

RESPUESTA AGRONÓMICA Y FITOSANITARIA DE PLANTAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) A LA APLICACIÓN DE QUITOSANO EN CONDICIONES CONTROLADAS

AGRONOMIC AND PHYTOSANITARY RESPONSE OF TOMATO PLANTS (*Solanum lycopersicum* L.) TO THE APPLICATION OF CHITOSANE UNDER CONTROLLED CONDITIONS

Jorge Stiven Chanaluisa-Saltos¹

Email: stiven.chanaluisa@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1367-6291>

Ana Ruth Álvarez Sánchez²

Email: aalvarezs@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2780-8600>

Juan José Reyes-Pérez²

Email: jreyes@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5372-2523>

Nidia Araiza Lizarde³

Email: naraiza@upsin.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0477-0147>

¹Universidad Técnica de Machala, Ecuador

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

³Universidad Politécnica de Sinaloa

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Chanaluisa-Saltos, J. S., Álvarez Sánchez, A. R., Reyes-Pérez, J. J., Lizarde, N. A. (2022). Respuesta Agronómica y Fitosanitaria de plantas de Tomate (*solanum lycopersicum* L.) a la aplicación de Quitosano en condiciones controladas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 139-145. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un componente importante en la dieta de la mayoría de la población a nivel mundial contribuyendo fuertemente a la economía de países como Ecuador. Sin embargo, el cultivo de tomate se ve afectado por *Alternaria solani* responsable del tizón temprano. El objetivo de este trabajo consistió en medir la respuesta agronómica y fitosanitaria de plantas de tomate a la aplicación de quitosano en condiciones de invernadero. Se aplicó quitosano en el cultivo de tomate a diferentes dosis (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg. L⁻¹) las variables a medir fueron la emergencia, altura de planta, longitud de raíz, diámetro del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, racimos con frutos, frutos por planta, masa del fruto, rendimiento por hectárea y estado fitosanitario. Los resultados demostraron que el quitosano aplicado a una concentración de 300 mg. L⁻¹ estimuló positivamente las variables evaluadas asociadas al crecimiento, producción y rendimiento. Además de disminuir la incidencia y severidad de manchas foliares causadas por *Alternaria solani*.

Palabras clave: *Alternaria solani*, bioestimulante, crecimiento, cultivo

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is an important component in the diet of the majority of the worldwide population, contributing strongly to the economy of countries such as Ecuador. However, the tomato crop is affected by *Alternaria solani* responsible for early blight. The objective of this work was to measure the agronomic and phytosanitary response of tomato plants to the application of chitosan under greenhouse conditions. Chitosan was applied to the tomato crop at different doses (50, 100, 150, 200, 250 and 300 mg. L⁻¹) the variables to be measured were emergence, plant height, root length, stem diameter, weight, fresh from the root, dry weight of the root, bunches with fruits, fruits per plant, fruit mass, yield per hectare and phytosanitary status. The results showed that chitosan applied at a concentration of 300 mg. L⁻¹ positively stimulated the evaluated variables associated with growth, production and yield. In addition to reducing the incidence and severity of leaf spots caused by *Alternaria solani*.

Key words: *Alternaria solani*, biostimulant, growth, crop

INTRODUCCIÓN

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L) se desarrolla en la mayoría de los países latinoamericanos, por su calidad, capacidad de adaptarse y buen precio, aumentando así su difusión, comercio y, por ende, su producción. La producción del tomate ha tenido un crecimiento sostenido desde el 2001, tiempo en el que se producía alrededor de 25.000 millones de kg en todo el mundo, en la actualidad su producción mundial es de 38.282 millones de kg, siendo sus principales productores los países de Estados Unidos Italia China y España (López, 2016).

En Ecuador, para el año 2019 la producción de tomate alcanzó un área cosechada de 1401 ha, con un rendimiento calculado de 22548.9 Kg. ha⁻¹ (FAO, 2021). La mayoría de variedades presentan buen potencial en sus características agronómicas tales como longitud, peso y diámetro del fruto, tanto en la costa como en la sierra, dependiendo de la variedad. Además de ello, su rendimiento en kg/ha, lo hace un cultivo apto para la agroindustria y la expansión de su producción en todas las zonas del país

La tendencia actual entre productores y consumidores indica que se preocupan mucho más sobre el origen de sus alimentos y la seguridad que estos les dan al momento de consumirlos. Preferiblemente sin contaminación de agroquímicos, especialmente los que se ofrecen a granel y se consumen frescos, además de ello, es importante considerar una reducción del impacto de los agroquímicos sobre el medio ambiente. A pesar de ello, aún se mantienen prácticas tradicionales de producción de alimentos donde la mayor parte de aplicación de agroquímicos se ve influenciada por el ataque de plagas y enfermedades que se hacen presentes a lo largo del ciclo de producción (Andrade & Ayaviri, 2018).

Una alternativa para la agricultura sana también es la utilización de bioestimulantes orgánicos capaces de intervenir sobre la fisiología de las plantas además de tener efecto en la resistencia diversas enfermedades producidas por hongos (Gonzales *et al.*, 2017). Uno de los bioestimulantes con grandes propiedades fisicoquímicas como la biocompatibilidad, la no toxicidad y la biodegradabilidad es el quitosano (Macea *et al.*, 2015).

El quitosano es un biopolímero con un amplio espectro de aplicaciones en diferentes áreas de la agronomía, entre las que se destacan mayores niveles de rendimiento, producción e incluso estimula los métodos de defensa ante diversos patógenos, con el plus de que no produce contaminantes que afecten a la naturaleza (Molina *et al.*, 2017). Además de ello, el quitosano puede ser utilizado como recubrimiento orgánico para diversos frutos y vegetales aumentando tanto su durabilidad en el transporte a su destino final, así como potencialmente en su vida de anaquel. La versatilidad del quitosano en sus formas de uso, baja toxicidad para los humanos e impacto ambiental, facilidad de acceso y bajos costos de producción en grandes volúmenes muestran un futuro prometedor para este bioestimulante a corto y largo plazo.

Por lo tanto, el propósito de este proyecto es utilizar quitosano como un bioproducto alternativo a los insumos químicos para mejorar el desarrollo fisiológico e inmunológico de las plántulas de tomate y a su vez y combatir la presencia de Tizon Tempano, la importancia de generar este trabajo radica en mostrar las cualidades del quitosano como un bioproducto aplicable a los cultivos de plantas de tomates, no solo por sus propiedades en relación al desarrollo fisiológico, inmunológico, sino también su aporte al conservar el medio ambiente al ser un producto orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca experimental “La María”, el mes de enero a mayo del 2021 en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo–El Empalme. Recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas de 01° 06' de latitud Sur y 79° 29' de longitud Oeste, a una altitud de 120 msnm con una temperatura media de 25.8 °C.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones T1: 50 mgL⁻¹ de quitosano, T2: 100 mgL⁻¹ de quitosano, T3: 150 mgL⁻¹ de quitosano, T4: 200 mgL⁻¹ de quitosano, T5: 250 mgL⁻¹ de quitosano, T6: 300 mgL⁻¹ de quitosano y un testigo experimental T0: Sin quitosano. Con 20 plantas por unidad experimental por quintuplicado con un total de 700 plantas. La aplicación del quitosano se llevó a cabo a los 15, 30, 60 días. La siembra del tomate se realizó en condiciones de invernadero.

El porcentaje de emergencia se realizó en bandejas de germinación de 100 cavidades, contabilizando el número de semillas emergidas y se divididas para las semillas sembradas según la fórmula de Maguire, (1962). La altura de la planta se midió con una regla graduada en centímetros cada planta se calculará desde el nivel del suelo hasta la copa de la planta, las evaluaciones se realizarán a los 60 días después de la siembra. Para determinar la longitud de la raíz se utilizó 5 plantas aleatorias por repetición, y con la ayuda de una cinta métrica se procedió a determinar la longitud de la raíz principal. El peso fresco de la raíz (gr) se realizó extrayendo el material vegetal del medio donde se desarrolló y se pesó en una balanza analítica, esta medida no es destructiva y se realizó en diferentes momentos del experimento (tiempo en días o semanas).

Para el peso seco de la raíz (gr), se expuso el sistema vegetal a temperatura de entre 60°C a 80°C durante 72 horas en una estufa y se pesó en una balanza analítica (Maguire, 1962). Para el diámetro del tallo (cm) se requirió muestrear 5 plantas aleatorias por repetición, lo cual, se realizó con la ayuda de un calibrador. Los datos se registraron a los 60 días después de la siembra.

Para las variables de producción, el número de racimos con frutos (RF) y frutos por planta (FP) se realizó por conteo visual. La masa promedio de los frutos expresada en gramos (MF) se realizó por la división de la masa total de

los frutos entre la cantidad de frutos de la parcela. Por último, el Rendimiento por hectárea (kg/ha^{-1}) se obtuvo por medio del peso total de la parcela útil transformándolo a kg/ha^{-1} , para ello se empleará la siguiente ecuación: $\text{kg/ha} = (\text{Rendimiento por parcela útil (kg)} \cdot 10000 \text{ m}^2) / (\text{Área de parcela útil (m}^2))$

La evaluación del estado fitosanitario comprendió en determinar la severidad para manchas foliares causadas por *Alternaria solani* (Tizón temprano) donde se utilizó la escala de Pat et al. (2017) quien indicó que: 1) el 0-0% de daño, indica que toda el área de la planta está sin mancha; 2) 0.1 – 5 % de daño, indica que de 5 a 10 manchas se puede encontrar en el área foliar; 3) 6 – 10% de daño, indica que el 1/4 de la planta se encuentra afectada en el área foliar; 4) 11 – 25% de daño indica que el 1/3 de la planta se encuentra afectada; 5) 26 – 50% de daño indica que el 1/2 de la planta se encuentra afectada; 6) 51 – 75% de daño indica que, el 75% de toda la planta se encuentra afectada. 7) 76 – 100% de daño indica que, todas las hojas están muertas, los tallos están muertos y muriendo.

El porcentaje de incidencia se estimó contabilizando el número de plantas afectadas del total de plantas evaluadas, de los muestreos al azar. Para el cálculo del porcentaje (%) de incidencia, se utilizará la siguiente fórmula:

$\% \text{ Incidencia} = (\text{Número de plantas con síntomas} / \text{Número total de plantas de la muestra}) \cdot 100$

El grado de severidad se transformó a porcentaje de infección mediante la fórmula de Townsed y Heuberger (1912)

$$P = \left[\frac{n \cdot C(2)}{\sum(n \cdot v)} \right] 100$$

Dónde: P: Grado de severidad en %; n: número de muestras por categoría; v: Valor numérico de cada categoría; N: número total de muestras y C: categoría mayor

Análisis estadísticos

Los resultados expresados en porcentaje se transformaron para su procesamiento estadístico por la fórmula sin $\sqrt{\%}$ que garantizó que cumplieran una distribución normal. Todos los resultados se analizaron por análisis de varianza y las medias de los tratamientos se compararon por Pruebas de Rangos Múltiples de Tukey; estos análisis se realizaron con una confianza del 95% (0.05). El software estadístico utilizado fue el Minitab 17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emergencia

La aplicación de 300 mg.L^{-1} de quitosano (T6) estimuló considerablemente el porcentaje de emergencia hasta un 24.03% referente al tratamiento control, resultado que

presenta diferencias significativas ($p \leq 0.05$) (Tabla 1) referente al tratamiento control.

Tabla 1. Efecto del quitosano sobre la tasa de emergencia en plantas de tomate

Tratamiento	Dosis quitosano (mg.L^{-1})	Tasa de emergencia (%)
T0	0	72,47 ± 2.12d
T1	50	79.22± 1.96c
T2	100	82.66± 3.21c
T3	150	85.64± 2.55c
T4	200	88.32± 2.87b
T5	250	91.29± 3.01b
T6	300	96.50± 2.99a
CV (%)		9%

Letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Nuestros datos coinciden con lo reportado por Reyes *et al.* (2019) quienes determinaron que en las variedades Amalia y Floradae se obtenía mayores porcentajes emergencia a los 14 días después de siembra con aplicaciones de 2g.L^{-1} de quitosano. Sin embargo, son menores a los reportados por Enríquez & Reyes (2018) quienes reportaron que al cuarto día después de la aplicación de quitosano se obtenía 100% de germinación en semillas de tomate variedad Amalia. Esto posiblemente se deba al reconocimiento de las moléculas de quitosano por receptores específicos de las células vegetales, la activación de estos receptores estimula la síntesis de proteínas que intervienen en el metabolismo de la célula tales como PAL, celulasas, proteasas, quitinasas entre otras, las cuales aumentan la disponibilidad de nutrientes para el embrión acelerando este proceso (Enríquez & Reyes, 2018).

Altura de la planta

La aplicación de 300 mg.L^{-1} de quitosano (T6) estimuló considerablemente la altura de la planta encontrando una altura de 91.14 cm, resultados que presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás tratamientos y al tratamiento control (60.11 cm). Nuestros datos coinciden con lo reportado por Pincay *et al.* (2021) y Gonzales *et al.* (2017) quienes determinaron que en el tomate variedad Yuval 810 utilizando el método de aspersión directa a las plantas de tomate y en plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) aplicando 350 mg. ha^{-1} de quitosano a los 25 días después de la germinación respectivamente, se obtenían mayores alturas de planta con respecto al testigo experimental. Nuestros resultados son mayores a los reportados por Molina *et al.* (2017) quienes reportaron un incremento en la altura de la planta de 10.81 cm con respecto al tratamiento testigo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a).

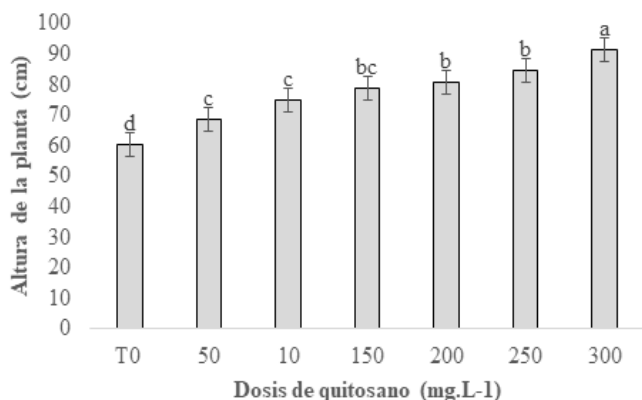


Figura 1. Efecto del quitosano sobre la altura de plantas de tomate. Letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las barras muestran el error estándar de la media.

Longitud de raíz

Para la variable longitud de raíz, no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre ninguno de los tratamientos, a pesar de ello, el tratamiento con mayor diferencia numérica en longitud de raíz fue el tratamiento T6 con $25,88 \pm 1.13$ cm al que se le aplicó 300 mg. L-1 (Tabla 2). Nuestros datos coinciden con lo reportado por Enríquez & Reyes (2018) y Terry et al. (2017) quienes determinaron que en plántulas de tomate se obtenía mayor longitud de raíz siembra con aplicaciones de 1 g.L-1 de quitosano.

Diámetro del tallo

Para la variable de diámetro del tallo, se observó que el tratamiento que presentó el mayor resultado fue el T6 (300 mg. L-1 de quitosano) con un diámetro de 10.06 ± 1.44 cm, resultados que presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al testigo (T0) pero no presenta diferencias significativas con respecto a los tratamientos T4 y T5 ($p \geq 0.05$) (Tabla 6). Nuestros datos coinciden con lo reportado por Terry et al. (2017) quienes determinaron que en plántulas de tomate se obtenía mayores diámetros de tallo mediante aplicación de 1 g.L-1 de QuitoMax® a los 10, 15 y 25 días después de germinación. Sin embargo,

son menores a los reportados por Pincay et al. (2021) quienes encontraron que se obtienen resultados superiores a los 16 mm de diámetro de tallo en tomate variedad Yuval 810 mediante aplicaciones de 1 g.L-1 de quitosano vía aspersión a los 15 y 30 días después de trasplante.

Biomasa fresca de la raíz

Para la variable de biomasa fresca de la raíz, se observó que el tratamiento que presentó el mayor resultado fue el T6 (300 mg. L-1 de quitosano) con un peso de $1,55 \pm 0.72$ gr, resultados que no presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto al testigo (T0) ni de los demás tratamientos experimentales (Tabla 2). Nuestros datos coinciden con lo reportado Benavides et al. (2001) quienes determinaron que en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) no se obtienen resultados significativos con aplicaciones foliares de quitosano al 0.1 y 0.25% peso/volumen. Sin embargo, son menores a los reportados por Reyes et al. (2019), quienes encontraron que se obtienen resultados significativos en el peso fresco de plántulas de tomate, mediante aplicaciones de 1 y 2 g.L-1 de quitosano.

Biomasa seca de la raíz

Para la variable biomasa seca de la raíz, se observó que el tratamiento que presentó el mayor resultado fue el T6 (300 mg. L-1 de quitosano) con un peso de $0,49 \pm 0.09$ gr, resultados que presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto al testigo (T0) y los tratamientos T1 y T2, pero no representa diferencias significativas con respecto a los tratamientos T3, T4 y T5 ($p \geq 0.05$) (Tabla 2). Nuestros datos coinciden con lo reportado Morales et al. (2017) quienes determinaron que en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a los 20 días después de siembra, el quitosano no estimula biomasa seca de la raíz. Sin embargo, son menores a los reportados por Vázquez (2016) quien encontró que aplicaciones de quitosano intervienen en el desarrollo de biomasa seca de las raíces de tomate. Esto posiblemente se deba a que el método de aplicación de quitosano es mediante aspersión en las partes aéreas de la planta, por lo que este estimulador de crecimiento no entra en contacto directo con la raíz.

Tabla 2. Efecto del quitosano sobre variables del crecimiento en plantas de tomate

TRT	Dosis quitosano (mg.L-1)	Longitud Raíz (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Biomasa fresca de la raíz (gr)	Biomasa seca de la raíz (gr)
T0	TESTIGO	$13,93 \pm 1.55c$	$7.29 \pm 0.91c$	$1,42 \pm 0.69ab$	$0.26 \pm 0.09cb$
T1	50	$14.86 \pm 1.26c$	$7.89 \pm 0.98c$	$1,44 \pm 0.99a$	$0.30 \pm 0.08b$
T2	100	$15.66 \pm 1.72c$	$8.32 \pm 1.44bc$	$1,46 \pm 0.83a$	$0.33 \pm 0.06b$
T3	150	$17.97 \pm 1.98c$	$8.96 \pm 1.01b$	$1,48 \pm 0.54a$	$0.37 \pm 0.07a$
T4	200	$19.61 \pm 2.12c$	$9.12 \pm 1.55ab$	$1,52 \pm 0.72a$	$0.42 \pm 0.08a$
T5	250	$23.55 \pm 1.93c$	$9.51 \pm 1.03a$	$1,53 \pm 0.48a$	$0,44 \pm 0.10a$
T6	300	$25,88 \pm 1.13c$	$10.06 \pm 1.44a$	$1,55 \pm 0.72a$	$0,49 \pm 0.09a$

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). TRT= Tratamiento

Racimos con frutos

Para la variable racimos con frutos, se observó que el tratamiento que presentó el mayor resultado fue el T6 (300 mg. L⁻¹ de quitosano) con 15.03±1.98 racimos con fruto, resultados que presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás tratamientos y al testigo (T0) (Tabla 3). Nuestros datos coinciden con lo reportado por Reyes *et al.* (2020) quienes determinaron que en plantas de tomate se obtenía mayor número de racimos con frutos mediante aplicaciones de 300 mg. L⁻¹ de quitosano. Sin embargo, son mayores a los reportados por Terry *et al.* (2017) quienes determinaron que la aplicación de quitosano tomate cultivar Mara, resultaba en 3.32 racimos con frutos referente al testigo control.

Frutos por planta

Para la variable frutos por planta, se observó que el tratamiento que presentó el mayor resultado fue el T6 (300 mg. L⁻¹ de quitosano) con 75.63±2.13 frutos por planta, resultados que presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás tratamientos y al testigo experimental (T0) (Tabla 3). Nuestros datos coinciden con lo reportado por Reyes *et al.* (2020) quienes determinaron que

en plantas de tomate se obtenía mayor número frutos por planta mediante aplicaciones de 300 mg. L⁻¹ de quitosano. Sin embargo, son mayores a los reportados por García *et al.* (2021) quienes determinaron que la aplicación de quitosano tomate variedades ESEN y L-43 aumenta el número de frutos por planta a 6.9 y 10.5 respectivamente referente al testigo control. Esto posiblemente se deba a la capacidad estimulante del quitosano, además de ello, al inhibir la presencia de patógenos con los que competir por nutrientes, permite el desarrollo armónico de los procesos celulares resultando en una mayor producción de frutos (Nge *et al.*, 2006).

Biomasa fresca del fruto

Para la variable biomasa fresca del fruto, se observó que el tratamiento que presentó el mayor resultado fue el T6 (300 mg. L⁻¹ de quitosano) con una biomasa fresca del fruto de 181.23±4.35 gr, resultados que no presentan diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con respecto al T5, pero si representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás tratamientos y al testigo experimental (T0) (Tabla 7).

Tabla 3. Efecto del quitosano sobre los componentes de producción de plantas de tomate

Tratamiento	Dosis quitosano (mg.L ⁻¹)	RF	FP	BMF
T0	Solo agua	6.37±1.23c	28.95±2.47d	82.9±4.32d
T1	50	6.99±1.01c	34.51±3.05d	114.96±3.77c
T2	100	7.56±1.42bc	42.36±1.92c	121.18±5.04c
T3	150	8.99±1.33bc	48.46±2.25c	143±4.36b
T4	200	10.21±1.12b	51.29±1.56c	155.67±4.13ab
T5	250	12.26±1.56b	63.64±2.23b	174.14±3.99a
T6	300	15.03±1.98a	75.63±2.13a	181.23±4.35a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). RF= Racimos con frutos; FP= Frutos por planta; BMF= Biomasa fresca del fruto

Nuestros datos coinciden con lo reportado por Reyes *et al.* (2020) quienes determinaron que en plantas de tomate se obtenía mayor biomasa del fruto mediante aplicaciones de 300 mg. L⁻¹ de quitosano. Sin embargo, son mayores a los reportados por García *et al.* (2021) y Terry *et al.* (2017) quienes determinaron que la aplicación de quitosano en plantas de tomate variedad ESEN, L-43 y Mara aumentan la biomasa de los frutos en 42, 22 y 18.21 gr respectivamente. Esto posiblemente se deba a la capacidad del quitosano en afectar positivamente los procesos fisiológicos de las plantas aumentando el tamaño de las células de los frutos y al funcionar como una película protectora mantiene la turgencia de las mismas (Lachimba *et al.*, 2020).

Rendimiento por hectárea

Para la variable de rendimiento se observó que el tratamiento con mayor rendimiento fue el T6 (300 mg. L⁻¹ de quitosano) con una producción de 26321.00 Kg. ha⁻¹ resultados que presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

con respecto a los otros tratamientos y al control experimental (T0) (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto del quitosano sobre el rendimiento de plantas de tomate

Tratamiento	Dosis quitosano (mg.L ⁻¹)	Rendimiento (Kg.ha ⁻¹)
T0	0	15011.06±32.39d
T1	50	18901.17±45.16c
T2	100	20322.01±62.77b
T3	150	21501.55±50.23b
T4	200	22266.18±80.83b
T5	250	23303.24±73.32b
T6	300	26321.00±61.51a
CV (%)		17%

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Nuestros datos coinciden con lo reportado por Lachimba et al. (2020) y Rodríguez et al. (2013) quienes al evaluar el comportamiento de la variedad Amalia con diferentes dosis de quitosano descubrieron que los tratamientos mayor rendimiento referente al testigo control fueron a los que se le aplicó 300 mg. ha⁻¹.

Estado Fitosanitario

Para el estado fitosanitario se observó una reducción significativa general de la incidencia y severidad de manchas foliares causadas por el Tizón temprano en plantas de tomate en condiciones de invernadero en los tratamientos con la aplicación de quitosano. El tratamiento que presentó los valores menores de incidencia y severidad fue el tratamiento T6 (300 mg. L⁻¹) con valores de 29.8 % y 37.3% respectivamente; datos que presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con respecto a los otros tratamientos y al control experimental (T0) (Tabla 5).

Tabla 5. Incidencia y severidad de manchas foliares causadas por *Alternaria solani* (Tizón temprano) plantas de tomate en condiciones de invernadero inoculadas con quitosano en diferentes dosis.

Tratamiento	Dosis quitosano (mg.L ⁻¹)	Incidencia %	Severidad %
T0	0	66.3±2.25a	52.5±3.06a
T1	50	57.6±1.57b	50.3±3.5 a
T2	100	51.1±2.62bc	48.7±3.44 b
T3	150	48.3±3.16c	46.5±3.73 b
T4	200	45.5±2.22c	45.5±2.58 b
T5	250	32.6±1.98d	40.6±2.99 bc
T6	300	29.8±2.05d	37.3±2.21 c
CV (%)		27%	12%

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

Nuestros datos coinciden con lo reportado por Stocco (2016) y Rodríguez *et al.* (2019) quienes determinan que aplicando quitosano en diferentes fases fenológicas se puede reducir la incidencia y severidad de *Alternaria* spp en uva de mesa y tomate respectivamente. Esto posiblemente se debe a que la presencia de quitosano produce malformaciones en las hifas del hongo, además influye en la producción de OHs, polifenoxidas y peroxidasas, que son moléculas liberadas por las plantas como mecanismo de defensa ante ataques de agentes fitopatógenos (Rodríguez *et al.* 2019; Sánchez, 2007).

CONCLUSIONES

La mejor respuesta agronómica asociadas a las variables como emergencia y crecimiento vegetal en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L) en condiciones controladas fue de 300 mgL⁻¹ de quitosano.

La mayor producción y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L) en condiciones controladas fue obtenida con la dosis más alta (300 mgL⁻¹).

La aplicación de quitosano en las plantas de tomate reduce consecutivamente a medida que se eleva la dosis; entre mayor sea la dosis de quitosano menor es el porcentaje de incidencia y severidad entre los tratamientos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), por el financiamiento aportado mediante la Octava Convocatoria del Fondo Competitivo FOCICYT 2020-2021 de los Fondos Concursables de Investigación, Ciencia y Tecnología de la UTEQ titulado: Uso agrícola de biosólidos de cultivos piscícolas y su efecto en la producción de hortalizas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, C., & Ayaviri, D. (2018). Demanda y Consumo de Productos Orgánicos en el Cantón Riobamba, Ecuador. *Información Tecnológica*. 29(4): 217-226.
- Benavides, A., Romero, J., Ledesma, A., & Raygoza, J. (2001). La aplicación foliar de quitosano en ácido acético aumenta la biomasa de la lechuga. *Biotam*. 12(3): 1-6.
- Enriquez, E., & Reyes, 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
- García, T., González, L., Boicet, T., Jiménez, M., Falcon, A., & Terrero, J. (2021). Respuesta agronómica de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación del bioestimulantes con quitosano. *Terra Latinoamericana*. 39: 1-9.
- González, L., Jiménez, M., Vaquero, L., Paz, I., Falcon, A., & Araujo, L. (2017). Evaluación de la aplicación de quitosano sobre plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Centro Agrícola*. 44(1): 34-40.
- Lachimba, W., González, L., & Boicet, T. (2020). Comportamiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Variedad Amalia en Cuba y Ecuador al aplicarle Quitomax®. *Revista Granmense de Desarrollo Local*. 4: 515-526.
- López, L. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Costa Rica.
- Macea, B., De Hoyos, C., Montes, Y., Fuentes, E., & Ruiz, R. (2015). Síntesis y propiedades de filmes basados en quitosano/lactosuero. *Polímeros*, 25(1), 58–69
- Maguire, J. (1962) Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* (2): 176-177.

- Molina, J., Colina, M., Rincón, D., Vargas, J. (2017). Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 8(2): 151-165.
- Morales, D., Rodríguez, J., Jerez, E., Rodríguez, P., Álvarez, I., Díaz, Y. (2017). Efecto del Quitomax® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego crecimiento y rendimiento. *Cultivos Tropicales*. (38)2: 119-128.
- Nge, K., Nwe, N., Chandkrachang, S., Stevens, W. (2006). Chitosan as a growth Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (2021). FAOSTAT. Cultivos y productos de ganadería. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>, stimulator in orchid tissue culture. *Journal of Plant Science* (170):1185-1190.
- Pincay, D., Cedeño, J., Espinosa, K. (2021). Efecto del quitosano sobre el crecimiento y la productividad de *Solanum lycopersicum*. *Centro Agrícola*. 48(3): 25-31.
- Reyes, J., Enríquez, E., Ramírez, M., Rodríguez, A., Rivero, M. (2019). Respuesta de plántulas de cultivares de tomate a la aplicación de quitosano. *Centro Agrícola*. 46(4): 21-29.
- Reyes, J., Rivero, M., García, E., Beltrán, F., Ruiz, F. (2020). Aplicación de quitosano incrementa la emergencia, crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero. *Biotecnia*. 22(3): 156-163.
- Rodríguez, R., Figueredo, J., Gonzalez, O. (2013). Influencia de la quitosana en tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill) var. "Amalia". *Centro Agrícola*. 40(2): 79-84.
- Rodríguez, C., González, R., Bautista, S., Gutiérrez, P. (2019). Efecto del quitosano en el control de *Alternaria* sp. en plantas de jitomate en invernadero. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 22: 1-7.
- Stocco, A. (2016). Etiología, manejo y monitoreo de alteritaria spp. en uva de mesa. Tesis. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Argentina
- Terry, E., Falcon, A., Ruiz, J., Carrillo, Y., Morales, H. (2017). Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax®. *Cultivos Tropicales*. 38(1): 147-154.