

## Quitosano: alternativa sostenible para el control fúngico

Edson Rayón-Díaz <sup>1</sup>, Surelys Ramos-Bell <sup>1</sup>, Estefanía Martínez-Batista <sup>1</sup>, Juan Antonio Herrera-González <sup>2</sup>, Porfirio Gutiérrez-Martínez <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic, Tepic, Nayarit, México.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Uruapan, Michoacán, México.

\* Autor de correspondencia: [pgutierrez@ittpic.edu.mx](mailto:pgutierrez@ittpic.edu.mx); +523111392832

### Artículo de divulgación científica

Recibido: 1 de junio de 2025    Aceptado: 19 de julio de 2025    Publicado: 28 de julio de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i1.464>

**Resumen:** El creciente interés en tecnologías limpias y sostenibles para la conservación de alimentos está en aumento. En este sentido, el quitosano ha surgido como una solución natural prometedor. Este biopolímero, derivado de la quitina, es altamente valorado por sus propiedades biológicas y químicas que le atribuyen sus cualidades biodegradables y no tóxicas. Su estructura molecular, con grupos amino (NH<sub>2</sub>) e hidroxilo (OH), le confiere características únicas como la biocompatibilidad y una gran capacidad para interactuar con otros compuestos. Gracias a estas propiedades, el quitosano tiene un amplio abanico de aplicaciones en la industria alimentaria, médica y agrícola. En el sector agroindustrial, por ejemplo, se ha demostrado su eficiencia para retrasar e inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos en frutas como aguacates, mangos, papayas y arándanos, así como en semillas de maíz. Considerando todo esto, el quitosano se propone como un aliado clave para la conservación de alimentos más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

**Palabras clave:** quitosano, antifúngico, postcosecha

### Introducción

Las frutas y verduras son esenciales en la dieta humana, y su calidad impacta directamente en un estilo de vida saludable. Sin embargo, las enfermedades fúngicas poscosecha causan la pérdida de casi el 25% de estos alimentos anualmente (Bano *et al.*, 2023). Este problema ha impulsado a organizaciones internacionales a buscar tecnologías limpias y seguras para su control, dado que el uso excesivo de fungicidas químicos genera preocupación por la presencia de residuos tóxicos en los alimentos y el desarrollo de resistencia en los hongos fitopatógenos (Rodríguez-Guzmán *et al.*, 2021).

Frente a esta situación, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, subraya la urgencia de desarrollar soluciones innovadoras. En este contexto, el quitosano, un compuesto generalmente conocido como seguro (GRAS), no tóxico y biodegradable, emerge como una prometedor alternativa a los fungicidas sintéticos. Diversas investigaciones demuestran su éxito en la preservación de cultivos y la inhibición de enfermedades fúngicas en frutas y verduras (Rodríguez-Guzmán *et al.*, 2021; Herrera-González *et al.*, 2022; Martínez-Batista *et al.*, 2024; Rayón-Díaz *et al.*, 2024; Ramos-Bell *et al.*, 2024). Por ello, el objetivo de este trabajo es dar a conocer las principales características, mecanismos y aplicaciones del quitosano, un polímero escondido con gran futuro.

### Desarrollo

*Quitina: El tesoro oculto que aún no conocías*

¿Qué tienen en común la cáscara de camarón, el caparazón de un insecto y algunos hongos? Todos contienen quitina, el segundo biopolímero más abundante en la naturaleza (Bautista-Baños *et al.*, 2017). Aunque es muy resistente y se encuentra en abundancia, la quitina tiene una limitación clave: es extremadamente difícil de disolver en agua y otros solventes, lo que complica sus aplicaciones (El-Araby *et al.*, 2024).

En los últimos años, la ciencia ha encontrado la solución a su insolubilidad: la desacetilación (Figura 1). Este proceso químico implica tratar la quitina con hidróxidos a altas temperaturas eliminando el grupo acetilo de la cadena lineal y formando grupos amino. Esta transformación genera dos unidades distintas, como la D-glucosamina y N-acetil-D-glucosamina, las cuales contribuyen a la generación de un compuesto soluble en condiciones ácidas, y un derivado mucho más versátil (Torres-Rodríguez *et al.*, 2021).

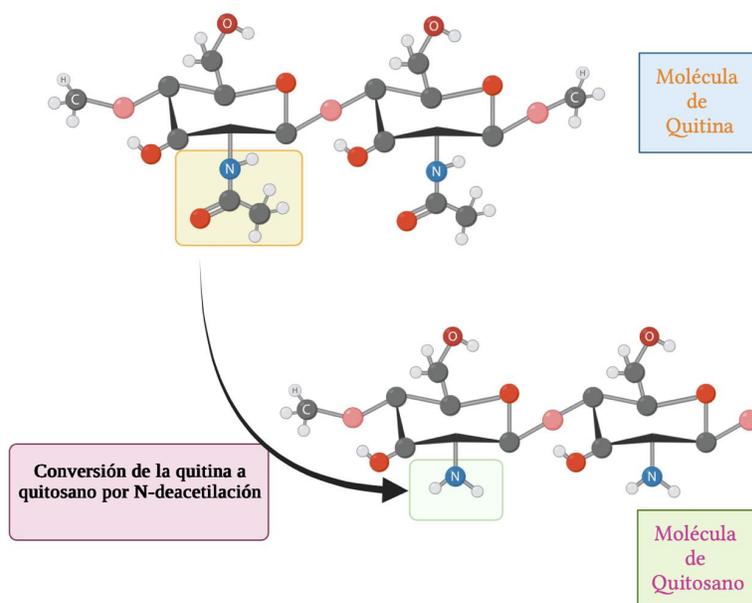


Figura 1. Proceso de desacetilación de la quitina a quitosano.  
 Imagen creada con el programa BioRender.com (Elaboración propia)

El quitosano no solo es soluble en condiciones ácidas, sino que también adquiere propiedades únicas, como la capacidad de formar películas y una notable acción antimicrobiana. Estas características de su funcionalidad se ajustan dependiendo de su peso molecular y su grado de desacetilación, por lo que sus aplicaciones se extienden por diferentes industrias, incluyendo la alimentaria, médica y agrícola (Espinosa-Cavazos *et al.*, 2020; Ortega-Cardona y Aparicio-Fernández, 2020; Mehta *et al.*, 2022).

### ¿Qué hace tan especial al quitosano?

El quitosano cuenta con “ganchos” químicos llamados grupos amino ( $\text{NH}_2$ ) y grupos hidroxilo ( $\text{OH}$ ) (Saucedo-Plascencia *et al.*, 2023; Rayón-Díaz *et al.*, 2024). Estos “ganchos” son clave en su funcionalidad, además, le permiten unirse a muchas otras sustancias, convirtiendo al quitosano en un verdadero camaleón molecular y uno de los polímeros bioactivos más prometedores (Figura 2). Estas características le otorgan al quitosano propiedades asombrosas como la biocompatibilidad y funcionalidad con otros compuestos orgánicos e inorgánicos, biodegradabilidad sin dejar residuos dañinos, rentabilidad y nula toxicidad, lo que es crucial para su uso en salud y alimentos (Gowda y Sriram, 2023; Ramos-Bell *et al.*, 2023; El-Araby *et al.*, 2024).

### ¿Cómo actúa el quitosano?: Los “superpoderes” que protegen a tus frutas

Los microorganismos patógenos (hongos y bacterias) poseen una pared y membrana celular que actúan como barrera protectora. El quitosano, con su naturaleza policatiónica (es decir, cargado positivamente), actúa como un “imán” que se adhiere a estas paredes (Figura 3). Principalmente, los grupos amino son los que son atraídos por las cargas negativas de la membrana de los patógenos, provocando la desestabilización y salida de material intracelular vital para la supervivencia de estos patógenos; y una vez perdidos los componentes y su equilibrio interno, el patógeno no puede sobrevivir (Herrera-González *et al.*, 2022; Lopez-Moya *et al.*, 2019; Valenzuela-Ortiz *et al.*, 2022). Sin embargo, la susceptibilidad al quitosano entre especies fúngicas puede diferir por la composición de su membrana plasmática, ya que, a mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados (FFA) mayor será la fluidez de la membrana, incrementando la sensibilidad del patógeno (Debnath *et al.*, 2022).

Además de atacar a los patógenos invasores, el quitosano también actúa como un “entrenador” para las frutas, jactivando sus propias defensas! Cuando las moléculas de quitosano entran en contacto con la pared celular del fruto, desencadenan una serie de reacciones bioquímicas activando el sistema inmune del fruto. mediante este proceso se produce la expresión de genes de defensa, una “explosión oxidativa” y la estimulación en la síntesis de metabolitos

protectores como sustancias antioxidantes (enzimáticas y no enzimáticas) fortaleciendo las barreras físicas del fruto, impidiendo el establecimiento del patógeno (Mukarram *et al.*, 2023; Debnath *et al.*, 2022).

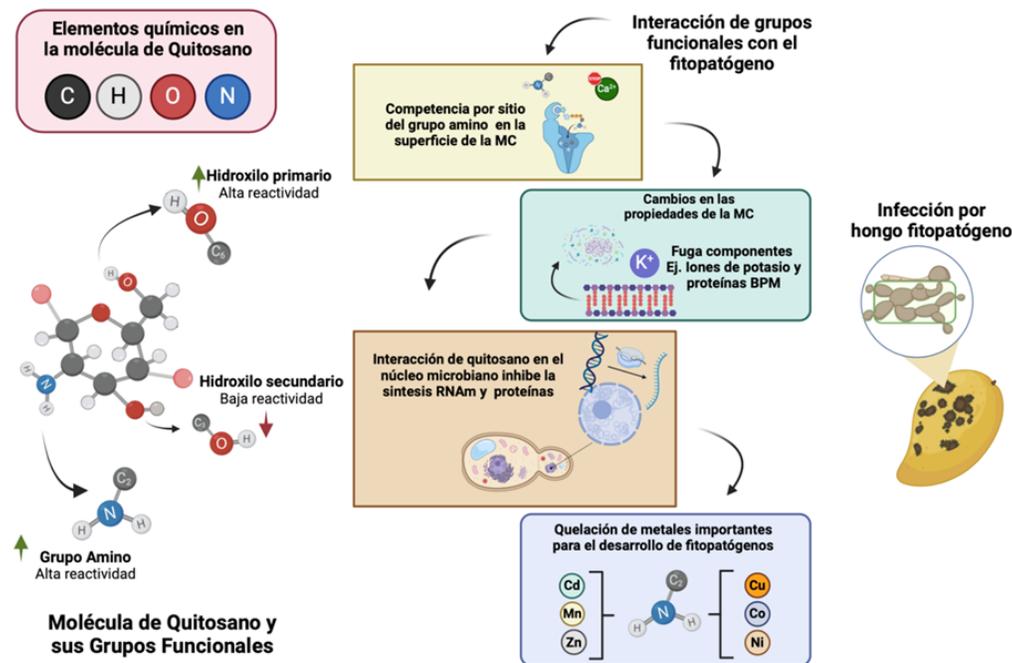


Figura 2. Molécula de quitosano y la interacción de sus grupos funcionales con hongos fitopatógenos.

MC: membrana celular. BPM: bajo peso molecular. Imagen creada con el programa BioRender.com (Elaboración propia)

Finalmente, el quitosano también actúa como un recubrimiento protector en la superficie del fruto, similar a un envoltorio invisible. Esta fina capa tiene múltiples beneficios, como la disminución en la pérdida de agua, retraso en la velocidad de procesos como la respiración y producción de etileno (la hormona de la maduración), protección contra daños mecánicos y la prevención del crecimiento de microorganismos en la superficie del fruto (Saberi *et al.*, 2024). Gracias a esta barrera, el quitosano puede prolongar significativamente la vida útil de frutas y semillas durante el almacenamiento, manteniendo su frescura por más tiempo.

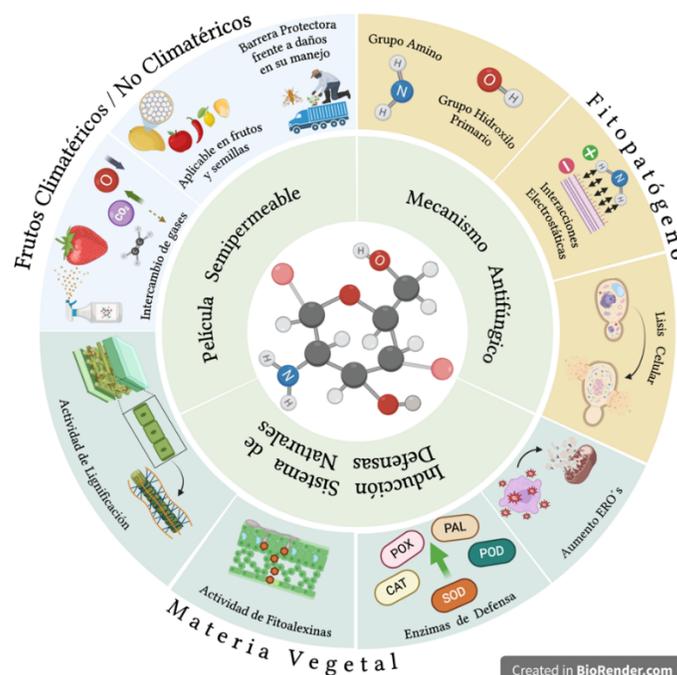


Figura 3. Mecanismos de acción del quitosano. Imagen creada con el programa BioRender.com (Elaboración propia)

### El quitosano en acción: ¡Protegiendo a tus alimentos!

¿Alguna vez has notado que las frutas del supermercado tienen presencia de manchas, golpes o deshidratación? Esto se debe a que, después de ser cosechados, pueden sufrir daños por temperatura, humedad, mal manejo propiciando la aparición de hongos. Para evitar que estos problemas afecten la calidad del fruto, el quitosano puede jugar un papel fundamental.

Investigadores en Ciencia de los Alimentos han demostrado que el quitosano puede prevenir el crecimiento de diversos tipos de hongos que dañan las frutas. Se aplica en los almacenes o empacadoras antes de que los frutos sean distribuidos, ya sea rociándolos o sumergiéndolos en una solución de quitosano. Cuando las frutas son tratadas con quitosano, los resultados son notables, ya que mejoran su coloración y firmeza, maduran más lentamente lo que ocasiona que su deterioro sea menos rápido, además de que su sabor y olor no se ven afectados, manteniendo su calidad natural. Se ha probado en diferentes frutos como el mango, papaya, plátano, yaca, arándanos y aguacate, así también en cereales como el maíz, mostrando resultados sorprendentes (Rayón-Díaz *et al.*, 2024; Herrera-González *et al.*, 2022; Ramos-Bell *et al.*, 2024; Martínez-Batista *et al.*, 2024) (Figura 4).

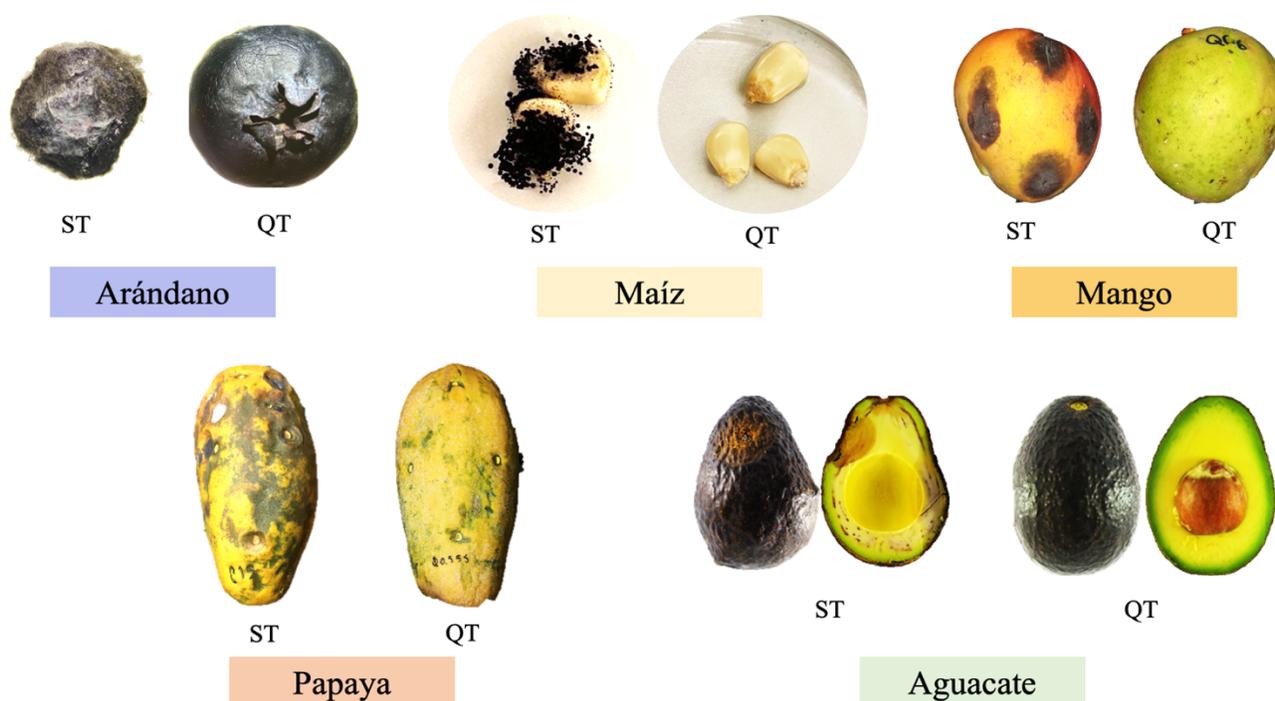


Figura 4. Comparación de aplicaciones de tratamientos de quitosano en el control de enfermedades fúngicas en frutos y semillas. (Imágenes tomadas de trabajos elaborados en el Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos). ST (Sin tratamiento); QT (Tratamiento de quitosano)

### Conclusiones

La constante búsqueda de nuevas tecnologías para mejorar la calidad y preservar los alimentos es cada vez más vital. En este panorama, el quitosano emerge como una de las soluciones más prometedoras que ofrece la naturaleza. Desde su fascinante estructura molecular hasta su impacto en los mercados, este polímero demuestra su capacidad única para proteger los alimentos de microorganismos dañinos, estimular las defensas naturales de las frutas y crear una barrera protectora que alarga la vida útil de estos sin afectar su calidad.

Aplicar tecnologías como esta es clave para una agricultura más sostenible y segura, especialmente para alimentos esenciales en la dieta diaria. Sin duda, el futuro de la conservación de alimentos es mucho más brillante gracias a este sorprendente polímero natural.

## Bibliografía

- Bautista-Baños, S., Ventura-Aguilar, R. I., Correa-Pacheco, Z., & Corona-Rangel, M. L. (2017). Chitosan: a versatile antimicrobial polysaccharide for fruit and vegetables in postharvest – a review. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(2), 103–121. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.030>
- Bano, A., Gupta, A., Prusty, M. R., & Kumar, M. (2023). La elicitación de la infección por hongos de la fruta y su respuesta protectora para mejorar la calidad posterior a la cosecha de las frutas. *Estrés*, 3(1), 231-255. <https://doi.org/10.3390/stresses3010018>
- Debnath D, Samal I, Mohapatra C, Routray S, Kesawat MS and Labanya R. 2022. Chitosan: An Autocidal Molecule of Plant Pathogenic Fungus. *Life* 12. <https://doi.org/10.3390/life12111908>
- El-Araby, A., Janati, W., Ullah, R., Ercisli, S., & Errachidi, F. (2024). Chitosan, chitosan derivatives, and chitosan-based nanocomposites: eco-friendly materials for advanced applications (a review). *Frontiers in Chemistry*, 11. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1327426>
- Espinosa-Cavazos, K. G., Sáenz-Galindo, A., & Castañeda-Facio, A. O. (2020). Películas de quitosano propiedades y aplicaciones. *Afinidad*, 77(591), 203–208. <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/377418/470720>
- Gowda, S., & Sriram, S. (2023). Green synthesis of chitosan silver nanocomposites and their antifungal activity against *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose in chillies. *Plant Nano Biology*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.plana.2023.100041>
- Herrera-González, J. A., Hernández-Sánchez, D. A., Bueno-Rojas, D., Ramos-Bell, S., Velázquez-Estrada, R. M., Bautista-Rosales, P. U., & Gutiérrez-Martínez, P. (2022). Effect of commercial chitosan on *in vitro* inhibition of *Colletotrichum siamense*, fruit quality and elicitor effect on postharvest avocado fruit. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21(1), 1–5. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio2706>
- Lopez-Moya, F., Suarez-Fernandez, M., & Lopez-Llorca, L. V. (2019). Molecular mechanisms of chitosan interactions with fungi and plants. In *International Journal of Molecular Sciences*, 20(2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms20020332>
- Martínez-Batista, E., González-Arias, C. A., Velázquez-Estrada, R. M., Herrera-González, J. A., & Gutiérrez-Martínez, P. (2024). *In vitro* and *in vivo* antifungal activity of chitosan and identification of potentially toxigenic fungi in stored maize of Nayarit, Mexico. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 23(2). <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio24223>
- Mehta, M. R., Biradar, S. P., Mahajan, H. P., Bankhele, R. R., & Hivrale, A. U. (2022). Chapter 21 - Chitosan and chitosan-based nanoparticles in horticulture: past, present and future prospects. In Dr. S. Kumar & S. V Madihally (Eds.), *Role of Chitosan and Chitosan-Based Nanomaterials in Plant Sciences* (pp. 453–474). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85391-0.00014-9>
- Mukarram M, Ali J., Dadkhah H, Kurjak D, Kačik F and Đurković, J. 2023. Chitosan-induced biotic stress tolerance and crosstalk with phytohormones, antioxidants, and other signalling molecules. *Frontiers in Plant Science* 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1217822>
- Ortega-Cardona, C. E., & Aparicio-Fernández, X. (2020). Quitosano: una alternativa sustentable para el empaque de alimentos. *Revista Digital Universitaria*, 21(5). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2020.21.5.4>
- Ramos-Bell, S., Hernández-Montiel, L. G., Velázquez-Estrada, R. M., Moreno-Hernández, C. L., & Gutiérrez-Martínez, P. (2023). Chitosan and salicylic acid as alternatives for the control of postharvest fungal diseases in blueberries (*Vaccinium corymbosum*). *International Food Research Journal*, 30(4), 992–1000. <https://doi.org/10.47836/ifrj.30.4.16>
- Ramos-Bell, S., Díaz-Cayetano, G., Hernández-Montiel, L. G., Velázquez-Estrada, R. M., Montalvo-González, E., & Gutiérrez-Martínez, P. (2024). Physicochemical preservation of blueberries treated with chitosan and salicylic acid in postharvest. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(5), e3391. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i5.3391>
- Rayón-Díaz, E., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez-Burgos, J. A., Zamora-Gasga, V. M., González-Estrada, R. R., & Gutiérrez-Martínez, P. (2024). Natural Compounds and Derivates: Alternative Treatments to Reduce Post-Harvest Losses in Fruits. In *AgriEngineering*, 6(2) 1022–1042. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020059>
- Rodríguez-Guzmán, Carlos A., Montañón-Leyva, Beatriz, Velázquez-Estrada, Rita M., Sánchez-Burgos, Jorge A., García-Magaña, María de Lourdes, González-Estrada, Ramsés R., & Gutiérrez-Martínez, Porfirio. (2021). Estado actual de métodos alternativos, de control de hongos y su efecto en la calidad postcosecha de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.388>
- Saberi R, Vatankhah M, Hassanisaadi M, Shafiei Z and Kennedy JF. (2024). Advancements in coating technologies: Unveiling the potential of chitosan for the preservation of fruits and vegetables. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127677>
- Saucedo-Plascencia, M. D., Guevara Martínez, S. J., Zamudio-Ojeda, A., & Castillo-Romero, A. (2023). Nanopartículas de quitosano: una prometedora estrategia para combatir la resistencia a antimicrobianos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9562–9575. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.5078](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5078)
- Torres-Rodríguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Castellanos, T., Angulo, C., Quiñones-Aguilar, E. E., & Hernandez-Montiel, L. G. (2021). A biopolymer with antimicrobial properties and plant resistance inducer against phytopathogens: Chitosan. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(1), 15. <https://doi.org/10.15835/nbha49112231>
- Valenzuela-Ortiz, G., Gaxiola-Camacho, S. M., San-Martín-hernández, C., Martínez-Téllez, M. Á., Aispuro-Hernández, E., Lizardi-Mendoza, J., & Quintana-Obregón, E. A. (2022). Chitosan Sensitivity of Fungi Isolated from Mango (*Mangifera indica* L.) with Anthracnose. *Molecules*, 27(4). <https://doi.org/10.3390/molecules27041244>