



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto del quitosano sobre el crecimiento y la productividad de *Solanum lycopersicum*

Effect of chitosan on the growth and productivity of *Solanum lycopersicum*

Danny Fernando Pincay-Manzaba , Jean Carlos Cedeño-Loor , Kleber Augusto Espinosa Cunuhay 

Carrera Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, Av. Los Almendros y Pujilí, Edificio Universitario, La Maná, Ecuador

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 20/03/2021
Aceptado: 13/05/2021

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Danny Fernando Pincay-Manzaba
danny.pincay1163@utc.edu.ec



RESUMEN

El quitosano es un biopolímero natural que se extrae de los exoesqueletos de los crustáceos, sin embargo, tiene diferentes aplicaciones a nivel industrial, en el campo agrícola se utiliza para mejorar la nutrición y el rendimiento de los cultivos, también para liberar a las plantas de estreses que son causados por el medio ambiente. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del quitosano sobre el crecimiento y la productividad de *Solanum lycopersicum* L. Se emplearon cuatro tratamientos, que consistieron en tres dosis de quitosano (100, 500 y 1000 mg L⁻¹) y un tratamiento control, donde las plantas se asperjaron a los 15 y 30 DDT, empleándose un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones independientes de medias Tukey. Los resultados evidencian que la dosis alta (1000 mg L⁻¹) estimuló los valores altura de la planta, diámetro del tallo, número racimos/planta, número de frutos/planta, diámetro ecuatorial y polar de los frutos, peso del fruto, así como el rendimiento en plantas de tomate.

Palabras clave: hortaliza, bioproducto, morfología, rendimiento, invernadero

ABSTRACT

Chitosan is a natural biopolymer that is extracted from the exoskeletons of crustaceans, however, it has different applications at an industrial level, in the agricultural field it is

used to improve nutrition and crop yield, also to free plants from stresses that are caused by the environment. The objective of this research was to evaluate the effect of chitosan on the growth and productivity of *Solanum lycopersicum* L. Four treatments were used, which consisted of three doses of chitosan (100, 500 and 1000 mg L⁻¹) and a control treatment, where the plants were sprayed at 15 and 30 DAT, using a completely randomized block design, with four repetitions. Analysis of variance and independent comparisons of Tukey means were performed. The results show that the high dose (1000 mg L⁻¹) stimulated the values of plant height, stem diameter, number of bunches /plant, number of fruits / plant, equatorial and polar diameter of fruits, fruit weight, as well as the yield in tomato plants.

Keywords: vegetable, bioproduct, morphology, yield, greenhouse

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza cultivada mundialmente debido a su calidad nutricional, lo que explica su alta demanda. China es el principal país productor de tomate con 56 423 811 t año⁻¹ seguido por la India con 18 399 000 t año⁻¹. En Ecuador se cultiva en la sierra y parte de la costa, cuya superficie plantada es de 1 452 ha con una producción alrededor de 31 462 t año⁻¹, sin embargo, la cadena agro-productiva de este cultivo ha presentado pérdidas económicas debido a los bajos rendimientos, por razones como el mal uso de agroquímicos, lo que posee efectos negativos sobre la fertilidad de los suelos, así como por la sequía y por helada que ocasionan pérdidas de muchas hectáreas del cultivo (INEC, 2020).

Actualmente, se buscan tecnologías agrícolas que beneficien el crecimiento y desarrollo de los cultivos e incrementen los rendimientos, pero adicionalmente, las agro-tecnologías que cumplan estos beneficios deben ser amigables con el medio ambiente y no repercutir sobre la salud de los consumidores. En este sentido, el quitomax (ingrediente activo quitosano) es un bioproducto que no contribuye a la creciente contaminación del medio ambiente que generan las tecnologías agroquímicas (Ramos-Remache et al., 2011), además, se ha encontrado que estimula el crecimiento y rendimiento de las plantas de forma directa e indirecta, mejorando la fisiología de los cultivos (Morales et al., 2016) y protegiéndolos de la acción de microorganismos infecciosos (Ramírez-Arrebató et al., 2016).

Los óptimos beneficios que genera el quitomax, varían según la concentración, la variedad del cultivo y de las condiciones donde se desarrolla este. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del quitosano sobre algunos indicadores de crecimiento y productividad de *Solanum lycopersicum* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el centro experimental “La Playita”, perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus La Maná. Situado geográficamente a 84: 0°56’27” S y 79°13’25” O. La localidad presenta un clima subtropical húmedo, con precipitación media 3029,30 mm/año, temperatura mínima y máxima de 17 y 23 °C; humedad relativa 86, 63 %.

Desarrollo experimental

Se utilizaron semillas certificadas del cultivar yuval 810, de crecimiento indeterminado. Las semillas fueron sembradas en bandejas de polietileno de 150 cavidades, llenadas con sustrato a razón de 4:2:1, esto correspondió a mezclar cuatro partes de suelo, dos partes de materia orgánica y una parte de arena, se colocó una semilla por orificio. El trasplante definitivo se realizó a los 35 días después de la siembra, cuando los plantones obtuvieron entre 3 y 4 hojas verdaderas, 15 cm de altura, colocándose una plántula por maceta de 12 L, llenadas con la misma mezcla que se incorporó en los semilleros. El riego se realizó de forma manual,

el volumen diario utilizado fue de 800 mL/planta desde el trasplante hasta la inflorescencia y 2500 mL/planta desde el inicio de la floración a la cosecha. El tutorado se efectuó a los 20 días después del trasplante (DDT), el tallo principal se guio verticalmente con una piola, la que fue sostenida entre la parte superior del invernadero y la base del tallo.

A los 45 DDT con la ayuda de una cinta métrica se midió la altura de la planta, desde la base del tallo hasta la última yema apical. El diámetro del tallo se calculó con un calibrador digital, a los 5 cm de altura de la planta. A los 65 DDT se determinó el número racimos/planta, número de frutos/planta, el peso del fruto (g), el diámetro ecuatorial y polar (mm) de los frutos. El peso del fruto se registró con una balanza de precisión, de dos decimales. El diámetro ecuatorial y polar se calculó con la ayuda de un calibrado digital.

Tratamientos empleados y diseño experimental

Se emplearon cuatro tratamientos, que consistieron en tres dosis de quitosano (100, 500 y 1000 mg L⁻¹) y un tratamiento control (sin aplicación de quitosano), las concentraciones se asperjaron en las plantas a los 15 y 30 DDT. Los tratamientos fueron distribuidos en bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones.

Análisis estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y se aplicó una prueba de medias de

Tukey con una $p = 0,05$. Los datos se procesaron en el *software* estadístico Minitab® v.18 (Minitab Inc, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aspersión de quitosano a las plantas de tomate cv. Yuval 810, a diferentes dosis, género diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) en la altura de la planta, con la concentración de quitomax a 1000 mg L⁻¹ se presentó la mayor longitud del tallo (Figura 1). Esto se la atribuye a que la dosis mencionada anteriormente estimuló positivamente el metabolismo de las auxinas, fitohormonas que promueve la elongación celular de los tallos (Sathiyabama *et al.*, 2014). Varios autores han encontrado resultados similares a los del presente estudio, pero embebiendo las semillas con quitomax. En este sentido, Enríquez-Acosta y Reyes-Pérez (2018) obtuvieron esta respuesta morfofisiológica en plántulas de tomates y Terry-Alfonso *et al.* (2017) en plantas adultas. Mientras que, Reyes-Pérez *et al.* (2020a) encontraron un comportamiento similar, al rociar quitomax en diferentes estados fenológicos de plantas de tomate. Adicionalmente, estos autores describieron que el quitosano induce el incremento de la longitud del tallo, por un aumento en la sensibilidad de las auxinas.

La Figura 2 muestra el comportamiento del engrosamiento de los tallos medidos a los 45 DDT en plantas de tomate, asperjadas con diferentes dosis de quitosano. Se observa que en

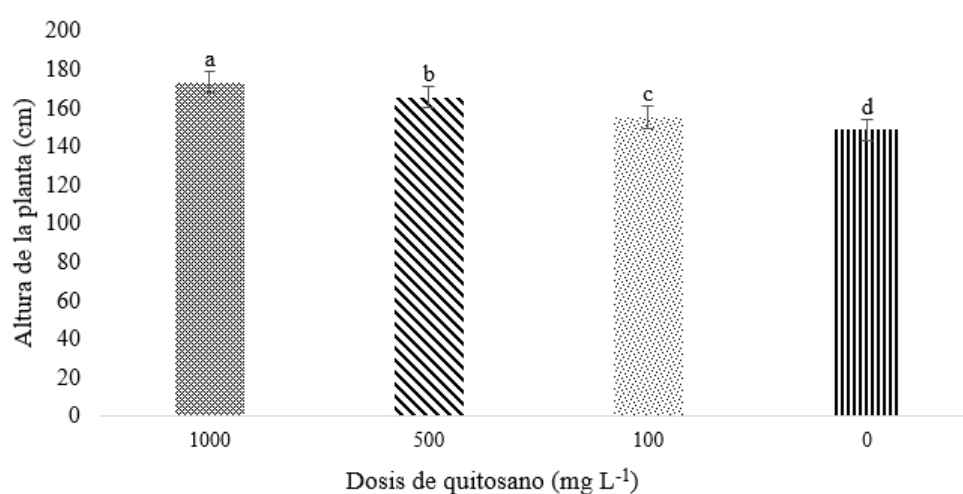


Figura 1. Efecto del quitosano en la longitud del tallo de plantas de tomate, cultivar yuval 810
Medias con letras distintas en las barras, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

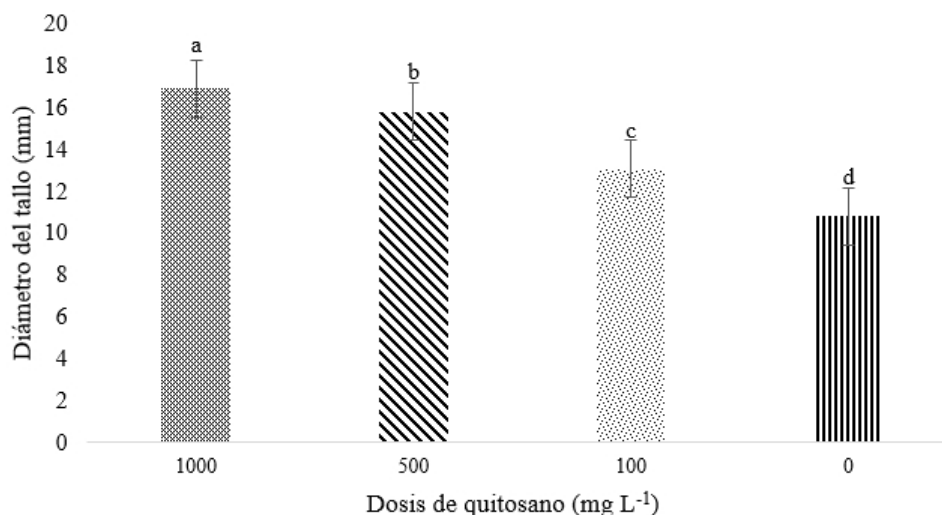


Figura 2. Efecto del quitosano en el engrosamiento del tallo de plantas de tomate, cultivar yuval 810. Medias con letras distintas en las barras, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

la dosis alta (1000 mg L^{-1}) obtuvo el mayor engrosamiento de los tallos. Por otra parte, se evidencia el menor diámetro de los tallos en las plantas que no fueron tratadas con quitosano. Esto refleja como el quitosano estimula la proliferación de las células iniciales fusiformes y radiales, lo que repercutió el engrosamiento de los tallos. Reyes-Pérez *et al.* (2020b) encontraron un fenómeno similar al estudiar dos cultivares de tomate, con la aplicación de quitosano. De igual manera, Reyes-Pérez *et al.* (2019a) encontraron la misma respuesta agronómica, pero al evaluar el efecto de este producto sobre plantas de *Cucumis sativus* L. En este sentido, González Peña *et al.* (2014) afirmaron que la aspersión de quitosano en las plantas, estimula la división celular de las zonas meristemáticas, beneficiando el crecimiento primario y secundario de las plantas, lo que se

detectó en la presente investigación. Adicionalmente, se ha informado que la aplicación de quitosano exógeno, estimula la producción de metabolitos secundarios como alcaloides, fitoalexinas, flavonoides, lignina, compuestos con funciones protectora, esto podría desencadenar el engrosamiento de las células, colateralmente un aumento en el crecimiento de las plantas (González Peña *et al.*, 2014).

En la Tabla 1 se muestra los resultados de indicadores productivos, se aprecia que las plantas sometidas con la aplicación de quitosano a 1000 mg L^{-1} obtuvieron la mayor biomasa del fruto, número de racimos, número de frutos, diámetro polar y ecuatorial de los frutos. Esto puede deberse a que las plantas, adquirieron una mejor actividad fotosintética, por ende, mayor biosíntesis de metabolitos primarios, que fueron

Tabla 1. Efecto del quitosano sobre la respuesta productiva del tomate, cultivar yuval 810

Dosis quitosano mg L ⁻¹	DEF		DPF		
	NR	NF	(mm)	PF (g)	
1000	7,75 a	25,50 a	69,50 a	58,05 a	171,30 a
500	5,75 b	23,75 b	66,25 b	56,08 b	150,23 b
100	5,00 c	20,50 c	64,63 b	54,55 c	140,03 c
0 (Control)	3,00 d	17,75 d	62,08 c	52,78 d	125,03 d
CV %	10,50	13,50	8,50	6,30	15,33

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)
CV= Coeficiente de variación, NR= Número de racimos, NF= Número de frutos, DEF= Diámetro ecuatorial del fruto, DPF= Diámetro polar del fruto, PF= Peso del fruto

traslocado por el floema hacia los órganos sumideros, también mejora el uso del agua, lo que repercute en la elongación y plasticidad de la pared celular de los frutos, así beneficia el incremento del contenido de glucosa y fructosa (Mukhtar Ahmed *et al.*, 2019). Adicionalmente, los resultados encontrados en estas variables tienen una estrecha relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas, esto refleja que las plantas tratadas con quitosano a 1000 mg L^{-1} posiblemente obtuvieron mayor actividad de la pectin metil esterasas, enzima que aumenta la rigidez de la placa celular y la proliferación de las células para la formación de nuevos órganos (Salazar Iribe y Gamboa, 2013). Por otra parte, se obtuvieron resultados superiores a los reportados por Peña-Casadevall y Vargas-Rodríguez (2018), quienes estudiaron la tecnología del riego por succión para la producción de tomate. Además, resultados similares a los reportados por Reyes-Pérez *et al.* (2018) quienes evaluaron el efecto de abonos orgánicos sobre la respuesta productiva en el tomate.

En la Figura 3 se observa que las distintas dosis de quitosano mostraron diferencia significativa ($p \leq 0,05$) sobre el rendimiento de las plantas de tomate, recayendo los mayores promedios en las plantas tratadas con la concentración de 1000 mg L^{-1} . En este sentido, varios autores han encontrado que el quitosano

mejora los rendimientos de los cultivos, por ejemplo, en habichuela (*Vigna unguiculata* L.) (Reyes-Pérez *et al.*, 2019b), pepino (*C. sativus*) (Salgado-Valle *et al.*, 2020), papa (*Solanum tuberosum* L.) (Morales *et al.*, 2015). Respecto a investigaciones realizadas sobre plantaciones de tomate, en Ecuador Reyes-Pérez *et al.* (2020a) evaluaron el quitosano en diferentes dosis ($1, 2$ y 3 g L^{-1}) sobre dos cultivares de tomate, donde obtuvieron los mejores resultados en la dosis de 2 g L^{-1} . Adicionalmente, estos resultados demuestran que el beneficio ejercido por el quitosano en plantas de tomate varía según la dosis y el cultivar. De acuerdo con los antecedentes anteriores, se puede indicar que el quitosano regula eficientemente la homeostasis de las fitohormonas, nutrientes, la red enzimática, lo que ocasiona a que las plantas aumenten su crecimiento, desarrollo y rendimiento (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

La aplicación de quitosano en plantas de tomate a los 15 y 30 DDT, bajo condiciones controladas, mejora el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo. Sin embargo, los resultados evidencian; que la aspersión con la dosis de 1000 mg L^{-1} de quitosano estimuló las variables altura de la planta, diámetro del tallo, número de racimos, número de frutos, diámetro polar y ecuatorial del fruto, peso del fruto, así

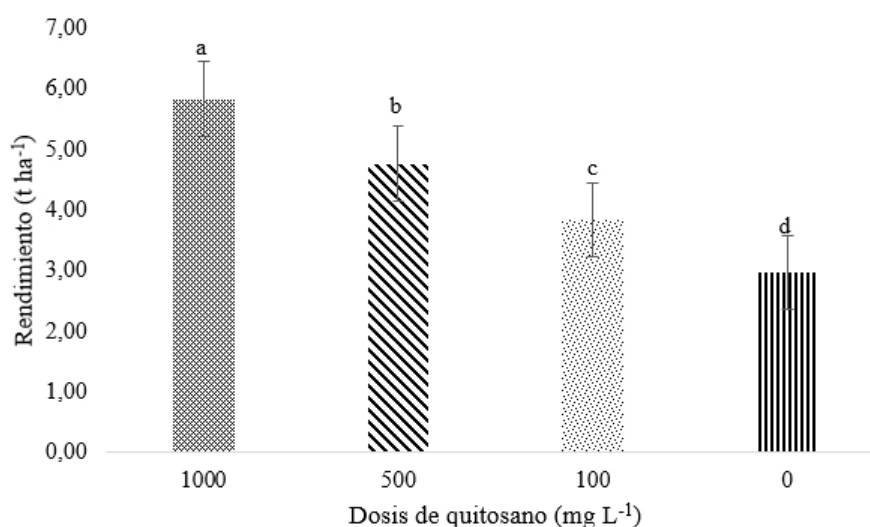


Figura 3. Efecto del quitosano sobre el rendimiento del tomate, variedad yuval 810
Medias con letras distintas en las barras, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

como el rendimiento en plantas de tomate.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, por el apoyo otorgado a través del proyecto “Evaluación integral de productos bioactivos para la producción sostenible de hortalizas en sistema de cultivo orgánico”, en el periodo 2017-2019, dirigido por el Dr. Juan José Reyes Pérez.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Danny Fernando Pincay Manzaba: Investigación, conceptualización, preparación del borrador original, revisión.

Jean Carlos Cedeño Loor: Conceptualización, análisis formal, validación, curación de datos.

Kleber Augusto Espinosa Cunuhay: Investigación, metodología, *Software*, revisión del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ENRÍQUEZ-ACOSTA, E.A. y REYES-PÉREZ, J. J. 2018. Evaluación de quitomax® en la emergencia, crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia y Tecnología*, 11(2): 31-37.
- GONZÁLEZ PEÑA, D., COSTALES, D., y FALCÓN, A. B. 2014. Influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 35(1): 35-42.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSO (INEC). 2020. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). 13 p. En sitio web: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
- MINITAB INC. 2019. Minitab Statistical Software Release 18 for Windows. Minitab Release.
- MORALES GUEVARA, D., TORRES HERNÁNDEZ, L., JEREZ MOMPIÉ, E., et al. 2015. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 36(3): 133-143.
- MORALES, D., DELL AMICO, J., JEREZ, E., et al. 2016. Efecto del Quitomax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(1): 142-144.
- MUKHTAR AHMED, K., KHAN, M. A., SIDDIQUI, H., et al. 2019. Chitosan and its oligosaccharides, a promising option for sustainable crop production-a review. *Carbohydrate Polymers*, 227 (1): 115331.
- PEÑA-CASADEVALLS, M. S. y VARGAS-RODRÍGUEZ, P. 2018. Suction irrigation technology for the production of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under controlled conditions. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(2): 1-9.
- RAMÍREZ-ARREBATO, M., RODRÍGUEZ, T., BAUTISTA, S., et al. 2016. Chitosan Protection Rice Diseases. In: Bautista-Banos, S. editors: Chitosan in the Preservation of Agricultural Commodities. Oxford: Academic Press, p. 115-126.
- REYES-PÉREZ, J. J., ENRÍQUEZ-ACOSTA E.A., RAMÍREZ-ARREBATO M., et al. 2020a. Efecto del quitosano sobre variables del crecimiento, rendimiento y contenido nutricional del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3):457-465.
- REYES-PÉREZ, J. J., LUNA MURILLO, R. A., REYES BERMEJO, M. DEL R., et al. 2018. Efecto de abonos orgánicos sobre la respuesta productiva en el tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 35(1): 26-39.
- REYES-PÉREZ, J. J., RAMÍREZ-ARREBATO, M. Á., RODRÍGUEZ-PEDROSO, A. T., et al. 2019b. Effect of quitomax® on the indicators of growth, phenology and yield of cowpea

- (*Vigna unguiculata* L.). *Biotechnia*, 21(1): 109-112.
- REYES-PÉREZ, J. J., RAMOS-REMACHE, R. A., FALCÓN-RODRÍGUEZ, A., *et al.* 2019a. Efecto del quitosano sobre variables del crecimiento, absorción de nutrientes y rendimiento de *Cucumis sativus*. *Centro Agrícola*, 46(4): 53-60.
- REYES-PÉREZ, J. J., RIVERO-HERRADA, M., GARCÍA-BUSTAMANTE, E. L., *et al.* 2020b. Aplicación de quitosano incrementa la emergencia, crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero. *Biotechnia*, 22(3): 156-163.
- RODRÍGUEZ-PEDROSO, A. T., REYES-PÉREZ, J. J., MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y., *et al.* 2019. Efecto del Quitomax® en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) var. J-104. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 36(2): 98-110.
- SALAZAR IRIBE, A. y GAMBOA DE BUEN, A. 2013. Importancia de las pectinas en la dinámica de la pared celular durante el desarrollo vegetal. *Revista de educación bioquímica*, 32(2): 67-75.
- SALGADO-VALLE, Y., HENRÍQUEZ-DÍAZ, F. M., RAMÍREZ-ARREBATO, M., *et al.* 2020. Evaluación de Quitomax® en la producción de *Cucumis sativus* L. en cultivo protegido. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 37(4): 430-441.
- SATHIYABAMA, M., AKILA, G. and CHARLES, R.E. 2014. Chitosan-induced defense responses in tomato plants against early blight disease caused by *Alternaria solani* (Ellis and Martin) Sorauer. *Arch. Phytopathol. Plant Protect.*, 47: 1777-1787.
- TERRY-ALFONSO, E., FALCÓN RODRÍGUEZ, A., RUIZ PADRÓN, J., *et al.* 2017. Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax®. *Cultivos Tropicales*, 38(1): 147-154.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.