



NANOTECNOLOGÍA: UNA HERRAMIENTA EMERGENTE EN LA PREVENCIÓN DE INFECCIONES ASOCIADAS A LA ATENCIÓN DE SALUD

NANOTECHNOLOGY: AN EMERGING TOOL IN THE PREVENTION OF INFECTIONS ASSOCIATED WITH HEALTH CARE

Jeannette Mercedes Acosta Nuñez¹ <https://orcid.org/0000-0001-7554-3956>

¹Dirección de Investigación y Desarrollo. Universidad Técnica de Ambato.

2477-9172 / 2550-6692 Derechos Reservados © 2024 Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Enfermería. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons, que permite uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original es debidamente citada.

Autor de correspondencia: Lic. PhD Jeannette Mercedes Acosta Nuñez. **Correo electrónico:** jm.acosta@uta.edu.ec

Recibido: 29 de octubre 2024

Aceptado: 29 de noviembre 2024

Las Infecciones Asociadas a la Atención de Salud (IAAS) representan una de las mayores amenazas para la seguridad de los pacientes a nivel global. Estas infecciones, que afectan a millones de personas cada año, incrementan la morbilidad, prolongan las estancias hospitalarias y elevan los costos de atención, generando un gran impacto en los sistemas de salud (1). La nanotecnología se dedica al estudio, diseño, manipulación y aplicación de materiales y dispositivos a una escala nanométrica, es decir, a nivel de átomos y moléculas, en dimensiones que suelen ser entre 1 y 100 nanómetros, emerge como una herramienta prometedora para transformar las prácticas de prevención y control de infecciones en entornos clínicos, mejorando considerablemente la seguridad del paciente y la calidad de los servicios de salud (2).

La nanotecnología tiene aplicaciones en diversos campos, como la medicina, donde se utiliza para desarrollar sistemas de liberación controlada de medicamentos, mejora diagnósticos y terapias; en la electrónica, con la creación de dispositivos más pequeños y potentes; en la energía, contribuyendo a producir materiales más eficientes para el almacenamiento y la conversión energética; y en la industria de materiales, creando superficies resistentes, auto limpiantes o con propiedades antibacterianas, lo cual es especialmente útil para la prevención de infecciones(3).

Las Ciencias de la Salud y la Enfermería ha destacado la nanotecnología en la prevención de IAAS que radica en la creación de superficies y materiales nanoestructurados con propiedades antimicrobianas(4), las nanopartículas de plata, óxido de zinc y cobre han demostrado ser altamente eficaces contra una amplia gama de patógenos, incluidas bacterias multirresistentes(5). Estos nanomateriales pueden integrarse en superficies hospitalarias, como en dispositivos médicos como catéteres y mascarillas, su capacidad para inactivar microorganismos al contacto permite reducir drásticamente el riesgo de transmisión cruzada y la propagación de infecciones en áreas críticas, especialmente en unidades de cuidados intensivos y quirófanos (6).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), promulga **la inhibición de la resistencia bacteriana**, por lo que otra aplicación relevante de la nanotecnología en la prevención de IAAS es la liberación controlada de antibióticos mediante nanopartículas(7), los sistemas de liberación controlada permiten administrar dosis precisas de fármacos directamente en el sitio de infección, asegurando una distribución óptima y prolongada del medicamento. Este enfoque mejora la eficacia del tratamiento, minimiza los efectos secundarios y reduce el uso indiscriminado de antibióticos, uno de los factores que contribuyen a la creciente resistencia antimicrobiana(4).

La nanotecnología ofrece **sensores nano para la detección temprana de infecciones y la prevención de las IAAS**, detectar una infección a tiempo es esencial para prevenir su propagación, especialmente en hospitales donde los pacientes pueden estar en condiciones vulnerables, las infecciones que no se identifican rápidamente pueden propagarse en entornos hospitalarios, generando brotes difíciles de controlar, la detección temprana permite la asociación de antibioticoterapias dirigidas, eliminando los efectos secundarios y bacterias resistentes(8). Los sensores nano se componen de biomoléculas

específicas y detectar trazas mínimas de microorganismos, como bacterias, virus y hongos, incluso en concentraciones bajas, estos sensores detectan a las bacterias mediante enzimas, ADN, y reacciones químicas específicas diseñadas para identificar biomarcadores específicos de ciertos patógenos, detectando el microorganismo, lo que permite el tratamiento dirigido eliminando los efectos secundarios(8).

La nanotecnología está revolucionando el **campo de la quimioterapia**, ya que ofrece nuevos enfoques para mejorar la efectividad de los tratamientos contra el cáncer y reducir sus efectos secundarios. En la quimioterapia tradicional, los fármacos anticancerígenos se administran en forma endovenosa de manera que viajan por todo el cuerpo, atacando tanto las células cancerosas como las sanas, lo que provoca efectos secundarios significativos, sin embargo, la nanotecnología permite desarrollar soluciones más precisas y menos invasivas basadas en las terapias dirigidas hacia las células cancerígenas, con liberación de medicamento controlado, administrando menos dosis y con efectos secundarios leves, el estudio de la quimioterapia y la nanotecnología se encuentra en investigación, por lo que se espera que se haga una realidad su aplicación y mejoré la economía(9).

Limitaciones de los sensores nano, a pesar de sus beneficios, la implementación masiva de sensores nano enfrenta algunos desafíos, uno de los principales obstáculos es el costo de producción y la necesidad de tecnología avanzada para crear sensores de alta precisión y bajo costo. Además, estos sensores integrados en los flujos de trabajo hospitalarios requieren capacitación y protocolos específicos que garanticen su uso adecuado, la biocompatibilidad y durabilidad de estos sensores en entornos clínicos, al estar en contacto con fluidos y tejidos biológicos, necesitan ser resistentes y no interferir con los tejidos circundantes. Para abordar este desafío, se están desarrollando sensores con recubrimientos biocompatibles que aumentan la durabilidad y reducen el riesgo de reacciones adversas.

Las IAAS son prevalentes en las Unidades de Cuidados Intensivos, por la aplicación de procedimientos invasivos, si se explora la aplicación de la nanotecnología en la **Neumonía Asociada a la Ventilación Mecánica** (NAVIM), una infección grave que ocurre en pacientes que reciben ventilación mecánica prolongada, la cual es causada principalmente por la acumulación de bacterias en el tubo endotraqueal, lo cual lleva a la infección de los pulmones y, en muchos casos, se traduce en complicaciones graves debido a la resistencia antimicrobiana(10). La nanotecnología aporta herramientas para mejorar la prevención, diagnóstico y tratamiento de la NAVIM, ayudando a reducir la incidencia de esta infección en entornos hospitalarios, para lo cual se ha creado revestimientos antibacterianos para tubos endotraqueales(11), nanopartículas de plata, oro, zinc o antibióticos(12), y agentes antimicrobianos directos en la cavidad bucal.

Las **infecciones del torrente sanguíneo** (BSI) asociadas con los catéteres venosos centrales (CVC) representan un riesgo significativo para la salud, especialmente en pacientes hospitalizados. La integración de la nanotecnología en el diseño de catéteres ofrece estrategias prometedoras para la prevención y el tratamiento de estas infecciones. La tecnología explora la eficacia de los agentes antimicrobianos basados en nanopartículas, destacando su papel en las alteraciones de la biopelícula y las implicaciones de estos avances en entornos clínicos(13).

Por otro lado, la ropa hospitalaria de los profesionales de la salud y de los pacientes actúa como un medio para el intercambio y la proliferación de bacterias e infecciones. En este contexto, los textiles funcionales para la inhibición de bacterias, impulsados por la nanotecnología, están revolucionando el sector de la salud, así como otros ámbitos donde la higiene y la protección contra microorganismos son fundamentales (14).

Estos textiles están diseñados para prevenir el crecimiento y propagación de bacterias, hongos y otros patógenos, ofreciendo una alternativa de protección constante y minimizando el riesgo de infecciones, la nanotecnología permite que estos materiales tengan propiedades antibacterianas duraderas y eficaces, logrando una mayor efectividad en comparación con los textiles tradicionales. Los textiles son compuestos con nanopartículas de inhibición de crecimientos bacteriano, liberación de antibióticos(15).

A pesar de su potencial, la implementación de la nanotecnología en la **prevención de IAAS enfrenta ciertos desafíos**, uno de los principales obstáculos es la posible toxicidad de algunos nanomateriales, especialmente en aplicaciones de contacto prolongado con tejidos humanos. Si bien la eficacia antimicrobiana de estas partículas está bien documentada, su impacto en el cuerpo humano y el medio ambiente requiere una evaluación exhaustiva. Además, los costos de producción y la falta de regulaciones específicas para la nanotecnología en entornos clínicos limitan su adopción.

Se concluye que la nanotecnología se posiciona como una herramienta transformadora en la lucha contra las IAAS. A medida que los sistemas de salud enfrentan una creciente necesidad de mejorar la seguridad de los pacientes, las aplicaciones de la nanotecnología ofrecen soluciones innovadoras que podrían cambiar las prácticas clínicas en los próximos años. Sin embargo, la adopción de estas debe estar acompañada de una evaluación rigurosa y una regulación adecuada, equilibrando el entusiasmo por sus beneficios con una gestión cuidadosa de los riesgos.

La nanotecnología no solo es una tendencia innovadora, sino una oportunidad real para redefinir los estándares de higiene y seguridad en la atención de salud. La capacidad de prevenir infecciones mediante materiales nanoestructurados, administrar tratamientos de forma precisa y diagnosticar infecciones en tiempo real representa un avance que puede transformar el entorno hospitalario y mejorar la calidad de vida de millones de pacientes en todo el mundo. La inversión en investigación y desarrollo, junto con la creación de políticas claras y regulaciones, permitirá que esta tecnología alcance su máximo potencial y se convierta en una pieza fundamental para la prevención de infecciones en el ámbito de la atención de salud.

REFERENCIAS

1. Pestaña MÍ, Pérez-García A, Abad RF. Infecciones relacionadas con cuidados sanitarios. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*. 2022;13(56):3267–3276. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8477506>
2. Haleem A, Javaid M, Singh RP, Rab S, Suman R. Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal journal homepage*. 2023; 7:70–77. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2023.02.008>
3. Alhammad SA. Advocating for Action: Exploring the Potential of Virtual Reality in Breathing Exercise - A Review of The Clinical Applications. *Patient Prefer Adherence*. 2024; 18:695–707. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38524197/>
4. Anjum S, Ishaque S, Fatima H, Farooq W, Hano C, Abbasi BH, et al. pharmaceuticals Emerging Applications of Nanotechnology in Healthcare Systems: Grand Challenges and Perspectives. *Pharmaceuticals*. 2021; 14:707. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph14080707>
5. Haleem A, Javaid M, Singh RP, Rab S, Suman R. Applications of nanotechnology in medical field: a brief review. *Global Health Journal*. 2023;7(2):70–77. Disponible en: <https://eurekamag.com/research/093/864/093864732.php?srltid=AfmBOooko4FoaK1-WnEAnzd20EXKEcTEcYnUPjFn7Z114N4cjl63xqDr>
6. Rong N, Yang R, Lu Y. Chitosan-Based Composite Nanosilver Gel Application in Nursing Care of Intensive Care Unit Patients with Severe Burns. *Nanoscience and Nanotechnology Letters*. 2021; 12(7):939–945. Disponible en: <https://eurekamag.com/research/093/864/093864732.php?srltid=AfmBOoqGLr11nfPPb52-pmtUOQi2fHqkZS-EU2oUbDE1dqyRrgmzloWP>
7. Zhang L, Keogh S, Rickard CM. Reducing the risk of infection associated with vascular access devices through nanotechnology: A perspective. *Int J Nanomedicine*. 2013; 8:4453–4466. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=dijn20>
8. Vatamanu CI. La nanotecnologia: un potenziale alleato per vincere i meccanismi di antibiotico-resistenza. 2024. Disponible en: <https://unitesi.unipv.it/handle/20.500.14239/13549>
9. Naveed S. Nanotechnology: Revolutionizing Cancer Diagnosis and Treatment: Early Cancer Detection and Treatment | Developmental Medico-Life-Sciences. Disponible en: <https://dmlsjournal.com/index.php/January2024/article/view/32>
10. Wang Y, Cai B, Ni D, Sun Y, Wang G, Jiang H. A novel antibacterial and antifouling nanocomposite coated endotracheal tube to prevent ventilator-associated pneumonia. *J Nanobiotechnology*. 2022; 20(1):1-19. Disponible en: <https://jnanobiotechnology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12951-022-01323-x>
11. Azmi A, Mojtabavi S, Fakhrmousavi SAA, Faizi M, Forootanfar H, Samadi N, et al. Surface functionalization of endotracheal tubes coated with laccase–gadolinium phosphate hybrid nanoparticles for antibiofilm activity and contrasting properties. *Biomater Sci*. 2024; 12(3):674–690. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2024/bm/d3bm01406a>
12. Abdelaziz MM, Hefnawy A, Anter A, Abdellatif MM, Khalil MAF, Khalil IA. Respirable spray dried vancomycin coated magnetic nanoparticles for localized lung delivery. *Int J Pharm*. 2022; 611:121318. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.121318>
13. Cao Q, Wang Y. Effectiveness of nanoparticle-based antimicrobial agents in the prevention and treatment of Central Venous Catheter-Associated Bloodstream Infections. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2024. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10255842.2024.2310076>
14. Abu Jarad N, Prasad A, Rahmani S, Bayat F, Thirugnanasampanthar M, Hosseinidoust Z, et al. Smart Fabrics with Integrated Pathogen Detection, Repellency, and Antimicrobial Properties for Healthcare Applications. *Adv Funct Mater*. 2024; 34(41):2403157. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adfm.202403157>
15. Ha JH, Ko J, Ahn J, Jeong Y, Ahn J, Hwang S, et al. Nanotransfer Printing of Functional Nanomaterials on Electrospun Fibers for Wearable Healthcare Applications. *Adv Funct Mater*. 2024; 34(33):2401404. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adfm.202401404>