

1 Paideia XXI, Vol. 14, N°1, Lima, January-June 2024, pp. XX-XX.

2 <https://doi.org/10.31381/paideiaxxi.v14i1.6260>

3

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



8

9

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

10 EFFECT OF CHITOSAN EXTRACTED FROM *ROMALEON SETOSUM* (MOLINA,
11 1782) (DECAPODA: CANCRIDAE) ON THE GERMINATION AND DEVELOPMENT
12 OF *SOLANUM LYCOPERSICUM* L. (SOLANALES: SOLANACEAE) SEEDLINGS

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

16 Camila de la Cruz–Leytón^{1*}; Mey Lam Farfán–Torres¹; César Lozano–Lévano¹; Alejandrina
17 Zavaleta–Rengifo¹

18 ¹Laboratorio de Biología Aplicada. Empresa NINDECYT. Lima, Perú

19 *Corresponding author: camila.delacruz.leyton@gmail.com

20 De la Cruz-Leytón *et al.*

21 Titulillo: Effect of chitosan extracted from *Romaleon setosum* on *Solanum lycopersicum*

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

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

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

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

26

27

28

29 **ABSTRACT**

30 Currently, the use of agrochemicals is necessary for the production of foodstuffs of
31 agroindustrial interest such as tomato (*Solanum lycopersicum* L.). These are applied mainly
32 as growth stimulants for the crop; however, they also bring with them problems that affect
33 the environment and human health, so better alternatives are being sought to reduce their use;
34 in view of this, chitosan is presented as an option for plant biostimulants. The objective of
35 this research was to study the effect of chitosan extracted from the shell of *Romaleon setosum*
36 (Molina, 1782) or "hairy crab" on the germination and development of *S. lycopersicum*
37 seedlings. The extracted chitosan was applied to tomato seeds at concentrations of 1000,
38 2000 and 3000 mg/l, and germination percentage was evaluated after 10 days and growth
39 indicators every seven days over a three-week period. The results showed that the seeds
40 treated with chitosan had a stimulating effect on the indicators of fresh biomass and dry
41 biomass, and especially on radicle length, but not on seed germination or stem length. Of the
42 concentrations applied, 1000 mg/L showed the best results in the indicators evaluated.

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

44

45 **RESUMEN**

46 En la actualidad el uso de agroquímicos es necesario para la producción de alimentos de
47 interés agroindustrial como el tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Estos se aplican
48 principalmente como estimulantes de crecimiento para el cultivo; sin embargo, también traen
49 consigo problemas que afectan al medio ambiente y la salud humana, por lo que se busca
50 mejores alternativas que permitan la reducción de su uso; ante esto, el quitosano se presenta
51 como una opción de bioestimulante en plantas. El objetivo de este trabajo de investigación
52 fue estudiar el efecto del quitosano extraído del caparazón de *Romaleon setosum* (Molina,
53 1782) o “cangrejo peludo” en la germinación y desarrollo de plántulas de *S. lycopersicum*.
54 El quitosano extraído fue aplicado a las semillas de tomate a concentraciones de 1000, 2000
55 y 3000 mg/l, y se evaluó el porcentaje de germinación luego de 10 días y los indicadores de
56 crecimiento cada siete días en un periodo de tres semanas. Los resultados mostraron que las
57 semillas tratadas con quitosano presentaron efecto estimulante en los indicadores de biomasa
58 fresca y biomasa seca, y sobre todo en la longitud de radícula, mas no para la germinación

59 de semillas, ni en la longitud de tallo. Mientras que, de las concentraciones aplicadas, fue la
60 de 1000 mg/L la que presentó mejores resultados en los indicadores evaluados.

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

62

63 **INTRODUCCIÓN**

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

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

79 Basándose en lo descrito anteriormente, se resalta la importancia de estudiar el efecto
80 bioestimulante del quitosano en plantas interés mundial como por ejemplo el tomate *Solanum*
81 *lycopersicum* L., debido a que los principios activos que contienen los bioestimulantes actúan
82 en ella e incrementan su desarrollo mejorando la productividad y calidad del fruto, así como
83 también fortaleciendo la resistencia a enfermedades (Lárez *et al.*, 2019); así mismo el tomate,
84 viene siendo la hortaliza más consumida en el mercado global después de la papa (MINAM,
85 2020), con una producción mundial que para el año 2019, que bordea los 180.766 millones
86 de t (Reyes-Pérez *et al.*, 2020; Mejía, 2022), la cual demanda mecanismos que garanticen su

87 producción reduciendo los efectos negativos propios de los químicos y que sean saludables
88 para el consumidor (CEDRSSA, 2020).

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

94

95 **MATERIALES Y MÉTODOS**

96 El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Biología
97 Aplicada de la Empresa Nindecyt, Los Olivos, Lima (11°58'53"S 77°04'04"W), entre los
98 meses de mayo y octubre del 2022; tuvo como población un paquete de aproximadamente
99 1000 semillas de *S. lycopersicum* de la marca "A&S", y se tomó como muestra 180 semillas
100 para la prueba experimental. Por otra parte, los caparazones de *R. setosum* (22 unidades) que
101 fueron utilizados para la obtención del quitosano, se adquirieron del Mercado Mayorista
102 Pesquero del Callao, Perú.

103 **Obtención del quitosano**

104 Se realizó en base a las cinco etapas descritas por Bonfante *et al.* (2018). Se inició con la
105 limpieza de los caparazones adquiridos, secado (90°C por 5 h), molido y cernido. Luego se
106 procedió con el proceso de despigmentación, para la cual se mezcló alcohol al 85 % con la
107 muestra cernida, seguido de la desmineralización, en la que se mezcló HCl a concentración
108 de 1,5M con la muestra despigmentada (1:10), a una velocidad de mezcla con el agitador a
109 500 rpm por 3 horas a temperatura ambiente.

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

115 **Caracterización del quitosano**

116 La muestra desacetilada se caracterizó bajo el procedimiento de titulación potenciométrica
117 de Plúas & Véliz (2018), para lo cual se tituló 25 mL de una solución de quitosano y HCl
118 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
119 agente titulante agregado hasta observar la formación de agregados gelatinosos.

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

$$123 \quad D = 16.1 (y - x) \left(\frac{N}{m} \right);$$

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

126 **Aplicación del quitosano**

127 Las semillas se desinfectaron con agua agregando 10% de hipoclorito de sodio del volumen
128 total, por 30 min. Luego se sumergieron en tres soluciones diferentes de quitosano (1000,
129 2000 y 3000 mg/l) y una solución control (agua) por 4 h (García, 2019). Después, se
130 colocaron las semillas en placas Petri con papel filtro humedecido con agua destilada por 10
131 días, para con ello obtener el primer indicador a evaluar, el porcentaje de semillas
132 germinadas.

133 Las semillas germinadas fueron plantadas en vasos descartables de 10 onzas con sustrato
134 preparado, de estas se escogieron al azar 15 plántulas por concentración aplicada para ser
135 evaluadas en 3 repeticiones con 5 plántulas cada una, incluyendo el control, en un período de
136 3 semanas, donde semanalmente se monitorearon los indicadores relacionados al
137 crecimiento. Estos indicadores incluían la longitud del tallo (medida desde la base del tallo
138 hasta la parte apical), la longitud de radícula (medida desde la base del tallo hasta la parte
139 final de la raíz principal) y la biomasa fresca y seca (el peso vegetal antes y después del
140 secado en estufa a 80°C con intervalos cada 10 minutos). Además, se registraron los
141 parámetros ambientales de temperatura (°C) y humedad relativa (%).

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

146 **Aspectos éticos**

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

150

151 **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

152 En los resultados con la caracterización del quitosano en grado de desacetilación se obtuvo
153 un valor de $77,28 \pm 1,56$ %. Esto difiere del quitosano comercial disponible que presenta
154 normalmente un grado de desacetilación $>85\%$ (Zerpa *et al.*, 2017). Diversos estudios han
155 demostrado que estas variaciones en el grado de desacetilación juegan un papel muy
156 importante en la disminución o aumento del efecto bactericida, fungicida, así como de su
157 efecto regulador de la germinación de semillas, del crecimiento, vigor de las plantas y el
158 rendimiento agrícola (Colina *et al.*, 2014).

159 **Porcentaje de germinación**

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

169 **Longitud de tallo**

170 Se observó que la concentración de 1000 mg/L de quitosano presentó mejores resultados en
171 la semana 1 y 3 de evaluación (49,71 mm y 67,04 mm respectivamente) y la concentración
172 de 2000 mg/l en la semana 2 (61.29 mm). Sin embargo, todas estas longitudes fueron menores
173 a las que presentó el grupo control, como se observa en la figura 3A. Por su parte los trabajos
174 de Gustavo-González *et al.* (2021) y Enríquez-Acosta & Reyes-Pérez (2018) presentaron
175 resultados semejantes utilizando Quitomax ® a la concentración de 1g /l (1000mg/l) frente
176 al control. En este caso, los valores del grupo experimental no superaron a los obtenidos en
177 el grupo control, por lo que no se presenta un efecto estimulante para las concentraciones
178 aplicadas, siendo esto comprobado con la significancia obtenida de las pruebas estadísticas
179 realizadas.

180 **Longitud de radícula**

181 En la evaluación de la longitud de la radícula se observó que en la semana 1 y 3 se obtuvo
182 un mejor resultado para la concentración de quitosano a 3000 mg/l (50,91 mm y 46,88 mm
183 respectivamente) y para la semana 2 el mejor valor se obtuvo a la concentración de 1000 mg/l
184 (47,37 mm), siendo estas dos concentraciones las más favorables de los tratamientos junto
185 con el control (Ver figura 2B). Esto es semejante a lo obtenido por Enríquez & Reyes (2018)
186 que trabajo en *S. lycopersicum* a tres concentraciones diferentes, siendo la concentración de
187 1000mg/l la que tuvo mejores resultados; además, para el presente trabajo los resultados de
188 las diferentes concentraciones aplicadas para este indicador superaron, aunque no
189 significativamente, a los del grupo control.

190 **Biomasa fresca**

191 Se observó que en la semana 1 las concentraciones de 1000 mg/L y 2000 mg/L (24,3 mg y
192 23,6 mg, respectivamente), y en la semana 2 y 3 la concentración de 2000 mg/L (27,5 mg y
193 32,2 mg, respectivamente), dieron buenos resultados (figura 2C). Estos resultados se
194 asemejan a los obtenidos en el trabajo de García (2019), el cual a los 15 días de la siembra
195 de las plántulas de *S. lycopersicum* presentó mejores valores para la concentración de 2 g/L
196 (2000 mg/L) con un promedio de 7,15 g, aunque para el presente caso los resultados no
197 fueron estadísticamente significativos.

198 **Biomasa seca**

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

206 **Tabla 1.** Tabla de indicadores de crecimiento y desarrollo de *Solanum lycopersicum* para
 207 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

208

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

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

216 Los resultados de la germinación y desarrollo en *S. lycopersicum* se debería a la acción del
 217 quitosano como estimulador del metabolismo vegetal, esto dado por receptores de naturaleza
 218 proteica que se encuentran en las células vegetales, que se unirían al biopolímero y activarían
 219 diversas reacciones de tipo celular, flujo de iones, despolarización de membranas y la síntesis
 220 de enzimas como fenilalanina amonio liasa (PAL), proteasas, quitinasas y celulasas
 221 (González *et al.*, 2014). Otros autores sugieren que el quitosano también puede inducir una
 222 señal para la síntesis de fitohormonas como las giberelinas y las auxinas para mejorar el
 223 crecimiento y desarrollo de la planta (Mukhtar *et al.*, 2020).

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

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

234 **CCL** = Camila de la Cruz Leytón

235 **MFT** = Mey Farfán Torres

236 **CLL** = César Lozano Lévano

237 **AZR** = Alejandrina Zavaleta Rengifo

238

239 **Conceptualization:** CCL, MFT, AZR

240 **Data curation:** CCL, CLL

241 **Formal Analysis:** CCL, CLL

242 **Funding acquisition:** CLL

243 **Investigation:** CCL, MFT, AZR

244 **Methodology:** CCL, MFT, AZR

245 **Project administration:** CLL, CCL

246 **Resources:** CLL, MFT

247 **Software:** CLL, MFT

248 **Supervision:** CLL, CCL

249 **Validation:** CLL, CCL, AZR
250 **Visualization:** CCL, CLL, AZR, MFT
251 **Writing – original draft:** AZR, CCL, CLL
252 **Writing – review & editing:** CCL, AZR

253

254 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

255 Boeriu, C., & van den Broek, L (2019). *Chemical and enzymatic modification of chitosan to*
256 *produce new functional materials with improved properties* [Modificación química y
257 enzimática del quitosano para producir nuevos materiales funcionales con mejores
258 propiedades]. *Chitin and Chitosan: Properties and Applications* (245-258). John
259 Wiley & Sons Ltd.

260 Bonfante, H., Ávila, G., Herrera, A., Torrenegra, M., & Gonzáles, A. (2018). Evaluation of
261 Five Chitosan Production Routes with Astaxanthin Recovery from Shrimp
262 Exoskeletons *Chemical Engineering Transactions*, 70, 1969-1974.

263 Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria
264 [CEDRSSA]. (2020). *Análisis de la producción y consumo de hortalizas*.
265 [http://www.cedrssa.gob.mx/post_n-annolisis_-n-_de_la__-n-produccinin_-n-_y__-](http://www.cedrssa.gob.mx/post_n-annolisis_-n-_de_la__-n-produccinin_-n-_y__-n-consumo_-n-_de__-n-hortalizas_-n.htm#home)
266 [n-consumo_-n-_de__-n-hortalizas_-n.htm#home](http://www.cedrssa.gob.mx/post_n-annolisis_-n-_de_la__-n-produccinin_-n-_y__-n-consumo_-n-_de__-n-hortalizas_-n.htm#home)

267 Colina, M., Ayala, A. Rincón, D., Molina, J., Medina, J., Ynciarte, R., Vargas, J., & Montilla,
268 B. (2014). Evaluación de los procesos para la obtención química de quitina y
269 Quitosano a partir de los desechos de cangrejos. *Revista Iberoamericana de*
270 *Polímeros y Materiales*, 15(1), 21-43.

- 271 Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su
272 aplicación a cultivos intensivos. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 42, 258-
273 282.
- 274 Enríquez-Acosta, E., & Reyes-Pérez, J. (2018). Evaluación de quitomax® en la emergencia,
275 crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia
276 y Tecnología*, 11, 31-37.
- 277 García, E. (2019). *Evaluación del quitosano, sobre la emergencia y crecimiento en plantas
278 de tomate (Solanum lycopersicum L) bajo condiciones controladas* [Tesis de
279 doctorado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Archivo digital.
280 <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3846>
- 281 González, D., Costales, D., & Falcón, A. (2014). Influencia de un polímero de quitosana en
282 el crecimiento y la actividad de enzimas defensivas en tomate (*Solanum lycopersicum
283 L.*). *Cultivos Tropicales*, 35, 35-42.
- 284 Gustavo-González, L., Paz-Martínez, I., Boicet-Fabré, T., Jiménez-Arteaga, M. C., Falcón-
285 Rodríguez, A., & Rivas-García, T. (2021). Efecto del tratamiento de semillas con
286 QuitoMax® en el rendimiento y calidad de plántulas de tomate variedades ESEN y
287 L-43. *Terra Latinoamericana*, 39, Falta.
- 288 Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D., & Hemantaranjan, A. (2019). Application of
289 chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiology and
290 molecular biology of plants*, 25, 313-326.
- 291 Lárez-Velásquez, C., Rojas-Pirela, M., Chirinos, A., & Rojas- Avelizapa, L. (2019). Nuevos
292 retos en agricultura para los biopolímeros de quitina y quitosano. Parte 1: Efectos
293 beneficiosos para los cultivos. *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*,
294 20(3), 118-136.
- 295 Malerba, M., & Cerana, R. (2016). Chitosan effects on plant systems. *International journal
296 of molecular sciences*, 17, 996.

297 Mati-Baouche, N., Elchinger, P., de Baynast, H., Pierre, G., Delattre, C., & Michaud, P.
298 (2014). Chitosan as an adhesive [El quitosano como adhesive]. *European Polymer*
299 *Journal*, 60, 198-212.

300 Mejía, J. (2022). *Producción y comercialización del cultivo de Tomate (Solanum*
301 *lycopersicum L.) en el Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La
302 Molina]. Archivo digital.
303 [http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5279/mejia-](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5279/mejia-olivas-juan-carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
304 [olivas-juan-carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5279/mejia-olivas-juan-carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

305 Ministerio del Ambiente [MINAM] (2020) *Línea de base de la diversidad del tomate*
306 *peruano con fines de bioseguridad*. Gobierno del Perú.
307 [https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/01/libro_tomate_peruano.pdf)
308 [content/uploads/2021/01/libro_tomate_peruano.pdf](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/01/libro_tomate_peruano.pdf)

309 Mukhtar, K. B., Khan, M. M. A., Siddiqui, H., & Jahan, A. (2020). Chitosan and its
310 oligosaccharides, a promising option for sustainable crop production-a review.
311 *Carbohydrate Polymers*, 227, 115331.

312 Plúas, J., & Véliz, W. (2018). *Estudio de la obtención de quitosano a partir de caparazón de*
313 *cangrejo rojo (Ucides Occidentalis)* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil].
314 <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18897>

315 Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., García-Bustamante, E. L., Beltran-Morales, F. A., &
316 Ruiz-Espinoza, F. H. (2020). Aplicación de quitosano incrementa la emergencia,
317 crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en
318 condiciones de invernadero. *Biotechnia*, 22(3), 156–163.

319 Romero, A., & Pereira, J. (2020). Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado
320 del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones. *Revista INGENIERIA. UC*,
321 27(2), 118-135.

322 Shahrajabian, M., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos, S. (2021).
323 Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as
324 plant biostimulants. *Biomolecules*, 11(6), 819.

325 Stasińska, M., & Hawrylak, B. (2022). Protective, biostimulating, and eliciting effects of
326 chitosan and its derivatives on crop plants. *Molecules*, 27, 2801.

327 Veobides, H., Guridi, F., & Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como
328 bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*,
329 39, 102-109.

330 Zerpa, J. A. M., Rincón, M. C., Rincón, D., & Colina, J. A. V. (2017). Efecto del uso de
331 quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a).
332 *Revista de investigación agraria y ambiental*, 8(2), 151-165.

333 Received December 30, 2023.

334 Accepted February 14, 2024.

335

336

337