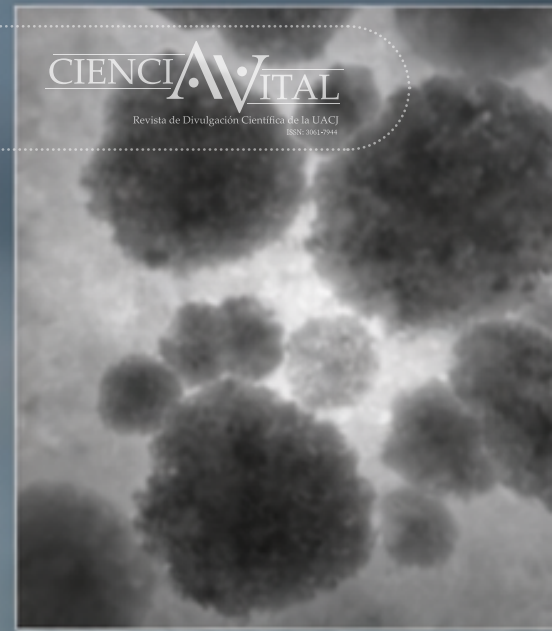




CIENCIAS DE LA SALUD

Ciencia Vital, Vol. 4, No. 1, enero-marzo 2026

<https://doi.org/10.20983/cienciavital.2026.01.sal.02>  
e0401SAL02



# Nanopartículas de plata y quitosano:

una alianza inteligente para acelerar la cicatrización de heridas

Dra. Sarai Esmeralda Favela Camacho<sup>1</sup>

Dr. Roberto Sánchez Sánchez<sup>2</sup>

Ing. Laura Giselle Sáenz Flores<sup>3</sup>

Ing. Jorge David García Rodríguez<sup>4</sup>



<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
<https://orcid.org/0000-0002-3420-4939>  
sarai.favela@uacj.mx

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Rehabilitación LGI

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez



INICIO



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

## RESUMEN

Las heridas, especialmente aquellas que presentan infecciones o procesos de cicatrización lenta, siguen siendo un desafío clínico en la medicina moderna. En este contexto, la nanotecnología ofrece soluciones innovadoras mediante el desarrollo de materiales biocompatibles y con propiedades antimicrobianas. Este artículo explica, de forma accesible, cómo las nanopartículas de plata y el biopolímero natural quitosano pueden combinarse para crear un material capaz de acelerar la cicatrización, prevenir infecciones y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Se presentan los fundamentos de su funcionamiento, su elaboración general y los principales avances de investigación en esta área, con énfasis en su potencial aplicación en el tratamiento de heridas.

## Introducción

Una herida es cualquier daño que interrumpe la continuidad de la piel o de un tejido vivo [1]. Puede producirse por situaciones cotidianas como cortes, quemaduras o golpes, y su curación no siempre es rápida ni sencilla. El tiempo que tarda una herida en sanar depende de varios factores, como qué tan profunda es, en qué parte del cuerpo se encuentra y el estado de salud de la persona. En casos más complicados, como las úlceras en personas con diabetes o las quemaduras graves, el cuerpo tiene mayores dificultades para regenerar el tejido, lo que retrasa la recuperación y aumenta el riesgo de infecciones [2].

Durante muchos años, el cuidado de las heridas se ha basado principalmente en el uso de gasas estériles y antibióticos aplicados directamente sobre la piel. Aunque estos métodos han sido útiles, en la actualidad existe un problema importante: cada vez hay más bacterias que se vuelven resistentes a los antibióticos. Esta situación ha impulsado la búsqueda de nuevas formas de tratar las heridas que sean más eficaces y ayuden a prevenir complicaciones relacionadas con las infecciones [3], [4].

En este contexto, la nanotecnología, que trabaja con materiales extremadamente pequeños (del orden de nanómetros, es decir, milmillonésimas de metro), ha abierto nuevas oportunidades en la medicina. Las nanopartículas de plata (AgNPs) han demostrado ser muy eficaces para eliminar bacterias, mientras que el quitosano (Cs), un material natural obtenido de los caparzones de crustáceos como camarones y cangrejos, es seguro para el cuerpo y favorece la regeneración de la piel [5], [6]. Al combinar ambos materiales, se obtienen materiales inteligentes capaces de liberar la plata de forma controlada y, al mismo tiempo, apoyar el proceso natural de cicatrización, lo que los convierte en una alternativa prometedora para el tratamiento de heridas.

## Las heridas y su proceso de cicatrización

Cuando nos hacemos una herida, el cuerpo pone en marcha un proceso natural y muy bien organizado para repararla. Este proceso de cicatrización ocurre en cuatro etapas principales: hemostasia, inflamación, proliferación y remodelación [7], [8]. Cada una cumple una función específica y es necesaria para que la piel sane correctamente.

La primera etapa es la hemostasia, que ocurre casi de inmediato. En esta fase, el cuerpo detiene el sangrado formando un coágulo que actúa como un “tapón” natural, sellando la herida y protegiéndola de agentes externos [9]. Después comienza la fase inflamatoria, en la que las defensas del organismo entran en acción para eliminar bacterias, células dañadas y cualquier elemento que pueda causar una infección, preparando así el terreno para la reparación del tejido [7].

Una vez que la zona está limpia, inicia la fase proliferativa, donde el cuerpo comienza a reconstruir la herida. En esta etapa, ciertas células producen colágeno y otros materiales que sirven como base para formar nuevo tejido, permitiendo que la herida se cierre poco a poco [10]. Finalmente, en la fase de remodelación, ese tejido recién formado se reorganiza y se fortalece, dando lugar a una cicatriz más resistente y funcional con el paso del tiempo [11].



INICIO



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

Aunque este proceso suele funcionar de manera eficiente, factores como la edad, la diabetes o la presencia de infecciones pueden interferir y retrasar la cicatrización. Cuando esto ocurre, pueden formarse heridas crónicas, que son difíciles de tratar y requieren cuidados especiales. Por esta razón, el desarrollo de biomateriales capaces de apoyar cada una de estas etapas representa una alternativa médica muy valiosa, ya que puede ayudar a mejorar la cicatrización y reducir complicaciones.

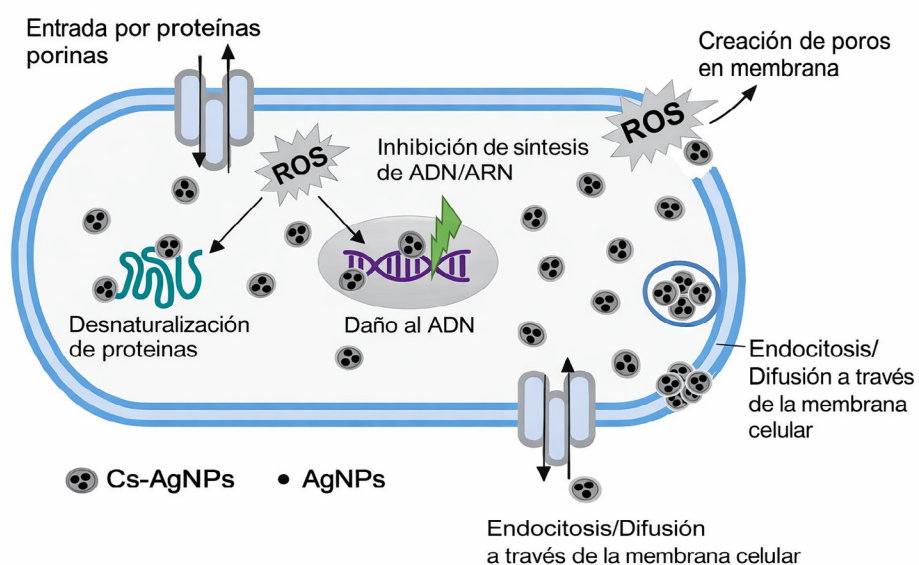
## Materiales inteligentes en la medicina: plata y quitosano

Para que una herida sane correctamente, el cuerpo necesita cumplir dos tareas fundamentales: eliminar los microbios que pueden causar infección y ayudar a que el tejido dañado se regenere. El uso combinado de nanopartículas de plata (AgNPs) y quitosano (Cs) permite lograr ambos objetivos al mismo tiempo, por lo que este material se considera una solución innovadora y prometedora en el cuidado de heridas.

Las nanopartículas de plata son extremadamente pequeñas, pero muy eficaces para combatir bacterias. Gracias a su tamaño, pueden liberar iones de plata ( $Ag^+$ ) que atacan directamente a los microorganismos dañinos [9], [12], [13]. Como se muestra en la (Figura 1), estas nanopartículas pueden atravesar la pared de las bacterias y, una vez dentro, generar sustancias llamadas especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés *Reactive Oxygen Species*). Estas sustancias dañan las proteínas y el material genético de las bacterias, crean pequeños orificios en su membrana y, finalmente, provocan su muerte (Figura 1) [9], [12], [13]. De esta manera, la plata ayuda a mantener la herida libre de infecciones.

Sin embargo, usar plata en exceso puede resultar dañino para las personas, ya que en grandes cantidades puede acumularse en los tejidos del cuerpo [14]. Para evitar este problema, las nanopartículas de plata se combinan con quitosano, un material natural que actúa como una especie de “soporte” protector. El quitosano permite que la plata se libere de forma gradual y controlada, reduciendo el riesgo de efectos secundarios sin perder su capacidad para eliminar bacterias [15], [16].

El quitosano se obtiene a partir de la quitina, un componente presente en los caparazones de crustáceos como camarones y cangrejos. Este biopolímero es seguro para el cuerpo humano, se degrada de forma natural y tiene la capacidad de favorecer la regeneración de la piel [5], [6], [13]. Además, forma una película protectora sobre la herida que mantiene la humedad adecuada y ayuda a que las células se multipliquen y reparen el tejido dañado.



**Figura 1.** Modelo esquemático del mecanismo antimicrobiano de AgNPs–quitosano [13].



INICIO



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

## Elaboración general del nanocompuesto AgNPs–quitosano

El proceso para elaborar un material que combine plata y quitosano se lleva a cabo en tres etapas principales: primero se producen las nanopartículas de plata, después se incorporan al quitosano y, finalmente, se analiza el material obtenido para asegurar su calidad y funcionalidad [17].

En la primera etapa, las nanopartículas de plata se fabrican mediante métodos cuidadosamente controlados. En las técnicas más amigables con el medio ambiente, conocidas como síntesis verde, se utilizan sustancias de origen natural o agentes no tóxicos que permiten transformar los iones de plata en partículas muy pequeñas y estables, evitando el uso de compuestos peligrosos [17].

Posteriormente, estas nanopartículas se mezclan con una solución de quitosano, que se disuelve previamente en una pequeña cantidad de ácido acético. De esta forma, las partículas de plata se distribuyen de manera uniforme dentro del biopolímero. Dependiendo del uso final, esta mezcla puede convertirse en películas, geles o recubrimientos delgados, adecuados para diferentes aplicaciones médicas, como apósitos para heridas o recubrimientos protectores [14], [15]. confirmar que el nanocompuesto se ha formado correctamente. Para ello se emplean varias técnicas que permiten estudiar sus propiedades físicas y químicas. La espectroscopía UV-Vis (ultravioleta-visible) se utiliza para confirmar la formación de las nanopartículas de plata a partir de su respuesta a la luz. La microscopía electrónica de transmisión (TEM) y la microscopía electrónica de barrido (SEM) permiten observar directamente las nanopartículas y conocer su tamaño y forma. Por su parte, la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) ayuda a identificar los grupos químicos presentes en el material y verificar la interacción entre el quitosano y la plata. Finalmente, la difracción de rayos X (DRX) permite analizar la estructura cristalina de las nanopartículas. En conjunto, estos estudios permiten conocer el tamaño, la distribución y la correcta integración de la plata dentro del quitosano [13], como se muestra en la (Figura 2).



INICIO



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



DIMENSIONES ÉTICAS



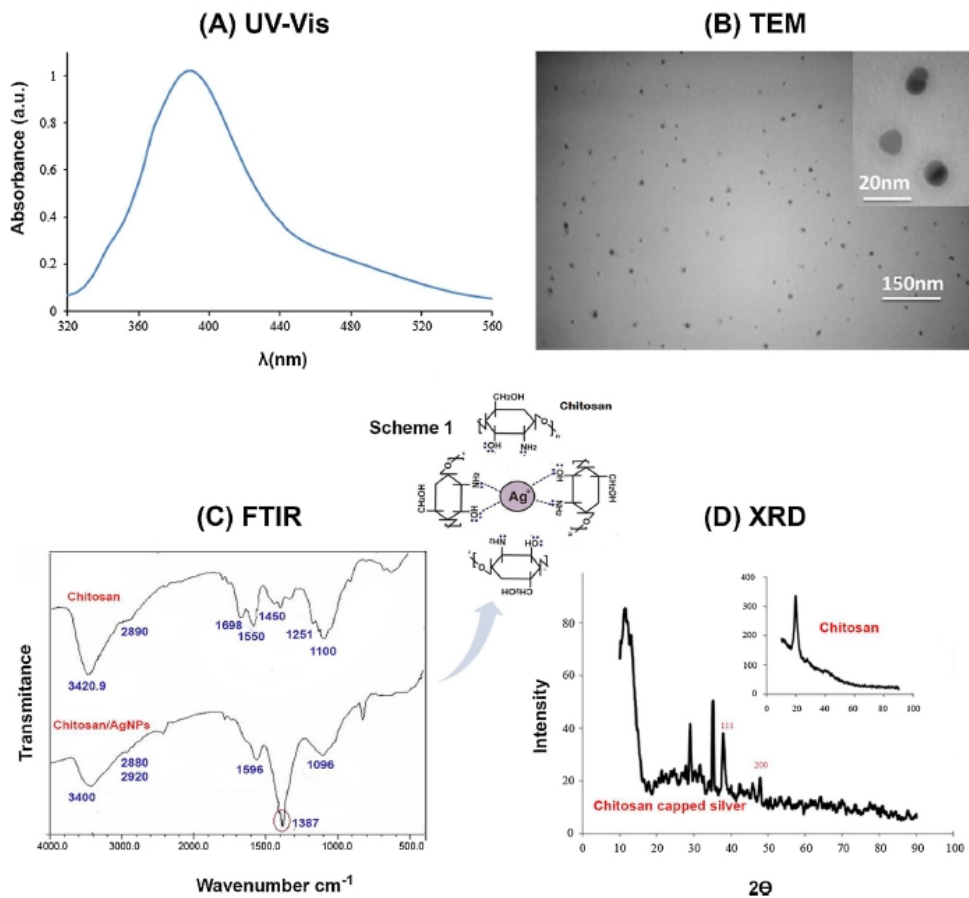
ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO



**Figura 2.** Caracterización de las nanopartículas de plata recubiertas con quitosano.

- A) Espectro UV-Vis que confirma la formación de las nanopartículas de plata.
- B) Imágenes TEM que muestran el tamaño y la forma de las nanopartículas recubiertas con quitosano.
- C) Espectros FTIR que permiten identificar los grupos químicos del quitosano y su interacción con la plata.
- D) Curva DRX que muestra la estructura cristalina de las nanopartículas de plata [18].

## Aplicaciones médicas y beneficios

Los materiales que combinan nanopartículas de plata y quitosano tienen múltiples usos en el área de la salud gracias a su capacidad para combatir bacterias y favorecer la cicatrización de la piel. Una de sus aplicaciones más comunes es en forma de geles o películas cicatrizantes, ideales para heridas superficiales y cirugías menores, ya que son flexibles, se adaptan fácilmente a la piel y resultan seguras para el cuerpo humano.

Otra aplicación importante es su uso como recubrimientos antibacterianos en dispositivos médicos, como catéteres y prótesis. Estos recubrimientos ayudan a prevenir infecciones adquiridas en hospitales, un problema frecuente en pacientes que requieren tratamientos prolongados o intervenciones médicas invasivas [15].

Además, los nanocompuestos de plata y quitosano se emplean en apósitos para heridas crónicas o quemaduras, donde liberan los iones de plata de manera gradual. Esta liberación controlada permite eliminar bacterias sin dañar el tejido sano y, al mismo tiempo, favorece la regeneración del tejido, acelerando el proceso de cicatrización [12], [14], [16].

Un ejemplo claro de esta aplicación puede observarse en la (Figura 3), donde se muestran resultados obtenidos en modelos animales. Las imágenes permiten comparar de forma visual la



INICIO



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



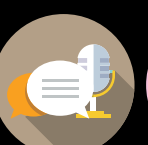
CIENCIAS SOCIALES



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS

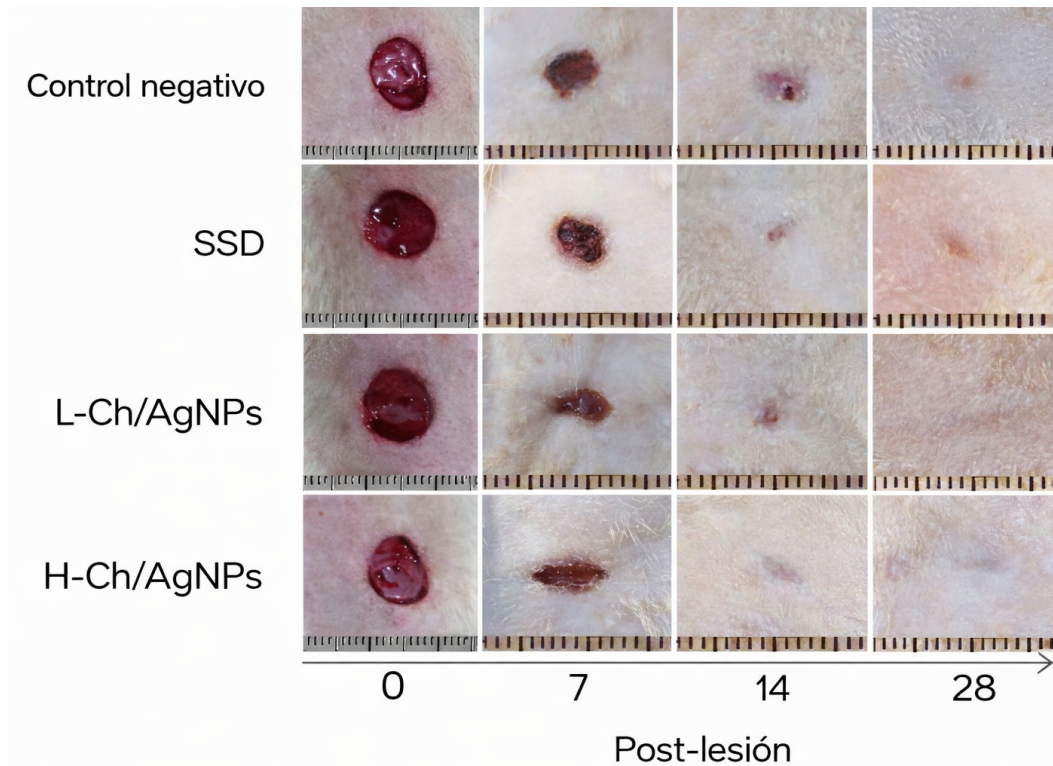


SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

evolución de las heridas tratadas con estos materiales frente a tratamientos convencionales y un grupo sin tratamiento. En el grupo control negativo, la cicatrización es más lenta y las heridas siguen siendo visibles incluso después de 14 y 28 días, lo que indica la ausencia de un efecto antimicrobiano o regenerativo efectivo. En contraste, las heridas tratadas con L-Ch/AgNPs y H-Ch/AgNPs presentan una reducción progresiva del área lesionada, una formación más rápida de nuevo tejido y una mejor apariencia general, especialmente a partir del día 7, alcanzando una cicatrización casi completa al día 28. Estos resultados son comparables e incluso superiores a los obtenidos con sulfadiazina de plata (SSD), un tratamiento clínico ampliamente utilizado [18].



**Figura 3.** Observaciones macroscópicas de las heridas tratadas con L-Ch/AgNPs (nanopartículas de plata recubiertas con quitosano en dosis baja), H-Ch/AgNPs (nanopartículas de plata recubiertas con quitosano en dosis alta), SSD (sulfadiazina de plata) y el grupo control negativo en los días 0, 7, 14 y 28 posteriores a la lesión [18].

## Impacto social y futuro de esta tecnología

El uso de materiales que combinan nanopartículas de plata y quitosano tiene un enorme potencial para generar un impacto positivo en la sociedad, especialmente en países donde las heridas crónicas son un problema frecuente y el acceso a tratamientos especializados es limitado, como ocurre en México. La incorporación de estos materiales en hospitales públicos y centros de atención primaria podría ayudar a reducir los costos de atención médica, acortar los tiempos de hospitalización y permitir que los pacientes se recuperen más rápido y retomen antes sus actividades diarias, mejorando así su calidad de vida.

Desde el punto de vista científico y tecnológico, los avances logrados abren la puerta al desarrollo de “apósitos inteligentes”, capaces de adaptarse a las condiciones de la herida. En el futuro, estos materiales podrían liberar sustancias antimicrobianas de manera automática cuando detecten cambios en la humedad, la temperatura o el pH del tejido dañado, e incluso incorporar sensores que permitan monitorear el estado de la herida en tiempo real [16]. Este tipo de



INICIO



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO

innovaciones no solo mejora la eficacia del tratamiento, sino que también impulsa nuevas líneas de investigación que conectan la nanotecnología, los biomateriales y la medicina personalizada.

Sin embargo, el avance de esta tecnología también plantea retos importantes que invitan a reflexionar. Uno de los principales desafíos es asegurar que el uso prolongado de la plata sea seguro para el organismo. Para ello, es fundamental controlar cuidadosamente la cantidad de plata presente en los materiales, de modo que se mantenga su efecto terapéutico sin generar efectos secundarios [13]. Afrontar estos desafíos de forma responsable permitirá aprovechar los beneficios de esta tecnología mientras se protege la salud de los pacientes y el entorno.

## Conclusión

Las nanopartículas de plata y el quitosano representan un claro ejemplo de cómo la ciencia puede unir la naturaleza y la tecnología para crear soluciones innovadoras. A una escala casi invisible, este nanocompuesto logra algo notable: combinar la poderosa acción antibacteriana de la plata con la seguridad y las propiedades regenerativas del quitosano, dando lugar a una alternativa moderna, eficaz y sostenible para el tratamiento de heridas.

Aunque todavía se requieren más estudios para que su uso clínico sea ampliamente adoptado, los resultados obtenidos hasta ahora son muy prometedores. La capacidad de acelerar la cicatrización, reducir el riesgo de infecciones y favorecer una recuperación más ordenada demuestra el impacto real que estos materiales pueden tener en la atención médica. Más allá de los datos científicos, estos avances representan una esperanza concreta para personas que viven con heridas crónicas o procesos de recuperación largos y difíciles.

La nanotecnología pone de manifiesto que incluso en lo más pequeño puede existir un enorme potencial transformador. Profundizar en esta línea de investigación no solo amplía el conocimiento científico, sino que también abre el camino hacia soluciones más humanas, eficientes y accesibles, capaces de mejorar la forma en que cuidamos la salud en el presente y en el futuro.

## Referencias

- [1] M. Irfan-Maqsood, "Classification of wounds: Know before research and clinical practice," *Journal of Genes and Cells*, vol. 4, pp. 1–4, 2018, doi: <https://doi.org/10.15562/gnc.61>.
- [2] Center for Vein Restoration, "Úlceras y cicatrización de heridas de úlceras por estasis venosa," Center for Vein Restoration, Apr. 8, 2025. [Online]. Available: <https://www.centerforvein.com/es/blog/ulcers-and-wound-healing-of-venous-stasis-ulcers>
- [3] K. C. Lee, K. Joory, and N. S. Moiemem, "History of burns: The past, present and the future," *Burns & Trauma*, vol. 2, no. 4, pp. 169–180, 2014, doi: <https://doi.org/10.4103/2321-3868.143620>.
- [4] F. M. Aldakheel, M. M. E. Sayed, D. Mohsen, M. H. Fagir, and D. K. El Dein, "Green synthesis of silver nanoparticles loaded hydrogel for wound healing: Systematic review," *Gels*, vol. 9, no. 7, p. 530, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/gels9070530>.
- [5] S. R. B., D. S. R. Rajkumar, K. K., and V. Vijayaragavan, "Chitosan-based biomaterial in wound healing: A review," *Cureus*, vol. 16, no. 2, p. e55193, 2024, doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.55193>.
- [6] A. M. Shehabeldine *et al.*, "Multifunctional silver nanoparticles based on chitosan: Antibacterial, antibiofilm, antifungal, antioxidant, and wound-healing activities," *Journal of Fungi*, vol. 8, no. 6, p. 612, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/jof8060612>.
- [7] NCBI Bookshelf, "Principles of wound healing," Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534261/>
- [8] G. S. Schultz, G. A. Chin, L. Moldawer, and R. F. Diegelmann, "Principles of wound healing," in *Diabetic Foot Problems*. Singapore: World Scientific, 2011, pp. 395–402, doi: [https://doi.org/10.1142/9789812791535\\_0028](https://doi.org/10.1142/9789812791535_0028).



INICIO



CIENCIAS  
APLICADAS



CIENCIAS  
BÁSICAS



CIENCIAS  
DE LA SALUD



CIENCIAS  
SOCIALES



¿Y QUÉ OPINA  
LA CIENCIA?



DIMENSIONES  
ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ  
POR EL MUNDO

- [9] J. A. Olugbojo, A. A. Akinyemi, S. O. Obasa, and E. O. Dare, “Comparative studies on antibacterial activities of chitosan, silver nanoparticles and maggot-based chitosan–silver nanocomposites against fish pathogens,” *Jordan Journal of Biological Sciences*, vol. 18, no. 1, 2025, doi: <https://doi.org/10.54319/jjbs/180103>.
- [10] M. V. Plikus *et al.*, “Fibroblasts: Origins, definitions, and functions in health and disease,” *Cell*, vol. 184, no. 15, pp. 3852–3872, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.06.024>.
- [11] MedSystems, “Creación de colágeno con disparos tecnológicos: ¿Es posible sin cirugía?,” Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.medsystems.com.ar/creacion-de-colageno/>
- [12] M. Torabfam and H. Jafarizadeh-Malmiri, “Microwave-enhanced silver nanoparticle synthesis using chitosan biopolymer,” *Green Processing and Synthesis*, vol. 7, no. 6, pp. 530–537, 2018, doi: <https://doi.org/10.1515/gps-2017-0139>.
- [13] M. A. Polinarski *et al.*, “New perspectives of using chitosan, silver, and chitosan–silver nanoparticles against multidrug-resistant bacteria,” *Particle & Particle Systems Characterization*, vol. 38, no. 5, p. 2100009, 2021, doi: <https://doi.org/10.1002/ppsc.202100009>.
- [14] M. Akbardeen *et al.*, “Chitosan–silver nanocomposites and their antimicrobial activity,” *Journal of Diabetes Treatment*, p. 150, 2018, doi: <https://doi.org/10.29011/2574-7568>.
- [15] O. J. Olaniyan *et al.*, “Synthesis and characterization of chitosan–silver nanocomposite film,” *Nano Hybrids and Composites*, vol. 11, pp. 22–29, 2016, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/nhc.11.22>.
- [16] D. Martínez-Cisterna *et al.*, “Chitosan-coated silver nanocomposites: Biosynthesis, mechanical properties, and Ag<sup>+</sup> release in liquid and biofilm forms,” *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 26, no. 9, p. 4130, 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/ijms26094130>.
- [17] T. Kunoh *et al.*, “Green synthesis of gold nanoparticles coupled with nucleic acid oxidation,” *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 364–373, 2017, doi: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02610>.
- [18] A. Oryan, E. Alemzadeh, J. Tashkhourian, and S. F. Nami Ana, “Topical delivery of chitosan-capped silver nanoparticles speeds up healing in burn wounds: A preclinical study,” *Carbohydrate Polymers*, vol. 200, pp. 82–93, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.07.077>.



INICIO



CIENCIAS APLICADAS



CIENCIAS BÁSICAS



CIENCIAS DE LA SALUD



CIENCIAS SOCIALES



¿Y QUÉ OPINA LA CIENCIA?



DIMENSIONES ÉTICAS



ENTREVISTAS



SALUD MENTAL



UACJ POR EL MUNDO