

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Respuesta de plántulas de cultivares de tomate a la aplicación de quitosano

Response of tomato cultivar plants to the application of chitosan

Juan José Reyes-Pérez^{1*}, Emmanuel Alexander Enríquez-Acosta², Miguel Ángel Ramírez-Arrebató³, Aida Tania Rodríguez-Pedroso³, Marisol Rivero-Herrada¹

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Av. Walter Andrade, km 1.5 vía a Santo Domingo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador

² Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, Av. Los Almendros y Pujilí, Edificio Universitario, La Maná, Ecuador

³ UCTB Los Palacios, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Carretera La Francia km 1 s/n, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba

*Autor para correspondencia: jreyes@uteq.edu.ec

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia del quitosano sobre plántulas de cultivares de tomate se desarrolló un experimento en condiciones de casa malla sombra, con control de temperatura, humedad relativa. Se utilizaron ocho tratamientos que resultaron de la combinación de los cultivares de tomate Pomodoro y Floradade con tres dosis de quitosano (1, 2 y 3 g L⁻¹) y un control con agua destilada. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. A los 21 días después de la germinación se realizaron evaluaciones a variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo del cultivo. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis multivariado de componentes principales con representación Biplot, posteriormente se realizó un análisis de varianza doble y una comparación múltiple de medias. Se formaron dos nuevas variables (C1, C2) que lograron explicar el 91,24 % de la varianza total del experimento, la C1 presentó la mayor contribución con el 85,66 %, que se caracterizó por la masa fresca y seca del tallo, la masa fresca y seca de las hojas, la masa fresca de la raíz, el diámetro y longitud del tallo, así como la concentración de N, P y K, en la parte foliar de la planta. Todas las dosis de quitosano provocaron un mayor efecto estimulante que el control en la mayoría de las variables evaluadas para ambos cultivares siendo 1 y 2 g L⁻¹ las mejores.

Palabras clave: bioproducto, análisis de componentes principales, bioestimulante, *Solanum lycopersicum*, hortaliza

ABSTRACT

With the objective of evaluating the influence of Chitosan on seedlings of tomato cultivars, an experiment was developed in shaded mesh house conditions, with control of temperature, relative humidity. Eight treatments were used which resulted from the combination of Pomodoro and Floradade tomato cultivars with three doses of Chitosan 1, 2 and 3 g L⁻¹ and a

control without application. The treatments were distributed in a completely randomized design with three repetitions. 21 days after germination, evaluations were made to variables related to the growth and development of the crop. The data were subjected to a multivariate analysis of principal components with Biplot representation and a double variance analysis and multiple means comparison were subsequently performed. When applying the principal component analysis two new variables were formed (C1, C2) that managed to explain 91.24 % of the total variance of the experiment. C1 presented the highest contribution with 85.66 %, which was characterized by the fresh and dry mass of the stem, the fresh and dry mass of the leaves, the fresh mass of the root, the diameter and length of the stem, as well as the concentration of N, P and K, in the foliar part of the plant. The analysis of variance showed that the doses that caused a greater positive effect on the cultivars in most of the variables evaluated were 1 and 2 g L⁻¹.

Keywords: bioproduct, principal component analysis, biostimulant, *Solanum lycopersicum*, vegetable

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate ocupa un lugar preponderante entre las hortalizas que se cultivan en el Ecuador por ser un producto muy apetecido por la población y altamente demandado por la agroindustria. Las principales áreas dedicadas al cultivo del tomate se encuentran localizadas, tanto en los valles cálidos de la serranía como en el litoral bajo una agricultura intensiva basada fundamentalmente en pesticidas dañinos para la salud y el medioambiente.

Entre los métodos que se han utilizado para disminuir el efecto negativo de estos agroquímicos está la utilización de polímeros naturales biodegradables, entre los cuales se encuentra el quitosano, cuyas propiedades garantizan una efectividad económica y práctica superior, en comparación con otros reguladores del crecimiento tradicionalmente usados (Rodríguez *et al.*, 2013, Javaid *et al.*, 2018).

Ha sido ampliamente demostrado que el quitosano estimula el crecimiento de las plantas, acelera el ciclo de los cultivos, contribuye a mantener el balance hídrico en las plantas, influye de manera marcada en el incremento del rendimiento y sus componentes y alarga la vida poscosecha de los frutos. Su acción tiene una relación marcada en la protección de las plantas contra microorganismos patógenos y la actividad

promotora de mecanismos de defensa de las plantas ante condiciones de estrés (Giner *et al.*, 2012; Berger *et al.*, 2014; Barreto *et al.*, 2016; Chun y Chandrasekaran, 2018; Divya, Smitha, y Jisha, 2018; Charitidis *et al.*, 2019).

En Ecuador se utiliza el quitosano en diversas ramas de la economía y los servicios, la agricultura, por la relativa facilidad de obtención del mismo cuya fuente de materia prima fundamental son los crustáceos. El tomate, es uno de los cultivos en los cuales se ha comenzado a utilizar este producto, sin embargo, la gran diversidad de agroecosistemas demanda la realización de investigaciones que contribuyan a ofrecer recomendaciones precisas relacionadas con las zonas, los cultivares y las dosis de quitosano que ofrecen los mejores resultados en crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

El objetivo del presente trabajo estuvo encaminado a determinar el efecto que ejerce el quitosano sobre el crecimiento y el contenido de nutrientes de plántulas de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones generales para el desarrollo del experimento

La investigación fue desarrollada en un invernadero de la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada entre las coordenadas geográficas 01° 06' de latitud Sur y 79° 29' de

longitud Oeste, a una altura de 73 m sobre el nivel del mar.

Las plántulas crecieron en bandejas de polietileno de 200 cavidades las cuales contenían suelo clasificado como francamente arenoso, al cual se le hizo análisis fisicoquímico (Tabla 1). El suelo utilizado como sustrato resultó tener bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, así como niveles medios para calcio y magnesio. Teniendo en cuenta que el tomate extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo para cubrir sus requerimientos nutricionales (Betancourt y Pierre, 2013) las plantas producidas en estas condiciones solo pueden mantenerse un corto tiempo, sin que se afecte su crecimiento. De esta forma, el bioestimulante aplicado puede mostrar mejor su actividad.

Tratamientos utilizados y diseño experimental

Se utilizó semilla certificada de los cultivares de tomate Floradade y Pomodoro. Se realizaron ocho tratamientos, resultado de la combinación de las dos variedades con tres dosis de quitosano 1, 2 y 3 g L⁻¹ y dos controles a los que les aplicó solamente agua destilada estéril. Los tratamientos consistieron en la imbibición de las semillas de tomate con quitosano a las concentraciones 1, 2 y 3 g L⁻¹, y en el caso de los tratamientos controles con agua destilada. Las semillas se escurrieron y se secaron al aire por 3 horas antes de la siembra en bandejas de polietileno de 1x 0,4 m. El quitosano disuelto a 4 g L⁻¹, 0,5 % ácido acético y 0,07% de potasio) se obtuvo del INCA Cuba.

Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones. El riego aplicado a las bandejas se realizó diariamente, con el fin de que no existiera déficit hídrico para la emergencia de las plántulas.

Variables evaluadas

A los 21 días después de la germinación, se tomaron 10 plantas por tratamiento y para evaluar las variables de crecimiento: longitud de la raíz (LR) y longitud del tallo (LT) con una cinta milimetrada y el diámetro del tallo (DT) con un pie de rey marca Mitutoyo 532

(Mitutoyo Japón). Además, se secaron en una estufa marca FED 115, Binder Alemania, a 65 °C por 24 h hasta masa constante y se evaluaron las variables como, Masa seca de la raíz (MSR), Masa fresca de la raíz (MFR), Masa fresca del tallo (MFT), Masa seca del tallo (MST), Masa fresca de hojas (MFH), Masa seca de hojas (MSH), en una balanza digital marca Sartorius, USA.

Tabla 1. Análisis fisicoquímico del suelo empleado como sustrato

Parámetros	Valor	Interpretación
pH	5,80	Media ácido
M.O. %	4,40	Medio
NH ₄ ppm	13,00	Bajo
P ppm	9,00	Bajo
K meq/100 g	0,16	Bajo
Ca meq /100 g	8,00	Medio
Mg meq/100 g	1,10	Medio
S ppm	10,00	Medio
Zn ppm	1,30	Bajo
Cu ppm	7,20	Alto
Fe ppm	118,00	Alto
Mn ppm	3,50	Bajo
Boro ppm	0,16	Bajo
Ca/Mg	7,20	
Mg/K	6,88	
Ca+Mg/K	56,88	

M.O. - Materia Orgánica

Fuente: Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas INIAP-PICHILINGUE

Se determinaron los contenidos de nutrientes para nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio(Ca) y magnesio(Mg) en el tejido foliar mediante la toma de tres plantas al azar de cada tratamiento y análisis en el Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Agua del INIAP, Ecuador según la metodología previamente establecida (NTE, 2014).

Procesamiento estadístico

Los datos fueron procesados con el paquete Statistica para Windows, versión 10 (StatSoft,

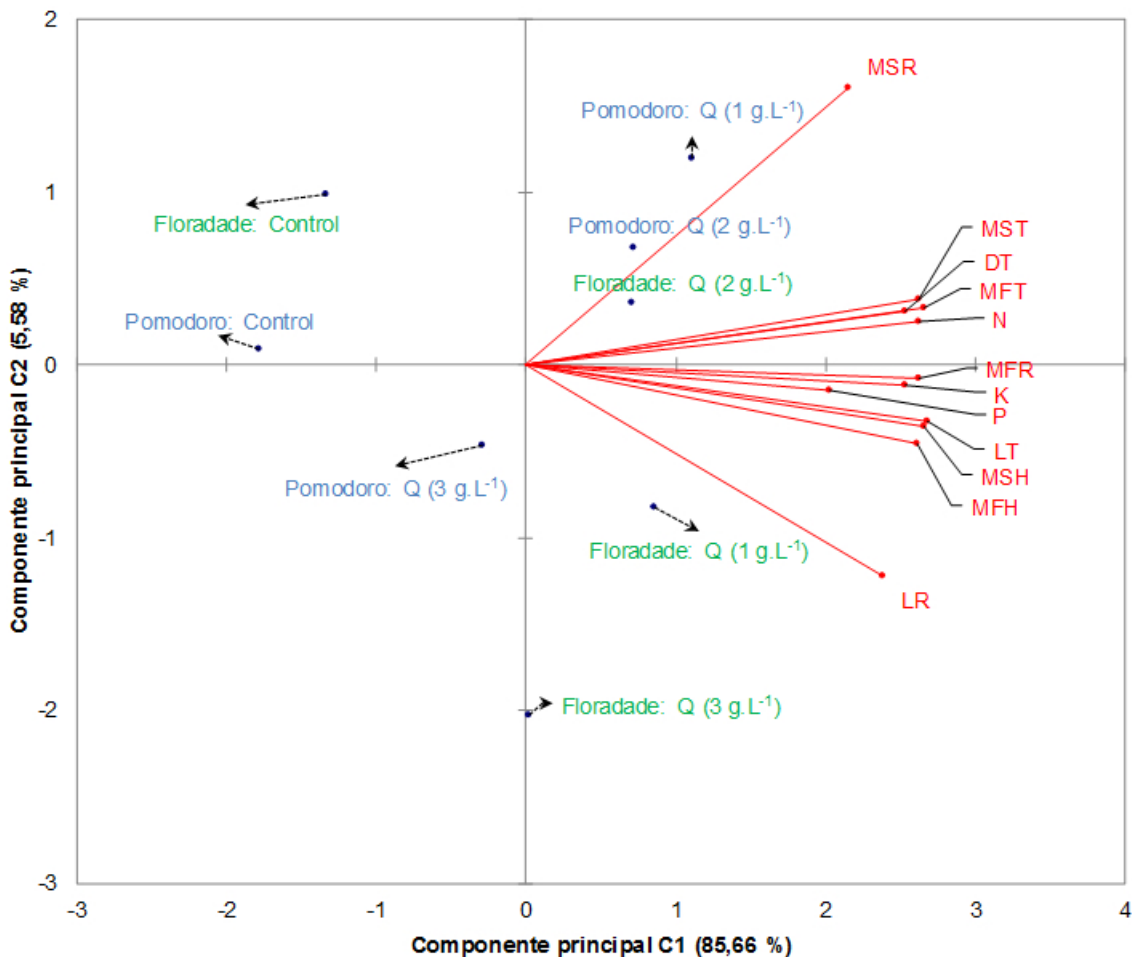
2011). Para determinar si los mismos cumplían con la homogeneidad de varianza, fue realizada la prueba de Cochran, Hartley-Bartlett y para comprobar si se distribuyeron de forma normal, se les realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un Análisis Multivariado de Componentes Principales con representación gráfica Biplot (Varela, 2002), con el objetivo de caracterizar la relación entre las variables evaluadas y las dosis de quitosano, en los dos cultivares utilizados. Posteriormente, los datos originales se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación doble y para la comparación múltiple de medias, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales con representación Biplot permitió describir la naturaleza de las relaciones existentes entre los cultivares utilizados, las dosis de quitosano aplicadas y las diferentes variables evaluadas (Figura). Los resultados muestran una relación positiva entre las variables evaluadas y la aplicación de quitosano a las plantas con independencia de la variedad utilizada sobre todo cuando se aplicaron dosis de 1 y 2 g L⁻¹.

A través de este análisis, se logró realizar la caracterización de los elementos de la muestra y se formaron dos nuevas variables o componentes (C1 y C2) que lograron explicar el 91,24 % de la varianza total del experimento, en este caso, C1 presentó la mayor contribución



C1 y C2 - Componentes principales, Q - dosis de quitosano

Variables (color rojo): MFR - Masa fresca de la raíz, MSR - masa seca de la raíz, MFT - masa fresca del tallo, MST - masa seca del tallo, MFH - masa fresca de las hojas, MSH - masa seca de las hojas, DT - diámetro del tallo, LT - longitud del tallo, LR - largo de la raíz, N - contenido de nitrógeno foliar, K - contenido de potasio foliar, P - contenido de fósforo foliar, Correlación cofenética = 0 -99

Figura. Representación Biplot según el Análisis de Componentes Principales, para los cultivares de tomate Pomodoro y Floradade con aplicación de cuatro dosis de quitosano: 0, 1, 2, 3 g L⁻¹

con el 85,66 %.

Este componente se caracterizó por agrupar las variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo: la masa fresca y seca de raíces, tallos y hojas, así como por el diámetro del tallo, su longitud y la longitud de la raíz. De igual forma, fue caracterizada por la acumulación de elementos nutritivos foliares como el N, P y K.

Por el grado de relación, se definieron tres grupos de variables. El primer grupo, en el que se encuentran variables relacionadas con la acumulación de biomasa en el tallo (MFT, MST), su diámetro (DT) y el contenido de nitrógeno foliar (N). Un segundo grupo, integrado por la masa fresca de la raíz y el contenido de Potasio y Fósforo foliares, mientras que el tercer grupo, se caracterizó por las variables relacionadas con la longitud del tallo (LT) y la acumulación de biomasa en las hojas (MFH y MSH). Por otra parte, la concentración de elementos como el N, P K, estuvieron asociados a grupos de variables diferentes en dependencia del grado de relación lo cual determinó su cercanía: el N tuvo una relación muy estrecha con las variables MFT, DT y MST, mientras que el P y el K, estuvieron más relacionadas con MFR, LT y MSH.

No siempre la aplicación de quitosano ejerce un efecto totalmente positivo sobre las plantas y esto pudiera estar relacionado con la

respuesta fisiológica de la variedad debido a que, al aplicar la dosis de 3 g L⁻¹ a Pomodoro, se manifestaron relaciones negativas con todas las variables evaluadas. Sin embargo, a esta misma dosis con Floradade hubo un efecto positivo en las variables, aunque mucho menor para las otras dosis evaluadas (Figura).

Los elementos que caracterizaron la componente 1 (C1) y mostraron mayores niveles de correlación con la misma (MST, DT, MFT, N, MFR, K, P, LT, MSH, MFH) fueron sometidos a un análisis de varianza de clasificación doble, en el cual se demostró la existencia de diferencias significativas entre las diferentes variantes experimentales.

La longitud del tallo, así como su diámetro fueron estimulados con la aplicación de quitosano a la dosis 1 g L⁻¹, tratamiento donde se evidenciaron los mejores resultados, sin diferencias significativas con 2 g L⁻¹. A partir de la dosis de 3 g L⁻¹ se observó una tendencia a la disminución del efecto positivo, sobre todo en la variedad Pomodoro (Tabla 2).

En la variable diámetro del tallo también se observaron diferencias, en este caso los mejores tratamientos se manifestaron en la variedad Pomodoro, seguida de Floradade con la aplicación de 1 g L⁻¹, mientras que los tallos con menor diámetro se evidenciaron cuando no existió aplicación de quitosano.

Tabla 2. Influencia del Quitosano sobre las variables longitud y diámetro del tallo en dos variedades de tomate

Cultivares	Quitosano (g L ⁻¹)	LT	DT
		cm	
Floradade	0	7,83 c	0,18 fg
	1	13,17 a	0,38 ab
	2	12,57 a	0,34 bc
	3	11,45 ab	0,25 de
Pomodoro	0	6,33 c	0,14 g
	1	13,00 a	0,41 a
	2	12,00 ab	0,28 cd
	3	10,33 b	0,21 ef
	Esx	0,51	0,01

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Esx - Error estándar de la media, LT - longitud del tallo, DT - diámetro del tallo

Una tendencia evidente para estas dos variables, aunque en algunos casos sin diferencias significativas, es que el efecto del Quitosano a medida que aumenta la dosis de aplicación disminuye, siendo la dosis de 3 g L⁻¹ con la que se obtienen los resultados más discretos, no obstante, siempre mejores que los obtenidos en el control, sobre todo para la variable longitud del tallo.

En las variables relacionadas con la acumulación de biomasa, se observó de igual forma un efecto positivo marcado cuando se aplicó Quitosano a las plantas. La MFR mostró su mejor respuesta en el cultivar Floradade, cuando fue aplicada la dosis de 2 g L⁻¹ seguida del cultivar Pomodoro al aplicarse 1 g L⁻¹, mientras que en las variables MFT, MST, MFH y MSH, los mejores resultados se mostraron en el cultivar Pomodoro cuando fue utilizada la dosis de 1 g L⁻¹, seguida de la aplicación de 2 g L⁻¹, sin diferencias significativas entre los dos cultivares. Sin embargo, se evidenció una disminución significativa en los valores de todas las variables cuando las plantas se sometieron a 3 g L⁻¹ del producto, pero con relación a la aplicación de 1 y 2 g L⁻¹, respectivamente, aunque siempre con mejores resultados que cuando no se utilizó el mismo (Tabla 3).

La acumulación de elementos nutritivos en la biomasa foliar manifestó resultados similares, debido a que el uso del quitosano, incrementó la concentración de estos elementos sin distinción del cultivar con relación al control (Tabla 4). A partir de 1 g L⁻¹ se comenzó a observar la elevación de los valores, destacándose sobre todo en el N y P, para los dos cultivares. Si bien la dosis de 2 g L⁻¹ mantuvo una influencia similar para la variedad Pomodoro, la cual mantuvo sus niveles de N iguales a cuando se aplicó la dosis de 1 g L⁻¹, los del cultivar Floradade disminuyeron de manera drástica. Por otra parte, mientras que el P mostró un incremento de la concentración, para las tres dosis de quitosano utilizadas, el K, evidenció una respuesta diferente, debido a que los mejores resultados fueron observados en la variedad Pomodoro con la dosis 1 g L⁻¹ con diferencias significativas referente al resto de los tratamientos.

Los resultados obtenidos demuestran que los cultivares de tomate utilizados responden positivamente a la aplicación de quitosano, lo cual se evidenció en la mayoría de las variables evaluadas, sobre todo, para las dosis de 1 y 2 g L⁻¹. Con 3 g L⁻¹ la tendencia fue a disminuir, pero los resultados siempre fueron superiores al tratamiento control.

Tabla 3. Influencia del quitosano sobre variables relacionadas con la acumulación de biomasa en raíces, tallos y hojas de dos variedades de tomate

Cultivares	Quitosano (g L ⁻¹)	MFR	MFT	MST	MFH	MSH
		(g pl ⁻¹)				
Floradade	0	0,11 e	1,20 f	0,05 c	1,25 d	0,14 c
	1	0,32 bc	2,15 c	0,09 ab	2,25 ab	0,25 ab
	2	0,42 a	2,34 b	0,10 ab	2,27 ab	0,25 ab
	3	0,29 cd	1,87 d	0,08 bc	2,14 bc	0,24 ab
Pomodoro	0	0,08 e	1,04 f	0,02 d	1,05 f	0,11 c
	1	0,37 ab	2,54 a	0,11 a	2,34 a	0,27a
	2	0,36 b	2,41 ab	0,09 ab	2,29 a	0,25 ab
	3	0,26 d	1,58 e	0,06 c	2,06 c	0,21 b
Esx		0,02	0,11	0,01	0,09	0,01

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey (p ≤ 0,05)

Esx - Error estándar de la media, MFR - masa fresca de la raíz, MFT - masa fresca del tallo, MST - masa seca del tallo, MFH - masa seca de hojas, MSH - masa seca de hojas

Tabla 4. Influencia del quitosano sobre la concentración de los elementos Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la biomasa foliar de las plantas

Cultivares	Quitosano (g L ⁻¹)	mg pl ⁻¹		
		N	P	K
Floradade	0	1,63 d	0,20 b	1,63 d
	1	3,93 a	0,83 a	3,03 b
	2	3,50 b	0,67 ab	2,60 c
	3	2,70 d	0,33 ab	2,67 bc
Pomodoro	0	1,87 d	0,20 b	1,60 d
	1	4,17 a	0,37 ab	3,60 a
	2	3,87 ab	0,80 a	2,76 bc
	3	2,77 c	0,40 ab	2,60 c
Esx		0,19	0,06	0,13

* Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Esx - Error estándar de la media, N - Nitrógeno, P - Fósforo, K - Potasio

Una vez realizado el análisis de Componentes Principales y caracterizadas las relaciones entre los diferentes elementos del sistema, así como las variables que mayor aporte tuvieron, se demostró la existencia de variables que, por su alta dispersión y poco aporte a la varianza total, pueden ser excluidas del análisis (como LR y MSR) para lograr mayor precisión al someter los datos a los análisis univariados que por ende, constituye una herramienta que puede ser utilizada para trabajos posteriores relacionados con la aplicación de este producto en la especie *Solanum lycopersicum* L.

Ha sido informado por diversos autores como Terry *et al.* (2017) y Chun y Chandrasekaran (2018) que las variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate son beneficiadas por la aplicación del quitosano, lo cual a su vez guarda una estrecha relación con el mejoramiento de las variables relacionadas con el rendimiento.

Otros autores coinciden que el Quitosano estimula diversos procesos fisiológicos en la planta y tiene una influencia a nivel celular, al incrementar el tamaño de las células, lo que influye en la asimilación de nutrientes por las plantas, lo cual se refleja posteriormente en el mejoramiento de variables relacionadas con el crecimiento, desarrollo y rendimiento del

cultivo (Paul *et al.*, 2018).

El quitosano es utilizado en diversas actividades relacionadas con la producción de cultivos, entre las que se encuentran, la aplicación de enmiendas de suelo, la protección de plantas contra fitopatógenos, bacterias, nematodos, la protección poscosecha de frutos y vegetales, la preservación de productos la protección de semillas, así como la estimulación del crecimiento e inducción de mecanismos de defensa en las plantas (Kerch, 2015; Malerba y Cerana, 2016; Reyes-Pérez *et al.*, 2018).

Los resultados obtenidos son similares a los encontrados por Terry *et al.* (2017), quienes observaron al aplicar dosis similares de quitosano que las plántulas de tomate incrementaron altura y mejoraron otras variables, sobre todo al utilizar 1 g L⁻¹. Rodríguez-Pedroso *et al.* (2017) por su parte sugieren que la respuesta al quitosano, tiene variaciones interespecíficas, debido a que, en el cultivo del arroz, no se evidenció respuesta positiva con dosis similares a las utilizadas en esta experiencia, al ser comparada con el control. Sin embargo, los resultados indican que la respuesta al producto pudiera tener características intraespecíficas, debido a que la respuesta de Floradade y Pomodoro, no siempre fue la misma.

CONCLUSIONES

La componente C1 agrupó a las variables MST, DT, MFT, N, MFR, K, P, LT, MSH y MFH, explicando el 85,66 % de la varianza total del experimento.

El quitosano ejerció una influencia positiva sobre variables del crecimiento y desarrollo de los cultivares de tomate Pomodoro y Floradade con dosis de 1 y 2 g L⁻¹.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por el apoyo otorgado a través del Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica (FOCICYT) 6ta Convocatoria, a través del proyecto “Evaluación de derivados de quitosano en la producción sostenible de hortalizas en sistema de cultivo orgánico”.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRETO, T. A., ANDRADE, S. C. A., MACIEL, J. F. *et al.* 2016. A Chitosan Coating Containing Essential Oil from *Origanum vulgare* L. to Control Postharvest Mold Infections and Keep the Quality of Cherry Tomato Fruit. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1724. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01724>.
- BERGER, L. R. R., STAMFORD, T. C. M., STAMFORD-ARNAUD, T. M. *et al.* 2014. Effect of Corn Steep Liquor (CSL) and Cassava Wastewater (CW) on Chitin and Chitosan Production by *Cunninghamella elegans* and Their Physicochemical Characteristics and Cytotoxicity. *Molecules*, 19 (3), 2771–2792. <http://doi.org/10.3390/molecules19032771>.
- BETANCOURT, P. y PIERRE, F. 2013. Extracción de macronutrientes por el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. var Alba) en casa de cultivos en Quibor, estado Lara. *Bioagro*, 25 (3): 181-188.
- CHARITIDIS, C. A., DRAGATOGIANNIS, D. A., MILIONI, E. *et al.* 2019. Synthesis, Nanomechanical Characterization and Biocompatibility of a Chitosan-Graft-Poly (ϵ -caprolactone) Copolymer for Soft Tissue Regeneration. *Materials* (Basel, Switzerland), 12 (1). <http://doi.org/10.3390/ma12010150>.
- CHUN, S.C., and CHANDRASEKARAN, M. 2018. Chitosan and chitosan nanoparticles induced expression of pathogenesis-related proteins genes enhances biotic stress tolerance in tomato. *International Journal of Biological Macromolecules*. <http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.167>.
- DIVYA, K., SMITHA, V. y JISHA, M. S. 2018. Antifungal, antioxidant and cytotoxic activities of chitosan nanoparticles and its use as an edible coating on vegetables. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 572–577. <http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.130>.
- GINER, M. J., VEGARA, S., FUNES, L. *et al.* 2012. Antimicrobial activity of food-compatible plant extracts and chitosan against naturally occurring micro-organisms in tomato juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (9), 1917–1923. <http://doi.org/10.1002/jsfa.5561>.
- JAVAID, M. A., YOUNAS, M., ZAFAR, I. *et al.* 2018. Mathematical modeling and experimental study of mechanical properties of chitosan based polyurethanes: Effect of diisocyanate nature by mixture design approach. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, 321–330. <http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.183>.
- KERCH, G. 2015. Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. *Trends Food Sci. Technol.*, 46: 159–166.
- MALERBA, M. y CERANA, R. 2016. Chitosan Effects on Plant. *Systems. Int. J. Mol. Sci*, 996: 1–15.
- NTE. 2014. INEN 1909, Frutas frescas. Tomate de árbol. Requisitos código ICS: 67.080. Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/>

- nte_inen_1909_2r.pdf. Fecha de consulta: 28 de Mayo 2018. 38 (4): 156-159.
- PAUL, S. K., SARKAR, S., SETHI, L. N. y GHOSH, S. K. 2018. Development of chitosan based optimized edible coating for tomato (*Solanum lycopersicum*) and its characterization. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (7): 2446–2456. <http://doi.org/10.1007/s13197-018-3162-6>.
- REYES-PÉREZ, J.J., ENRÍQUEZ-ACOSTA, E.A., MURILLO-AMADOR, B., *et al.* 2018. Physiological, phenological and productive responses of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants treated with Quitosano. *Cien. Inv. Agr.*, 45 (2): 26-31.
- RODRÍGUEZ-PEDROSO, A. T., RAMÍREZ-ARREBATO, M. A., FALCÓN-RODRÍGUEZ, A., *et al.* 2017. Efecto del Quitosano® en el rendimiento y sus componentes del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5. *Cultivos Tropicales*, 38 (4): 156-159.
- RODRÍGUEZ-REYES, R.C., FIGUEREDO, J.V. y GONZÁLEZ, P.O.S. 2013. Influencia de la quitosana en tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill) var. “Amalia”. *Centro Agrícola*, 40 (2): 79-84.
- STATSOFT Inc. 2011. Statistica. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, EUA.
- TERRY-ALFONSO, E., FALCÓN-RODRÍGUEZ, A., RUIZ-PADRÓN, J. *et al.* 2017. Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto Quitosano®. *Cultivos Tropicales*, 38 (1): 147-154.
- VARELA, M. 2002. Los métodos BILOT como herramienta de análisis de interacción de orden superior en un modelo lineal/bilineal. Tesis de Doctorado. Salamanca, España: Universidad de Salamanca, hh. 15-155.

Recibido el 9 de julio de 2019 y Aceptado el 15 de septiembre de 2019