control (T1); sin embargo, se encontró que la mayor masa seca de las raíces se obtuvo en las plantas a las cuales se embebieron las semillas y posteriormente se les realizó una aspersión foliar de QuitoMax<sup>®</sup> con dosis de 1 g L<sup>-1</sup>. En cuanto a la masa seca de la raíz (Figura 6 B), el tratamiento T6 fue el que produjo un impacto recuperador más significativo, al superar en cerca de tres veces lo encontrado con T1. Estos efectos favorables en las plantas donde se utilizaron las diferentes formas de aplicación de la quitosana, pueden ser el resultado del mayor crecimiento logrado por las mismas, lo que puede potenciar el incremento de los contenidos de elementos esenciales <sup>(22)</sup>.



T1- Control, T2- Imbibición de la semilla 1 hora (1 g L<sup>-1</sup>), T3- Imbibición de la semilla 1 hora (0,5 g L<sup>-1</sup>), T4- Aspersión foliar (1 g L<sup>-1</sup>) (Dosis 10 mL x Planta), T5- Aspersión foliar (0,5 g L<sup>-1</sup>) (Dosis 10 mL x Planta), T6- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L<sup>-1</sup>), T7- Imbibición de la semilla y Aspersión foliar (0,5 g L<sup>-1</sup>)

Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con p<0,05 según Duncan

**Figura 6.** Masa seca de la raíz (A) y parte aérea (B) de plantas de maíz tratadas con diferentes formas de aplicación del QuitoMax<sup>®</sup>

## CONCLUSIONES

La aplicación del QuitoMax<sup>®</sup> fue efectiva al aumentar los indicadores del crecimiento de plantas de maíz, siendo la combinación de la imbibición de las semillas con la aspersión foliar a una concentración de 1 g L<sup>-1</sup> con la que se obtienen los resultados más importantes. Esto sugiere que la combinación de la forma de aplicación del QuitoMax<sup>®</sup> es una opción recomendable para el cultivo del maíz.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez-Madruga Y, Rosales-Jenquis PR, Menéndez DC, Falcón-Rodríguez A. Aplicación combinada de quitosano y HMA en el rendimiento de maíz. Cultivos Tropicales [Internet]. 2019;40(4). Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362019000400006&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362019000400006&script=sci_arttext&tlng=pt)
2. Herrera EMC, Toro M, Lopez D. Efecto de micorrizas nativas y fósforo en los rendimientos del maíz en Guárico, Venezuela. Temas Agrarios [Internet]. 2016;21(2):21–31. doi:10.21897/rta.v21i2.898
3. Reyes GE, Cortés JD. Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012). Bioagro [Internet]. 2017;29(1):45–52. Available from: [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612017000100005&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612017000100005&script=sci_arttext&tlng=en)
4. Torres-Rodríguez JA, Reyes-Pérez JJ, González-Gómez LG, Jiménez-Pizarro M, Boicet-Fabre T, Enríquez-Acosta EA, et al. Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea mays*, L.) a la aplicación de QuitoMax, AZOFERT Y ECOMIC. Biotecnia [Internet]. 2018;20(1):3–7. Available from: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/522>
5. Valdes YB. Manejo oportuno de las arvenses en sus relaciones interespecíficas con los cultivos del maíz (*Zea mays* L.) y del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema sucesional [Internet] [Tesis de Doctorado]. [Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba]: Universidad Agraria de la Habana, Mayabeque, Cuba; 2017. 154 p. Available from: <http://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/3659/Manejo%20de%20las%20arvenses%20en%20sus%20relaciones%20con%20los%20cultivos%20del%20ma%C3%ADz%20y%20del%20frijol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. CITMA C. Enfrentamiento al cambio climático en la República de Cuba. Tarea Vida. La Habana: CITMATEL [Internet]. 2017; Available from: <http://www.seapcuba.cult.cu/wp-content/uploads/2018/04/TAREA-VIDA-PLAN-DEL-ESTADO-PARA-EL-ENFRENTAMIENTO-AL-CAMBIO-CLIM%C3%81TICO.pdf>
7. ONE. Anuario Estadístico de Cuba. Año 2018 [Internet]. Oficina Nacional de Estadística e Información, Sitio en Actualización. 2021 [cited 12/08/2021]. Available from: <http://www.onei.gob.cu/node/13804>

8. Quintero Rodríguez E, Calero Hurtado A, Pérez Díaz Y, Enríquez Gómez L. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. Centro Agrícola [Internet]. 2018;45(3):73–80. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852018000300073](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000300073)
9. Hadwiger LA. Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype. Plant science [Internet]. 2013;208:42–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945213000630>
10. Hemantaranjan A, Deepmala K, Bharti S, Nishant Bhanu A. A Future Perspective in Crop Protection: Chitosan and its Oligosaccharides. Adv Plants Agric Res 1 (1): 00006. 2014;1(1):1–6. Available from: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55553810/Chitosan-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1630429646&Signature=V4i875cGA6-e-O2VzSXMFl8j9NrwTf5xno~9jl5luX1WiyAPMQJoEml3c002gkZ2W0E6Q7gJ7tjTzkipWAqPKpdcj7585EshC7aQPIT1sz0A00tv1EZOXm5NHDHiPzxtotR4QKakU75eCAA8qcHZIZFj-U8dPJETHh0xf5UGX~7J7n4TgfGHtG6VYHzdr1Hm0a1C6qlqexGkYOh44fO5Ex0sZ7XjH7Zp5JQWIIDVSnof38asJ0dXegEvhzZw-8akWnJqj-SWD-Mvfrio7TIalUhxmfTDjy9JBCAywMUOy11oc6EH6vIlg0pxepi0EkBBnR6XISLujW-TZ3cQ8ARMVJxg\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55553810/Chitosan-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1630429646&Signature=V4i875cGA6-e-O2VzSXMFl8j9NrwTf5xno~9jl5luX1WiyAPMQJoEml3c002gkZ2W0E6Q7gJ7tjTzkipWAqPKpdcj7585EshC7aQPIT1sz0A00tv1EZOXm5NHDHiPzxtotR4QKakU75eCAA8qcHZIZFj-U8dPJETHh0xf5UGX~7J7n4TgfGHtG6VYHzdr1Hm0a1C6qlqexGkYOh44fO5Ex0sZ7XjH7Zp5JQWIIDVSnof38asJ0dXegEvhzZw-8akWnJqj-SWD-Mvfrio7TIalUhxmfTDjy9JBCAywMUOy11oc6EH6vIlg0pxepi0EkBBnR6XISLujW-TZ3cQ8ARMVJxg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
11. Ramírez MÁ, González P, Fagundo JR, Suarez M, Melian C, Rodríguez T, et al. Chitin Preparation by Demineralizing Deproteinized Lobster Shells with CO<sub>2</sub> and a Cationite. Journal of Renewable Materials [Internet]. 2017;5(1):30–7. Available from: <https://www.ingentaconnect.com/content/tsp/jrm/2017/00000005/00000001/art00004>
12. Morales Guevara D, Dell Amico Rodríguez J, Jerez Mompié E, Hernández YD, Martín Martín R. Efecto del QuitoMax<sup>®</sup> en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales [Internet]. 2016;37(1):142–7. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362016000100020](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000100020)
13. Morales Guevara D, Torres Hernández L, Jerez Mompié E, Falcón Rodríguez A, Amico Rodríguez JD. Efecto del Quitomax<sup>®</sup> en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Cultivos Tropicales [Internet]. 2015;36(3):133–43. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362015000300020&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362015000300020&script=sci_arttext&tlng=en)
14. HERNÁNDEZ J, PÉREZ J, BOSCH I, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba. [Internet]. Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p. Available from: <https://isbn.cloud/isbn-upload-image/?isbn13=9789597023777>
15. Leubner-Metzger G. Functions and regulation of  $\beta$ -1, 3-glucanases during seed germination, dormancy release and after-ripening. Seed Science Research [Internet]. 2003;13(1):17–34.

- Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/abs/functions-and-regulation-of-13glucanases-during-seed-germination-dormancy-release-and-afterripening/4280CBE92E6FE5DA15342CCCCC13EB9E>
16. Rodríguez-Pedroso AT, Ramírez-Arrebato MA, Rivero-González D, Bosquez-Molina E, Barrera-Necha LL, Bautista-Baños S. Propiedades químico-estructurales y actividad biológica de la quitosana en microorganismos fitopatógenos. *Revista Chapingo. Serie horticultura* [Internet]. 2009 [cited 12/08/2021];15(3):307–17. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1027-152X2009000500012&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1027-152X2009000500012&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
  17. Martínez González L, Reyes Guerrero Y, Falcón Rodríguez A, Núñez Vázquez M. Efecto del tratamiento a las semillas con quitosana en el crecimiento de plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar INCA LP-5 en medio salino. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2015;36(1):143–50. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000100020](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000100020)
  18. Pichyangkura R, Chadchawan S. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae* [Internet]. 2015;196:49–65. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815301953>
  19. Pérez JJR, Enríquez-Acosta EA, Ramírez-Arrebato MÁ, Rodríguez-Pedroso AT, Lara-Capistrán L, Hernández-Montiel LG. Evaluation of the growth, yield and nutritional quality of pepper fruit with the application of Quitomax<sup>®</sup>. *International Journal of Agriculture and Natural Resources* [Internet]. 2019;46(1):23–9. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7019365>
  20. Terry AE, Ruiz PJ, Falcón RA, Carrillo SY, Morales MH. Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto Quitomax<sup>®</sup>. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(1):7-13. Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173202179>
  21. Lizárraga-Paulín EG, Torres-Pacheco I, Moreno-Martínez E, Miranda-Castro SP. Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level. *African Journal of Biotechnology* [Internet]. 2011;10(34):6439–46. doi:10.4314/ajb.v10i34
  22. Mondal M, Puteh AB, Dafader NC. Foliar application of Chitosan improved morphophysiological attributes and yield in summer tomato (*Solanum lycopersicum*). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* [Internet]. 2016;53(2):239–344. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1063.7518&rep=rep1&type=pdf>