

Quitosano: El desecho alimenticio que acelera la regeneración de heridas en la piel

Chitosan: The food waste that accelerates skin wound healing

J. E. González-Sevilla¹, Mauro Donaldo Saucedo-Placencia²,
Araceli Castillo Romero², E. García³, José Guadalupe Quiñones Galván⁴,
Adalberto Zamudio-Ojeda⁴, Santiago José Guevara-Martínez⁵

Resumen

El quitosano es un polímero natural derivado de la desacetilación de la quitina, que se obtiene comúnmente de los exoesqueletos de crustáceos. Este material se destaca por sus propiedades biodegradables y antimicrobianas, así como por su capacidad para acelerar la regeneración de la piel en casos de úlceras crónicas. Además, su habilidad para retener la humedad y promover la cicatrización le confiere una ventaja significativa sobre los apósitos convencionales. El quitosano también es capaz de reducir la inflamación y aumentar la velocidad de reparación de los tejidos, lo que lo posiciona como una solución tanto ecológica como médica. El aprovechamiento de los exoesqueletos de camarón permite revalorizar un desecho, brindándole una aplicación en un problema biomédico, lo que puede tener un impacto económico positivo al fomentar la economía circular.

Abstract

Chitosan is a natural polymer derived from the deacetylation of chitin, which is commonly obtained from the exoskeletons of crustaceans. This material is notable for its biodegradable and antimicrobial properties, as well as its ability to accelerate skin regeneration in cases of chronic ulcers. Furthermore, its ability to retain moisture

¹ M. C. Jessica Estefanía González Sevilla, Doctorado en Ciencia de Materiales, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. Autor de correspondencia: 331 063 7659, jessica.gonzalez8594@alumnos.udg.mx.

² Mtro. Mauro Donaldo Saucedo-Placencia, Doctorado en Farmacología, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

³ Ph. D. Ernesto David García Bustos, SECI-HTI-Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlan, Estado de México, México.

⁴ Ph. D. Adalberto Zamudio-Ojeda, Departamento de Física, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

⁵ Ph. D. Santiago José Guevara-Martínez, Departamento de Farmacología, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

and promote healing confers a significant advantage over conventional dressings. Chitosan is also capable of reducing inflammation and increasing the rate of tissue repair, which positions it as both an ecological and medical solution. The use of shrimp exoskeletons allows for the revalorization of waste, providing an application in a biomedical problem, which can have a positive economic impact by promoting the circular economy.

Palabras clave: Quitosano, Quitina, Regeneración, Biodegradable, Cicatrización, Sostenible.

Keywords: Chitosan, Chitin, Regeneration, Biodegradable, Healing, Sustainable.

Introducción

¿Te imaginas poder obtener un material biodegradable y con propiedades antimicrobianas a partir de desechos de mariscos? ¡Pues esto es posible gracias al quitosano!

El quitosano es un polímero natural que se obtiene a partir de la quitina, componente presente en los exoesqueletos de crustáceos (camarones, cangrejos y langostino, etc), en insectos, así como en las paredes celulares de algunos hongos (ver Imagen 1). Además, es un material muy versátil que ha encontrado aplicaciones en diversos campos, como la medicina [2], conservación de alimentos [3] y agricultura [4].

Pero ¿cómo se obtiene el quitosano?

La quitina es un biopolímero con propiedades antimicrobianas cuya fuente natural más común proviene de los desechos de la industria camaronera, lo que contribuye a la revalorización de residuos para la producción de materiales útiles. Sin embargo, su baja solubilidad limita sus aplicaciones. Para superar esta restricción, la quitina se somete a diversos procesos de desacetilación para obtener quitosano, un derivado soluble en medios con un rango de pH de 2 a 7.

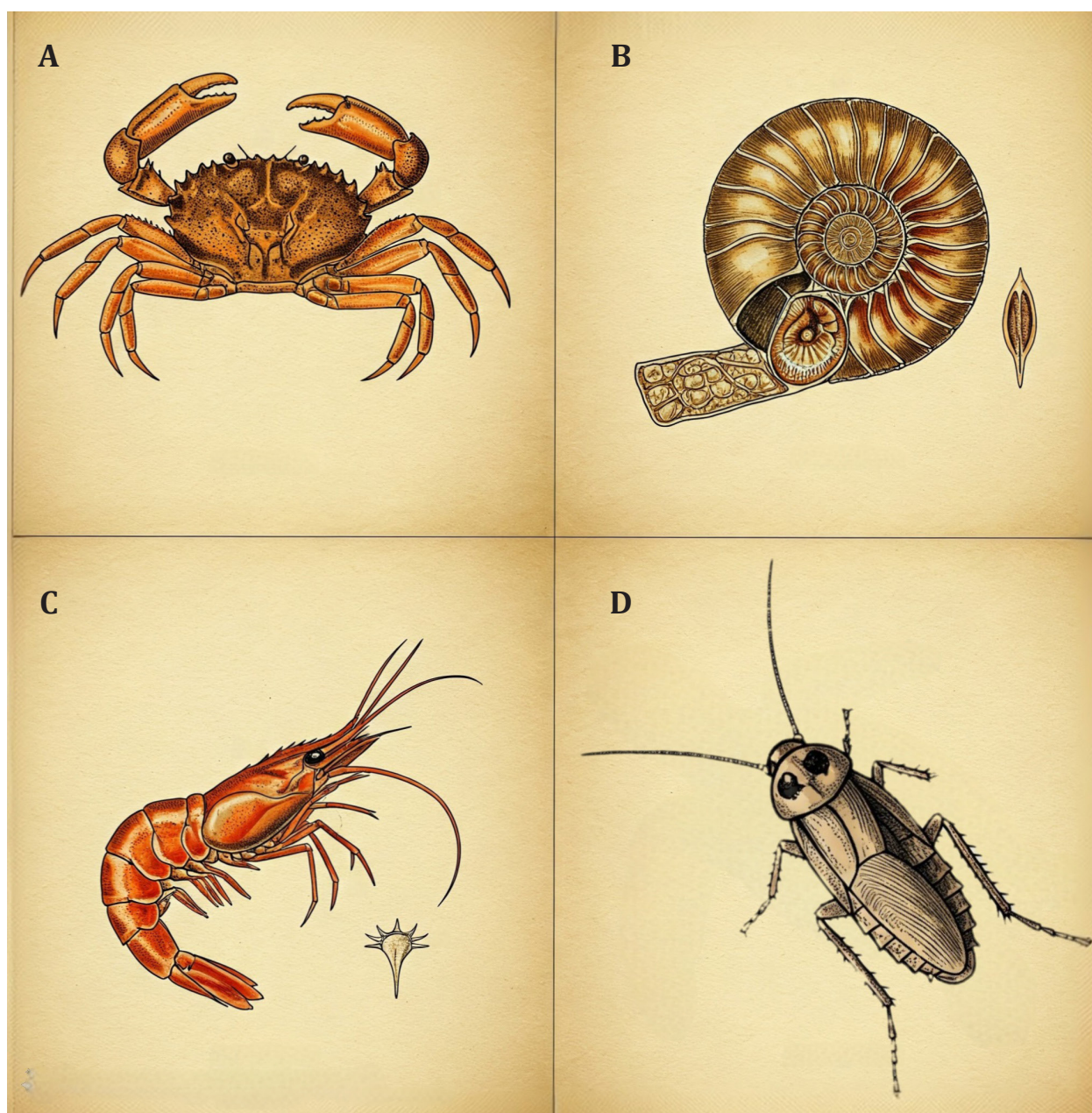


Imagen 1: Fuentes de obtención de la quitina, material del cual se obtiene el quitosano. A) Representa a los cangrejos. B) son las pareces celulares de algunos tipos de hongos, C) Camarones e D) exoesqueletos de insectos. [Creado con ayuda de inteligencia artificial]

Esta solubilidad permite su manipulación en la fabricación de geles, películas, apósitos y nanopartículas, ampliando su potencial en diversas aplicaciones biomédicas e industriales. El proceso de obtención del quitosano comienza con la extracción de la quitina a partir de los exoesqueletos del camarón. Los exoesqueletos se limpian y se

secan, llevando un proceso de trituración y molienda para formar un polvo fino. La quitina obtenida se purifica y se somete a un proceso conocido como de desacetilación de la quitina, que consiste en eliminar los grupos acetilo ($-\text{COCH}_3$) para obtener el quitosano. La desacetilación se puede realizar de varias formas, incluyendo el tratamiento con ácido acético o la hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio [5]. La elección del método de desacetilación depende de la fuente de quitina y de la calidad del quitosano deseado. El grado de desacetilación del quitosano, que se refiere a la cantidad de grupos acetilo que se han eliminado de la cadena de quitina, influye en sus propiedades químicas y físicas. El grado de desacetilación puede variar de un 60% hasta un 100%, lo cual ayuda a que el producto resultante pueda ser diluido en soluciones ácidas. y cuanto mayor sea el grado de desacetilación, mayor será la solubilidad del quitosano en soluciones ácidas[1].

La protonación de los grupos amino en el quitosano ocurre cuando el polímero se disuelve en una solución ácida. En presencia de un ácido, como el ácido acético o el ácido clorhídrico, los protones (iones H^+) se unen a los grupos amino ($-\text{NH}_2$), convirtiéndolos en grupos amino cuaternarios ($-\text{NH}_3^+$). Este proceso de protonación genera una carga positiva en el átomo de nitrógeno, lo que hace que el quitosano sea soluble en agua [6].

Una vez que se ha obtenido el quitosano, se puede purificar aún más mediante técnicas como la ultrafiltración o la cromatografía. Estas técnicas permiten la separación del quitosano de otras impurezas presentes en la solución y permiten obtener un quitosano de mayor pureza. Este polímero biodegradable y biocompatible ha demostrado una serie de propiedades únicas, incluida su capacidad para promover la cicatrización, combatir las infecciones y estimular el crecimiento de tejido nuevo en heridas cutáneas [2].

Por lo tanto, su producción contribuye a reducir los residuos orgánicos de la industria pesquera, ya que es un proceso sostenible que puede contribuir a la gestión de residuos orgánicos y a la reducción de la dependencia de los polímeros sintéticos [7]. A medida que se desarrollan nuevas técnicas de producción y se profundiza en el conocimiento de sus propiedades, es probable que el quitosano tenga un papel aún más importante en la resolución de problemas ambientales y en la mejora de la calidad de vida de las personas, como en el tratamiento de aguas residuales, como alternativa a los pesticidas, material de embalaje y recubrimiento de alimentos para alargar la vida útil de estos, en la ingeniería de tejidos como apósito de regeneración de la piel, y filtro para remoción de contaminantes [8]. Todo esto es gracias a diversas características que adquiere el quitosano, por ejemplo por las propiedades de su estructura, ha presentado

cualidades para ser utilizado como tratamiento para diversos padecimientos, como en la diabetes para controlar los niveles de glucosa en la sangre [9], o para ayudar a las personas con sobrepeso a controlar su ingesta de calorías [10], aunque una de sus aplicaciones más estudiada es la del tratamiento de heridas para acelerar el proceso de cicatrización con base en lo reportado por que grupos de investigación o autores?.

Este proceso por el que las heridas en la piel regenera sus capas y forma un recubrimiento de piel nueva, o a veces una cicatriz, se le conoce como “re-epitelización”, que en general consta de cuatro fases: la primera donde se controla el sangrado ocasionado por la lesión inicial, llamada hemostasia, donde actúan principalmente los sistemas de coagulación de la sangre; luego inicia una fase inflamatoria, donde las bacterias y las células muertas son removidas de la zona por diversas células del sistema inmune. Posteriormente, aumenta el número de vasos sanguíneos y de células que forman proteínas que ayudarán a la reparación del tejido desde sus capas más profundas, en la llamada fase de proliferación. Por último, en la fase de remodelación, la piel está llena de nuevas células de sus capas más superficiales, incluso pueden quedar cicatrices en esa zona, que con el tiempo podrían disminuir su tamaño tras la acción de las células del sistema inmune que se encargan de retirar las fibras que las conforman y propiciar el crecimiento de nuevas células, proceso que va desde las capas más profundas, hasta las más superficiales, donde se considera que termina el proceso de regeneración [2].

Aunque el mecanismo de curación de una herida es complejo, el quitosano puede intervenir en las primeras tres fases para acelerar la regeneración dérmica. Si colocáramos un parche a base de quitosano desde el primer momento de la lesión en la piel, sería posible que en la fase de hemostasia se formara una especie de red tridimensional gracias a la unión de los glóbulos rojos y plaquetas con las cadenas de quitosano, lo que provocaría la formación de un coágulo que

rápidamente evitaría mayor pérdida de sangre. Posteriormente, en la fase inflamatoria tendría una mayor participación, pues el quitosano es capaz de eliminar las bacterias presentes en la herida, esto gracias a que puede unirse a los componentes de la pared celular y la membrana externa de las bacterias al ser atraído por sus cargas opuestas, además de poder secuestrar diversos minerales que son necesarios para darle estabilidad a la estructura de estas. Por último, en la fase de proliferación, el quitosano es capaz de acelerar el proceso de reparación gracias a que puede aumentar la formación de colágeno, así como la formación de nuevos vasos sanguíneos y la síntesis de proteínas que forman parte de la estructura de la piel.

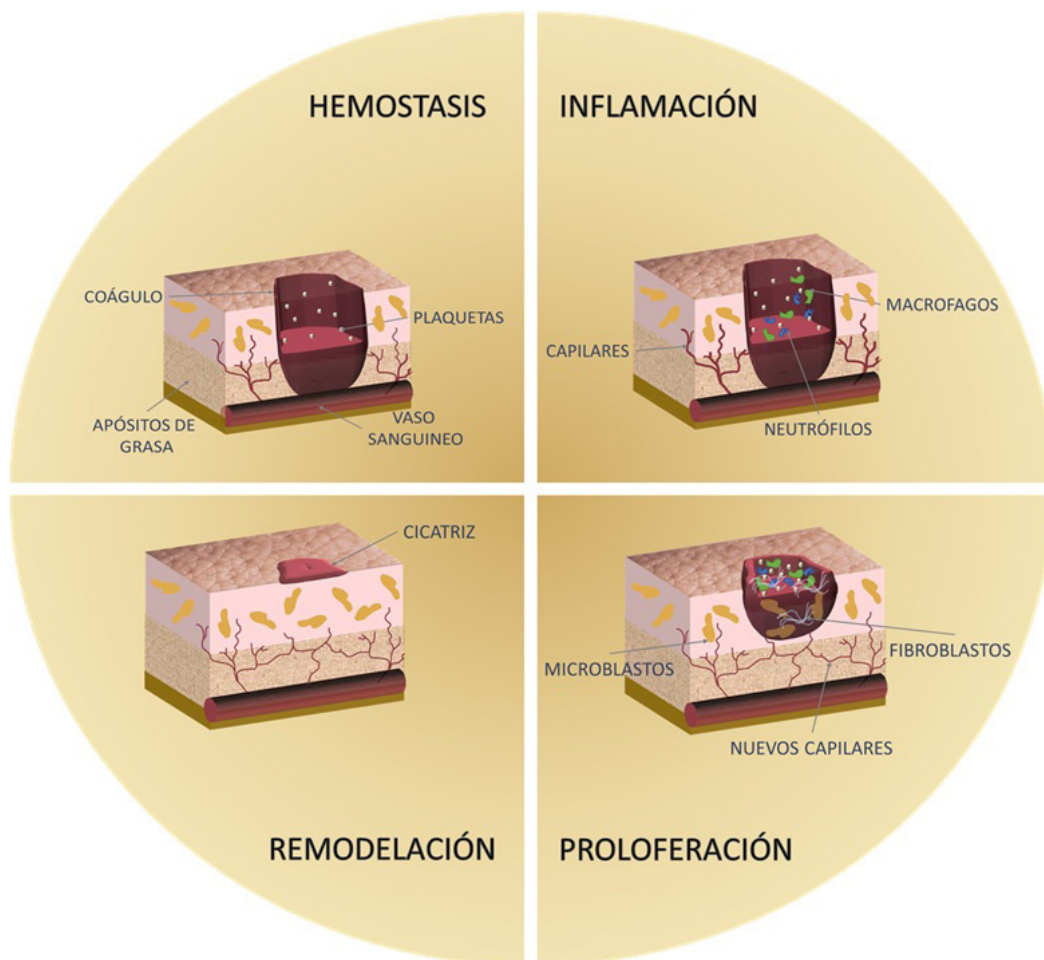


Imagen 2: Etapas clave de la curación de heridas, desde la formación del coágulo hasta la remodelación tisular.

Con base en lo mencionado este tipo de cualidades que puede presentar el quitosano en las heridas de la piel, en la actualidad existen considerables productos que lo contienen, como esponjas, vendas, gasas, geles, sprays líquidos y parches. La variedad de productos que existen a base de quitosano presenta una serie de ventajas y desventajas que los hacen más convenientes para diversas lesiones, por ejemplo, las esponjas pueden mantener un ambiente húmedo y absorber los líquidos que se producen en las heridas, pero pueden provocar que la piel se humedezca demasiado y se ablande, lo que podría provocar zonas que podrían desprenderse fácilmente, por lo que no son lo más conveniente para quemaduras de tercer grado. Por esta razón, es importante conocer la forma en que estos productos pueden interactuar con la piel si se encuentra lastimada y está en proceso de regeneración.

Conclusión

En conclusión, el quitosano es un polímero que se obtiene de diferentes fuentes naturales, sobre todo de los exoesqueletos de crustáceos, que, gracias a las características de su estructura química después de obtenerlo a partir de la quitina, presenta diversas propiedades que lo hacen un material sumamente versátil y atractivo por cualidades donde destacan la actividad antimicrobiana y su habilidad para acelerar la regeneración de la piel. Por esa razón, una de las mayores aplicaciones que posee este polímero es la de ser utilizado como tratamiento en diversas lesiones en la piel, pues ya se ha demostrado que puede ayudar a acelerar y propiciar la regeneración en sus diferentes fases, lo que ha hecho posible que existan diferentes productos destinados para este propósito. Además, el hecho de que el quitosano sea un producto derivado de recursos renovables, lo hace aún más atractivo desde una perspectiva sostenible. La capacidad de convertir un desecho en una herramienta terapéutica efectiva puede tener un impacto positivo en la gestión de residuos y en la preservación de recursos naturales.

Notas

- [1] C. K. S. Pillai, W. Paul, and C. P. Sharma, "Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation," *Progress in Polymer Science* (Oxford), vol. 34, no. 7. pp. 641–678, Jul. 2009. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2009.04.001.
- [2] Cui, H., Cui, B., Chen, H., Geng, X., Geng, X., Li, Z., Cao, S., Shen, J., & Li, J. (2023). A chitosan-based self-healing hydrogel for accelerating infected wound healing. *Biomaterials Science*, 11(12), 4226-4237. <https://doi.org/10.1039/d3bm00061c>
- [3] 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*, XXIII(2), 103-121. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.030>
- [4] Martínez, J. R. G., Corrales, R. G., & Domínguez, F. B. (2023). Aplicación de Nanomateriales en la Agricultura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 5444-5456. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7359
- [5] Escobar Sierra, Diana Marcela, Castro Ramírez, Alex Mauricio, & Vergara Castrillón, Natalia Andrea. (2014). Determining the Relation between the Proportion of the Amino Group and the Degree of Deacetylation of Chitosan. *Revista de Ciencias*, 18(1), 73-88. Retrieved February 12, 2025, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-19352014000100006&lng=en&tlng=en.
- [6] S. Lu, X. Song, D. Cao, Y. Chen, and K. Yao, "Preparation of water-soluble chitosan," *J Appl Polym Sci*, vol. 91, no. 6, pp. 3497–3503, Mar. 2004, doi: <https://doi.org/10.1002/app.13537>.
- [7] V. Reyes, D. Narváez, R. Carrillo, and P. Cabrera, "Producción de quitosano a partir de desechos de camarón generados del procesamiento industrial RESUMEN," 2019.
- [8] Jaqueline, C. T. R. (2021). Uso de nanopartículas en la purificación de aguas. Revisión sistemática 2021. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65417>
- [9] Othman, S. I., Alturki, A. M., Abu-Taweel, G. M., Altoom, N. G., Allam, A. A., & Abdelmonem, R. (2021). Chitosan for biomedical applications, promising antidiabetic drug delivery system, and new diabetes mellitus treatment based on stem cell. *International*

Journal Of Biological Macromolecules, 190, 417-432. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.154>

- [10] Mhurchu, C. N., Dunshea-Mooij, C., Bennett, D., & Rodgers, A. (2005). Effect of chitosan on weight loss in overweight and obese individuals: a systematic review of randomized controlled trials. *Obesity Reviews*, 6(1), 35-42. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789x.2005.00158.x>