

## Efecto del quitosano sobre variables del crecimiento, rendimiento y contenido nutricional del tomate

José Reyes-Pérez<sup>1</sup>

Emmanuel Alexander Enríquez-Acosta<sup>2</sup>

Miguel Ángel Ramírez-Arrebato<sup>3</sup>

Elizabeth Zúñiga Valenzuela<sup>4</sup>

Liliana Lara-Capistrán<sup>5</sup>

Luis Guillermo Hernández-Montiel<sup>6§</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Walter Andrade, Vía a Santo Domingo km 1.5, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. (jreyes@uteq.edu.ec). <sup>2</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná. Av. Los Almendros y Pujilí, Edificio Universitario, La Maná, Ecuador. (emmanuel250196@hotmail.com). <sup>3</sup>UCTB Los Palacios. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera La Francia km 1 s/n, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba. (miguelar@inca.edu.ec). <sup>4</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. (elizabeth.zunigaval@yahoo.com.mx). <sup>5</sup>Universidad Veracruzana-Campus Xalapa. Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, zona universitaria, Xalapa, Veracruz. (llara-capistran@hotmail.com). <sup>6</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC-Instituto Politécnico Nacional. Núm. 195, Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

§Autor para correspondencia: lhernandez@cibnor.mx.

### Resumen

El quitosano, es un compuesto de origen natural con propiedades promotoras de la nutrición, el crecimiento y rendimiento de los cultivos, por lo que se ha considerado como un bioestimulante. Sus particulares mecanismos de acción le permiten actuar como regulador del crecimiento, acelerador de la germinación de las semillas, el vigor de las plantas y el rendimiento agrícola. El presente trabajo se desarrolló en condiciones semicontroladas sobre un diseño completamente aleatorizado, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes concentraciones de quitosano (150, 200, 250 y 300 mg L<sup>-1</sup>) sobre el crecimiento, rendimiento, calidad del fruto y contenido de nutrientes en plantas de tomate variedad Floradade. Los resultados demuestran que el bioproducto ejerce un efecto estimulante sobre las variables: altura de la planta, racimos con frutos, frutos por planta, diámetro ecuatorial y polar del fruto, diámetro del pericarpio y masa del fruto. La concentración de 300 mg L<sup>-1</sup>, incremento significativamente los valores en todas las variables evaluadas con respecto al tratamiento control. Sin embargo, en los indicadores de calidad del fruto, existió una ligera tendencia a mejorar la variable acidez con la aplicación del bioestimulante y el resto de las variables organolépticas y nutricionales evaluadas no sufrieron alteraciones notables incluso cuando fueron usadas las dosis más altas de quitosano.

**Palabras clave:** bioestimulante, bioproducto, calidad, hortaliza.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: marzo de 2020

## Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es la hortaliza más cultivada y consumida a nivel nacional e internacional (FAOSTAT, 2017). En Ecuador, este cultivo es de suma importancia, para la canasta básica familiar, con un consumo de 5 kg per cápita, lo cual tiene una tendencia al incremento condicionado por las nuevas formas y estilos de alimentación (SINAGAP, 2013). No obstante, el rendimiento promedio del cultivo al estar por debajo de sus potencialidades no logra cubrir las demandas de la industria ni las del consumo fresco (SINAGAP, 2013; FAOSTAT, 2018).

Actualmente, se aplican productos biológicos como los bioestimulantes para reducir al mínimo el empleo de productos químicos que ocasionan toxicidad a la salud humana y al agroecosistema en general y a su vez mejoran el rendimiento de los cultivos, al contener principios activos que actúan sobre la fisiología de las plantas (Rodríguez *et al.*, 2013).

Dentro de estos principios activos se encuentra el quitosano, reportado por diversos autores con efectos económicos y biológicos superiores a otros productos tradicionales, ya que es de fácil obtención, no produce contaminantes y es biocompatible con tejidos de plantas y animales (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2015; Berumen-Varela *et al.*, 2015; González *et al.*, 2017).

Con la utilización del quitosano, se han obtenido resultados relevantes en cultivos de granos como arroz y frijol, en tubérculos como la papa y hortalizas como el tomate y pepino, entre los más importantes, los cuales han registrado mejoras en diversas variables fisiológicas relacionadas con el crecimiento y desarrollo acelerando el ciclo fenológico, adelantando la floración y fructificación, así como ejerciendo una influencia marcada en el incremento del rendimiento a partir del mejoramiento.

En patrones de adaptabilidad a diferentes formas de estrés abióticos y bióticos, como el incremento de tolerancia a estrés salino e hídrico, así como la activación de mecanismos de defensa contra patógenos y enfermedades que pueden provocar (Van-Toan y Thi-Hanh, 2013; Morales-Guevara *et al.*, 2015, 2016).

Por otra parte, se ha destacado la influencia del quitosano en la conservación y mejora de las propiedades de los frutos y vegetales en el periodo de cosecha y postcosecha (Escudero *et al.*, 2017; Jiang *et al.*, 2018; Romanazzi *et al.*, 2018; Rendina *et al.*, 2019). Siendo de esta forma, el quitosano puede constituir un producto con influencia positiva sobre el cultivo del tomate.

Sin embargo, para lograr un efecto óptimo sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de este, es imprescindible la determinación de la dosis más adecuada para las condiciones donde fue desarrollado el experimento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dosis crecientes de quitosano (150, 200, 250 y 300 mg L<sup>-1</sup>), sobre el cultivo del tomate.

## Materiales y métodos

### Condiciones generales para el desarrollo del experimento

La investigación fue realizada en condiciones de invernadero en la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se encuentra localizada entre los 01° 06' de latitud sur y 79° 29' de longitud oeste, a una altura de 73 m sobre el nivel del mar. La zona ecológica

donde se estableció el experimento se clasifica como Bosque Húmedo Tropical con clima tropical húmedo, en el que las temperaturas máximas son de 29.3 °C, la humedad relativa es 86%, con precipitaciones de 1 587.5 mm año<sup>-1</sup> y una heliofanía de 994.4 horas luz año<sup>-1</sup>.

Fue utilizada semilla certificada del cultivar de tomate de crecimiento determinado Floradade. Las plántulas para el trasplante se obtuvieron de siembras en bandejas plásticas con 200 cavidades conteniendo suelo y abono orgánico. El manejo de la nutrición, y las medidas fitosanitarias empleadas se realizaron siguiendo la metodología descrita por Ojodeagua-Arredondo *et al.* (2008).

Las plantas fueron trasplantadas a los 21 días después de la germinación, en bolsas 1 kg con una mezcla de arena estéril y sustrato (1:1), momento en que las plantas presentaron una altura promedio de entre 10 y 15 cm. Se colocaron dos plantas en cada bolsa para garantizar el éxito del proceso de trasplante y luego de establecidas, se eliminó una de ellas. Después del trasplante, las plantas fueron regadas diariamente con 150 mL de agua.

### **Tratamientos utilizados y diseño experimental**

Fueron utilizados cinco tratamientos que consistieron en un control con agua destilada estéril y la aplicación foliar de quitosano (formulación compuesta por quitosano disuelto a 4 g L<sup>-1</sup>, 0.5% de ácido acético y 0.07% de potasio) (Morales-Guevara *et al.*, 2015), a las plantas utilizando concentraciones de 150, 200, 250 y 300 mg L<sup>-1</sup> a los 10 días después del trasplante y luego a inicios de la floración (25 días después del trasplante). Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, utilizando 40 macetas por tratamiento, y un total de 200 macetas en la investigación.

### **Evaluaciones realizadas**

A los 45 días después del trasplante, se evaluó la altura de las plantas (cm) y luego para realizar el análisis de calidad de los frutos, se utilizaron tres plantas al azar de cada tratamiento y se determinaron, sólidos solubles totales (SST) (Rangana, 1977). La acidez, vitamina C, expresada como contracción de ácido ascórbico y el porcentaje de proteínas, fueron determinados por los métodos estandarizados de AOAC (1995).

El pH se determinó utilizando un pHmetro. El contenido de nitrógeno se determinó por el método de microKjedhal, mientras que el fósforo se determinó por espectrofotometría. En el caso del calcio y magnesio se empleó volumetría complejométrica y el potasio se determinó por fotometría de llama según las técnicas analíticas establecidas (Paneque *et al.*, 2010).

En el momento de la cosecha se midieron el diámetro polar y ecuatorial de los frutos (cm), número de racimos por planta, número de frutos por racimo, diámetro del pericarpio, masa de los frutos y se estimó el rendimiento agrícola (Casierra-Posada *et al.*, 2007).

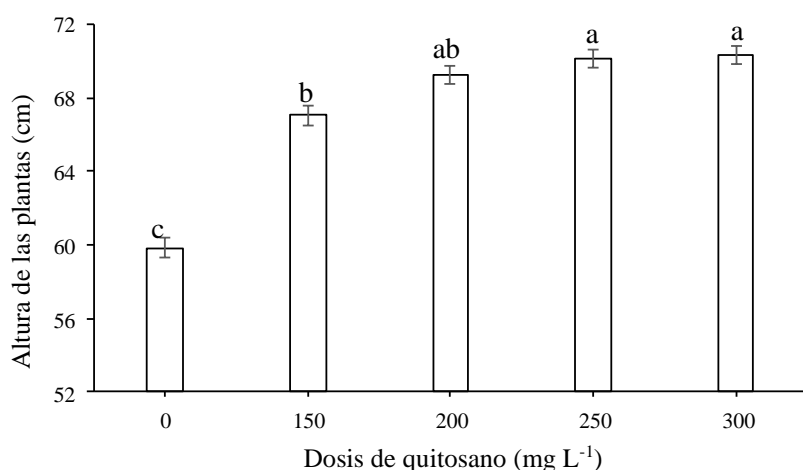
### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron procesados con el paquete Statistica para Windows, versión 10 (StatSoft, 2011). Para determinar si los mismos cumplían con la homogeneidad de varianza, fue realizada la prueba de Cochran, Hartley-Bartlett y para comprobar si se distribuyeron de forma

normal, se les realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y para la comparación múltiple de medias, fue usada la prueba de rangos múltiples de Tukey con un error de 5%.

## Resultados y discusión

La aplicación del quitosano en la planta de tomate influyó positivamente sobre la altura incrementando sus valores con independencia de la dosis utilizada, debido que las cuatro concentraciones (150, 200, 250 y 300 mg L<sup>-1</sup>) superaron significativamente ( $p \leq 0.05$ ) al tratamiento control (Figura 1). De esta forma, las mayores concentraciones (250 y 300 mg L<sup>-1</sup>) estimularon el crecimiento de las plantas, al incrementar la altura con respecto a donde se aplicó la dosis más baja (150 mg L<sup>-1</sup>).



**Figura 1. Efecto del quitosano sobre la altura del cultivo de tomate cultivar Floradade.** Medias con letras distintas en las barras, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Los resultados obtenidos son similares a los encontrados por Terry-Alfonso *et al.* (2017), quienes observaron que al aplicar quitosano a la concentración de 1 g L<sup>-1</sup>, las plántulas de tomate lograron alcanzar mayor altura entre todas las concentraciones aplicadas. Sin embargo, este mismo producto a la misma concentración en el cultivo del arroz, no mostró diferencias significativas con respecto al control (Rodríguez-Pedroso *et al.*, 2017), lo cual sugiere que la actividad del quitosano puede variar en dependencia de las características de la especie objeto de estudio.

Las dosis de quitosano aplicadas también provocaron diferencias significativas en los componentes del rendimiento del tomate (Cuadro 1). Las mayores concentraciones (200 a 300 mg L<sup>-1</sup>), en todos los casos estimularon los componentes del rendimiento evaluados, cuando se compararon con el tratamiento control, incluso, la concentración más baja de quitosano (150 mg L<sup>-1</sup>) logró mejorar significativamente ( $p \leq 0.05$ ) los resultados de las variables, racimos por frutos, diámetro polar y ecuatorial del fruto, así como masa del fruto, con relación a donde no fue aplicado el quitosano.

**Cuadro 1. Efecto del quitosano sobre los componentes de rendimiento del cultivo de tomate cultivar Floradade.**

Dosis quitosano (mg L <sup>-1</sup> )	RF	FP	DEF	DPF	DP	MF (g)
			(cm)			
0	8.5 d	35.2 c	4.68 d	3.2 c	0.29 b	90.17 e
150	9.75 c	44.5 c	6.05 c	4.2 b	0.33 b	120.83 d
200	12.9 b	84.8 a	7.02 b	5.06 a	0.46 a	140.9 c
250	14.45 a	69.05 b	7.23 ab	5.07 a	0.49 a	155.1 b
300	15 a	83.6 a	7.38 a	5.18 a	0.5 a	188.48 a
Esx	0.29	2.29	0.11	0.08	0.01	3.63

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Esx= error estándar de la media, RF= racimos con frutos; FP= frutos por planta; DEF= diámetro ecuatorial del fruto; DPF= diámetro polar del fruto; DP= diámetro del pericarpio; MF= masa del fruto.

En la variable masa del fruto, el tratamiento a base de 300 mg L<sup>-1</sup>, fue superior con diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) al resto de las dosis utilizadas y el control. En cuanto al número de frutos por plantas, los tratamientos de 200 y 300 mg L<sup>-1</sup> alcanzaron los mayores valores ( $p \leq 0.05$ ), mientras que el control sin aplicación y la dosis de 150 mg L<sup>-1</sup>, no difirieron entre sí.

En este sentido, Jiménez-Arteaga *et al.* (2015) comprobaron que concentraciones similares lograban los mayores valores de diámetro ecuatorial en el cultivo del tomate, pero en el cultivar H-3108 y en condiciones de casas de cultivo protegido, no obstante, reportaron un efecto contrario para el diámetro polar del fruto, ya que la menor concentración logró el mayor diámetro en el cultivar H-3108.

Algunos autores han encontrado estimulación del crecimiento y rendimiento con la aplicación del quitosano en diferentes cultivos como tabaco, frijol y maíz (Martínez-González *et al.*, 2017; Torres-Rodríguez *et al.*, 2018). Esta respuesta se ha atribuido a que el quitosano, estimula la producción de clorofila y la fotosíntesis en las plantas (Iriti *et al.*, 2009).

Lo cual pudiera explicar el aumento de la altura y los componentes del rendimiento del cultivar de tomate utilizado en nuestro estudio. Asimismo, Ordoookhani y Zare, (2011); Kerch (2015) también plantean que la aplicación de quitosano o sus formulaciones, pueden mejorar la calidad tanto externa como interna de los frutos.

Estos resultados fueron de igual forma evidentes en nuestro experimento, debido a que las distintas concentraciones aplicadas de quitosano mostraron diferentes resultados en los parámetros de calidad de los frutos de tomate, tales como el contenido de sólidos solubles totales, materia seca, vitamina C, pH y acidez (Cuadro 2).

En el contenido de proteínas, los tomates tratados con la dosis de 300 mg L<sup>-1</sup> presentaron el valor más bajo con respecto al resto de los tratamientos y el control, entre los cuales no se manifestaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). Los sólidos solubles totales mostraron resultados similares al contenido de proteínas, existiendo mayor contenido cuando no se aplicó el bioproducto.

**Cuadro 2. Efecto del quitosano sobre los indicadores bioquímicos de la calidad del fruto de tomate cultivar Floradade.**

Dosis de quitosano (mg L <sup>-1</sup> )	SST	P	C	A	MSA	MSAa	pH
	(°Brix)	(g 100 g <sup>-1</sup> MS)			(%)		
0	5.25 a	16.75 a	8.85 b	0.64 a	85.5 a	6.4 a	4.3 a
150	4.66 b	16.52 a	8.86 b	0.49 b	86 a	6 a	4.3 a
200	4.61 b	16.65 a	8.95 b	0.52 b	86 a	6 a	4.3 a
250	4.68 b	16.45 a	9.54 a	0.42 c	86 a	6.2 a	4.3 a
300	3.35 c	12.25 b	7.85 c	0.55 b	85.5 a	6 a	4.1 a
Esx	0.26	0.31	0.18	0.08	ns	ns	ns

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns= no significativo; MS= materia seca; °Brix= grados Brix; P= proteínas; SST= sólidos solubles totales; C= vitamina C; A= acidez; MSA= materia seca absoluta; MSAa= materia seca al aire.

Las dosis de 150, 200 y 250 mg L<sup>-1</sup>, presentaron resultados similares entre ellas y a su vez fueron superiores ( $p \leq 0.05$ ) que la dosis más alta aplicada. Tomates tratados con la dosis de 250 mg L<sup>-1</sup>, presentaron el mayor valor de contenido de Vitamina C en los frutos; sin embargo, al aumentar la dosis a 300 mg L<sup>-1</sup> se obtuvo el contenido más bajo de esta variable con relación al control.

Las variables de materia seca absoluta, materia seca al aire y pH, no fueron influenciadas por la aplicación del quitosano en ninguna de las dosis utilizadas debidos a que los resultados obtenidos en ellas fueron similares al control. Se debe destacar, que en la mayoría de las variables evaluadas donde se aplicó la concentración de quitosano más alta se obtuvieron los valores más bajos, excepto en el porcentaje de acidez.

Además, en esta última variable el tratamiento control fue más ácido que el resto de los tratamientos, mientras que con la aplicación de 250 mg L<sup>-1</sup> de quitosano, existió una disminución en el porcentaje de acidez. Los resultados obtenidos pueden atribuirse a que el quitosano además de tener una acción bioestimulante sobre el crecimiento de plantas y frutos, también presenta una actividad elicitora, que aumentan la síntesis de enzimas y metabolitos defensivos, a expensas de las reservas energéticas de las plantas (Malerba y Cerana, 2016).

Este hecho pudiera conducir a una disminución de los contenidos de sólidos solubles totales y vitamina C; a partir, de una determinada concentración de quitosano que según los resultados encontrados en esta investigación sería a 300 mg L<sup>-1</sup>. Sin embargo, Reyes-Pérez *et al.* (2018) obtuvieron resultados diferentes en el cultivo del tomate, al demostrar que la aplicación foliar de quitosano a concentraciones de 300 y 400 mg L<sup>-1</sup> producían las mayores cantidades de sólidos solubles totales.

Respecto al contenido de minerales en las plantas, la aplicación del bioestimulante no ejerció una influencia marcada sobre ninguno de los elementos evaluados, solo se observó una ligera tendencia a la disminución cuando fue utilizada la dosis más alta (300 mg L<sup>-1</sup>) sin diferencias significativas con relación al resto de los tratamientos, incluyendo al control (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Efecto del quitosano sobre el contenido de minerales en el fruto del tomate cultivar Floradade.**

Dosis de quitosano (mg L <sup>-1</sup> )	N (%)	(mg 100 mg <sup>-1</sup> de MS)			
		P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
0	2.73 a	0.35 a	3.45 a	0.38 a	0.22 a
150	2.58 a	0.34 a	3.52 a	0.43 a	0.23 a
200	2.57a	0.27 a	3.43 a	0.37 a	0.25 a
250	2.76 a	0.31 a	3.36 a	0.45 a	0.26 a
300	2.35 a	0.24 a	3.1 a	0.25 a	0.17 a
Esx	ns	ns	ns	ns	ns

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). ns= no significativo; N= nitrógeno; P= fósforo; K<sup>+</sup>= potasio; Ca<sup>2+</sup>= calcio; Mg<sup>2+</sup>= magnesio.

Esta expresión pudiera estar vinculada con lo anteriormente explicado con relación a que la estimulación de procesos bioquímicos, moleculares y fisiológicos, que guardan estrecha relación con el crecimiento, desarrollo, defensa de las plantas e incluso el rendimiento del cultivo, actúan en detrimento de aquellos que guardan relación con la bioquímica de fruto y la concentración de nutrimentos, por lo cual, no se producen cambios importantes con la aplicación del quitosano (Malerba y Cerana, 2016).

Sin embargo, estos resultados no coinciden con los obtenidos por Salachna y Zawadzińska (2014), quienes encontraron en las variedades utilizadas que la concentración de quitosano aplicada influye en el aumento de toma de nutrientes por las raíces de las plantas y estimula la biosíntesis de nutrimentos y mecanismos de defensa a partir del efecto bioestimulante sobre las plantas.

## Conclusiones

Los mejores resultados en las variables altura de la planta y componentes del rendimiento se obtuvieron al aplicar la concentración de 300 mg/L de quitosano. Los indicadores bioquímicos de calidad del fruto de tomate y su contenido de minerales no mostraron diferencias con la aplicación de quitosano.

## Agradecimientos

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por el apoyo otorgado a través del Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) 6<sup>ta</sup> convocatoria; a través, del proyecto 'evaluación de derivados de quitosano en la producción sostenible de hortalizas en sistema de cultivo orgánico'.

## Literatura citada

Araujo-Aguilera, L. A; Rodríguez-Arcia, C. I. y González-Gómez, L. G. 2012. Efecto de la quitosana sobre el cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en condiciones edafoclimáticas del municipio Guisa, Granma, Cuba. Revista UDO Agrícola. 12(4):823-829.



- Berumen-Varela, G.; Coronado-Partida, L. D.; Ochoa-Jiménez, V. A.; Chacón-López, M. A. y Gutiérrez-Martínez, P. 2015. Efecto del quitosano en la inducción de resistencia contra *Colletotrichum* sp. en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. *Investigación y Ciencia*. 23(6):16-21.
- Casierra-Posada, F.; Constanza-Cardozo, M. y Cárdenas-Hernández, J. F. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agron. Colomb.* 25(2):299-305.
- Escudero, N.; Lopez-Moya, F.; Ghahremani, Z.; Zavala-González, E. A.; Alaguero-Cordovilla, A.; Ros-Ibañez, C.; Lacasa, A.; Sorribas, F. J. and López-Llorca, L. V. 2017. Chitosan increases tomato root colonization by *Pochonia chlamydosporia* and their combination reduces root-knot nematode damage. *In: Harnessing useful rhizosphere microorganisms for pathogen and pest biocontrol*, Volume II. A. Ciancio, C. M. J. Pieterse, J. Mercado-Blanco (Eds.). Lausanne: Frontiers Media. 301-310 pp.
- FAOSTAT-FAO. 2018. FAOStat. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/S>.
- FAOSTAT. 2017. Crops. tomatoes, fresh. Statistics division. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>. 2017.
- González, L. G.; Jiménez, M. C.; Vaquero, L.; Paz, I.; Falcón, A. y Araujo, L. 2017. Evaluación de la aplicación de quitosana sobre plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Rev. Centro Agríc.* 44(1): 34-40.
- Iriti, M.; Picch, I. V.; Rossoni, M.; Gomasasca, S.; Ludwig, N.; Gargano, M. and Faoro, F. 2009. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid dependent stomatal closure. *Environ Exp. Bot.* 66(3):493-500.
- Jiang, X.; Lin, H.; Lin, M.; Chen, Y.; Wang, H.; Lin, Y.; Shi, J. and Lin, Y. 2018. A novel chitosan formulation treatment induces disease resistance of harvested litchi fruit to *Peronophythora litchii* in association with ROS metabolism. *Food Chem.* 266(15):299-308.
- Jiménez-Arteaga, M. C.; Terrero-Soler, J. C.; González-Gómez, L. G.; Paz-Martínez, I. y Falcón-Rodríguez, A. 2015. Evaluación de la aplicación de quitosana sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 (*Solanum lycopersicum* L.) en casas de cultivos protegidos. *Centro Agrícola.* 42(3):81-88.
- Kerch, G. 2015. Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: a review. *Trends Food Sci. Tech.* 46(2):159-166.
- Malerba, M. and Cerana, R. 2016. Chitosan effects on plant systems. *Inter. J. Mol. Sci.* 17(7):1-15.
- Martínez-González, L.; Maqueira-López, L.; Nápoles-García, M. C. y Núñez-Vázquez, M. 2017. Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizados. *Cultivos Tropicales.* 38(2):113-118.
- Morales-Guevara, D.; Torres-Hernández, L.; Jerez-Mompié, E.; Falcón-Rodríguez, A. y Amico-Rodríguez, J. D. 2015. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales.* 36(3):133-143.
- Morales-Guevara, D.; Amico-Rodríguez, J. D.; Jerez-Mompié, E.; Díaz-Hernández, Y. y Martín-Martín, R. 2016. Efecto del QuitoMax en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales.* 37(1):142-147.
- Ojodeagua-Arredondo, J. L.; Castellano-Ramo, J. Z.; Muñoz-Ramos, J. J.; Alcántar-González, G.; Tijerina-Chávez, L.; Vargas-Tapia, P. y Enríquez-Reyes, S. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(4):367-374.



- Ordookhani, K. and Zare, M. 2011. Effect of *Pseudomonas*, *Azotobacter* and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on lycopene, antioxidant activity and total soluble solid in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) F<sub>1</sub> Hybrid, Delta. *Adv. Environ. Biol.* 5(6):1290-1294.
- Paneque V.; Calaña J.; Calderón M.; Borges Y.; Hernández T. y Caruncho M. 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 159 p.
- Rangana, S. 1977. Manual of analysis of fruit and vegetable products. Tata Mc Graw Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 634 p.
- Rendina, N.; Nuzzaci, M.; Scopa, A.; Cuypers, A. and Sofo, A. 2019. Chitosan-elicited defense responses in *Cucumber mosaic virus* (CMV)-infected tomato plants. *J. Plant Physiol.* 234:9-17.
- Reyes-Pérez, J. J.; Enríquez-Acosta, E. A.; Murillo-Amador, B.; Ramírez-Arrebato, M. A.; Rodríguez-Pedroso, A. T.; Zulueta-Rodríguez, R. and Hernández-Montiel, L. G. 2018. Physiological, phenological and productive responses of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants treated with Quitosano. *Cienc. Investig. Agrar.* 45(2):26-31.
- Rodríguez, R. C. R.; Figueredo, J. V. y González, P. O. S. 2013. Influencia de la quitosana en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Amalia. *Centro Agrícola.* 40(2):79-84.
- Rodríguez-Pedroso, A. T.; Plascencia-Jatomea, M.; Bautista-Baños, S.; Cortez-Rocha, M. y Ramírez-Arrebato, M. 2015. Evaluación de los daños morfológicos causados por el hongo *Bipolaris oryzae* por la aplicación de una quitosana de bajo peso molecular. *Biotecnol. Aplicada.* 32(4):4211-4213.
- Rodríguez-Pedroso, A. T.; Ramírez-Arrebato, M. A.; Falcón-Rodríguez, A.; Bautista-Baños, S.; Ventura-Zapata, E. y Valle-Fernández, Y. 2017. Efecto del Quitomax en el rendimiento y sus componentes del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5. *Cultivos Tropicales.* 38(4):156-159.
- Romanazzi, G.; Feliziani, E. and Sivakumar, D. 2018. Chitosan, a biopolymer with Triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: eliciting, antimicrobial and film-forming properties. *Front. Microbiol.* 9:1-9.
- Salachna, P. and Zawadzińska, A. 2014. Effect of chitosan on plants growth, flowering and corms yield of potted freesia. *J. Ecol. Eng.* 15(3):97-102.
- SINAGAP. 2013. Producción. <http://sinagap.agricultura.gob.ec/reporte-por-provincias>.
- StatSoft Inc. 2011. Statistica. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.
- Terry-Alfonso, E.; Falcón-Rodríguez, A.; Ruiz-Padrón, J.; Carrillo-Sosa, Y. y Morales-Morales, H. 2017. Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto Quitomax. *Cultivos Tropicales.* 38(1):147-154.
- Torres-Rodríguez, J. A.; Reyes-Pérez, J. J.; González-Gómez, L. G.; Jiménez-Pizarro, M.; Boicet-Fabre, T.; Enríquez-Acosta, E. A.; Rodríguez-Pedroso, A. T.; Ramírez-Arrebato, M. A. y González-Rodríguez, J. C. 2018. Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea mays* L.) a la aplicación de Quitosano, Azofert y Ecomic. *Biotecnología.* 20(1):1-7.
- Van-Toan, N. and Thi-Hanh, T. 2013. Application of chitosan solutions for rice production in Vietnam. *Afri. J. Biotechnol.* 12(4):382-384.