



**EFFECT OF CHITOSAN EXTRACTED FROM *ROMALEON SETOSUM* (MOLINA, 1782) (DECAPODA: CANCRIDAE) ON THE GERMINATION AND DEVELOPMENT OF *SOLANUM LYCOPERSICUM* L. (SOLANALES: SOLANACEAE) SEEDLINGS**

**EFFECTO DEL QUITOSANO EXTRAÍDO DE *ROMALEON SETOSUM* (MOLINA, 1782) (DECAPODA: CANCRIDAE) EN LA GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE *SOLANUM LYCOPERSICUM* L. (SOLANALES: SOLANACEAE)**

**Camila de la Cruz-Leytón<sup>1\*</sup>; Mey Lam Farfán-Torres<sup>1</sup>; César Lozano-Lévano<sup>1</sup>  
& Alejandrina Zavaleta-Rengifo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratorio de Biología Aplicada. Empresa NINDECYT. Lima, Perú

\* Corresponding author: [camila.delacruz.leyton@gmail.com](mailto:camila.delacruz.leyton@gmail.com)

Camila de la Cruz-Leytón: <https://orcid.org/0000-0003-4955-0639>

Mey Lam Carmen Farfán-Torres: <https://orcid.org/0000-0001-9820-5001>

César Lozano-Lévano: <https://orcid.org/0000-0002-5275-538X>

Alejandrina Mirella Zavaleta-Rengifo: <https://orcid.org/0000-0002-5822-5910>

**ABSTRACT**

Currently, the use of agrochemicals is necessary for the production of foodstuffs of agroindustrial interest such as tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). These are applied mainly as growth stimulants for the crop; however, they also bring with them problems that affect the environment and human health, so better alternatives are being sought to reduce their use; given this, chitosan is presented as an option for plant biostimulants. The objective of this research was to study the effect of chitosan extracted from the shell of *Romaleon setosum* (Molina, 1782) or “hairy crab” on the germination and development of *S. lycopersicum* seedlings. The extracted chitosan was applied to tomato seeds at concentrations of 1000, 2000, and 3000 mg/l, and germination percentage was evaluated after 10 days and growth indicators every seven days over three weeks. The results showed that the seeds treated with chitosan had a stimulating effect

Este artículo es publicado por la revista Paideia XXI de la Escuela de posgrado (EPG), Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.



on the indicators of fresh biomass and dry biomass, especially on radicle length, but not on seed germination or stem length. Of the concentrations applied, 1000 mg/L showed the best results in the indicators evaluated.

**Keywords:** biostimulant – growth – degree of deacetylation – tomato

## RESUMEN

En la actualidad el uso de agroquímicos es necesario para la producción de alimentos de interés agroindustrial como el tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Estos se aplican principalmente como estimulantes de crecimiento para el cultivo; sin embargo, también traen consigo problemas que afectan al medio ambiente y la salud humana, por lo que se busca mejores alternativas que permitan la reducción de su uso; ante esto, el quitosano se presenta como una opción de bioestimulante en plantas. El objetivo de este trabajo de investigación fue estudiar el efecto del quitosano extraído del caparazón de *Romaleon setosum* (Molina, 1782) o “cangrejo peludo” en la germinación y desarrollo de plántulas de *S. lycopersicum*. El quitosano extraído fue aplicado a las semillas de tomate a concentraciones de 1000, 2000 y 3000 mg/l, y se evaluó el porcentaje de germinación luego de 10 días y los indicadores de crecimiento cada siete días en un periodo de tres semanas. Los resultados mostraron que las semillas tratadas con quitosano presentaron efecto estimulante en los indicadores de biomasa fresca y biomasa seca, y sobre todo en la longitud de radícula, mas no para la germinación de semillas, ni en la longitud de tallo. Mientras que, de las concentraciones aplicadas, fue la de 1000 mg/L la que presentó mejores resultados en los indicadores evaluados.

**Palabras claves:** bioestimulante – crecimiento – grado de desacetilación – tomate

## INTRODUCCIÓN

El quitosano es un biopolímero no tóxico, ni irritante (Boeriu & van den Broek, 2019), que se obtiene por la reacción de desacetilación de la quitina, el cual se puede extraer del exoesqueleto de artrópodos (Mati-Baouche *et al.*, 2014; Malerba & Cerana, 2016); siendo los crustáceos, como *Romaleon setosum* (Molina, 1782) conocido como cangrejo peludo, los de más fácil obtención y menor costo (Shahrajabian *et al.*, 2021).

Las aplicaciones del quitosano se presentan en diversos campos, como la industria agrícola (bioestimulante y fungicidas), en la medicina (cicatrización de heridas, producción de suturas y cremas bactericidas) y en la industria cosmética (bactericida en jabones y champús, hidratante para la piel y pasta dental) (Romero & Pereira, 2020). Por su actividad bioestimuladora comprobada en varias plantas, relacionadas con la producción de metabolitos secundarios, reguladores del crecimiento y agentes antiestrés (Hidangmayum *et al.*, 2019; Stasińska & Hawrylak, 2022), puede ser utilizado para reemplazar el uso de los agroquímicos (fertilizantes y fungicidas químicos), que actualmente se aplican en grandes cantidades en los cultivos y generan un impacto negativo sobre el medio ambiente (Veobides *et al.*, 2018; Shahrajabian *et al.*, 2021).

Basándose en lo descrito anteriormente, se resalta la importancia de estudiar el efecto bioestimulante del quitosano en plantas interés mundial como por ejemplo el tomate *Solanum lycopersicum* L., debido a que los

principios activos que contienen los bioestimulantes actúan en ella e incrementan su desarrollo mejorando la productividad y calidad del fruto, así como también fortaleciendo la resistencia a enfermedades (Lárez-Velásquez *et al.*, 2019); así mismo el tomate, viene siendo la hortaliza más consumida en el mercado global después de la papa (MINAM, 2020), con una producción mundial que para el año 2019, que bordea los 180.766 millones de t (Reyes-Pérez *et al.*, 2020; Mejía, 2022), la cual demanda mecanismos que garanticen su producción reduciendo los efectos negativos propios de los químicos y que sean saludables para el consumidor (CEDRSSA, 2020).

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar y comparar el efecto bioestimulante del quitosano a diferentes concentraciones, extraído de los caparazones de *R. setosum*, en la germinación y desarrollo de plántulas de *S. lycopersicum*, con esto evaluó el indicador de germinación y los indicadores de crecimiento (longitud de tallo y radícula, biomasa fresca y seca).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Biología Aplicada de la Empresa Nindecyt, Los Olivos, Lima (11°58'53"S 77°04'04"W), entre los meses de mayo y octubre del 2022; tuvo como población un paquete de aproximadamente 1000 semillas de *S. lycopersicum* de la marca "A&S", y se tomó como muestra 180 semillas

para la prueba experimental. Por otra parte, los caparazones de *R. setosum* (22 unidades) que fueron utilizados para la obtención del quitosano, se adquirieron del Mercado Mayorista Pesquero del Callao, Perú.

### Obtención del quitosano

Se realizó en base a las cinco etapas descritas por Bonfante *et al.* (2018). Se inició con la limpieza de los caparazones adquiridos, secado (90°C por 5 h), molido y cernido. Luego se procedió con el proceso de despigmentación, para la cual se mezcló alcohol al 85 % con la muestra cernida, seguido de la desmineralización, en la que se mezcló HCl a concentración de 1,5M con la muestra despigmentada (1:10), a una velocidad de mezcla con el agitador a 500 rpm por 3 horas a temperatura ambiente.

La siguiente etapa fue la desproteínización, en la que se mezcló NaOH a 1M y la muestra desmineralizada (1:10), a 500 rpm por 2 h (80°C). Finalmente, la desacetilación, para la cual se mezcló NaOH al 50 % y la muestra desproteínizada (1:10), a 500 rpm por 3 h (100°C), luego se filtró al vacío con una bomba, se lavó hasta registrar un pH de 7, se volvió a filtrar y se secó utilizando la estufa a 65°C por 6 h.

### Caracterización del quitosano

La muestra desacetilada se caracterizó bajo el procedimiento de titulación potenciométrica de Plúas & Véliz (2018), para lo cual se tituló 25 mL de una solución de quitosano y HCl 0,3N al 1 % p/v con NaOH a 0,1N, y luego se midió el pH de la solución

por cada 2 mL de agente titulante agregado hasta observar la formación de agregados gelatinosos.

Los datos obtenidos se tabularon y graficaron, comparando la primera derivada de pH/v *vs.* cantidad de NaOH añadido, para obtener dos puntos de inflexión y con ello aplicar la siguiente relación matemática para el cálculo del grado de desacetilación:

$$D = 16.1 (y - x) \left(\frac{N}{m}\right);$$

donde, “x” es el primer punto de inflexión (ml), “y” es el segundo punto de inflexión (mL), “N” es la normalidad de NaOH y “m” es peso utilizado del quitosano (g).

### Aplicación del quitosano

Las semillas se desinfectaron con agua agregando 10% de hipoclorito de sodio del volumen total, por 30 min. Luego se sumergieron en tres soluciones diferentes de quitosano (1000, 2000 y 3000 mg/l) y una solución control (agua) por 4 h (García, 2019). Después, se colocaron las semillas en placas Petri con papel filtro humedecido con agua destilada por 10 días, para con ello obtener el primer indicador a evaluar, el porcentaje de semillas germinadas.

Las semillas germinadas fueron plantadas en vasos descartables de 10 onzas con sustrato preparado, de estas se escogieron al azar 15 plántulas por concentración aplicada para ser evaluadas en 3 repeticiones con 5 plántulas cada una, incluyendo el control, en un período de 3 semanas, donde semanalmente se monitorearon

los indicadores relacionados al crecimiento. Estos indicadores incluían la longitud del tallo (medida desde la base del tallo hasta la parte apical), la longitud de radícula (medida desde la base del tallo hasta la parte final de la raíz principal) y la biomasa fresca y seca (el peso vegetal antes y después del secado en estufa a 80°C con intervalos cada 10 minutos). Además, se registraron los parámetros ambientales de temperatura (°C) y humedad relativa (%).

Los datos obtenidos se graficaron y compararon utilizando el programa de Microsoft Excel vs 2016, mientras que para evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos y el grupo control se utilizó la prueba ANOVA y prueba TUKEY mediante el programa IBM SPSS Statistics vs25.

### Aspectos éticos

Los resultados del presente trabajo siguieron aspectos éticos que contribuyen de forma positiva al conocimiento científico y al buen uso del ecosistema a través de las BPL-Buenas Prácticas de Laboratorio,

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados con la caracterización del quitosano en grado de desacetilación se obtuvo un valor de  $77,28 \pm 1,56$  %. Esto difiere del quitosano comercial disponible que presenta normalmente un grado de desacetilación  $>85\%$  (Zerpa *et al.*, 2017). Diversos estudios han demostrado que estas variaciones en el grado de desacetilación juegan

un papel muy importante en la disminución o aumento del efecto bactericida, fungicida, así como de su efecto regulador de la germinación de semillas, del crecimiento, vigor de las plantas y el rendimiento agrícola (Colina *et al.*, 2014).

### Porcentaje de germinación

Luego de los 10 días, se observó que la concentración de 1000 mg/L tuvo un mayor porcentaje de semillas germinadas (88,9 %) en comparación el resto, además, el grupo control tuvo el 100% de germinación. Este resultado es semejante a lo observado por Enríquez-Acosta & Reyes-Pérez (2018) donde al aplicar esta misma concentración a las semillas de *S. lycopersicum* pero del producto Quitomax® (un producto químico a base de quitosano), a base de quitosano, obtuvieron el mayor número de semillas germinadas en cada día de evaluación (7 días en total); sin embargo, en todos sus tratamientos registraron valores mayores al control, a diferencia de lo observado en presente trabajo donde después de los 10 días del experimento los porcentajes del grupo experimental fueron menores al control.

### Longitud de tallo

Se observó que la concentración de 1000 mg/L de quitosano presentó mejores resultados en la semana 1 y 3 de evaluación (49,71 mm y 67,04 mm respectivamente) y la concentración de 2000 mg/l en la semana 2 (61.29 mm). Sin embargo, todas estas longitudes fueron menores a las que presentó el grupo control, como se

observa en la figura 3A. Por su parte los trabajos de Gustavo-González *et al.* (2021) y Enríquez-Acosta & Reyes-Pérez (2018) presentaron resultados semejantes utilizando Quitomax® a la concentración de 1g /l (1000mg/l) frente al control. En este caso, los valores del grupo experimental no superaron a los obtenidos en el grupo control, por lo que no se presenta un efecto estimulante para las concentraciones aplicadas, siendo esto comprobado con la significancia obtenida de las pruebas estadísticas realizadas.

### **Longitud de radícula**

En la evaluación de la longitud de la radícula se observó que en la semana 1 y 3 se obtuvo un mejor resultado para la concentración de quitosano a 3000 mg/l (50,91 mm y 46,88 mm respectivamente) y para la semana 2 el mejor valor se obtuvo a la concentración de 1000 mg/l (47,37 mm), siendo estas dos concentraciones las más favorables de los tratamientos junto con el control (Ver figura 2B). Esto es semejante a lo obtenido por Enríquez-Acosta & Reyes-Pérez (2018) que trabajo en *S. lycopersicum* a tres concentraciones diferentes, siendo la concentración de 1000mg/l la que tuvo mejores resultados; además, para el presente trabajo los resultados de las diferentes concentraciones aplicadas para este indicador superaron, aunque no significativamente, a los del grupo control.

### **Biomasa fresca**

Se observó que en la semana 1 las concentraciones de 1000 mg/L y 2000 mg/L (24,3 mg y 23,6 mg, respectivamente), y en la semana 2 y 3 la concentración de 2000 mg/L (27,5 mg y 32,2 mg, respectivamente), dieron buenos resultados (figura 2C). Estos resultados se asemejan a los obtenidos en el trabajo de García (2019), el cual a los 15 días de la siembra de las plántulas de *S. lycopersicum* presentó mejores valores para la concentración de 2 g/L (2000 mg/L) con un promedio de 7,15 g, aunque para el presente caso los resultados no fueron estadísticamente significativos.

### **Biomasa seca**

Para la evaluación del peso, en la semana 2, la concentración de 1000 mg/L (16,1 mg) dio el mejor resultado; y al compararlo con el control la mayoría de las evaluaciones tuvieron valores más altos, tal como se observa en la figura 2D, siendo estadísticamente no significativo, esto guarda relación con los resultados de los indicadores ya evaluados de crecimiento, ello se basa en que el peso seco es proporcional al crecimiento de la planta, pues nos permite determinar el carbono fotoasimilado que pasara a formar parte de su estructura (Di Benedetto & Tognetti, 2016).

**Tabla 1.** Tabla de indicadores de crecimiento y desarrollo de *Solanum lycopersicum* para cada concentración de quitosano aplicado y control.

	CONTROL	1000 mg/L	2000 mg/L	3000 mg/L
Germinación de semillas	100	88,9	86,7	82,2
Longitud del tallo	68,81	67,04	62,97	53,36
Longitud de la radícula	38,12	40,32	45,37	46,88
Biomasa fresca	0,0107	0,0119	0,0115	0,0102
Biomasa seca	0,031	0,030	0,032	0,022

Al realizar la prueba de ANOVA y la prueba TUKEY solo se observó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) de los grupos experimentales respecto al control para el indicador de longitud del tallo, en la semana 1 para las tres concentraciones (0,018, 0,009 y 0,001 respectivamente) y en la semana 3 para concentración de 3000 mg/L (0,003); y el indicador de biomasa fresca, en la semana 3 para la concentración de 3000 mg/L (0,01).

Finalmente, en la medición de los parámetros, la temperatura promedio fue de 20,9 °C y la humedad relativa promedio fue de 60,4%.

Los resultados de la germinación y desarrollo en *S. lycopersicum* se debería a la acción del quitosano como estimulador del metabolismo vegetal, esto dado por receptores de naturaleza proteica que se encuentran en las células vegetales, que se unirían al biopolímero y activarían diversas reacciones de tipo celular, flujo de iones, despolarización de membranas y la síntesis de enzimas como fenilalanina amonio liasa (PAL), proteasas, quitinasas y celulasas (González *et al.*, 2014). Otros autores

sugieren que el quitosano también puede inducir una señal para la síntesis de fitohormonas como las giberelinas y las auxinas para mejorar el crecimiento y desarrollo de la planta (Mukhtar *et al.*, 2020).

Se concluye que el quitosano extraído a partir del caparazón de *R. setosum* presentó un grado de desacetilación de  $77,28 \pm 1,56$  %. La aplicación del quitosano obtenido en *S. lycopersicum* presentó un efecto bioestimulante, frente al control, para los indicadores de longitud de radícula, biomasa fresca y biomasa seca, más no para la germinación de semillas ni para el indicador de longitud de tallo. La concentración de 1000 mg/L de quitosano presentó los mejores resultados sobre los indicadores evaluados, sobre todo para biomasa seca y longitud de radícula. El indicador de longitud de radícula presentó el mayor efecto bioestimulante para sus tres concentraciones aplicadas, siendo las de mejores resultados la de 1000 mg/L y 3000 mg/L.



**Author contributions: CRediT  
(Contributor Roles Taxonomy)**

**CCL** = Camila de la Cruz Leytón

**MFT** = Mey Farfán Torres

**CLL** = César Lozano Lévano

**AZR** = Alejandrina Zavaleta Rengifo

**Conceptualization:** CCL, MFT, AZR

**Data curation:** CCL, CLL

**Formal Analysis:** CCL, CLL

**Funding acquisition:** CLL

**Investigation:** CCL, MFT, AZR

**Methodology:** CCL, MFT, AZR

**Project administration:** CLL, CCL

**Resources:** CLL, MFT

**Software:** CLL, MFT

**Supervision:** CLL, CCL

**Validation:** CLL, CCL, AZR

**Visualization:** CCL, CLL, AZR, MFT

**Writing – original draft:** AZR, CCL,  
CLL

**Writing – review & editing:** CCL, AZR

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boeriu, C., & van den Broek, L (2019). *Chemical and enzymatic modification of chitosan to produce new functional materials with improved properties* [Modificación química y enzimática del quitosano para producir nuevos materiales funcionales con mejores propiedades]. *Chitin and Chitosan: Properties and Applications* (pp. 245-258). John Wiley & Sons Ltd.
- Bonfante, H., Ávila, G., Herrera, A., Torrenegra, M., & Gonzáles, A. (2018). Evaluation of five chitosan production routes with astaxanthin recovery from shrimp exoskeletons. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 1969-1974.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria [CEDRSSA]. (2020). *Análisis de la producción y consumo de hortalizas*. [http://www.cedrssa.gob.mx/post\\_n-annolisis\\_-n-de\\_la\\_-n-produccin\\_-n-y\\_-n-consumo\\_-n-de\\_-n-hortalizas\\_-n.htm#home](http://www.cedrssa.gob.mx/post_n-annolisis_-n-de_la_-n-produccin_-n-y_-n-consumo_-n-de_-n-hortalizas_-n.htm#home)
- Colina, M., Ayala, A. Rincón, D., Molina, J., Medina, J., Ynciarte, R., Vargas, J., & Montilla, B. (2014). Evaluación de los procesos para la obtención química de quitina y Quitosano a partir de los desechos de cangrejos. *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*, 15, 21-43.
- Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 42, 258-282.
- Enríquez-Acosta, E., & Reyes-Pérez, J. (2018). Evaluación de quitomax® en la emergencia, crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia y Tecnología*, 11, 31-37.



- García, E. (2019). *Evaluación del quitosano, sobre la emergencia y crecimiento en plantas de tomate (Solanum lycopersicum L) bajo condiciones controladas* [Tesis de doctorado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Archivo digital. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3846>
- González, 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, 35-42.
- Gustavo-González, L., Paz-Martínez, I., Boicet-Fabré, T., Jiménez-Arteaga, M. C., Falcón-Rodríguez, A., & Rivas-García, T. (2021). Efecto del tratamiento de semillas con QuitoMax® en el rendimiento y calidad de plántulas de tomate variedades ESEN y L-43. *Terra Latinoamericana*, 39,e803.
- Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D., & Hemantaranjan, A. (2019). Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiology and molecular biology of plants*, 25, 313-326.
- Lárez-Velásquez, C., Rojas-Pirela, M., Chirinos, A., & Rojas-Avelizapa, L. (2019). Nuevos retos en agricultura para los biopolímeros de quitina y quitosano. Parte 1: Efectos beneficiosos para los cultivos. *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*, 20, 118-136.
- Malerba, M., & Cerana, R. (2016). Chitosan effects on plant systems. *International journal of molecular sciences*, 17, 996.
- Mati-Baouche, N., Elchinger, P., de Baynast, H., Pierre, G., Delattre, C., & Michaud, P. (2014). Chitosan as an adhesive [El quitosano como adhesive]. *European Polymer Journal*, 60, 198-212.
- Mejía, J. (2022). *Producción y comercialización del cultivo de Tomate (Solanum lycopersicum L.) en el Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Archivo digital. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5279/mejia-olivas-juan-carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio del Ambiente [MINAM] (2020) *Línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad*. Gobierno del Perú. [https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/01/libro\\_tomate\\_peruano.pdf](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/01/libro_tomate_peruano.pdf)
- Mukhtar, K. B., Khan, M. M. A., Siddiqui, H., & Jahan, A. (2020). Chitosan and its oligosaccharides, a promising option for sustainable crop production-a review. *Carbohydrate Polymers*, 227, 115331.
- Plúas, J., & Véliz, W. (2018). *Estudio de la obtención de quitosano a partir de caparazón de cangrejo rojo (Ucides Occidentalis)* [Tesis de pregrado,

Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18897>

- 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.
- Romero, A., & Pereira, J. (2020). Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones. *Revista INGENIERIA, UC*, 27(2), 118-135.
- Shahrajabian, M., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos, S. (2021). Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants. *Biomolecules*, 11(6), 819.
- Stasińska, M., & Hawrylak, B. (2022). Protective, biostimulating, and eliciting effects of chitosan and its derivatives on crop plants. *Molecules*, 27, 2801.
- Veobides, H., Guridi, F., & Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39, 102-109.
- Zerpa, J. A. M., Rincón, M. C., Rincón, D., & Colina, J. A. V. (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.

Received December 30, 2023.

Accepted February 14, 2024.