

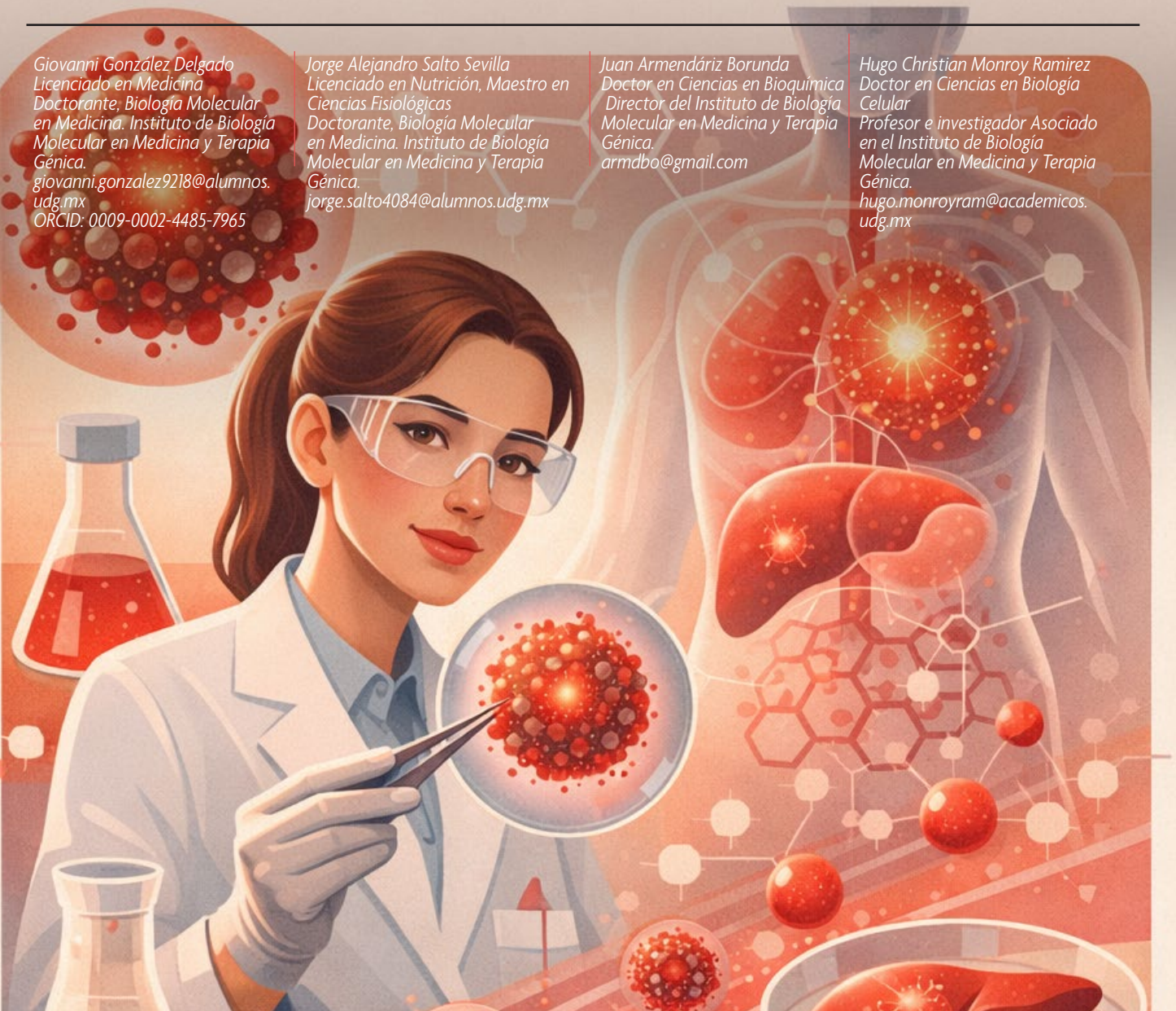
08. NANOPARTÍCULAS: NUEVOS ENFOQUES DE TRATAMIENTO PARA ENFERMEDADES DEGENERATIVAS.

Giovanni González Delgado
Licenciado en Medicina
Doctorante, Biología Molecular
en Medicina. Instituto de Biología
Molecular en Medicina y Terapia
Génica.
giovanni.gonzalez9218@alumnos.
udg.mx
ORCID: 0009-0002-4485-7965

Jorge Alejandro Salto Sevilla
Licenciado en Nutrición, Maestro en
Ciencias Fisiológicas
Doctorante, Biología Molecular
en Medicina. Instituto de Biología
Molecular en Medicina y Terapia
Génica.
jorge.salto4084@alumnos.udg.mx

Juan Armendáriz Borunda
Doctor en Ciencias en Bioquímica
Director del Instituto de Biología
Molecular en Medicina y Terapia
Génica.
armdb@gmail.com

Hugo Christian Monroy Ramirez
Doctor en Ciencias en Biología
Celular
Profesor e investigador Asociado
en el Instituto de Biología
Molecular en Medicina y Terapia
Génica.
hugo.monroyram@academicos.
udg.mx





RESUMEN

La incidencia y la prevalencia del cáncer aumentan de manera constante año tras año, mientras que los tratamientos convencionales suelen ser insuficientes o no todos los pacientes son candidatos a ellos. En este contexto, los avances en nanomedicina han impulsado el desarrollo de tecnologías innovadoras para el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas, incluido el cáncer. Entre estos avances destaca el uso de nanopartículas, estructuras de entre 10 y 100 nanómetros que poseen propiedades antioxidantes, capacidad para transportar sustancias *con actividad biológica* y que funcionan como marcadores de tejidos específicos, entre otras. Estas características ofrecen alternativas terapéuticas a los tratamientos convencionales, así como opciones para pacientes que no pueden acceder a ellos.

Las propiedades de las nanopartículas dependen de su material de origen (metales, carbono, cerámicos, entre otros), de su estructura y de las modificaciones que se les realicen, como la incorporación de *recubrimientos químicos*, lo que mejora su *uso en el organismo* y su actividad biológica. Su uso ha demostrado resultados prometedores en modelos experimentales *en cultivo celular y en animales*, así como en ensayos clínicos, y se ha aplicado con éxito en el tratamiento de diversos tipos de cáncer, en la cicatrización de heridas y en la reducción del estrés oxidativo.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónico-degenerativas (ECD) engloban un conjunto de padecimientos caracterizados por su progresión continua (que avanzan o empeoran con el tiempo), su origen multifactorial (más de una causa) y su frecuente coexistencia con otras enfermedades. Entre las ECD con mayor prevalencia a nivel mundial se encuentran la diabetes mellitus tipo 2, la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, las enfermedades neurodegenerativas y diversos tipos de cáncer. Hablando específicamente de cáncer, en 2020, se reportaron aproximadamente 19,3 millones de casos nuevos, lo que causó alrededor de 10 millones de muertes en todo el mundo ^[1, 2].

Los tratamientos actuales dependen de las particularidades de cada tipo de cáncer; mientras que algunos cuentan

con tratamientos altamente efectivos, otros carecen de opciones satisfactorias, lo que hace urgente el desarrollo de estrategias más eficientes. Esta necesidad impulsa la creación y la adopción de nuevas tecnologías para enfrentar enfermedades cada vez más complejas ^[2].

El cáncer, en particular, representa uno de los mayores retos para la salud, debido a múltiples factores que dificultan el desarrollo de tratamientos 100% efectivos. La mayoría de las terapias convencionales, como la cirugía, la quimioterapia y la radioterapia, se limitan a estados no avanzados de la enfermedad. En este sentido, la innovación tecnológica, incluida la nanotecnología, ha permitido desarrollar moléculas y sistemas prometedores con potencial para mejorar los resultados clínicos ^[1, 2, 3].



La nanotecnología se define como el campo de la ciencia que permite manipular materiales a escala nanométrica, generando estructuras incluso más pequeñas que el grosor de un cabello humano. Entre estos materiales destacan

las nanopartículas (NPs), cuya versatilidad y propiedades terapéuticas han recibido creciente atención. En los últimos años, sus aplicaciones han mostrado ventaja frente a los tratamientos convencionales y su uso en la práctica clínica parece ser solo cuestión de tiempo ^[3].

¿QUÉ SON LAS NANOPARTÍCULAS Y CUÁL HA SIDO SU IMPACTO EN LA BIOMEDICINA?

La nanomedicina, entendida como la aplicación médica de la nanotecnología, fue conceptualizada por el premio Nobel de Física Richard P. Feynman desde la década de 1960. Se denomina nanopartícula (NP) a cualquier material, principalmente de carbono, metales, cerámicas, grasas o polímeros, con un tamaño entre 10 y 100 nanómetros ^[4].

Las NPs pueden ser huecas, recubiertas o con un núcleo con diferentes materiales, y presentarse en variadas formas y tamaños, características que determinan sus propiedades físicas, químicas y terapéuticas ^[4].

En el tratamiento de ECD, las NPs recubiertas con grasas, polímeros y metales se han convertido en herramientas clave para el desarrollo de terapias y métodos diagnósticos.

Una de sus principales ventajas radica en la posibilidad de ser modificadas con compuestos que incrementen su uso en el organismo y su liberación a sitios específicos, optimizando la eficacia de fármacos ya existentes ^[3].

Algunas NPs modificadas poseen propiedades ópticas útiles para el diagnóstico clínico, la detección temprana de tumores, la medición de moléculas en sangre o la protección durante la radioterapia. Estas aplicaciones han consolidado a las NPs como herramientas valiosas, tanto dentro como fuera del ámbito médico ^[4].

PANORAMA ACTUAL DE LOS TRATAMIENTOS CONTRA EL CÁNCER



En oncología, las limitantes actuales derivan no solo de la efectividad de las terapias, sino también de factores como los efectos adversos de la quimioterapia y la radioterapia, los elevados costos y los retrasos en el diagnóstico oportuno. El uso creciente de NPs ha mostrado potencial para mejorar el perfil de seguridad de los tratamientos y optimizar los costos, al tiempo que se reduce la frecuencia de los efectos adversos ^[3].

El diseño flexible de las NPs permite desarrollar candidatos como tratamientos para distintos tipos de cáncer. No obstante, solo una pequeña fracción llega a las etapas finales de investigación antes de su aplicación clínica. Las diferencias entre tumores y la complejidad biológica del cáncer siguen siendo retos considerables ^[2, 5].

Entre los tipos de cáncer más letales, el carcinoma hepatocelular (HCC) se sitúa como la principal forma de cáncer de hígado, ocupando en 2022 el quinto lugar en incidencia y el tercero en mortalidad a nivel mundial, después del cáncer de pulmón y de colon. Las terapias actuales para el HCC incluyen combinaciones de cirugía y tratamiento farmacológico, que, en casos tempranos, pueden extender la supervivencia hasta cinco años. Sin embargo, la eficacia depende en gran medida del estadio de la enfermedad [2, 3].

En este contexto, las NPs, incluidas las metálicas, como las de cerio, han mostrado resultados prometedores: distribución más eficiente de fármacos al interior de las células, reducción de la oxidación y envejecimiento de las células, promoción de la cicatrización, modulación del microambiente tumoral y actividad antitumoral [2, 3, 4, 5].

PERSPECTIVAS: EL FUTURO DE LA NANOTERAPIA

Independientemente de su origen o modificación, las NPs representan una alternativa innovadora, funcional y prometedora gracias a sus propiedades físico-químicas, su relación costo-beneficio y su particular potencial de uso seguro, especialmente cuando se modifican con moléculas activas compatibles con el organismo. Actualmente, estudios en animales y humanos nos han

permitido avanzar y comprender mejor los aspectos clave de diversos tipos de cáncer (esófago, hígado, cervicouterino, entre otros) y de otras ECD de tal forma que podemos diseñar NPs que se enfoquen en los puntos débiles de las ECD, pero más en el cáncer, porque aún representa un enorme desafío [5].

Pese a estos avances, aún persisten limitaciones para su uso en la práctica clínica. En algunos casos, el perfil de seguridad está bien establecido, mientras que en otros aún requiere optimización. Será fundamental establecer tratamientos que permitan demostrar su efectividad contra las ECD, especialmente el cáncer, pero también que permitan su aplicación en otras enfermedades, como las infecciosas, así como, el desarrollo de métodos diagnósticos más sensibles y accesibles [4, 5].

La nanotecnología, y en particular la nanomedicina, ofrece soluciones viables y de alto impacto para el tratamiento de múltiples enfermedades. Aunque las ECD constituyen el foco de este texto, el potencial de las NPs trasciende, abriendo la puerta a estrategias innovadoras frente a problemas de salud persistentes que, hasta hace poco, carecían de alternativas efectivas contra enfermedades como las que se muestran en la Figura 1.

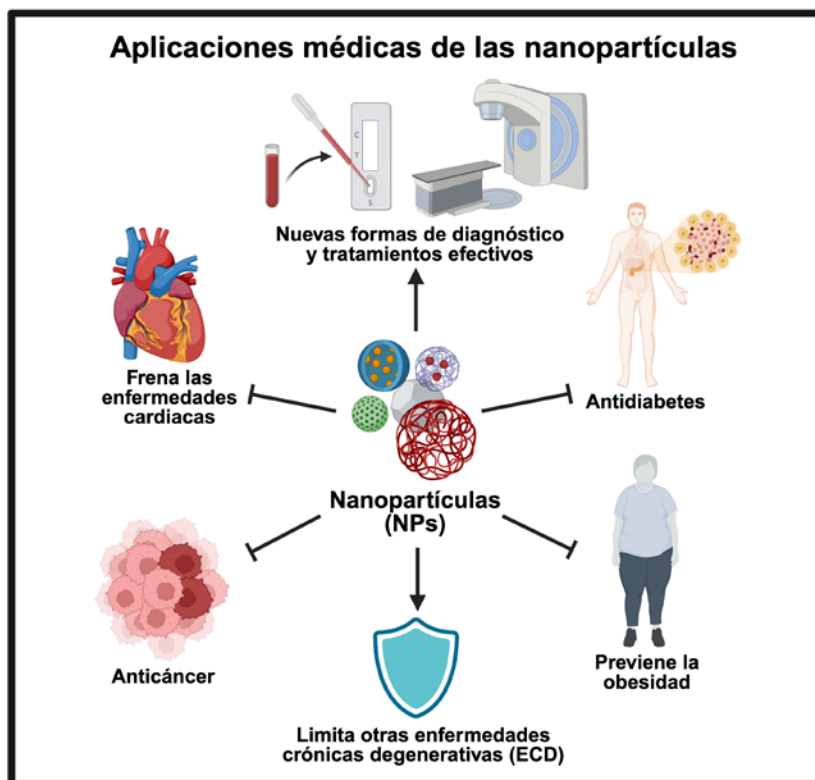


Figura 1. Aplicaciones médicas de las nanopartículas.

Las nanopartículas ofrecen nuevas estrategias de diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades crónicas. Destacan por su potencial anticancerígeno, antidiabético, cardioprotector y en la limitación de padecimientos degenerativos.



CONCLUSIÓN

Las ECD representan un gran número de enfermedades que, desafortunadamente, encabezan las principales causas de muerte en el mundo. Dependiendo de la enfermedad, podemos acceder a diversos tipos de tratamiento que influyen directamente en la esperanza de vida. Aunque las ECD pueden resultar mortales, no todas presentan el mismo nivel de letalidad.

El cáncer se considera una ECD por sus características y es una de las más devastadoras. Desafortunadamente, los tratamientos actuales tienen una eficacia limitada, lo que influye en el pobre pronóstico de vida de las personas que viven con cáncer. El uso de la nanotecnología es un avance revolucionario para múltiples campos de la ciencia, particularmente, la creación de nanomateriales tan diminutos como las NPs, lo que ha abierto una gama de opciones terapéuticas novedosas con potencial, totalmente diferentes de los tratamientos convencionales, que en muchas ocasiones generan efectos adversos. La nanoterapia ha demostrado ser un enfoque prometedor con resultados en modelos con animales; sin embargo, aún quedan aspectos como la seguridad, la manufactura, la regulación ética y la infraestructura hospitalaria que deben resolverse para posicionar las NPs como un tratamiento que pueda ser utilizado en los sistemas de salud de todo el mundo y, de esta forma, empezar poco a poco a ganar la batalla contra una de las enfermedades más devastadoras, el cáncer.

Referencias Bibliográficas

1. Fan D, Cao Y, Cao M, Wang Y, Cao Y, Gong T. Nanomedicine in cancer therapy. *Signal Transduct Target Ther* [Internet]. 2023;8(1):293. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41392-023-01536-y>
2. Li Y, Zou H, Zheng Z, Liu Z, Hu H, Wu W, et al. Advances in the study of bioactive nanoparticles for the treatment of HCC and its postoperative residual cancer. *Int J Nanomedicine* [Internet]. 2023;18:2721–35. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2147/IJN.S399146>
3. Nosrati H, Heydari M, Khodaei M. Cerium oxide nanoparticles: Synthesis methods and applications in wound healing. *Mater Today Bio* [Internet]. 2023;23(100823):100823. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mtbio.2023.100823>
4. Zhao Z, Cao Y, Xu R, Fang J, Zhang Y, Xu X, et al. Nanoparticles (NPs)-mediated targeted regulation of redox homeostasis for effective cancer therapy. *Smart Mater Med* [Internet]. 2024;5(2):291–320. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.smaim.2024.03.003>
5. Monroy-Ramirez HC, Salto-Sevilla J, Arceo-Orozco S, Caloca-Camarena F, Flores-Peña R, Lopez-Mena E, et al. Cerium oxide nanoparticles: a promising nanotherapy approach for chronic degenerative diseases. *J Mater Sci Mater Eng* [Internet]. 2025;20(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s40712-025-00295-8>

