

Evaluación Morfoagronómica de Plantas de Lechuga (*Latuca sativa* L.) Cultivadas en Acuaponia y con Aplicación de Quitosano Morphoagronomic Evaluation of Lettuce Plants (*Latuca sativa* L.) Grown in Aquaponics and With chitosan Application

Luis Tarquino Llerena-Ramos¹ , Yuniel Méndez-Martínez¹ , Juan José Reyes-Pérez¹ ,
Ramón Klever Macías-Pettao² , Eréndira Aragón-Sánchez³ ,
Rafael de Luna-de La Peña³  y Alejandro Palacios-Espinosa^{3#} 

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito, km 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. 120501 Quevedo, Los Ríos, Ecuador; (L.T.LI.R.), (Y.M.M.), (J.J.R.P.).

² Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, Av. Los Almendros y Pujilí, Sector la Virgen. 050250 La Maná, Cotopaxi, Ecuador; (R.K.M.P.).

³ Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al sur km 5.5, Apartado Postal 19-B. 23080, La Paz, Baja California Sur, México; (E.A.S.), (R.L.P.), (A.P.E.).

Autor para correspondencia: palacios@uabcs.mx

RESUMEN

Los bioestimulantes como el quitosano en la agricultura tradicional han demostrado su eficacia para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como protegerlas de enfermedades. Sin embargo, en sistemas de producción acuapónicos su efecto no está documentado, por ello el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la concentración de quitosano (0, 500 y 1000 mg L⁻¹) en tres variedades (Grandes Lagos, Regina 500 y Red Rock) de lechuga (*Latuca sativa* L.), sobre los parámetros de producción en un sistema circular de acuaponía. Utilizando un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3×3 el quitosano se aplicó mediante aspersión a los 10 y 45 días después del trasplante. Posterior al análisis de varianza, las diferencias debido a la variedad se determinaron utilizando la prueba de Tukey y, el efecto de la concentración de quitosano mediante polinomios ortogonales, además de un análisis de correlación y regresión lineal simple entre el rendimiento, altura, número y longitud de las hojas. Los resultados demostraron que las variables número de hojas, longitud de hojas y raíz, peso de planta, altura de planta y rendimiento, se incrementó conforme se aumentó la dosis de quitosano. La variedad Red Rock superó a las variedades Regina 500 y Grandes Lagos. No se detectó la presencia de insectos ni enfermedades. Se concluye que el quitosano favorece el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la planta de lechuga en un sistema circular de acuaponía, sobre todo con dosis de 1000 mg L⁻¹ de quitosano, y que respecto a estas mismas variables, la variedad Red Rock supera a las variedades Regina 500 y Grandes Lagos.

Palabras clave: bioestimulante, parámetros productivos, rendimiento.

SUMMARY

Bioestimulants such as chitosan in traditional agriculture have proven effective in promoting plant growth and development, as well as protecting them from diseases. However, in aquaponic production systems its effect is not documented, therefore the objective of the present work was to determine the effect of chitosan concentration (0, 500 and 1000 mg L⁻¹) in three varieties (Great Lakes, Regina 500 and Red Rock) of lettuce (*Latuca sativa* L.), on production parameters in a circular aquaponics system. Using a completely randomized design with a 3×3 factorial arrangement, chitosan was applied by spraying at 10 and 45 days after transplantation. After the analysis of variance, the differences due to the variety were determined using the Tukey test and the effect of chitosan concentration through orthogonal polynomials, in addition to



Cita recomendada:

Llerena-Ramos, L. T., Méndez-Martínez, Y., Reyes-Pérez, J. J., Macías-Pettao, R. K., Aragón-Sánchez, E., de Luna-de La Peña, R., & Palacios-Espinosa, A. (2024). Evaluación Morfoagronómica de Plantas de Lechuga (*Latuca sativa* L.) Cultivadas en Acuaponia y con Aplicación de Quitosano. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-7. e1811. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1811>

Recibido: 8 de septiembre de 2023.

Aceptado: 27 de enero de 2024.

Artículo. Volumen 42.

Abril de 2024.

Editor de Sección:

Dra. Rita Schwentesius Rindermann



Copyright: © 2024 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

a correlation analysis and simple linear regression between the yield, height, number and length of the leaves. The results showed that the variables number of leaves, length of leaves and root, plant weight, plant height and yield increased as the dose of chitosan increased. The Red Rock variety outperformed the Regina 500 and Great Lakes varieties. No presence of insects or diseases was detected. It is concluded that chitosan favors the growth, development and yield of the lettuce plant in a circular aquaponic system, especially with doses of 1000 mg L⁻¹ of chitosan, and that with respect to these same variables, the Red Rock variety surpasses to the Regina 500 and Great Lakes varieties.

Index words: *biostimulant, productive parameters, performance.*

INTRODUCCIÓN

La integración de la acuicultura con hidroponía se conoce como acuaponía, en ésta, el agua residual de la acuicultura sufre transformaciones bacterianas y como resultado puede ser utilizada como fuente de nutrientes para el crecimiento de las plantas, que al absorberlos mejoran la calidad del agua para los peces (Palm *et al.*, 2018), produciéndose con ello alimentos de origen animal y vegetal de buena calidad nutricional (Schmautz *et al.*, 2016). Bajo este sistema se pueden cultivar diferentes especies vegetales entre las que se encuentran las hortalizas. La lechuga (*Lactuca sativa*, L.) es la planta mejor adaptada a este sistema (Palm, Knaus, Appelbaum, Strauch y Kotzen, 2019), y es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel mundial, posee propiedades nutricionales, es altamente adaptable a todas las estaciones del año, con alto rendimiento y buena productividad (Roza y Castellanos, 2021).

En un sistema acuapónico las bacterias juegan un importante rol en el proceso de nitrificación (Kasozi, Abraham, Kaiser y Wilhelmi, 2021). El amoníaco (NH₃) proveniente del alimento y la excreta animal, es convertido por las bacterias en nitrito (NO₂) y después a nitrato (NO₃) que es la forma elemental en que las plantas lo absorben y convierten dicho nutrimento en biomasa, estimulando así su crecimiento y desarrollo (Somerville, Pantanella, Stankus y Lovatelli, 2014; Wongkiew, Hu, Chandran, Lee y Khanal, 2017; Wongkiew, Park, Chandran y Khanal, 2018). La acuaponía, es un sistema que está limitado al uso mínimo de pesticidas, por ello es recomendable la utilización de biofertilizantes que además de promover el crecimiento y desarrollo de la planta, la protejan de patógenos (Sánchez, Vivian y Urakawa, 2019).

El quitosano es un biopolímero que se genera a partir de la desacetilación química o enzimática de la quitina procedente principalmente del exoesqueleto de muchos crustáceos, y se ha utilizado en las prácticas agrícolas para evitar enfermedades y para incrementar la rentabilidad agrícola de los cultivos (Pérez, Enríquez, Arrebato, Pedroso y Rodríguez, 2019).

El empleo de alternativas ecológicas como el quitosano en el manejo de la producción agrícola, es estudiado por su alto potencial en la estimulación del crecimiento, actividad antiviral, antifúngicas y antibacterianas. Además, mejora el rendimiento de los cultivos y tienen la capacidad de formar biopelículas, que favorece la preservación de los alimentos frescos (Bautista-Baños, Hernández, del Valle, Bosquez y Sánchez, 2005).

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la concentración de quitosano sobre parámetros productivos en tres variedades de lechuga bajo un sistema circular de acuaponía.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAF), de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, finca experimental "La María", ubicado en el km 7.5 de la vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, cuyas coordenadas geográficas son de 01° 11' 02" S y 79° 30' 20" O, con una altitud de 75 metros y una temperatura media anual de 24.9 °C, precipitación media anual de 2295 mm y una humedad relativa del 84%. Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 3×3, y tres repeticiones por tratamiento, en donde cada repetición o unidad experimental estaba conformada por 20 plantas de lechuga.

Sistema acuapónico. El sistema estuvo conformado por tubos de PVC de 2 m de longitud y 4 pulgadas de diámetro, colocados en soportes a unos 30 cm del suelo, los cuales contenían una perforación de 2" cada 20 cm y conectados a los tanques que permiten la recirculación del agua en el sistema. El agua en el sistema proviene de reservorios (tanques) conectados a los tubos PVC y cuya agua provenía de la crianza de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*), alimentados con concentrado comercial a base de 5% de su peso vivo.

Siembra de la lechuga. La implementación del semillero se realizó en bandejas germinadoras utilizando como medio de sostén y germinación el sustrato agrícola a base de fibra de coco a una profundidad de 5 mm. El trasplante se efectuó una vez que las plántulas presentaron la tercera hoja verdadera. Se sacaron las plantas del semillero con cuidado, se lavaron las raíces minuciosamente para eliminar todo residuo del sustrato, y posteriormente las plantas fueron colocadas en vasos de plástico que contenían una esponja como sostén. Las plantas se colocaron a una distancia de 20 cm entre plantas y con una distancia entre hileras (tubos) de 40 cm. Para el riego se utilizó un sistema de recirculación del agua, de los tanques reservorios a los tubos de PVC y viceversa, este proceso de recirculación permite la incorporación de oxígeno al agua.

Tratamientos. Se probaron nueve tratamientos como resultado de la combinación de tres variedades de lechuga (Grandes Lagos, Regina 500 y Red Rock) con tres dosis de quitosano (0, 500 y 1000 mg L⁻¹). Las dosis de quitosano fueron aplicadas mediante aspersión con un atomizador de 2 L de capacidad, bañándose completamente la planta. Se realizaron dos aplicaciones; a los 10 y 20 días después del trasplante. El control fitosanitario se realizó diariamente mediante inspección visual con el fin de determinar la presencia de insectos o enfermedades. La cosecha se realizó dentro del área útil de cada parcela (20 plantas) en forma manual, a los 65 días después del trasplante.

Variables evaluadas. Se tomaron al azar 10 plantas por unidad experimental y se registraron las siguientes variables: Altura de la planta (cm), desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más alta; número de hojas; longitud de las hojas (cm), de cada planta se midieron: la longitud de 10 hojas, la distancia entre el tallo y el ápice de la hoja, peso de la planta (g) al momento de la cosecha; rendimiento agrícola se determinó mediante el peso (kg) de las lechugas en el área útil de cada unidad experimental y se extrapoló al área útil del invernadero (164.28 m² y 666 plantas).

Análisis estadístico. Se determinó la relación entre el rendimiento con las variables altura de la planta y número y longitud de las hojas, utilizando un análisis de regresión lineal simple. El efecto de la variedad y dosis de quitosano, se determinó mediante un análisis de varianza, realizándose previamente la comprobación de normalidad, homocedasticidad e independencia de los errores, las comparaciones de medias se realizaron con la prueba de Tukey. Para el análisis del efecto de la dosis de quitosano, se utilizó un análisis de polinomios ortogonales. Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando los softwares Minitab 19 (Minitab, 2019) y SAS (SAS Institute, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación entre el rendimiento (kg área⁻¹ útil del invernadero) y las variables altura de la planta, número y longitud de las hojas, se muestra en la Figura 1, en ella se observa que el rendimiento se incrementa conforme se incrementan la altura de la planta y el número de hojas, con coeficientes de determinación relativamente altos (77.6 y 80.3%, respectivamente), no sucede lo mismo con la altura de la hoja, en donde el coeficiente de determinación es de apenas un 7.1%, lo que indica que la relación entre estas dos variables no se ajusta a un modelo de regresión lineal simple, o bien que su relación es no lineal. Los resultados anteriores indican que el rendimiento de la lechuga puede ser estimado a través del número de hojas y la altura de la planta, con una confiabilidad relativamente alta.

El promedio de cada variable para cada una de las dosis de quitosano en las tres variedades se presenta en el Cuadro 1. Exceptuando en la longitud de las hojas, la variedad Grandes Lagos tuvo los valores más bajos en las variables registradas.

La altura de la planta para las tres variedades con aplicación de 1000 mg L⁻¹ de quitosano, y la de la variedad Red Rock con dosis de 500 mg L⁻¹ fue mayor a la encontrada por otros investigadores, así, Medrano (2017)¹ reporta alturas dentro de un rango de 15.7 a 22.15 cm, Castilblanco y Hidalgo (2009)², de 9.6 a 11.0 cm y Flores y Madrid (2013)³ de 13 a 20 centímetros.

¹ Medrano-García, P. (2017). *Cultivo de lechuga (Lactuca sativa) en sistema mixto (suelo e hidroponia) bajo diferentes soluciones nutritivas en el centro experimental de Cota Cota*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía de la Universidad mayor de San Andrés. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/15319>

² Castilblanco-Flores, E. J., & Hidalgo-Rivas, J. A. (2009). *Efecto de dos tratamientos de agua en la producción de lechuga (Lactuca sativa) bajo dos sistemas hidropónicos en piscicultura*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/55550cb1-bf8f-4f13-ad15-f8eea1c01824/content>

³ Flores-Ochoa, L. G., & Madrid-Rivera, J. R. (2013). *Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponia con tilapia en Zamorano*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/777cdf2d-99fd-4f2b-bc79-f17c9e3a16af/content>

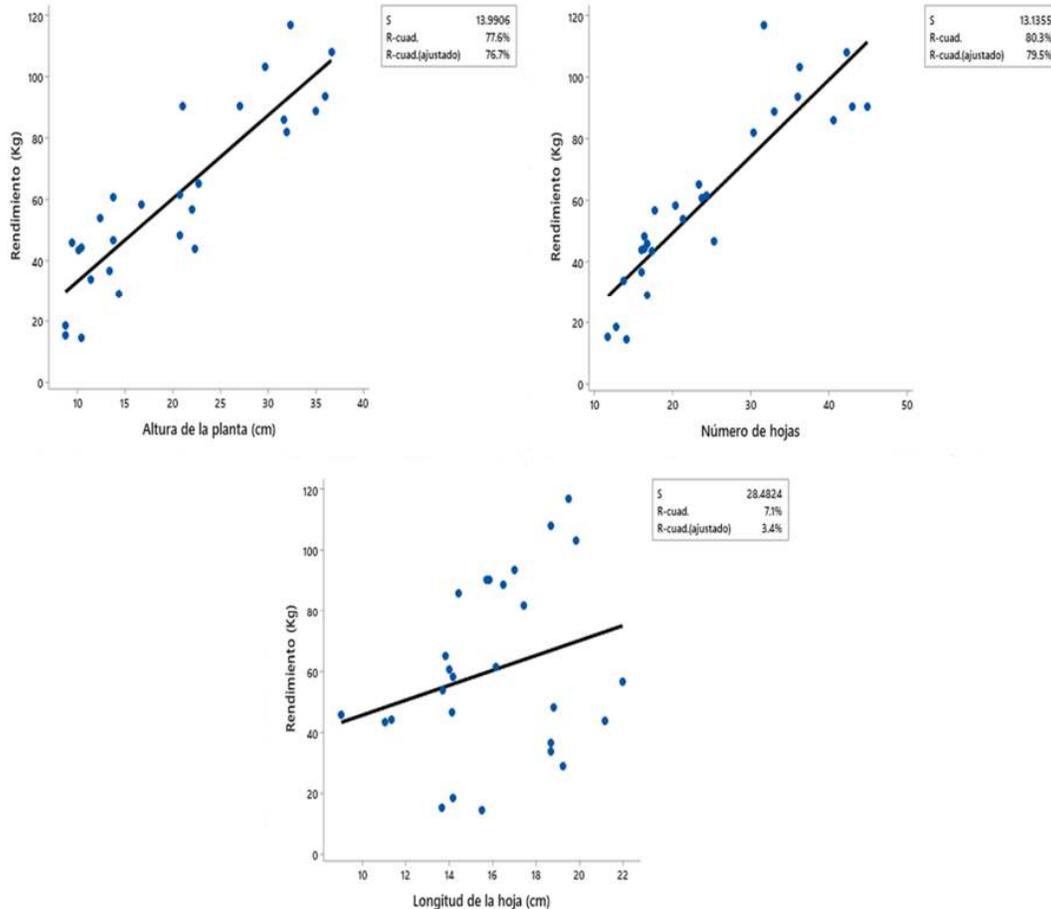


Figura 1. Relación entre el rendimiento y las variables altura de la planta y número y longitud de las hojas.
Figure 1. Relationship between performance and the variables plant height and number and length of leaves.

El número de hojas se incrementó a medida que la dosis de quitosano aumentó. La variedad Red Rock presentó el mayor número de hojas ($P < 0.05$) en las dosis de quitosano de 0 y 500 mg L⁻¹, seguido por las variedades Regina 500 y Grandes lagos, ésta última fue la de menor número de hojas en las tres concentraciones de quitosano. Sin embargo, la variedad Regina 500 superó en el número de hojas a la variedad Red Rock a una concentración de 1000 mg L⁻¹ de quitosano. El número de hojas es mayor a lo encontrado por Veovides-Amador *et al.* (2022), quienes utilizando diversas concentraciones de humus y vermicomposta, reportan entre 12.8 y 14.77 hojas en promedio. Valores mayores a estos pero menores a los encontrados en el presente estudio (17.9-21.1), son reportados por Medrano (2017¹).

En las variedades Grandes lagos y Red Rock, la longitud de la raíz tiende a incrementarse ($P < 0.05$) conforme se incrementa la dosis de quitosano, sin embargo, en la variedad Regina 500 la longitud de la raíz permanece estable ($P > 0.05$). La variedad Red Rock superó ($P < 0.05$) a las otras variedades en las tres concentraciones de quitosano, no habiendo diferencia ($P > 0.05$) entre las variedades Regina 500 y Grandes lagos en las tres concentraciones de quitosano. La longitud de la raíz fue similar a la observada por diversos autores (Castilblanco y Hidalgo, 2009²; Flores y Madrid, 2013³; Veovides-Amador *et al.*, 2022), fluctuando en promedio entre los 15 y los 30 centímetros.

Dentro de cada variedad, el peso de la planta se incrementa ($P < 0.05$) conforme se aumentó la dosis de quitosano. Respecto al comportamiento de las variedades dentro de cada concentración de quitosano, la variedad Red Rock superó ($P < 0.05$) a las demás variedades en todas las concentraciones, la variedad Grandes Lagos fue la que presentó menor peso ($P < 0.05$) en las diferentes concentraciones. El peso de la planta fue similar al encontrado por otros autores (Flores y Madrid, 2013³; Osorto, 2021⁴), en un rango de 86 a 209 g y de 12.44 a 180.39 g, respectivamente.

⁴ Osorto, P., & Erick, E. (2021). *Producción de lechuga en acuaponía con adición de fertilizantes orgánicos líquidos y bacterias promotoras del crecimiento*. Tesis de maestría para obtener el grado de Ciencias en Agricultura. Escuela Agrícola Panamericana. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7168>

Cuadro 1. Comportamiento ($\bar{x} \pm E.E$) de las variables en las tres variedades de lechuga, en respuesta a la dosis de quitosano
Table 1. Behavior ($\bar{x} \pm E.E$) of the variables in the three varieties of lettuce, in response to the dose of chitosan.

	Variedad Grandes Lagos		
	mg L ⁻¹		
Dosis de quitosano	0	500	1000
Número de hojas	12.78±0.68 b	15.44±0.91 a	16.67±0.51 a
Longitud raíz (cm)	11.0±0.77 c	16.33±0.67 b	19.56±0.11 a
Peso planta (g)	24.11±1.79 c	49.78±3.42 b	74.56±5.76 a
Altura planta (cm)	9.22±0.56 c	13.00±0.88 b	21.67±0.88 a
Longitud hoja (cm)	14.44±0.54 b	18.87±0.20 a	20.67±0.95 a
Rendimiento (kg)	16.06±1.19 c	33.15±2.28 b	49.65±3.83 a
	Variedad Red Rock		
	mg L ⁻¹		
Dosis de quitosano	0	500	1000
Número de hojas	22.67±1.20 b	33.11±1.64 a	36.78±3.09 a
Longitud raíz (cm)	17.78±1.64 b	26.89±1.28 a	25.33±2.22 a
Peso planta (g)	92.56±2.98 c	132.67±5.12 b	164.56±5.95 a
Altura planta (cm)	20.00±1.76 b	34.33±1.20 a	32.89±2.04 a
Longitud hoja (cm)	14.72±0.73 c	16.98±0.27 b	19.33±0.35 a
Rendimiento (kg)	61.64±1.99 c	88.36±3.41 b	109.59±3.96 a
	Variedad Regina 500		
	mg L ⁻¹		
Dosis de quitosano	0	500	1000
Número de hojas	16.78±0.29 c	23.44±1.16 b	42.89±1.25 a
Longitud raíz (cm)	13.89±0.80 a	13.67±0.84 a	16.33±0.51 a
Peso planta (g)	66.89±1.09 b	80.67±6.06 b	133.56±2.11 a
Altura planta (cm)	9.89±0.29 b	13.22±0.44 b	26.56±3.09 a
Longitud hoja (cm)	10.44±0.73 b	13.93±0.12 a	15.32±0.45 a
Rendimiento (kg)	44.55±0.73 b	53.72±4.04 b	88.95±1.41 a

Literales distintas dentro de hileras indican diferencia significativa ($P < 0.05$).
Different letters within rows indicate significant difference ($P < 0.05$).

La longitud de la hoja tendió a incrementarse ($P < 0.05$) conforme se incrementó la dosis de quitosano. Las variedades Red Rock y Grandes Lagos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) dentro de la concentración de 0 y 1000 mg L⁻¹ de quitosano, sin embargo, superaron ($P < 0.05$) a la variedad Regina 500, ésta presentó la menor longitud de hoja en las tres concentraciones. La variedad Grandes Lagos superó ($P < 0.05$) a la variedad Red Rock cuando se utilizó una concentración de 500 mg L⁻¹ de quitosano.

En las variedades Grandes Lagos y Red Rock, el rendimiento se incrementó ($P < 0.05$) a medida que la dosis de quitosano fue mayor, sin embargo, en la variedad Regina 500 no hubo diferencia ($P > 0.05$) en rendimiento entre las concentraciones de 0 y 500 mg L⁻¹ de quitosano, y al incrementarse la dosis a 1000 mg L⁻¹ el rendimiento disminuye ($P < 0.05$). Respecto al comportamiento de las variedades dentro de cada concentración de quitosano, la variedad Red Rock alcanzó el mayor rendimiento ($P < 0.05$) en todas las concentraciones, Regina 500 superó ($P < 0.05$) a Grandes Lagos en las concentraciones de 0 y 500 mg L⁻¹ de quitosano, y a una concentración de

1000 mg L⁻¹, Grandes Lagos superó a Regina 500 ($P < 0.05$). El rendimiento obtenido en el presente estudio supera al alcanzado por Osorto (2021⁴) quien con composta y humus de lombriz obtuvo rendimientos entre 1.83 a 2.21 kg m⁻², y en este estudio el rendimiento por metro cuadrado fluctuó entre los 1.61 a 3.29 kg m⁻². No se detectó presencia de insectos o enfermedades.

CONCLUSIONES

La aplicación de quitosano tiene un efecto positivo sobre las variables de crecimiento y rendimiento de las variedades de lechuga, en particular a dosis de 1000 miligramos por litro. La variedad Red Rock supera a las variedades Regina 500 y Grandes Lagos en crecimiento y rendimiento.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia en esta sección.

FINANCIACIÓN

No aplicable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, Metodología e Investigación: L.T.LI.R., Y.M.M., J.J.R.P. y R.K.M.P. Análisis de datos: A.P.E. Escritura, revisión y edición: E.A.S., R.L.P. y A.P.E.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por facilitarnos sus instalaciones e insumos necesarios para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A. N., del Valle, M. V., Bosquez-Molina, E., & Sánchez-Domínguez, D. (2005). Quitosano: una alternativa natural para reducir microorganismos postcosecha y mantener la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7(1), 1-6.
- Kasozi, N., Abraham, B., Kaiser, H., & Wilhelmi, B. (2021). The complex microbiome in aquaponics: Significance of the bacterial ecosystem. *Annals of Microbiology*, 71(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13213-020-01613-5>
- Minitab (2019). *Minitab Statistical Software User's Guide. Version 19*. State College, PA, USA: Minitab Inc.
- Palm, H. W., Knaus, U., Appelbaum, S., Goddek, S., Strauch, S. M., Vermeulen, T., ... & Kotzen, B. (2018). Towards commercial aquaponics: A review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture International*, 26(3), 813-842. <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0249-z>
- Palm, H. W., Knaus, U., Appelbaum, S., Strauch, S. M., & Kotzen, B. (2019). Coupled Aquaponics Systems. In S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. Burnell (Eds.). *Aquaponics Food Production Systems* (pp. 163-199). Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_7
- Pérez, J., Enríquez-Acosta, E., Arrebato, M., Pedroso, A., & Rodríguez, A. F. (2019). Repuesta agronómica del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de una formulación de quitosano. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 36(1), 44-53.

- Rozo-García, O., & Castellanos-González, L. (2021). Empleo de *Trichoderma* spp. para el control de enfermedades y producción más limpia en lechuga. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 11(2), 23-38.
- Sánchez, F. A., Vivian-Rogers, V. R., & Urakawa, H. (2019). Tilapia recirculating aquaculture systems as a source of plant growth promoting bacteria. *Aquaculture Research*, 50(8), 2054-2065. <https://doi.org/10.1111/are.14072>
- SAS Institute. (2023). *Statistical Analysis System SAS/STAT User's Guide. version 9.4M8*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Schmautz, Z., Loeu, F., Liebisch, F., Graber, A., Mathis, A., Griessler-Bulc, T., & Junge, R. (2016). Tomato productivity and quality in aquaponics: Comparison of three hydroponic methods. *Water*, 8(11), 1-21. <https://doi.org/10.3390/w8110533>
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming. FAO fisheries and aquaculture technical paper: Vol. 589*. Rome, Italy: FAO. ISBN: 978-92-5-108532-5
- Veovides-Amador, H., Guridi-Izquierdo, F., Cartaya-Rubio, O., Vázquez-Padrón, V., Alarcon-Santos, O. A., & Martínez-Balmori, D. (2022). Efecto de un extracto de vermicompost en *Lactuca sativa* L. cultivada con bajos suministros hidricos. *Cultivos Tropicales*, 43(2), 1-17.
- Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Lee, J. W., & Khanal, S. K. (2017). Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering*, 76, 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.01.004>
- Wongkiew, S., Park, M. R., Chandran, K., & Khanal, S. K. (2018). Aquaponic systems for sustainable resource recovery: linking nitrogen transformations to microbial communities. *Environmental Science & Technology*, 52(21), 12728-12739. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04177>