

Nanozimas: la nueva generación de agentes antimicrobianos para combatir la resistencia bacteriana

Ing. Karen Guadalupe Quintero Garrido

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica CIDETEQ

Mtro. Alejandro López Amador

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica CIDETEQ

***Dra. Beatriz Liliana España Sánchez**

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica SC

lespana@cideteq.mx



Resumen

La resistencia a los antimicrobianos, considerada una de las mayores amenazas para la salud pública mundial, exige nuevas soluciones frente a la pérdida de eficacia de los antibióticos. En este contexto, la nanotecnología ofrece herramientas innovadoras, y entre ellas destacan las nanozimas, diminutos materiales capaces de imitar la función de las enzimas naturales, proteínas que facilitan reacciones vitales en el organismo. Estas partículas además de atacar a bacterias, hongos o virus mediante diferentes mecanismos, son más estables, económicas y fáciles de producir que las enzimas convencionales. El artículo presenta cómo actúan las nanozimas, los métodos empleados para fabricarlas —incluyendo la síntesis verde, que aprovecha extractos de plantas y microorganismos para reducir el impacto ambiental— y sus posibles aplicaciones en la medicina, desde combatir infecciones resistentes hasta contribuir en el diagnóstico de enfermedades y la protección de células. De esta manera, se perfila un futuro prometedor donde las nanozimas podrían convertirse en aliadas clave contra uno de los problemas de salud más urgentes de nuestro tiempo.

Introducción

La resistencia a los antimicrobianos (RAM) representa hoy en día una de las amenazas más urgentes para la salud pública mundial. Este fenómeno ocurre cuando los microorganismos se adaptan a los antibióticos convencionales, por lo que eliminarlos del cuerpo humano se vuelve cada vez más difícil, lo que prolonga la permanencia de enfermedades infecciosas. De acuerdo con lo reportado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la RAM causa actualmente más de 1.2 millones de muertes al año, y de no tomar medidas efectivas, podría provocar hasta 10 millones de fallecimientos anuales hacia el 2050, superando incluso a enfermedades como el cáncer (Figura 1). Además de poner en riesgo la vida, la RAM incrementa la duración de las enfermedades y eleva de manera considerable los costos de su tratamiento.

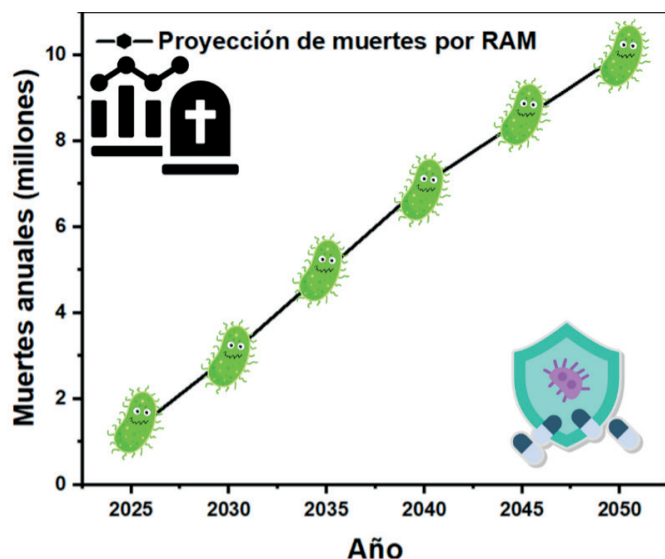


Figura 1. Prevalencia de muertes asociada con la resistencia a los antimicrobianos, con proyecciones de 2025 a 2050 (Fuente: elaboración propia).

Frente a este escenario alarmante, los científicos buscan constantemente desarrollar nuevas estrategias contra microorganismos peligrosos para la salud. Una de las alternativas más prometedoras en la lucha contra las enfermedades infecciosas es el uso de nanomateriales, los cuales se definen como materiales de tamaño muy reducido (menos de 100 nanómetros,

es decir, la mil millonésima parte de un metro), comparables al tamaño de un virus o incluso de algunos átomos.

Una de sus principales características es su capacidad de frenar el crecimiento de microorganismos tales como bacterias, hongos, e incluso inactivar virus, por lo cual han sido recientemente considerados como la nueva generación de agentes antimicrobianos [1].

Estos materiales pueden atacar a los patógenos de diversas formas: desde generar sustancias reactivas que dañan sus estructuras internas, hasta desestabilizar sus membranas o alterar procesos esenciales para su supervivencia, de acuerdo con lo ilustrado en la Figura 2.

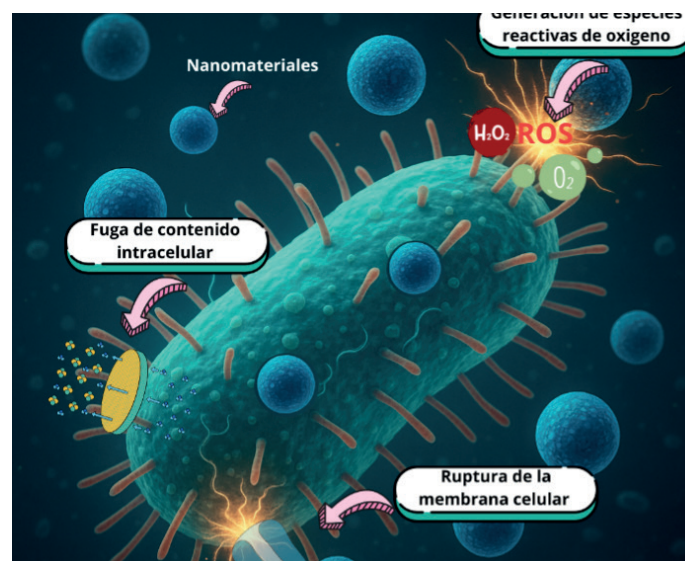


Figura 2. Efecto del uso de nanomateriales antimicrobianos en contacto con bacterias (Fuente: elaboración propia).

Nanomateriales: una alternativa innovadora contra los patógenos

Uno de los nanomateriales antimicrobianos que ha demostrado alta eficacia en contacto con patógenos son los denominados nanozimas. Por definición, las nanozimas son materiales a nanoescala que imitan la función de las enzimas naturales, esas proteínas esenciales que permiten que nuestro cuerpo realice actividades vitales como respirar, digerir alimentos o reparar células.

Lo fascinante de las nanozimas es que, al imitar estas funciones, pueden actuar de manera controlada y precisa, pero con ventajas adicionales: son más estables, más duraderas y mucho más fáciles de producir que las enzimas naturales. Además, su producción resulta más económica que la de enzimas comerciales. Gracias a estas características, las nanozimas se están posicionando como herramientas poderosas en la lucha contra las infecciones [2].

A diferencia de otros tratamientos convencionales, las nanozimas pueden eliminar bacterias sin fomentar la aparición de resistencia. Esto se debe a que su mecanismo de acción no depende de un solo punto de ataque, como sucede con muchos antibióticos, sino que generan compuestos reactivos que destruyen múltiples estructuras esenciales de los microorganismos, dificultando su adaptación.

Además, las nanozimas tienen la capacidad de imitar varias enzimas importantes. Por ejemplo, algunas actúan como peroxidasas, ayudando a destruir bacterias al generar sustancias tóxicas para ellas; otras funcionan como catalasas, protegiendo a las células humanas al descomponer compuestos dañinos como el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. También existen nanozimas que imitan a las oxidasas o a la superóxido dismutasa, las cuales contribuyen a eliminar contaminantes o neutralizar radicales libres que causan daño celular. Esta versatilidad convierte a las nanozimas en herramientas multifuncionales, útiles no solo para combatir infecciones, sino también para proteger tejidos y mejorar la salud en general.

Aplicaciones y métodos de síntesis

Otra gran ventaja de las nanozimas es su biocompatibilidad. Al imitar funciones naturales, pueden actuar dentro del cuerpo humano sin causar daños, lo que las hace seguras para su uso en tratamientos médicos.

Otra gran ventaja de las nanozimas es su biocompatibilidad. Al imitar funciones naturales, pueden actuar dentro del cuerpo humano sin causar daños, lo que las hace seguras para su uso en tratamientos médicos e hecho, ya se están explorando aplicaciones más allá del control bacteriano:

algunas investigaciones muestran que ciertas nanozimas pueden destruir células cancerosas sin dañar tejidos sanos, o incluso proteger a las neuronas en enfermedades como el Alzheimer y el Parkinson (Figura 3).

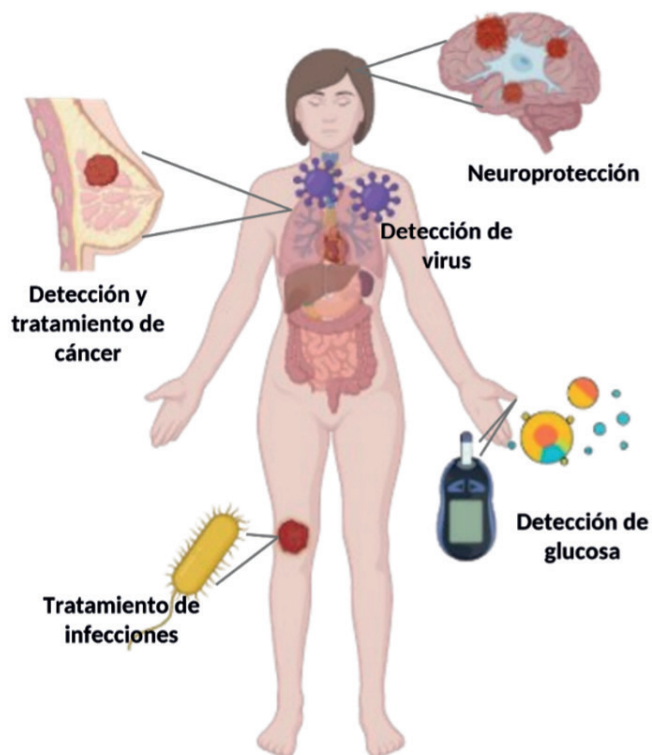


Figura 3. Principales aplicaciones biomédicas de las nanozimas (Fuente: elaboración propia).

También se están desarrollando sensores basados en nanozimas, que cambian de color al detectar bacterias, virus o niveles elevados de glucosa, lo que permitiría diagnósticos más rápidos y accesibles.

Para obtener estas nanozimas, se utilizan diferentes métodos de síntesis en el laboratorio. Técnicas como el método sol-gel, el hidrotermal o el solvotermal permiten controlar su tamaño, forma y propiedades, adaptándolas a la aplicación deseada. Aunque estos nombres suenan complicados, en esencia consisten en combinar distintos componentes bajo condiciones específicas de temperatura, presión o acidez para formar nanozimas con las características necesarias.

Sin embargo, en busca de un enfoque más ecológico y seguro, ha surgido la síntesis verde [3,4]. Este método utiliza extractos de plantas, microorganismos o materiales naturales como fuente para fabricar nanozimas, evitando sustancias tóxicas y reduciendo el impacto ambiental. Por ejemplo, algunas frutas o hojas contienen compuestos que, de manera natural, transforman sales metálicas en nanopartículas. Además de ser más amigable con el medio ambiente, la síntesis verde puede mejorar la compatibilidad de las nanozimas con el cuerpo humano, haciéndolas aún más seguras para aplicaciones médicas (Figura 4).

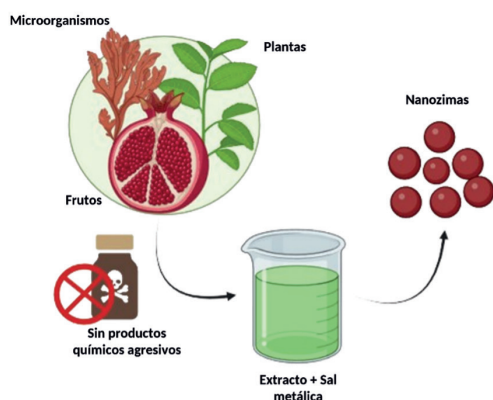


Figura 4. Esquema representativo de las diferentes fuentes naturales implicadas en la síntesis verde de nanozimas (Fuente: elaboración propia).

Conclusiones

Tomando en cuenta lo anterior, el Laboratorio de Nanomateriales Antimicrobianos del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ) está apostando por el desarrollo sustentable de materiales innovadores que sean capaces de evitar la propagación de enfermedades infecciosas. En particular, el objetivo es diseñar nuevas nanozimas antimicrobianas que contribuyan a enfrentar los retos de la resistencia microbiana de manera eficaz, segura y sostenible. Así, las nanozimas no solo representan un avance científico prometedor, sino también una esperanza tangible en la lucha contra uno de los problemas de salud más graves de nuestro tiempo: la resistencia a los antimicrobianos.

Referencias

- [1] F. Padilla-Vaca, C. L. Mendoza-Macías, B. Franco, F. Anaya-Velázquez, P. Ponce-Noyola, A. Flores-Martínez, "El mundo micro en el mundo nano: importancia y desarrollo de nanomateriales para el combate de las enfermedades causadas por bacterias, protozoarios y hongos," *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, vol. 11, pp. 15–27, 2018. doi: <https://doi.org/10.22201/CEIICH.24485691E.2018.21.62591>.
- [2] L. Mei, S. Zhu, Y. Liu, W. Yin, Z. Gu, Y. Zhao, "An overview of the use of nanozymes in antibacterial applications," *Chemical Engineering Journal*, vol. 418, p. 129431, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.CEJ.2021.129431>.
- [3] M. del C. Torres-Pedroza, A. F. Martínez-Ávila, K. Juárez-Moreno, M. Estevez, L. Álvarez-Contreras, M. E. Cruz-Soto, L. Granados-López, N. Arjona, B. L. España-Sánchez, "Multifunctional biological performance of electrospun PCL scaffolds formulated with silver sulfide nanoparticles," *Polymers (Basel)*, vol. 17, p. 230, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/POLYM17020230/S1>.
- [4] A. López-Amador, B. I. Jiménez-Muñoz, A. Gutierrez-Ortega, D. E. Elizondo-Quiroga, G. Luna-Bárceñas, L. G. Silva Vidaurri, M. Estevez, B. L. España-Sánchez, "Surface engineering of carbon dots synthesized from green sources with antiviral properties," *Materials Letters*, vol. 366, p. 136569, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.MAT-LET.2024.136569>.