



Efectos del quitosano en el proceso de cicatrización de heridas y quemaduras

Effects of chitosan on the healing process of wounds and burns

Rilder Acosta Vaillant¹ <https://orcid.org/0000-0002-9925-9885>

Liuba Luisa Arteché Hidalgo^{2*} <https://orcid.org/0009-0004-3282-3500>

¹ Universidad de Ciencias Médicas de las FAR. Hospital Militar Central “Dr. Luis Díaz Soto”. La Habana, Cuba.

² Universidad de Ciencias Médicas de las FAR. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: liubarteche@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La cicatrización de heridas es una técnica compleja y en constante evolución, vital para la restauración y la función de los tejidos. Para reducir el impacto que tienen las heridas y su cuidado, es necesario la comprensión del mecanismo de cicatrización. El uso de polímeros naturales para aplicaciones biomédicas es beneficioso debido a su alta biocompatibilidad, su cinética de

biodegradación y su fácil manipulación de propiedades químicas, dentro de los que se encuentra el quitosano.

Objetivo: Profundizar en los efectos del quitosano en la cicatrización de heridas y quemaduras.

Métodos: Se realizó una revisión documental que incluyó artículos de revistas indexadas en bases de datos

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

PubMed/Medline, SciELO, Scopus y el motor de búsqueda Google académico, en el período de marzo a diciembre del 2024, relacionados con los efectos del quitosano en la cicatrización de heridas y quemaduras. Se revisaron 40 artículos originales en el período 2018-2024, en idiomas español e inglés y fueron referenciados 30. Los términos para la búsqueda incluyeron, biomateriales, propiedades y efectos del quitosano en la cicatrización de heridas y quemaduras.

Desarrollo: El quitosano, un biopolímero derivado de la quitina, constituye un

biomaterial emergente en la cicatrización de heridas y quemaduras por su biocompatibilidad, biodegradabilidad, afinidad con las biomoléculas y la actividad cicatrizante. Exhibe capacidad de curación al acelerar el desarrollo de nuevas células cutáneas, reducir la inflamación y prevenir infecciones.

Conclusiones: El quitosano es un biomaterial eficaz como cicatrizante y reparador de tejidos en heridas y quemaduras.

Palabras clave: quitosano; cicatrización; heridas; quemaduras.

ABSTRACT

Introduction: Wound healing is a complex and constantly evolving technique, vital for tissue restoration and function. To reduce the impact of wounds and their care, an understanding of the healing mechanism is necessary. The use of natural polymers for biomedical applications is highly beneficial

due to their high biocompatibility, biodegradation kinetics, and easy manipulation of chemical properties, among which is chitosan.

Objective: To delve deeper into the effects of chitosan on wound and burn healing.

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>
revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

Methods: A documentary review was carried out that included articles from journals indexed in PubMed/Medline, SciELO, Scopus databases and the Google Scholar search engine, in the period from March to December 2024, related to the effects of chitosan on wound and burn healing. 40 original articles were reviewed in the period 2018-2024, in Spanish and English, and 30 were referenced. The search terms included biomaterials, properties and effects of chitosan on wound and burn healing.

Development: Chitosan, a biopolymer derived from chitin, is an emerging

biomaterial in wound and burn healing due to its biocompatibility, biodegradability, affinity with biomolecules, and healing activity. It exhibits healing capacity by accelerating the development of new skin cells, reducing inflammation, and preventing infections.

Conclusions: Chitosan is an effective biomaterial for healing and repairing tissue in wounds and burns.

Keywords: chitosan; healing; wounds; burns.

Recibido: 14/01/2025

Aceptado: 22/01/2025

INTRODUCCIÓN

La cicatrización es un proceso dinámico multicelular que tiene como objetivo la restauración de la barrera que representa la piel. Para una correcta cicatrización de la herida es necesario controlar las condiciones en el tejido dañado, en las quemaduras el tiempo de recuperación se

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

retarda más, se requiere de más control, mayor exudado, lo que provoca un ambiente propicio para la proliferación bacteriana. ⁽¹⁾

La cicatrización de heridas es una técnica compleja y en constante evolución que resulta vital para la restauración de la integridad y la función de los tejidos. Para reducir el impacto que tienen las heridas y su cuidado, es necesario la comprensión del mecanismo de cicatrización, para lo cual se encamina la búsqueda de nuevos enfoques terapéuticos y el desarrollo continuo de tecnologías para su tratamiento. ^(2,3,4)

En la última década el cuidado de las heridas ha tenido su avance, en la utilización de tratamientos convencionales como ungüentos y gasas al uso de apósitos, substitutos de tejido, cámaras hiperbáricas, etc. El uso de polímeros naturales para aplicaciones biomédicas es altamente beneficioso debido a su alta biocompatibilidad, su cinética de biodegradación y su fácil manipulación de propiedades químicas, dentro de los que se encuentran el quitosano, Aloe vera, entre otros. ^(2,3,4,5)

El quitosano, un biopolímero derivado de la quitina, se ha convertido en un biomaterial emergente en el campo de la cicatrización de heridas debido a sus características distintivas, entre las que se incluyen la biocompatibilidad, la biodegradabilidad, la afinidad con las biomoléculas y la actividad cicatrizante. Este polímero natural exhibe excelentes capacidades de curación al acelerar el desarrollo de nuevas células cutáneas, reducir la inflamación y prevenir infecciones. Debido a sus características bioquímicas distintivas y a su actividad antibacteriana innata, el quitosano se ha investigado de manera amplia como apósito antibacteriano para heridas; ^(6,7,8) es una opción eficaz para un biomaterial, ya que es versátil y se puede ajustar de forma fácil para cambiar su estructura o propiedades.

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

El objetivo de esta revisión es profundizar en los efectos del quitosano en la cicatrización de heridas y quemaduras.

DESARROLLO

En los momentos actuales se realizan esfuerzos para desarrollar terapias y biomateriales que promuevan el proceso de cicatrización en una herida. En este sentido, el uso de apósitos ha sido un campo estudiado desde hace cientos de años, pasaron de ser materiales que cubrían la herida para evitar deshidratación y prevenir infecciones, a materiales que mejoran y potencian la ingeniería de los tejidos. ^(3,4,9) En un intento para reducir el impacto que tienen las heridas y su cuidado, el esfuerzo se ha concentrado en comprender el mecanismo de cicatrización en busca de nuevos enfoques terapéuticos y el desarrollo de tecnologías para su tratamiento. Los biomateriales se ocupan de los sistemas biológicos, incluidas las células activas, los tejidos y los sistemas corporales; son una importante contribución en aplicaciones médicas, farmacéuticas y biotecnológicas. ^(3,4)

El uso terapéutico de los biomateriales en la curación de heridas ha ganado impulso y se están probando diferentes productos. La característica fundamental de los biomateriales en la reparación de los tejidos es estimular la adhesión, expansión y separación de las células, así como regular la forma y el tamaño del tejido restaurado. Existen numerosas opciones para construir un biomaterial particular para utilizar como andamio, que incluyen biomateriales orgánicos, biomateriales sintéticos y compuestos variados. ⁽³⁾

Para fabricar apósitos para heridas, los más utilizados son los biopolímeros y polímeros sintéticos. El quitosano es un biopolímero natural que se obtiene a partir de la quitina que se puede encontrar en los caparazones de los crustáceos como camarones y cangrejos, así como en las paredes celulares de algunos hongos. Se forma mediante la desacetilación de la quitina, un

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

proceso que implica la eliminación de los grupos acetilo de las moléculas de quitina. La versatilidad del quitosano, así como sus características distintivas, dieron como resultado su adopción generalizada en varios sectores, lo que lo hace valioso y sostenible con una amplia variedad de posibilidades. ^(3,4)

El quitosano se disuelve en soluciones ácidas, lo que le permite reaccionar con otros materiales útiles para formar compuestos ⁽¹⁰⁾ y podrá usarse para crear andamios, membranas, geles, nanofibras, micropartículas y esponjas. El quitosano posee una amplia gama de acciones biológicas y ventajas para la salud, donde se incluyen su capacidad de reducir el surgimiento de úlceras gástricas, es antiinflamatorio, ofrece protección contra los efectos genotóxicos, combate el cáncer, entre otros. También tiene un impacto positivo en la recuperación más rápida en varias etapas de la cicatrización de las heridas, incluida la fibroplasia y la síntesis de colágeno. ⁽¹¹⁾

El quitosano es un polímero biodegradable y no tóxico, biocompatible, con reacciones inmunológicas mínimas, cualidades mucoadhesivas y promueve la absorción. Debido a las propiedades biológicas del quitosano, que incluyen la estimulación de la coagulación sanguínea, la proliferación de fibroblastos y la deposición de colágeno, se puede mejorar la cicatrización de las heridas. Su biocompatibilidad, biodegradabilidad y propiedades antimicrobianas los convierten en componentes valiosos en el campo de los biomateriales. ^(10,11)

Actividad antibacteriana del quitosano

Las paredes celulares de las bacterias gramnegativas se caracterizan por su hidrofiliidad y carga negativa en comparación con las de las bacterias grampositivas. Al utilizar el quitosano, se demostró un mayor contacto con las bacterias gramnegativas, lo que aumentó su eficacia antibacteriana. Las propiedades antibacterianas del quitosano ayudan a reducir la propagación de enfermedades y el surgimiento de problemas que retrasan la cicatrización de las heridas. ⁽¹²⁾

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





Actividad antiinflamatoria

Los componentes en la estructura de la molécula de quitosano, independientes del MV (peso molecular medio de viscosidad), son los que más contribuyen a su efecto antiinflamatorio. ⁽¹³⁾ El quitosano favorece el tratamiento de la indigestión ácida y las úlceras pépticas porque es alcalino y tiene grupos de aminoácidos libres que pueden eliminar los ácidos digestivos y producir una barrera de protección en los intestinos. El clorhidrato de glucosamina o su producción de fosfato, sulfato y otras sales a través de la transformación de la sal, así como la hidrólisis ácida del quitosano, son responsables del mecanismo antiinflamatorio del quitosano. ⁽¹³⁾

Actividad antioxidante

Su efecto antioxidante está dado al eliminar radicales DPPH extremadamente persistentes utilizados en estudios experimentales, así como radicales de oxígeno, incluidos superóxido, hidroxilo y alquilo. Las muestras de quitosano de bajo peso molecular mostraron una mayor capacidad para eliminar varios radicales. El quitosano bioadhesivo y bacteriostático también funciona como antioxidante, agente quelante y agente hemostático. ⁽¹⁴⁾

Actividad antitumoral

Tanto in vitro como in vivo, se ha confirmado la actividad anticancerígena intrínseca del quitosano y sus variantes de bajo peso molecular. Su efecto antitumoral se evidenció contra varias cepas de células tumorales en condiciones de laboratorio y se utiliza para combatir tumores debido al alto peso molecular, biodegradabilidad y biocompatibilidad. Los diferentes pesos moleculares del quitosano y el grado de desacetilación (DDA) se han relacionado con acciones inhibitoras del crecimiento de tumores en ratones clínicos, su acción anticancerígena parece depender de su estructura química y tamaño molecular. ⁽¹⁵⁾

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

En las distintas fases en el proceso de cicatrización de las heridas (hemostasia, la inflamación, la proliferación y la remodelación), el quitosano juega un papel importante en la reparación de los tejidos. La fase inflamatoria se caracteriza por la hemostasia y la inflamación, producida cuando el colágeno expuesto resultante del desarrollo de la herida y los componentes del coágulo sanguíneo liberan citosinas y factores de crecimiento para iniciar la fase inflamatoria.

El proceso clave en la cicatrización de heridas es el cambio dinámico de la fase inflamatoria a la fase proliferativa. La fibroplasia, reepitelización, interacción epitelial-mesenquimal, angiogénesis y la reparación de nervios periféricos son signos de la fase proliferativa y están liderados por macrófagos, con predominio en la fase inflamatoria. ⁽¹⁵⁾

- Acciones del quitosano en las fases o etapas de cicatrización de las heridas

Fase de hemostasia: el quitosano por su fuerte carga positiva por la presencia de su grupo amino (-NH₂), atrae y se une con componentes cargados negativamente, como los glóbulos rojos en el sitio de la herida, y cuando se combina con un procoagulante, forma un coágulo de sangre para detener el sangrado de manera rápida.

Fase inflamatoria: el quitosano y sus subproductos aceleran la cicatrización de las heridas al mejorar las capacidades de las células asociadas con la inflamación, como los macrófagos, los leucocitos polimorfonucleares (PMN), los osteoblastos y los fibroblastos. ⁽¹⁶⁾ Puede servir para eliminar las bacterias del área de la lesión a través del proceso de la etapa de inflamación.

Las características antiinflamatorias del quitosano ayudan a modificar la respuesta del sistema inmunológico y la inflamación al disminuir la producción de quimiocinas y citosinas proinflamatorias. ⁽¹⁶⁾ Los efectos inmunomoduladores del quitosano producen citosinas, además de disminuir la acumulación de líquido y edema en el sitio de la herida y el movimiento de las

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

células relacionadas con la inflamación, necesarias para la producción de factores de desarrollo y sustancias proinflamatorias durante las etapas iniciales del proceso de curación. También es capaz de entrar en el núcleo de los microorganismos, que es donde se une al ADN, además de impedir la creación de ARNm y proteínas.⁽¹⁶⁾

Fase proliferativa: el quitosano tiene la capacidad de estimular la liberación del factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF) y del factor de crecimiento transformante (TGF), proporciona una matriz no proteica para el desarrollo de tejidos 3D y estimula a los macrófagos para que participen en funciones de curación de tumores.⁽¹⁸⁾ Actúa como un transportador de factores de crecimiento o citosinas que estimulan el movimiento, el crecimiento y la diferenciación celular y la construcción de nuevos vasos en el torrente sanguíneo (angiogénesis), que proporcionan nutrientes y oxígeno para las células proliferantes.⁽¹⁷⁾

Fase remodelación de la piel: la precipitación de quitosano en la dermis ayuda a que las células lesionadas se curen al formar un sistema que conecta las células y estimula la producción de colágeno y preserva la penetración adecuada de oxígeno. El quitosano posee una gran biodegradabilidad, biocompatibilidad, actividad hemostática, antiinflamatoria, antibacteriana, favorece la absorción de exudado y promueve el rejuvenecimiento de los tejidos, así como la formación de fibras de colágeno en la piel. Es utilizado como componente en un amplio espectro de tratamientos dermatológicos.⁽¹⁸⁾

Debido a sus propiedades de idoneidad biológica, biodegradables y baja toxicidad, es útil en el área médica y farmacéutica. El quitosano se puede utilizar como recubrimiento para materiales biomédicos comunes y tiene un efecto acelerador en la cicatrización de las heridas. Cuando el quitosano está presente, la promoción de la adherencia de las plaquetas por las proteínas de la matriz extracelular y del plasma tiene un impacto favorable en la cicatrización de heridas.⁽¹⁹⁾

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

La acción del quitosano en el tratamiento de las quemaduras, ha demostrado que las nanofibras provocan proliferación de fibroblastos y angiogénesis en áreas quemadas de segundo grado en ratas, mientras que las cubiertas de quitosano curaron quemaduras de segundo grado en personas en ensayos in vivo. Se ha evidenciado que los hidrogeles de quitosano curan quemaduras de tercer grado sin causar irritación o lesiones. ⁽²⁰⁾

Las membranas de quitosano actúan como una barrera física sobre las heridas por quemaduras y controlan los contaminantes externos, los desechos y las infecciones. *In situ*, los hidrogeles del quitosano inyectables muestran cambios de inflamación a fase proliferativa en heridas por quemaduras de tercer grado en ratas albinas Wistar. ⁽²¹⁾

El quitosano tiene capacidad quelante, efectos antimicrobianos contra bacterias gram positivas y negativas y hongos; tiene también propiedades autoadhesivas, analgésicas y hemostáticas, rápida degradación, no es tóxico, es biodegradable y promueve la unión celular y regeneración de los tejidos por su componente citosina. Favorece la formación de tejido de granulación con angiogénesis. ^(22,23,24)

Debido a su acción dermogeneradora es útil para el tratamiento de quemaduras y heridas, así como en la industria de los cosméticos. Sus efectos aceleradores de la cicatrización de heridas y quemaduras se sustentan en sus efectos moduladores de las funciones de algunas células inflamatorias, como PMN, macrófagos y fibroblastos, lo que trae como consecuencia la activación de la reparación y remodelación del tejido dañado y por sus efectos antimicrobianos, evita la proliferación de bacterias que hacen más lento el proceso de cicatrización. ⁽²⁵⁾ Constituye una opción para acelerar cicatrizaciones y tratar quemaduras de carácter leve y recuperar la elasticidad y el tono de la piel después de tratamientos superficiales tales como el láser o el *peeling*. ⁽²⁶⁾

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

El quitosano se encuentra aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) y varios estudios han demostrado que posee potencial antimicrobiano, cicatrizante, antiinflamatorio, efectos antioxidantes y actividad hemostática. Las propiedades muco-bioadhesivas aumentan su potencial en aplicaciones tópicas y locales y en formulaciones destinadas a la piel y a las membranas mucosas. Estas características son útiles para los materiales destinados a tratar las superficies de las mucosas y la piel infectada, inflamada y dañada. ^(27,28,29)

El quitosano surge como una alternativa terapéutica por sus propiedades de acelerar el proceso de curación y su efecto antimicrobiano. Es un polisacárido natural que se compone de unidades de glucosamina unidas por un enlace glucosídico. Su implementación es necesaria como alternativa para la curación de heridas. ⁽³⁰⁾

El quitosano es biocompatible, biodegradable, no tóxico, antimicrobiano, hemostático e hidratante. Este se despolimerizará de manera gradual para liberar N-acetil-D-glucosamina que da paso a la proliferación de fibroblastos, ayuda a la deposición de colágeno y estimula un mayor nivel de síntesis natural de ácido hialurónico en el sitio de la herida. Por esta relación es recomendable su uso tópico en el tratamiento de enfermedades de la piel. ⁽³⁰⁾

El quitosano es un biomaterial eficaz como cicatrizante y reparador de tejidos. Posee un efecto acelerador del proceso de cicatrización de heridas y actúa como una barrera física sobre las quemaduras. Sus propiedades de idoneidad biológica, biodegradables y la insuficiente toxicidad, lo hacen útil en el área médica y farmacéutica.

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sanabria Romero F. Desarrollo de membranas de quitosano-Aloe vera y quitosano-triticum vulgare con posibles aplicaciones biomédicas [Tesis de Grado]. México: Universidad autónoma de Querétaro; 2022 [acceso: 12/01/2025]. Disponible en: <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/3779/1/RI006802.pdf>
2. Khan F, Tanaka M. Designing smart biomaterials for tissue engineering. *Int J Mol Sci*. [Internet]. 2018 [acceso: 02/01/2025]; 19(1):1–14. Disponible en: <https://kyushu-u.elsevierpure.com/en/publications/designing-smart-biomaterials-for-tissue-engineering>
3. Ratner BD, Zhang G. A History of Biomaterials [Internet]. Fourth Ed. Biomaterials Science. Elsevier [Internet]. 2020 [acceso: 12/01/2025]; 21-34. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128161371000027>
4. Todros S, Todesco M, Bagno A. "Biomaterials and Their Biomedical Applications: From Replacement to Regeneration" *Processes* [Internet]. 2021 [acceso: 12/01/2025]; 9(11): 1949. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/11/1949>
5. Simões D, Miguel SP, Ribeiro MP, Coutinho P, Mendonça AG, Correia IJ. Recent advances on antimicrobial wound dressing: A review. *Eur J Pharm Biopharm* [Internet]. 2018 [acceso: 02/01/2025]; 127:130–41. Disponible en: https://core.ac.uk/reader/160251177?utm_source=linkout
6. Rajinikanth B S, Rajkumar DSR, Keerthika K, Vijayaragavan V. Chitosan-Based Biomaterial in Wound Healing: A Review. *Cureus* [Internet]. 2024 [acceso: 02/01/2025]; 16(2):e55193. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10983058/pdf/cureus-0016-00000055193.pdf>

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

7. Fen P, Luo Y, Ke C, Qiu H, Wang W, Zhu Y, et al. Chitosan-Based functional materials for skin wound repair: Mechanisms and application. *Frontiers in bioengineering and biotechnology* [Internet]. 2021 [acceso:12/01/2025]; 9:650598: 1-15. Disponible en:

<https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and-biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2021.650598/full>

8. El-Sayed Ahmed MAE, Zhong LL, Shen C, Yang Y, Doi Y, Tian GB. Colistin and its role in the Era of antibiotic resistance: an extended review (2000-2019). *Emerg Microbes Infect* [Internet]. 2020 [acceso:12/01/2025]; 9 (1): 868-885. Disponible en:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7241451/>

9. Miguel SP, Sequeira RS, Moreira AF, Cabral CSD, Mendonça AG, Ferreira P, et al. An overview of electrospun membranes loaded with bioactive molecules for improving the wound healing process. *Eur J Pharm Biopharm* [Internet]. 2019 [acceso:13/01/2025]; 139:1–22. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0939641119300530?via%3Dihub>

10. Hu B, Guo Y, Li H, Liu X, Fu Y, Ding F. Recent advances in chitosan-based layer-by-layer biomaterials and their biomedical Applications. *Carbohydrate Polymers* [Internet]. 2021 [acceso:13/01/2025]; 271(1):118427. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861721008146?via%3Dihub>

11. Abourehab MAS, Pramanik S, Abdelgawad MA, Abualsoud BM, Kadi A, Ansari MJ, Deepak A. Recent Advances of Chitosan Formulations in Biomedical Applications. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet]. 2022 [acceso:13/01/2025]; 23(18): 10975. Disponible en:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9504745/>

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

12. Wang C-H, Cherng J-H, Liu C-C, Fang T-J, Hong Z-J, Chang S-J, Fan G-Y, Hsu S-D. Procoagulant and Antimicrobial Effects of Chitosan in Wound Healing. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet]. 2021 [acceso:13/01/2025]; 22(13):7067. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8269297/>

13. Buzlama A, Doba S, Slivkin A, Dagher S. Pharmacological and biological effects of chitosan. *Research Journal of Pharmacy and Technology* [Internet]. 2020 [acceso:13/01/2025]; 13(Issue:2):1043-49. Disponible en: <https://rjptonline.org/HTMLPaper.aspx?Journal=Research+Journal+of+Pharmacy+and+Technology%3bPID%3d2020-13-2-96>

14. Suyeon K. Competitive Biological Activities of Chitosan and Its Derivatives: Antimicrobial, Antioxidant, Anticancer, and Anti-Inflammatory Activities. *International Journal of Polymer Science* [Internet]. 2018. [acceso:13/01/2025]; Article ID 1708172: 1-13. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2018/1708172>

15. Cañedo Dorantes L, Cañedo Ayala M. Skin Acute Wound Healing: A Comprehensive Review. *International Journal of Inflammation* [Internet]. 2019. acceso:13/01/2025]; Article ID 3706315: 1-15. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2019/3706315>

16. Zhang MX, Zhao WY, Fang QQ, et al. Effects of chitosan-collagen dressing on wound healing in vitro and in vivo assays. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials* [Internet]. 2021 [acceso:13/01/2025]; 19 :2280800021989698 Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/2280800021989698>

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>
revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

17. Zhang M, An H, Zhang F, Jiang H, Wan T, Wen Y, Han N, Zhang P. Prospects of Using Chitosan-Based Biopolymers in the Treatment of Peripheral Nerve Injuries. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet]. 2023 [acceso:13/01/2025]; 24(16):12956. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/24/16/12956>

18. Guzmán E, Ortega F, Rubio RG. "Chitosan: A Promising Multifunctional Cosmetic Ingredient for Skin and Hair Care" *Cosmetics* [Internet]. 2022 [acceso:13/01/2025];9(5):99. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-9284/9/5/99>

19. Munirah M AR, M Masudul H, Ziad M, Rami JO, Nahid Hasan S, Manfred H W, et al. Advancement of chitin and chitosan as promising biomaterials. *Journal of Saudi Chemical Society*[Internet]. 2022 [acceso:13/01/2025]; 26(Issue6):101561. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319610322001430?via%3Dihub>

20. Sánchez Machado DI, López Cervantes J, Martínez Ibarra DM, Escárcega Galaz AA, Vega Cázares CA. The use of chitosan as a skin-regeneration agent in burns injuries: A review *ePolymers*[Internet].2022[acceso:13/01/2025];22(1):75-86. Disponible en: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/epoly-2022-0011/html>

21. Que B, Caiyun Z, Wenting C, Na S, Qian G, Jinxi L, et al. Current challenges and future applications of antibacterial nanomaterials and chitosan hydrogel in burn wound healing. *Mater Adv* [Internet]. 2022 [acceso:13/01/2025]; 3 (17): 6707-27. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2022/ma/d2ma00695b>

22. Pereira Malacara KD, Ortíz Urenda MA, Arenas Arroccena MC. Efectividad antimicrobiana del quitosano como recubrimiento de suturas en cirugía oral y maxilofacial: una revisión sistemática. *Odontostomatología* [Internet]. 2022 [acceso:13/01/2025]; 24 (40): e317. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/pdf/ode/v24n40/en_1688-9339-ode-24-40-e317.pdf

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

23. Fakhri E, Eslami H, Maroufi P, Pakdel F, Taghizadeh S, Ganbarov K, Yousefi M, Tanomand A, Yousefi B, Mahmoudi S, Kafil HS. Chitosan biomaterials application in dentistry. Review. Int J Biol Macromol [Internet]. 2020 [acceso:13/01/2025]; 1(162):956-974. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813020336667?via%3Dihub>

24. Frank LA, Onzi GR, Morawski AS, Pohlmann AR, Guterres SS, Contri RV. Chitosan as a coating material for nanoparticles intended for biomedical applications. Reactive and Functional Polymers [Internet]. 2020 [acceso:13/01/2025]; (147):104459. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1381514819311393>

25. Vázquez Ayala L. Evaluación de matrices poliméricas estructuradas a base de quitosano/metformina para la regeneración de tejidos. [Tesis Maestría]. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí Facultad de Ciencias Químicas;2022 [acceso:14/01/2025]. Disponible en: <https://repositorio.institucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/7945/TesisM.FCQ.2022.Evaluaci%C3%B3n.V%C3%A1zquez.PDF%28Versi%C3%B3n%20p%C3%BAblica%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

26. Beato Canfux A, Pedroso Garriga T, González Planas G, González-Quevedo Rodríguez M. Tratamiento de las quemaduras de espesor parcial con quitina en polvo. Rev Cub Med Mil [Internet].1996 [acceso: 08/01/2025]; 25(1): [aprox.9p.]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65571996000100003&lng=es

27. Ardean C, Davidescu CM, Neme NS, Negrea A, Ciopec M, Duteanu N, et al. Factors Influencing the Antibacterial Activity of Chitosan and Chitosan Modified by Functionalization. International Journal of Molecular Sciences [Internet]. 2021 [acceso: 08/01/2025]; 22(14): 7449. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8303267/>

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 16: e925

28. Peipei F, Yang L, Wang W, Zhu Y, Hou R, Xu L, et al. Chitosan-Based Functional Materials for Skin Wound Repair: Mechanisms and Applications. *Frontiers in bioengineering and biotechnology* [Internet]. 2021 [acceso: 08/01/2025]; 9: 650598. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7931995/>

29. Hemmingsen LM, Škalko-Basnet N, Jøraholmen MW. The Expanded Role of Chitosan in Localized Antimicrobial Therapy. *Mar Drugs* [Internet]. 2021 [acceso: 08/01/2025]; 19(12): 697. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8704789/>

30. Malavé Castellano IG, Colina Rincón MC, Zerpa Caldera YF, Lobo de Márquez RA. Estudio sobre la aplicación de quitosano para la cura de lesiones y heridas de la piel. *Revista BASES DE LA CIENCIA Publicación Cuatrimestral* [Internet]. 2021 [acceso: 08/01/2025]; 6(2):95-112. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/3120/3812>

Conflictos de intereses

No existen conflictos de intereses.

<http://revcimeq.sld.cu/index.php/img>

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons

