

01

Fecha de presentación: septiembre, 2021

Fecha de aceptación: octubre, 2021

Fecha de publicación: diciembre, 2021

RESPUESTA AGRONÓMICA Y CONTROL FITOSANITARIO DE PLANTAS DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L), A LA APLICACIÓN DE QUITOSANO

AGRONOMIC RESPONSE AND PHYTOSANITARY CONTROL OF TOMATO PLANTS (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L), TO THE APPLICATION OF CHITOSAN

Stalin Fernando López Tobar¹

E-mail: slopezt2@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0601-0114>

Ana Ruth Álvarez Sánchez¹

E-mail: aalvarezs@uteq.edu.ec

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

Juan José Reyes Pérez¹

E-mail: jreyes@uteq.edu.ec

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

Lourdes Vital López²

E-mail: lourdes.vital@uttn.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5916-3558>

Danilo Javier Yanez Cajo²

E-mail: dyanezc@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4033-3590>

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

² Universidad Tecnológica de Tamaulipas Norte. México.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

López Tobar, S F., Álvarez Sánchez, A. R., Reyes Pérez, J. J., Vital López, L., & Yanez Cajo, D. J. (2021). Respuesta agronómica y control fitosanitario de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L), a la aplicación de quitosano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 6-12.

RESUMEN

Los beneficios del quitosano en la agricultura son numerosos, entre ellos inhibe el desarrollo de fitopatógenos; induce respuestas defensivas en las plantas y aumentan su protección contra microorganismos; funciona como cobertura de frutos para minimizar las pérdidas postcosecha e incrementa el crecimiento y productividad de los cultivos entre otras funciones. El principal objetivo de esta investigación fue de evaluar el efecto de diferentes dosis del quitosano, sobre el crecimiento, desarrollo y control fitosanitario en plantas de tomate, bajo condiciones de campo abierto. El diseño experimental que se empleó en la investigación fue un diseño completo al azar con 6 tratamientos un testigo experimental y cinco repeticiones. El quitosano se aplicó a los 15, 30 y 60 días; se evaluaron las variables morfológicas, de producción y rendimiento, también la incidencia y severidad del tizón temprano. Los resultados obtenidos en esta investigación reportan que el tratamiento de 300 mg. L-1 presentó los mejores porcentajes de emergencia, altura de la planta, longitud raíz, diámetro del tallo, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, racimos con frutos, frutos por planta, peso fresco del fruto y el rendimiento. La incidencia y severidad fue menor en tratamientos con la aplicación de quitosano en dosis de 300 mgL-1.

Palabras clave:

Bioestimulante, crecimiento, productividad, *Alternaria solani*,

ABSTRACT

The benefits of chitosan in agriculture are numerous including, but not limited to, inhibiting the development of phytopathogens, inducing defensive responses in plants and increasing their protection against microorganisms, functioning as a fruit cover to minimize postharvest losses, and increasing crop growth and productivity. This research aims to evaluate the effect of multiple chitosan doses on growth, development and phytosanitary control in tomato plants under open field conditions. The experimental design used in the research was a complete randomized design with six treatments, one experimental control and five replicates. Chitosan was applied at 15, 30 and 60 days; morphometric, production and yield variables were evaluated, as well as the incidence and severity of early smut. The results obtained revealed that the treatment of 300 mg. L-1 produced the best percentages of germination, plant height, root length, stem diameter, root fresh weight, root dry weight, bunches with fruit, fruit per plant, fruit fresh weight and yield. Incidence and severity were lower in treatments with the application of chitosan at a dose of 300 mgL-1.

Keywords:

Bioestimulant, growth, productivity, *Alternaria solani*,

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate es comercialmente importante a nivel mundial por su consumo e industrialización, se cultiva en una amplia gama de climas tanto en campo abierto e invernaderos. Después de la papa es la hortaliza más importante y representa el 31,8 % de la producción hortícola mundial. Las siembras mundiales para el 2016 de tomate abarcan 4,782,754 hectáreas con una producción promedio por metro cuadrado de 3.7 kg. (Terry, et al., 2017).

En el Ecuador, el cultivo del tomate es muy rentable, lo que permite que se cultive y se incorpore tecnologías importadas, se lo cultiva a campo abierto y en invernaderos, desde el nivel del mar hasta una altura de 3200 msnm; en zonas tropicales, valles y en zonas andinas en condiciones de invernadero. A pesar de la gran importancia que representa el cultivo de tomate, este se ha visto afectado por diversos fitopatógenos tales como el tizón temprano que puede llegar a ser una importante enfermedad si se dan las condiciones ambientales para su desarrollo ya que ha provocado grandes pérdidas y limitaciones en la producción del cultivo del tomate (Devine, et al., 2008).

El tizón temprano causado por *Alternaria solani*, ataca la parte aérea de la planta de tomate y en todos sus estados de crecimiento, siendo las hojas maduras las de mayor incidencia. Sus síntomas se caracterizan por lesiones circulares o anilladas de color café a negro en hojas maduras. Estas lesiones pueden estar rodeadas de un halo clorótico. El diámetro de estas lesiones circulares es de 8 a 10 mm y pueden alcanzar varios centímetros cuando las condiciones climáticas son favorables y/o cuando se fusionan con otras lesiones, comprometiendo gran parte de la planta y adquiriendo un aspecto de tizón o quemado (Castillo & Castillo, 2021).

Para combatir los hongos fitopatógenos se utilizan gran cantidad de pesticidas los cuales son dañinos para el medio ambiente, causan de la disminución de la productividad que se le atribuye al incremento de la incidencia y severidad de enfermedades, insectos plagas y de nematodos agalladores. Una alternativa al uso de agroquímicos es el uso de bioestimulante como el quitosano (Brown & Saa, 2015).

El quitosano es uno de los polímeros más abundantes de la naturaleza (Hendris & Dail Centroamérica, 2021). Se obtiene a partir de un proceso de desacetilización de la quitina, un polisacárido, elemental en la formación de los exoesqueletos de crustáceos, insectos y paredes hongos (Bahjiri, 2017). Entre sus numerosas propiedades el quitosano es biodegradable, biocompatible y no tóxico. Tiene importantes aplicaciones en una gran variedad de sectores industriales (Hendris & Dail Centroamérica, 2021). Lo vemos en medicina como agente procoagulante y hemostático. (Bahjiri, 2017). El quitosano es un producto evaluado

en diversos cultivos de importancia económica como son: tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (González, et al., 2017ab), papa (*Solanum tuberosum* L.) (Guancha, et al., 2016), pimienta (*Capsicum annum* L.) (Reyes, et al., 2021), pepino (*Cucumis sativus* L.) (González, et al., 2012), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Morales, et al., 2016), soya (*Glicine max* L.) (Costales & Falcón, 2018), maíz (*Zea mays* L.) (Peña, et al., 2016), arroz (*Oryza sativa* L.) (Molina, et al., 2017), entre otros, con resultados positivos y promisorios que han determinado una demanda actual en la agricultura nacional.

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 postcosecha 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 (Divya, et al., 2018; Charitidis, et al., 2019).

Para determinar si las plantas de tomate cultivadas en parcela presentaran una respuesta agronómica, productiva y fitosanitaria favorable con la aplicación del quitosano, el objetivo de este trabajo fue combatir hongos fitopatógenos como el tizón temprano, además de mejorar las variables agronómicas del cultivo de tomate a campo abierto y a su vez, incrementar la producción y ofrecer productos libres de residuos tóxicos a los consumidores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizará 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 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 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 campo con 1,40 m entre hilera y 0,30 entre planta, la parcela fue conformada por 9 m² teniendo 20 plantas por parcela. Las variables evaluadas fueron:

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: $\text{kg/ha} = (\text{Rendimiento por parcela útil (kg)} \times 10000 \text{ m}^2) / (\text{Área de parcela útil (m}^2))$

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 ¼ 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 ½ 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:

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

El grado de severidad se transformó a porcentaje de infección mediante la fórmula de Townsed y Heuberger (1943).

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

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

Los resultados expresados en porcentaje se transformaron para su procesamiento estadístico por la fórmula sin -1 √% 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

Los resultados obtenidos indicaron que el porcentaje de emergencia a los 15 días con mejores resultados fue el tratamiento T6 con 97,16%. Entre los tratamientos con aplicación de quitosano T2, T3 y T4 no se observaron diferencias significativas ($P \geq 0,05$) mientras que, el menor porcentaje se observó en el tratamiento T0 que corresponde al control experimental. Resultados que fueron estadísticamente significativos ($P \leq 0,05$) (Figura 1). Nuestros resultados obtenidos sobre el efecto del quitosano en la emergencia de semillas coinciden con lo reportado por Reyes, et al. (2020), quienes indicaron que la mayor dosis de quitosano incremento el porcentaje de emergencias versus el control en un 50%. Además, nuestros resultados también están dentro del rango reportados por Meza & Manzano (2007), quienes, en su estudio de características morfológicas de la semilla, procesos de germinación y emergencia del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav Sendth) reportan una emergencia del 55 a 91%. Gonzales et al. (2017b). Reportan un incremento en la tasa de emergencia del tomate (*Solanum lycopersicum*, L) cuando las semillas son embebidas con una solución de 300 mg de quitosano. Este incremento posiblemente se deba a que el quitosano estimula los procesos fisiológicos vegetal además de, ayudar a evitar las pérdidas de

agua por vía de la transpiración, aspecto de gran importancia para este cultivo en particular (Lee et al., 2005 & Velásquez 2008).

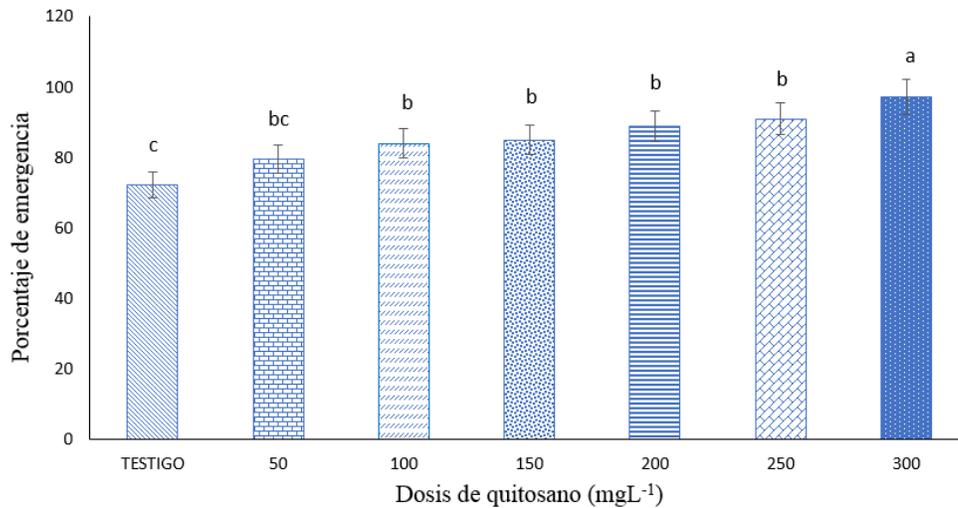


Figura 1. Porcentaje de emergencia de semillas de tomate con aplicación de quitosano.

Letras iguales no difieren estadísticamente en la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$.

Los resultados referentes a la altura de la planta mostraron que, el tratamiento, T6 con 300 mgL⁻¹ de aplicación de quitosano obtuvo los valores promedio más altos ($98,23 \pm 2,28$) siendo estos valores estadísticamente significativos ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos y el control experimental (T0) cuyo tratamiento presentó los valores más bajos (63,24 cm) (Figura 2). De la misma manera, González, et al. (2014), al evaluar el quitosano en el crecimiento en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) encontraron resultados similares a los de esta investigación, sin embargo, la dosis de mayor respuesta en dicha investigación fue de 0,1 g L⁻¹. Por su parte, Terry, et al. (2017), al evaluar quitomax® en tomate encontraron que los mejores promedios de altura de planta, longitud radicular y diámetro de tallo se observaron con la aplicación de 1 gL⁻¹ cantidades menores a lo aplicado en nuestra esta investigación, donde el mejor tratamiento en ambas variedades fue de 2,0 g L⁻¹. Estos resultados se deben a que el quitosano es reconocido como un bioestimulante del crecimiento vegetal debido a que induce un incremento del contenido de clorofila en las hojas de la planta luego de su aplicación como abono o aplicación foliar (Gonzalez et al., 2014; Pichyangkura y Chadchawanb, 2015). Además, promueven el desarrollo de plantas más saludables y menos susceptibles al ataque de patógenos (Kumeta et al., 2018).

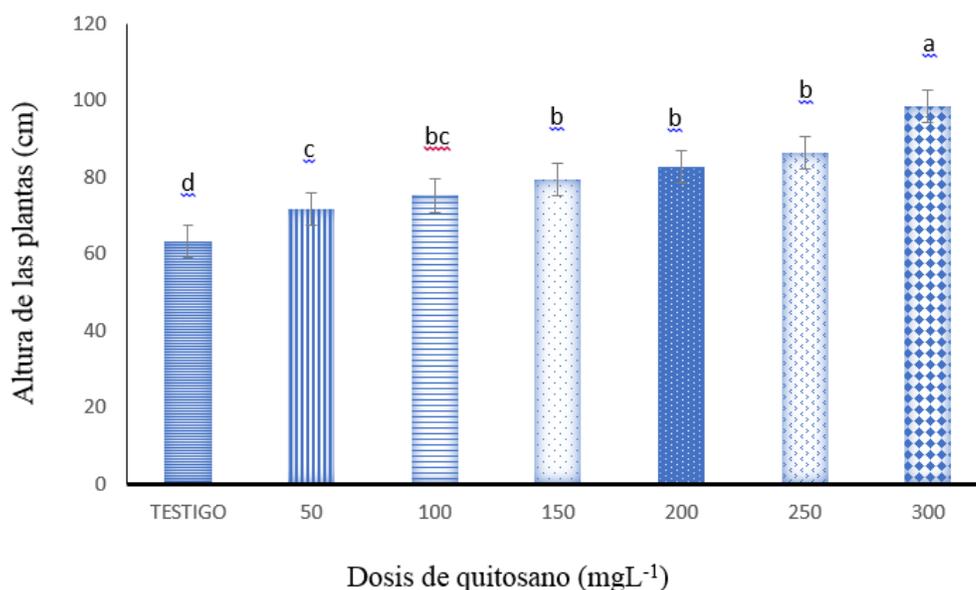


Figura 2. Altura de las plantas tomate con aplicación de quitosano.

Letras iguales no difieren estadísticamente en la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$.

En cuanto al análisis de las raíces se obtuvo que el mayor promedio de longitud de raíz ($28,61 \pm 1,99$), diámetro del tallo ($12,21 \pm 1,09$), peso fresco de la raíz ($1,72 \pm 0,54$), peso seco de la raíz ($0,62 \pm 0,12$) lo obtuvo el tratamiento T6 con 300 mgL^{-1} de aplicación de quitosano. Se obtuvo un incremento del 43,34% en la longitud de raíz, 34,4% diámetro del tallo, 12,79% de peso fresco de la raíz, y 50% de peso seco de la raíz con la aplicación de 300 mgL^{-1} de quitosano observando diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$) versus el testigo experimental (T0) (Tabla 1). Nuestros resultados coinciden con los reportados por Reyes, et al. (2020), quienes, al estudiar el efecto de ácidos húmicos, micorrizas y quitosano en indicadores del crecimiento de dos cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) encontraron un incremento superior al 50% en las variables de acumulación de biomasa en la planta, tallos, hojas y raíces referente al tratamiento control. Gonzalez et al. (2014) determinaron la influencia de un polímero de quitosana en el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) encontrando dependencia de la concentración de quitosana que se empleó, aumentaron el crecimiento de la raíz y el tallo, pero no se incrementó la masa seca total. Reyes, et al. (2019), determinando la respuesta de plántulas de cultivares de tomate a la aplicación de quitosano encontraron que 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. Los efectos observados con el uso de quitosano se deben posiblemente a sus cualidades como bioestimulante y a la dosis empleada en los cultivos (Salachna y Zawadzinska, 2014).

Tabla 1. Efecto del quitosano sobre variables morfológicas en plantas de tomate.

| Tratamiento | Dosis quitosano (mgL^{-1}) | Longitud Raíz (cm) | Diámetro del tallo (mm) | Peso fresco de la raíz (gr) | Peso seco de la raíz (gr) |
|-------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| T0 | 0 | 16,21±1,62c | 8,01±1,22b | 1,50± 0,44b | 0,31± 0,16c |
| T1 | 50 | 17,16±1,43c | 8,98±1,47b | 1,54± 0,32b | 0,38± 0,19b |
| T2 | 100 | 18,84±1,55bc | 9,66±1,02b | 1,57± 0,51b | 0,43± 0,11b |
| T3 | 150 | 20,44±2,16b | 9,99±1,78ab | 1,61± 0,49ab | 0,47± 0,17ab |
| T4 | 200 | 22,13±1,88b | 10,45±1,87b | 1,65± 0,63a | 0,52± 0,12b |
| T5 | 250 | 25,99±1,90b | 11,03±1,26ab | 1,68± 0,83a | 0,54± 0,18b |
| T6 | 300 | 28,61±1,99a | 12,21±1,09a | 1,72± 0,54a | 0,62± 0,12a |

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

Referente a las variables de rendimiento y producción se observó que, el tratamiento que T6 con la dosis de 300 mgL^{-1} estimuló la producción de frutos y rendimiento obtenido, resultados similares a los reportados por Reyes, et al. (2021), quienes reportaron que concentraciones de 200 y 300 mgL^{-1} alcanzaron los mayores valores con diferencias significativas ($p \leq 0,05$), versus el control experimental y la dosis más baja de quitosano 150 mg L^{-1} . En nuestro trabajo, se encontró el número de racimos con frutos (RF) ($16,12 \pm 2,03$), frutos por planta (FP) ($92,45 \pm 4,34$), el peso fresco de los frutos (MF) ($196,54 \pm 5,23 \text{ gr}$) y en el rendimiento $39458,21 \text{ kg/ha}^{-1}$ observando diferencias significativas entre los tratamientos ($P \leq 0,05$). Nuestros resultados son superiores a los obtenidos por Reyes, et al. (2021), quienes determinaron el efecto del quitosano sobre variables del crecimiento, rendimiento y contenido nutricional del tomate y obtuvieron racimos con frutos (15), frutos por planta (83.6), diámetro ecuatorial del fruto (7.38), diámetro polar del fruto (5.18), diámetro del pericarpio (0.5), masa del fruto (188.48). Estos resultados se deben posiblemente a que el quitosano influye en la absorción de nutrientes por las raíces de las plantas y de esta manera, estimula la biosíntesis de nutrimentos y mecanismos de defensa de las plantas (Rivas-García, et al., 2021) (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto del quitosano sobre variables de producción y rendimiento de plantas de tomate.

| Tratamiento | Dosis quitosano (mgL^{-1}) | RF | FP | PFF | Rend kg/ha^{-1} |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| T0 | 0 | 7,16±1,45 ^c | 35,16±3,83 ^d | 109,16±4,11 ^d | 17562,33 ^d |
| T1 | 50 | 8,16±1,53 ^c | 44,11±3,21 ^d | 132,94±4,68 ^{cd} | 19249,82 ^c |
| T2 | 100 | 9,42±1,65 ^{bc} | 56,33±4,28 ^c | 141,33±4,55 ^c | 23758,55 ^c |
| T3 | 150 | 10,33±1,72 ^{bc} | 64,91±4,66 ^c | 158,17±4,88 ^c | 27577,16 ^b |

| | | | | | |
|----|-----|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| T4 | 200 | 12,19±2,01 ^b | 75,82±4,65 ^{bc} | 176,25±4,61 ^b | 30869,63 ^b |
| T5 | 250 | 13,96±2,11 ^b | 83,27±3,19 ^b | 184,32±4,86 ^b | 35641,45 ^b |
| T6 | 300 | 16,12±2,03 ^a | 92,45±4,34 ^a | 196,54±5,23 ^a | 39458,21 ^a |

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; PF= peso fresco del fruto; Rend= rendimiento.

En cuanto al estado fitosanitario la presencia del Tizón temprano disminuyó en los tratamientos con quitosano (T1, T2, T3, T4, T5 y T6), siendo los menores valores de incidencia (29,8) y severidad (35,1) en el tratamiento T6, valores que fueron estadísticamente significativos ($P \leq 0,05$) (Tabla 3). Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Rodríguez-Romero et al. (2018), que aplicó quitosano y extractos de *Pseudomonas fluorescens* para el control de *Alternaria* en jitomates al emplear la dosis de quitosano al 1.5% + extracto de *P. fluorescens* 50%.

Tabla 3. Efecto del quitosano sobre la incidencia y severidad de manchas foliares causadas por *Alternaria solani* en plantas de tomate.

| Tratamiento | Dosis quitosano (mgL ⁻¹) | Incidencia % | Severidad % |
|-------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| T0 | 0 | 96,6±2.33 ^a | 78,8±1.97 ^a |
| T1 | 50 | 73,5±2.85 ^b | 67,6±2.21 ^{ab} |
| T2 | 100 | 61,8±3.11 ^b | 63,5±3.16 ^b |
| T3 | 150 | 58,6±2.09 ^{bc} | 52,9±2.22 ^b |
| T4 | 200 | 44,7±3.18 ^c | 47,3±1.99 ^b |
| T5 | 250 | 32,6±1.98 ^c | 41,2±2.25 ^{bc} |
| T6 | 300 | 29,8±2.03 ^{cd} | 35,1±1.77 ^c |

Esta reducción en la incidencia y severidad de manchas foliares causadas por *Alternaria solani* en plantas de tomate se debe principalmente a la naturaleza del quitosano ya que, es considerado un polícatión (posee una alta densidad de cargas positivas: una carga positiva por cada residuo de glucosamina), ya que los grupos amino reactivos presentes en la estructura de la molécula pueden ser protonados por algunos ácidos, cargándose positivamente. Dicha capacidad permite explicar algunas de las propiedades biológicas del quitosano; por ejemplo, su efecto antimicrobiano contra hongos y bacterias (Gram positivas y Gram negativas) (Whan et al., 2015; Zhang et al., 2011). Estas propiedades han sido utilizadas para combatir la germinación de esporas de hongos fitopatógenos como *Alternaria solani*, *Colletotrichum lagenarium* y *Fusarium oxysporum* (Liu, et al., 2008).

CONCLUSIONES

La aplicación de quitosano en dosis de 300 mgL⁻¹ en plantas de tomate, estimuló las variables longitud de la raíz, diámetro del tallo y el peso fresco y seco de la raíz, así como los indicadores racimos con frutos, frutos por planta, peso fresco del fruto y el rendimiento. Además, el producto muestra sus potencialidades al disminuir la incidencia y severidad de manchas foliares causadas por *Alternaria solani*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castillo-Pérez, B., & Castillo-Bermeo, V. (2021). Uso de plaguicidas químicos en tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero y campo en Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 11(1), 22-41.
- Charitidis, C. A., Dragatogiannis, D. A., Milioni, E., Kaliva, M., Vamvakaki, M., & Chatzinikolaidou, M. (2019). Synthesis, Nanomechanical Characterization and Biocompatibility of a Chitosan-Graft-Poly (ϵ -caprolactone) Copolymer for Soft Tissue Regeneration. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12 (1).
- Costale-Menéndez, D., & Falcón-Rodríguez, A. (2018). Combinación de formas de aplicación de quitosano en el desarrollo de soya biofertilizada. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 71-79.
- Devine, G. J., Eza, D., Ogusuku, E., & Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 25(1), 74-100.
- Divya, K., Smitha, V., & 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.

- González Gómez, L. G., Jiménez Arteaga, M. C., Vaquero Cruz, L., Paz Martínez, I., Falcón Rodríguez, A., & Araujo Aguilera, L. (2017a). Evaluación de la aplicación de quitosana sobre plántulas de tabaco (*Nicotiana tabacum*L.). *Centro Agrícola*, 44(1), 34-40.
- González Peña, D., Costales, D., & Falcón, A. (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.
- González, L. G., Falcón, A., Jiménez, M. C., Jiménez, L., Silvente, J., & Terrero, J. C. (2012). Evaluación de tres dosis del bioestimulante Quitosana en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un periodo tardío. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1(2), 42-48.
- González, L. G., Paz, I., Martínez, B., Jiménez, M. C., Torres, J. A., & Falcón, A. (2017b). Respuesta agronómica del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, L) var. HA 3019 a la aplicación de quitosana. *UTCIENCIA* 2(2):55-60.
- Guanha Chalapud, M. A., Caicedo, C., Ruiz, E. M., & Valencia, M. F. (2016). Propiedades de conservación: recubrimiento a base de quitosano y Aloe vera aplicado en papa criolla (*Solanum phureja*). *Informador técnico*, 80(1), 9-19.
- Hendrix & Dail Centroamérica. (2021) Que es el quitosano y para que se usa. <https://hendrixcentroamerica.com/quitosano-usos> consultado el 23-08-2021
- Liu, S., Weibin, R., Jing, L., Hua, X., Jingan, W., Yubao, G., & Jingguo, W. (2008). Biological control of phytopathogenic fungi by fatty acids. *Mycopathol.* 166, 93-102.
- Meza, N., & Manzano, J. (2007). Características morfológicas de la semilla, procesos de germinación y emergencia del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav Sendth). *Revista de la Facultad de Agronomía del Zulia*, 24(1), 271-275.
- Molina Zerpa, J. A., Colina Rincón, M., Rincón, D., & Vargas Colina, J. A. (2017). Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad). *Revista de investigación agraria y ambiental*, 8(2), 151-165.
- Morales Guevara, D., Dell Amico Rodríguez, J., Jerez Mompíe, E., Hernández, Y. D., & Martín Martín, R. (2016). Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(1), 142-147.
- Peña-Datoli, M., Hidalgo-Moreno, C. M., González-Hernández, V. A., Alcántar-González, E. G., & Etchevers-Barra, J. D. (2016). Recubrimiento de semillas de maíz (*Zea mays* L.) con quitosano y alginato de sodio y su efecto en el desarrollo radical. *Agrociencia*, 50(8), 1091-1106.
- Reyes-Pérez, J. J., Enríquez-Acosta, E. A., Ramírez-Arrebató, M. Á., Rodríguez-Pedroso, A. T., & Rivero-Herrada, M. (2019). Respuesta de plántulas de cultivares de tomate a la aplicación de quitosano. *Centro Agrícola*, 46(4), 21-29.
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., García-Bustamante, E. L., Beltran-Morales, F. A., & Ruiz-Espinoza, F. H. (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.
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. D. J., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Rivas-García, T., González-Gómez, L. G., Boicet-Fabré, T., Jiménez-Arteaga, M. C., Falcón-Rodríguez, A. B., & Terrero-Soler, J. C. (2021). Respuesta agronómica de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación del bioestimulante con quitosano. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Terry-Alfonso, E., Falcón-Rodríguez, A., Ruiz-Padrón, J., Carrillo-Sosa, Y., & Morales-Morales, H. (2017). Respuesta agronómica del cultivo de tomate al bioproducto QuitoMax. *Cultivos Tropicales*. 38(1), 147-154.