

## Respuesta del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación de QuitoMax® en condiciones de salinidad

Response of the tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) to the application of QuitoMax® in salinity conditions

Resposta da cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) à aplicação de QuitoMax® em condições de salinidade

Recibido: 08/08/2022 | Revisado: 25/08/2022 | Aceptar: 27/08/2022 | Publicado: 05/09/2022

**Carlos Ávila Amador**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2357-5571>

Universidad de Granma, Cuba

E-mail: [cavilaamador76@gmail.com](mailto:cavilaamador76@gmail.com)

**Leandris Angelte-Martínez**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0353-2251>

Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, México

E-mail: [oleinismora@gmail.com](mailto:oleinismora@gmail.com)

**Ofelda Peñuelas-Rubio**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7782-3246>

Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, México

E-mail: [openuelas.rubio@itvy.edu.mx](mailto:openuelas.rubio@itvy.edu.mx)

**Jorge González Aguilera**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7308-0967>

Editora Pantanal, Brasil

E-mail: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com)

**Idalmis Fonseca Reyna**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7845-1261>

Universidad de Granma, Cuba

E-mail: [ifonsecareyna@udg.co.cu](mailto:ifonsecareyna@udg.co.cu)

### Resumen

Se estudió el efecto del QuitoMax® en el comportamiento de plantas de tomate de las variedades Claudia y Amalia en condiciones estrés salino. El experimento se desarrolló en el municipio Cauto Cristo provincia de Granma en el período de octubre de 2017 a marzo de 2018, en un suelo clasificado como salino sódico (CE 4 dS m<sup>-1</sup>). El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con arreglo factorial, replicando cuatro veces cada variante. Se aplicó el bioestimulante a los 12 días después del trasplante (DDT) a razón de 300 y 400 mg ha<sup>-1</sup> y el control (cero aplicación). Fueron evaluados, a los 45 DDT, la altura de la planta, la longitud de la raíz, el número de frutos, el número de racimos por plantas, el diámetro ecuatorial, el diámetro polar y el rendimiento. La aplicación del bioestimulante QuitoMax® incrementa el número de racimos por planta y la masa de los frutos del tomate en condiciones de salinidad comparados con el control. Se incrementaron los rendimientos agrícolas en un 43% y 76%, así como, los beneficios económicos en 1653.93 \$ ha<sup>-1</sup> y en 3418.08 \$ ha<sup>-1</sup> respecto al control, para las cultivares Amalia y Claudia, respectivamente, cultivadas en condiciones de salinidad. Los mejores resultados se obtuvieron al aplicar la dosis de 300 mg ha<sup>-1</sup> de QuitoMax®.

**Palabras clave:** Amalia; Bioestimulante; Claudia; Conductividad eléctrica.

### Abstract

The effect of QuitoMax® on the behavior of tomato plants of the Claudia and Amalia varieties under saline stress conditions was studied. The experiment was carried out in the municipality of Cauto Cristo, province of Granma, from October/2017 to March/2018, in a soil classified as saline sodium (CE 4 dS m<sup>-1</sup>). The experimental design used was a random block design, with a factorial arrangement, replicating each variant four times. The biostimulant was applied 12 days after transplantation (DAT) at a rate of 300 and 400 mg ha<sup>-1</sup> and the control (zero application). Plant height, root length, number of fruits, number of bunches per plant, equatorial diameter, polar diameter and yield were evaluated at 45 DAT. The application of the biostimulant QuitoMax® increases the number of clusters per plant and the mass of tomato fruits under salinity conditions compared to the control. Agricultural yields were increased by 43% and 76%, as well as economic benefits by \$1,653.93 ha<sup>-1</sup> and \$3,418.08 ha<sup>-1</sup> compared to the control, for cultivars Amalia and Claudia, respectively, grown under salinity conditions. The best results were obtained when applying the dose of 300 mg ha<sup>-1</sup> of QuitoMax®.

**Keywords:** Amalia; Bioestimulant; Claudia; Electric conductivity.

## Resumo

Estudou-se o efeito de QuitoMax® no comportamento de tomateiros das variedades Claudia e Amalia sob condições de estresse salino. O experimento foi realizado no município de Cauto Cristo, província de Granma, de outubro de 2017 a março de 2018, em solo classificado como salino sódico (CE 4 dS m<sup>-1</sup>). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com arranjo fatorial, replicando cada variante quatro vezes. O bioestimulante foi aplicado 12 dias após o transplante (DAT) na dose de 300 e 400 mg ha<sup>-1</sup> e a testemunha (aplicação zero). A altura da planta, comprimento da raiz, número de frutos, número de cachos por planta, diâmetro equatorial, diâmetro polar e produtividade foram avaliados aos 45 DAT. A aplicação do bioestimulante QuitoMax® aumenta o número de cachos por planta e a massa de frutos de tomate em condições de salinidade em relação ao controle. Os rendimentos agrícolas aumentaram em 43% e 76%, bem como os benefícios econômicos em \$ 1.653,93 ha<sup>-1</sup> e \$ 3.418,08 ha<sup>-1</sup> em relação ao controle, para as cultivares Amalia e Claudia, respectivamente, cultivadas em condições de salinidade. Os melhores resultados foram obtidos com a aplicação da dose de 300 mg ha<sup>-1</sup> de QuitoMax®.

**Palavras-chave:** Amalia; Bioestimulante; Claudia; Condutividade elétrica.

## 1. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituye a nivel mundial uno de los cultivos de mayor importancia por su extensión, demanda y formas de consumo. Ocupa una producción global de más de 186 millones de toneladas métricas, en una superficie de 5 millones de hectáreas y un rendimiento promedio de 36 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2020).

En Cuba, su producción abarca casi todas las regiones y suelos del país y llega a ocupar el 22 % de las áreas dedicadas a la producción de hortalizas con una superficie anual de más de 38 911 hectáreas y un rendimiento promedio de 12,34 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2020). De la misma forma que todos los cultivos hortícolas, los rendimientos del tomate se afectan por factores abióticos y bióticos que causan una disminución considerable en las cosechas (Ricardo et al., 2013; Vinent et al., 2016; Carvalho et al., 2020; Rodrigues et al., 2020).

El tomate cuando se cultiva en suelos salinos no se encuentra ajeno a una disminución del rendimiento, puesto que es una especie glicófito, medianamente sensible a las sales, sus rendimientos comienzan a disminuir cuando la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo supera los 2,5 dS m<sup>-1</sup> (Alam et al., 2021).

La salinidad provoca en las plantas múltiples efectos morfológicos, fisiológicos, y bioquímicos, tales como disminución de la fotosíntesis, una menor masa de los frutos (Bacha et al., 2017) y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad, entre otros (Munns et al., 2019). De la misma forma causa desequilibrio nutricional provocado por la interferencia de los iones salinos con los nutrientes esenciales y el estrés hídrico que se produce por la disminución del potencial osmótico del medio (Munns; Tester, 2008).

Aproximadamente el 43% de la superficie terrestre utilizada para el cultivo en el mundo se encuentra afectada por niveles de salinidad que, en su mayoría, superan la tolerancia de las especies tradicionales (Rengasamy, 2010).

En Cuba, más de un millón de hectáreas se encuentran afectadas por sales y de ellas el 14 % se localizan en zonas cultivadas (Abellón-Molina et al., 2021). En las provincias orientales el 65% de los suelos agrícolas son catalogados como salinizados (González et al., 2004; Vázquez-Glaría et al., 2021). En el Valle del Cauto hay extensas áreas salinas con una concentración de sales que en muchos casos superan el 2.5%. Se impone la necesidad de establecer alternativas de solución a esta problemática, y dentro de ellas el uso de biostimulantes surge como una posibilidad de disminución de esos efectos adversos en plantas (Jiménez et al., 2015; Morales et al., 2015; 2016; Rodríguez-Pedroso et al., 2017; Chele et al., 2021).

Los bioestimulantes son una variedad de productos, cuyo común denominador es que contienen principios activos, que actúan sobre la fisiología de las plantas, aumentando su desarrollo y mejoran su productividad en la calidad del fruto, contribuyendo a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades e incremento de los rendimientos (Chele et al., 2021).

Sin embargo, aunque se ha probado el efecto promotor del desarrollo en algunos cultivos (Jiménez; 2015; Morales et al., 2015; 2016; Rodríguez-Pedroso et al., 2017), hasta el momento no se conoce la respuesta de las plantas en condiciones de

salinidad por efecto de biostimulantes como el QuitoMax® en el cultivo del tomate en suelos salinos; ni de su resultado en la estimulación del crecimiento y el rendimiento bajo estas condiciones de estrés. Por lo que evaluar los efectos de la aplicación del QuitoMax® en variables del desarrollo y rendimiento en el cultivo del tomate puede ofrecer información de interés sobre su rol en la promoción del desarrollo y la mitigación de los efectos adversos del estrés. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta de dos cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación de QuitoMax® en condiciones de salinidad en un suelo salino con una conductividad eléctrica de 4 dS m<sup>-1</sup>, en el oriente de la isla de Cuba.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Ubicación del área experimental

El experimento se desarrolló en el municipio Cauto Cristo provincia Granma, Cuba, en el período de octubre/2017 a marzo/2018, en un suelo clasificado como salino sódico (Hernández-Jiménez et al., 2019) con una conductividad eléctrica del extracto de saturación de CE = 4 dS m<sup>-1</sup>. Dicha clasificación se correlaciona con la establecida por la Wold Reference Base, para la clasificación genética de los suelos a nivel internacional (Zádorová et al., 2021).

Durante la conducción del experimento las variables climáticas registraron valores promedios de 17.24 mm de precipitaciones, 73.0% de humedad relativa y 25.24°C de temperatura.

### 2.2 Variedades evaluadas

Se utilizaron dos genotipos de tomate Amalia y Claudia, ambos obtenidos del programa de mejoramiento del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en Cuba. Estas variedades clasifican como tolerante y susceptible respectivamente, a la salinidad (Álvarez et al., 2002; Álvarez et al., 2008).

La variedad Amalia obtenida a partir de la variedad comercial Campbell-28 y la variedad cubana INCA-3, tiene un ciclo biológico de 125 días. Es considerada como tolerante a la sequía y a las altas temperaturas. Su potencial productivo es alto y puede llegar a las 64 t ha<sup>-1</sup>. En la región oriental de Cuba se reportó un rendimiento, en condiciones de campo, de 35 t ha<sup>-1</sup> (Álvarez et al., 2002).

La variedad Claudia fue obtenida a partir del cruzamiento de las variedades comerciales cubanas Amalia y HC 3880. La característica distintiva de la variedad es la calidad y el tamaño de sus frutos para el consumo. Su ciclo es 130 días y su potencial de rendimiento de 55 t ha<sup>-1</sup> (Álvarez et al., 2008).

### 2.3 Tratamientos y diseño experimental

Para el montaje del experimento se siguió un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo factorial (2x3), replicando cuatro veces cada tratamiento. Los tratamientos consistieron en la combinación de dos variedades (Amalia y Claudia) y tres dosis del biostimulante QuitoMax® (0 mg ha<sup>-1</sup>; 300 mg ha<sup>-1</sup> y 400 mg ha<sup>-1</sup>) para un total de seis tratamientos (T1- Amalia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T2-Amalia-300 mg ha<sup>-1</sup>; T3-Amalia-400 mg ha<sup>-1</sup>; T4- Claudia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T5-Claudia-300 mg ha<sup>-1</sup> y T6-Claudia-400 mg ha<sup>-1</sup>). Estos tratamientos fueron distribuidos en parcelas experimentales de 4x4 m, a un marco de plantación de 0.80 m entre hileras y de 0.30 m entre plantas. Las plántulas fueron obtenidas en el área de producción de plántulas de la Universidad de Granma, Bayamo, Cuba. El trasplante se realizó a los 35 días después de la emergencia cuando las plantas cumplían con las características para ser trasplantadas. El bioestimulante se aplicó de forma foliar a los 12 días después del trasplante (DDT) todos a la misma hora de la mañana (08:00 h) y para el tratamiento control se aplicó agua destilada en la misma proporción de los tratamientos. La aplicación se realizó con una mochila (MATABI) con capacidad para 20 litros.

A los 45 días después del trasplante (DDT) se evaluó en cada parcela experimental, en un total de 30 plantas, la altura

de la planta (AP, cm), longitud de la raíz (LR, cm), el número de frutos por plantas (NFP, unidad), el número de racimos por plantas (NRP, unidad), diámetro ecuatorial (DE, mm) y polar de los frutos (DP, mm), y el rendimiento agrícola (RA, t ha<sup>-1</sup>) al final de la cosecha (120 DDT).

#### 2.4 Análisis estadísticos

Inicialmente se comprobó el cumplimiento de los supuestos teóricos de normalidad y homogeneidad de varianzas (Kolmogorov, 1933) y se realizó un análisis de varianza de clasificación doble, basado en un modelo lineal de efectos fijos (Fisher, 1937) para cada variable evaluada. Se empleó la prueba de comparación múltiple de Tukey para un nivel de significación del 1% (Tukey, 1960). Todos los análisis se desarrollaron mediante el uso del paquete estadístico profesional STATISTICA versión 14.0 para windows (StatSoft, 2014).

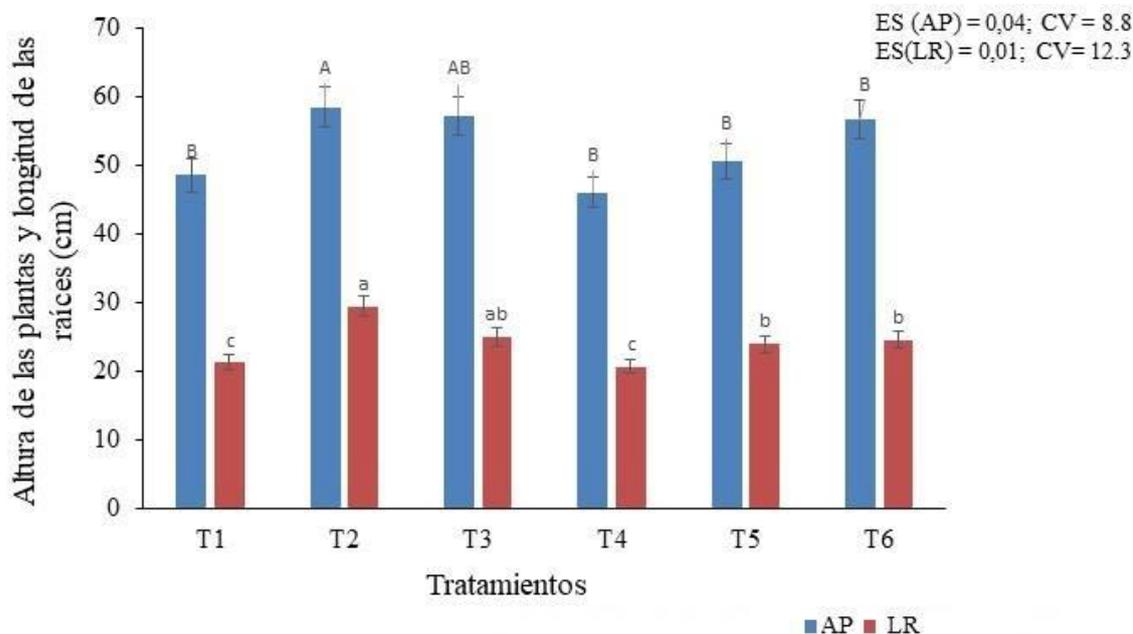
### 3. Resultados y Discusión

La aplicación de QuitoMax®® tuvo un efecto positivo en el desarrollo de las plantas de tomate en condiciones de estrés por salinidad (Figura 1). La aplicación del QuitoMax® incrementa tanto la longitud de la raíz como la altura de la planta en ambas variedades y los tratamientos en los que se aplica el bioestimulante fue siempre superior respecto al control con cero aplicaciones (T1 y T4). Estos resultados se pueden explicar teniendo en cuenta que el quitosano, ingrediente activo de QuitoMax®, ha sido reconocido como un bioestimulante del crecimiento vegetal (Pichyangkura; Chadchawanb, 2015).

La AP y LR en la variedad Amalia mostraron los mejores resultados al aplicar 300 mg ha<sup>-1</sup> con 58,4 cm y 29,4 cm respectivamente (Figura 1), sin embargo, a 400 mg ha<sup>-1</sup> disminuyó. En la variedad Claudia la AP e LR respondieron al aumento de la concentración del bioestimulante, con diferencias significativas entre los tratamientos con bioestimulante ( $p=0.00123$ ), con superioridad para la dosis de 400 mg ha<sup>-1</sup>, obteniéndose valores de 56,6 cm y 24,6 cm respectivamente (Figura 1). La respuesta obtenida pudiera estar relacionada con la variabilidad de la respuesta varietal ante estas condiciones de estrés abiótico (Figura 1). Estos resultados concuerdan con lo planteado por Malerba y Cerana (2016) que al evaluar el efecto de biostimulantes a base de quitosano verificaron que se estimula la actividad de las enzimas relacionadas con la protección de oxidaciones biológicas causadas por la salinidad como las polifenoloxidasas, y la síntesis de metabolitos que tributan al desarrollo.

Por otra parte, Rodríguez-Pedroso et al. (2017) también informaron que la aplicación de quitosano estimula el crecimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), con un aumento en la longitud de la raíz incluso en condiciones salinas, y que tal respuesta se relaciona con la mayor activación de los sistemas antioxidantes de las plantas. Por otra parte, Molina et al. (2017) señala que las plantas tratadas con quitosano en una dosis de 350 mg ha<sup>-1</sup> presentan alturas mayores, con incrementos de altura hasta de 16,57% en comparación al control.

**Figura 1.** Altura de la planta (AP) y longitud de la raíz (LR) obtenidos al evaluar la combinación de cultivares de tomate y dosis de QuitoMax® [T1- Amalia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T2-Amalia-300 mg ha<sup>-1</sup>; T3-Amalia-400 mg ha<sup>-1</sup>; T4- Claudia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T5- Claudia-300 mg ha<sup>-1</sup> y T6-Claudia-400 mg ha<sup>-1</sup>]. Columnas con letras iguales mayúsculas para la AP y minúsculas para LR no difieren significativamente por la prueba de comparación de Tukey para un nivel de significación del 1%. ES: error estándar. CV: coeficiente de variación.



Fuente: Los autores (2022).

**Tabla 1.** Efecto del QuitoMax® en el número de flores (NFP), número de racimos florales (NRF) y número de frutos por planta (NFP) de tomate.

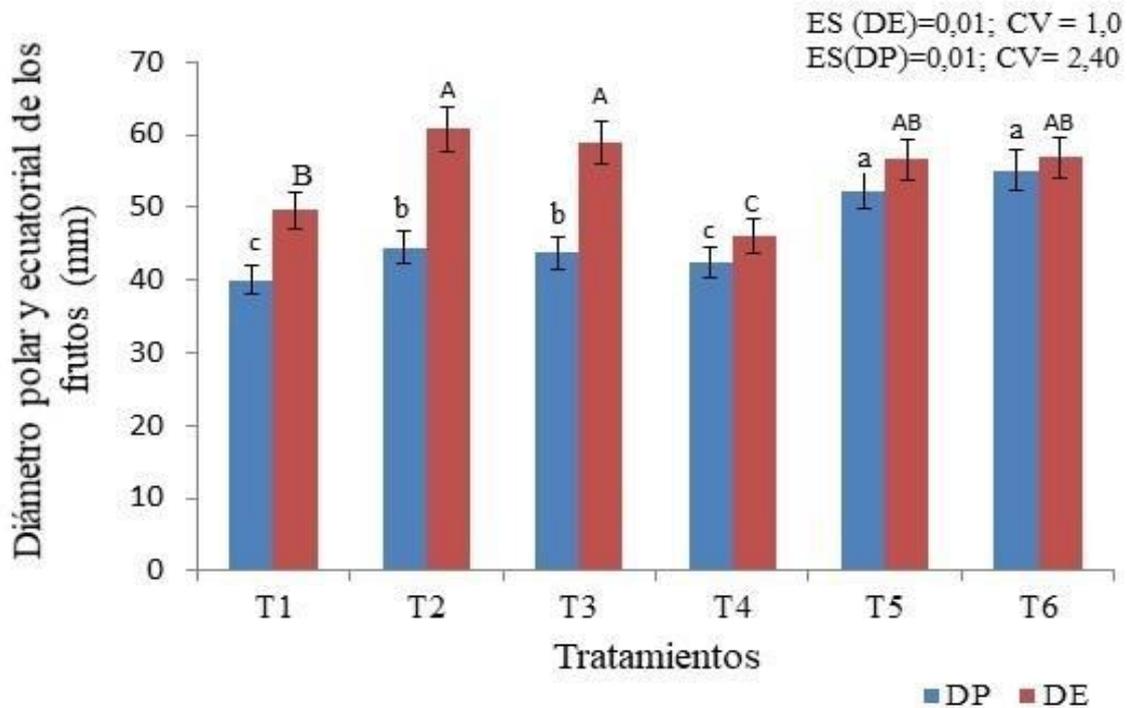
Tratamientos <sup>1</sup>	NFP	NRF	NFP
T1	20,76 <sup>c</sup>	8,90 <sup>c</sup>	21,13 <sup>cd</sup>
T2	33,40 <sup>a</sup>	14,20 <sup>a</sup>	27,13 <sup>b</sup>
T3	34,06 <sup>a</sup>	11,94 <sup>b</sup>	34,90 <sup>a</sup>
T4	15,02 <sup>d</sup>	6,24 <sup>d</sup>	19,26 <sup>d</sup>
T5	28,50 <sup>b</sup>	11,04 <sup>b</sup>	23,10 <sup>c</sup>
T6	34,00 <sup>a</sup>	12,10 <sup>b</sup>	22,40 <sup>c</sup>
ES	0.19	0.24	0.06
CV	13.24	7.17	9.11

<sup>1</sup> T1- Amalia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T2-Amalia-300 mg ha<sup>-1</sup>; T3-Amalia-400 mg ha<sup>-1</sup>; T4- Claudia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T5-Claudia-300 mg ha<sup>-1</sup> y T6-Claudia-400 mg ha<sup>-1</sup>. Letras iguales en la columna representa ausencia de diferencias significativas para p ≤ 0.01 por Tukey. EE: error estándar. CV: coeficiente de variación. Fuente: Los autores (2022).

En las variables evaluadas el tratamiento sin aplicación del bioestimulante muestra niveles inferiores a los que se le aplicó el QuitoMax® (Tabla 1). En el número de flores por planta se obtienen diferencias significativas (p=0.01453) con más de 12 flores por planta con la aplicación de 300 mg ha<sup>-1</sup>, llegando a valores de 34.0 en la variedad Claudia y 34.06 en Amalia, sin diferencias estadísticas entre ellas. Resultados similares, se reportaron recientemente en el cultivo del tomate aplicando

quitosano, compuesto base del aquí aplicado (Reyes-Pérez et al., 2020).

**Figura 2.** Diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE) de los frutos obtenidos al evaluar la combinación de cultivares de tomate y dosis de QuitoMax® [T1- Amalia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T2-Amalia-300 mg ha<sup>-1</sup>; T3-Amalia-400 mg ha<sup>-1</sup>; T4- Claudia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T5-Claudia-300 mg ha<sup>-1</sup> y T6-Claudia-400 mg ha<sup>-1</sup>]. Columnas con letras iguales mayúsculas para la DP y minúsculas para DE no difieren significativamente por la prueba de comparación de Tukey para un nivel de significación del 1%. ES: error estándar. CV: coeficiente de variación.



Fuente: Los autores (2022).

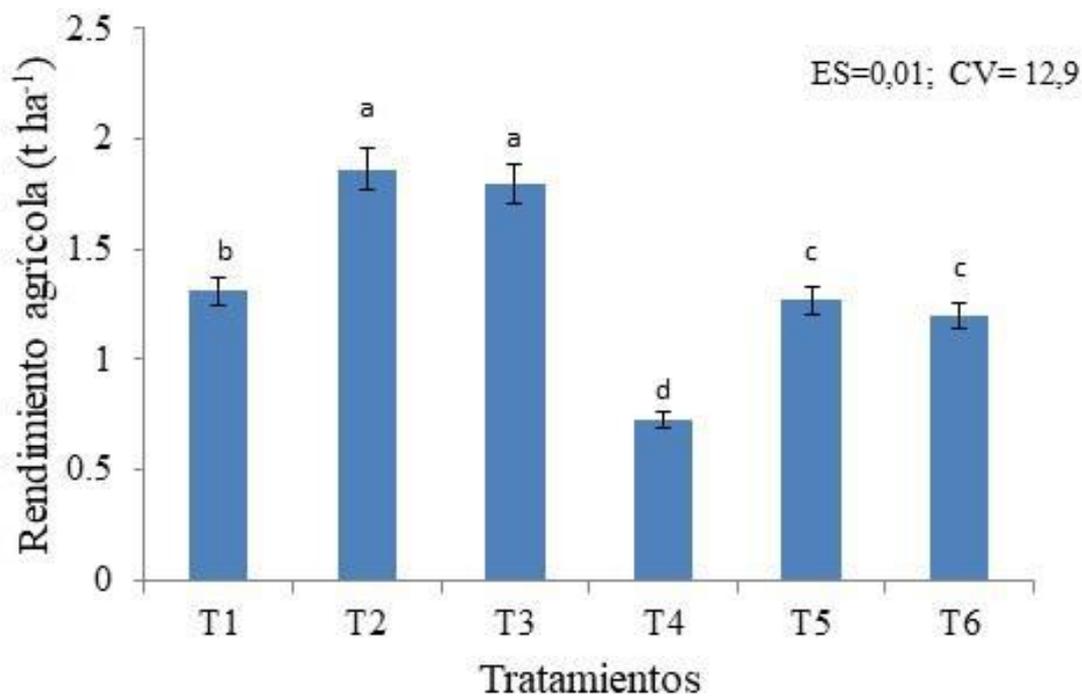
La aplicación de bioestimulante al inicio de floración, potencia las auxinas que intervienen en este proceso de reproducción ocurriendo un sinergismo entre las sustancias aplicadas y las auxinas naturales de las plantas, la auxina es esencial para el crecimiento de los frutos lo que en gran medida se debe al alargamiento de las células. Están implicadas en muchos procesos del desarrollo vegetal porque afectan la división, el crecimiento y la diferenciación de las células (Azcon-Bieto; Talon, 2008; Bouzroud et al., 2018).

Al evaluar NFP se aprecia que los mejores resultados se obtienen con la aplicación del bioestimulante, con diferencias significativas respecto al control (Tabla 1). Con la dosis 400 mg ha<sup>-1</sup> en la variedad Amalia se obtiene los mejores resultados y existió diferencia significativa con todos los tratamientos. En la variedad Claudia entre los tratamientos 300 mg ha<sup>-1</sup> y 400 mg ha<sup>-1</sup> no se observaron diferencias significativas en las condiciones de estudio.

Otra de las variables que fueron evaluadas fue el diámetro polar de los frutos donde la aplicación del bioestimulante QuitoMax® influyó positivamente, en todos los casos fueron superiores al control (Figura 2). Al evaluar el diámetro polar en los frutos de la variedad Amalia se pudo observar como los tratamientos con bioestimulante QuitoMax® aumentaron en relación al control, en 4.4 mm y 3.73 mm en los tratamientos con concentraciones de 300 mg ha<sup>-1</sup> y 400 mg ha<sup>-1</sup> respectivamente. En la variedad Claudia el incremento fue proporcional a la concentración, superando al control en 9.85 mm (300 mg ha<sup>-1</sup>) y 12.63 mm (400 mg ha<sup>-1</sup>).

El diámetro ecuatorial en los tratamientos con bioestimulantes fueron superiores al control, en ambas variedades el tratamiento a concentración de 300 mg ha<sup>-1</sup> fue superior, aunque no se diferenció significativamente del tratamiento a concentración 400 mg ha<sup>-1</sup> (Figura 2). El diámetro ecuatorial e polar de los frutos de tomates determina el tamaño de los frutos entre mayores esos valores mejor debe ser la respuesta de productividad de frutos asociada con el tamaño y peso de los frutos de tomate. Dimas et al. (2009) al evaluar el uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero encontraron que esta característica es también influenciada por los abonos empleados.

**Figura 3.** Rendimiento agrícola (kg m<sup>-2</sup>) de los frutos obtenidos al evaluar la combinación de cultivares de tomate y dosis de QuitoMax® [T1- Amalia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T2-Amalia-300 mg ha<sup>-1</sup>; T3-Amalia-400 mg ha<sup>-1</sup>; T4- Claudia-0 mg ha<sup>-1</sup>; T5-Claudia-300 mg ha<sup>-1</sup> y T6-Claudia-400 mg ha<sup>-1</sup>]. Columnas con letras iguales minúsculas no difieren significativamente por la prueba de comparación de Tukey para un nivel de significación del 1%. ES: error estándar. CV: coeficiente de variación.



Fuente: Los autores (2022).

El rendimiento obtenido por metro cuadrado, demuestra que los tratamientos a los que se le aplicó el QuitoMax®, presentan resultados superiores al control en ambas variedades. El tratamiento a concentración de 300 mg ha<sup>-1</sup> en la variedad Amalia (Figura 3), registró diferencia de 0.56 kg m<sup>-2</sup> con respecto al control de la misma variedad y 1.14 kg m<sup>-2</sup> al compararlo con el tratamiento control en Claudia. Todos los tratamientos a los que se aplicó el bioestimulante muestran diferencias significativas (p=0.00126) con respecto al control y se evidencia un aumento en los rendimientos al aplicar el QuitoMax®.

Los resultados concuerdan con los reportados por varios autores que encontraron un efecto estimulante de QuitoMax® en papas (*Solanum tuberosum* L.) (Morales et al., 2015) y frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) (Morales et al., 2016), mostrando la mejora de la productividad en indicadores de estos cultivos cuando el QuitoMax® fue aplicado foliar en concentraciones similares a las utilizadas en este trabajo. En la dosis a concentración de 400 mg ha<sup>-1</sup> los rendimientos son inferiores que los registrados a concentraciones de 300 mg ha<sup>-1</sup> en ambas variedades, aunque sin diferencias significativas entre ellos.

Al evaluar el QuitoMax® sobre el rendimiento de la variedad de tomate Amalia, Jiménez et al. (2015) demostraron

que no existió diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicaron las diferentes dosis de quitosano, pero estas concentraciones aplicadas sí difirieron del tratamiento control, efecto muy similar al obtenido en el presente estudio.

Al realizar la valoración económica (datos no mostrados) se evidenció que el beneficio obtenido fluctúa entre 5304.5 y 3230.27 (\$ ha<sup>-1</sup>) para las cultivares Amalia y Claudia, respectivamente. Aunque todas las variedades expresan un comportamiento inferior a su potencial de producción, la variedad Amalia con la dosis de 300 mg ha<sup>-1</sup> manifestó los mejores indicadores económicos y productivos, su rendimiento supera al resto de los tratamientos y en particular a la variedad Claudia en aproximadamente cinco toneladas. El beneficio de la variedad Amalia (300 mg ha<sup>-1</sup>) es superior en 1782.21 \$ ha<sup>-1</sup> a la variedad Claudia (300 mg ha<sup>-1</sup>), en 1653.93\$ ha<sup>-1</sup> al tratamiento control de la variedad Amalia y en 3418.08 \$ ha<sup>-1</sup> al tratamiento control de la variedad Claudia.

La reducción del rendimiento de las dos cultivares empleadas puede ser explicado por la condición de estrés salino a la cual fueron sometidas en el presente trabajo. Es relatado en varios trabajos y en diferentes especies que el estrés salino influencia directamente el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate (Pérez-Alfocea et al., 1996; Amador; Rodriguez, 2012; Vinent et al., 2016; Bacha et al., 2017; Munns et al., 2019; Alam et al., 2021, Chele et al., 2021). El uso do bioestimulante QuitoMax® minimizó el efecto perjudicial del suelo salino, permitiendo mayor producción asociada con la respuesta genética de cada cultivar con destaque para la cultivar Amalia.

#### 4. Conclusiones

La aplicación del bioestimulante QuitoMax® incrementa el número de racimos por planta y la masa de los frutos del tomate en condiciones de salinidad. Los mejores resultados se obtuvieron al aplicar la dosis de 300 mg ha<sup>-1</sup> independiente de la variedad de tomate que se evalúe.

La variedad Amalia presenta mayor respuesta a la salinidad cuando se aplica el bioestimulante QuitoMax®. La aplicación de bioestimulante QuitoMax® en tomate que se establecen en suelos salinos a una CE = 4.0 dS m<sup>-1</sup> eleva la rentabilidad de estos suelos y contribuye a la seguridad alimentaria regional.

Para el futuro se podrán realizar investigaciones en tomate y otras hortalizas para corroborar el efecto del QuitoMax® que permitan la extensión agrícola del uso de bioestimulantes e incrementar las producciones en ecosistemas salinos.

#### Referencias

- Abellón-Molina, M. I., Posada-Dacosta, M. D. G., Torres-Calzado, K., García-Reyes, R. A., Villazón-Gómez, J. A., & Velázquez-Sánchez, E. C. (2021). Remote Sensing of Salinity in Agroecosystem of Mayarí, at Holguín Province, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(1), 26-32.
- Alam, M. S., Tester, M., Fiene, G., & Mousa, M. A. A. (2021). Early growth stage characterization and the biochemical responses for salinity stress in tomato. *Plants*, 10(4), 712.
- Álvarez, M. (2002). "Amalia". Variedades cubanas de tomate y su generalización en Cuba. Congreso del INCA (13:2002: La Habana).
- Álvarez, M. (2008). Claudia, Mercy y Mayle, tres nuevas variedades de tomate para el consumo fresco. *Cultivos tropicales*, 29(1).
- Amador, C. A., & Rodríguez, Y. R. (2012). El efecto económico de la salinidad en el cultivo del tomate en la provincia Granma. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N° 169.
- Azcon-Bieto J., & Talon, M. (2008). *Fundamentos de la fisiología vegetal*. Ed. McGraw-Hill, Interamericana. 71(24), 875-880.
- Bacha, H., Tekaya, M., Drine, S., Guasmi, F., Touil, L., Enneb, H., Triki, T., Cheour, F., & Ferchichi, A. (2017). Impact of salt stress on morpho-physiological and biochemical parameters of *Solanum lycopersicum* cv. Microtom leaves. *South Afr. J. Bot.*, 108, 364–369.
- Bouzroud, S., Gouiaa, S., Hu, N., Bernadac, A., Mila, I., Bendaou, N., & Zouine, M. (2018). Auxin response factors (ARFs) are potential mediators of auxin action in tomato response to biotic and abiotic stress (*Solanum lycopersicum*). *PLoS one*, 13(2), e0193517.
- Carvalho, T. S., & Lima, A. C. P. (2020). Mitigation of osmotic stress by *Serratia nematodiphila* in tomato seedlings. *Research, Society and Development*, [S. l.], 9(10), e6109108694.
- Chele, K. H., Steenkamp, P., Piater, L. A., Dubery, I. A., Huyser, J., & Tugizimana, F. (2021). A global metabolic map defines the effects of a Si-based biostimulant on tomato plants under normal and saline conditions. *Metabolites*, 11(12), 820.

- Dimas, N. R., Ríos, P. C., Viramontes, U. F., Chávez, E. F., Reséndez, A. M., Hernández, C. M., & Rangel, P. P. (2009). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra latinoamericana*, 27(4), 319-327.
- FAOSTAT (2020). Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#compare>.
- Fisher, R. A. (1937). *The Design of Experiments*. Edinburgh, London: Oliver and Boyd.
- González, L. M., Tóth, T., & García, D. (2004). Integrated management for the sustainable use of salt-affected soils in Cuba. *Universidad y Ciencia*, 20(40), 85-102.
- Hernández-Jiménez, A., Pérez-Jiménez, J. M., Bosch-Infante, D., & Speck, N. C. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1).
- Jiménez, M. C., et al. (2015). Evaluación de la aplicación de quitosano sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 (*Solanum lycopersicum* L.) en casas de cultivo. *Centro Agrícola*, 42(3), 83-90.
- Kolmogorov, A. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Inst. Ital. Attuari, Giorn.*, 4, 83-91.
- Malerba, M., & Cerana, R. (2016). Chitosan Effects on Plant Systems. *Int. J. Mol. Sci.*, 996:1–15.
- 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), 45-60.
- Morales, D., Dell Amico, J., Jerez, E., Díaz, Y., & Martín, R. (2016). Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37, 142–144.
- Morales, D., Torres, L., Jerez, E., Falcón, A., & Dell Amico, J. (2015). Efecto del QuitoMax® en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 36, 133–143.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651–681.
- Munns, R., Day, D. A., Fricke, W., Watt, M., Arsova, B., Barkla, B. J., Bose, J., Byrt, C. S., Chen, Z., Foster, K. J., et al. (2019). Energy costs of salt tolerance in crop plants. *New Phytol*, 225, 1072–1090.
- Pérez-Alfocea, F., Balibrea, M. E., Santacruz, A., & Estañ, M. T. (1996). Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant and Soil*, 180, 251-257.
- Pichyangkura, R., & Chadchawan, S. (2015). Bio-stimulant activity of chitosan in horticulture. *Sci. Horticul.*, 196, 49–65.
- Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Funct. Plant Biol.*, 37, 613–620.
- 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. *Biocencia*, 22(3), 156-163.
- Ricardo, N., Polanco, A., Reyes, S., & Noris, P. (2013). Comportamiento del tizón temprano del tomate (*Alternaria solani*) en las condiciones del municipio de Holguín, Cuba. *Fitosanidad*, 17(2), 75-81.
- Rodrigues, R. R., & et al. (2020). Tomato cultivation in a protected environment under different soil water tensions. *Research, Society and Development*, [S. l.], 9(11), e2289119777.
- Rodríguez-Pedroso, A., Ramírez-Arrebató, M., Falcón-Rodríguez, A., Bautista-Baños, S., Ventura-Zapata, E., & 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.
- StatSoft. (2014) *Statistica 13.3*. StatSoft Incorporation Version 13.3.
- Tukey, J. W. (1960). A survey of sampling from contaminated distributions. In: Olkin, I., (ed). *contribution to probability and statistics: essays in honor to Harold Hotelling*. Redwood City: Stanford University Press. 448-485
- Vázquez-Glaría, A., Eichler-Löbermann, B., Loiret, F. G., Ortega, E., & Kavka, M. (2021). Root-system architectures of two Cuban rice cultivars with salt stress at early development stages. *Plants*, 10(6), 1194.
- Vinent, S. N., Ferrera, J. D., & Gutiérrez, J. C. (2016). Efecto de diferentes dosis de aplicación de Liplant en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Amalia bajo estrés salino. *Investigación y Saberes*, 5(3), 1-11.
- Zádorová, T., Skála, J., Žižala, D., Vaněk, A., & Penížek, V. (2021). Harmonization of a large-scale national soil database with the World Reference Base for Soil Resources 2014. *Geoderma*, 384, 114819.