



Aplicación de las nanotecnologías y las nanopartículas en el campo de las ciencias de la salud

Application of nanotechnologies and nanoparticles in the field of health sciences

Gabriel Arturo Soto Ojeda^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6064-6725>

Juan Pablo Martínez Castillo¹ <https://orcid.org/0009-0008-9907-7994>

Mauro Antonio Villanueva Lendechy¹ <https://orcid.org/0009-0007-6231-8072>

¹ Facultad de Química Farmacéutica Biológica. Universidad Veracruzana. México

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: gsoto@uv.mx

RESUMEN

Introducción: La nanotecnología y la utilización de nanomateriales y nanopartículas ofrecen enormes posibilidades para mejorar la vida humana.

Objetivo: Argumentar la importancia del uso y estudio de la nanotecnología y las nanopartículas en el campo de las ciencias de la salud.

Métodos: Revisión bibliográfica narrativa sobre las nanotecnologías y el uso de las

nanopartículas en las ciencias de la salud. Se realizó una búsqueda en bases de datos como: Scopus, Scielo, en repositorios de universidades y libros en Internet a través de Google Scholar. Se obtuvieron de inicio 45 referencias a partir de artículos, tesis y textos impresos, fueron tomados en cuenta 26 por su pertinencia, actualidad y resultados científicos sólidos.

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

Desarrollo: En la actualidad la nanotecnología, busca posicionarse como la nueva revolución tecnológica. Se basa en la investigación y el uso de nanomateriales los cuales han atrajo mucho interés debido a su tamaño reducido y a las nuevas estructuras que pueden formarse con ellas y que exhiben propiedades biológicas, físicas, químicas, significativamente mejoradas y en comparación con sus precursores moleculares. En consistencia, la nanociencia y la nanotecnología ha vinculado la ingeniería con la biología, la química y la física, potencializando a sus posibles

aplicaciones en una amplia variedad de campos como la electrónica, la cerámica, la catálisis, almacenamiento de datos magnéticos, componentes estructurales, alimentos, cosméticos, biológicos y médicos.

Conclusiones: El surgimiento y desarrollo de la nanotecnología y la nanomedicina permite diseñar sistemas que ayuden a mejorar las propiedades biológicas de diferentes sustancias.

Palabras clave: nanotecnología; nanopartículas; nanomedicina; innovación tecnológica.

ABSTRACT

Introduction: Nanotechnology and the use of nanomaterials and nanoparticles offer enormous possibilities to improve human life.

Objective: To argue the importance of the use and study of nanotechnology and nanoparticles in the field of health sciences.

Methods: narrative bibliographic review on nanotechnologies and the use of

nanoparticles in health sciences. A search was carried out in databases such as Scopus, Scielo, in university repositories and books on the Internet through Google Scholar. Initially, 45 references were obtained from articles, theses and printed texts, 26 were taken into account for their relevance, timeliness and solid scientific results.

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

[relinmedquir@infomed.sld.cu](mailto:revinmedquir@infomed.sld.cu)

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

Development: Nanotechnology is currently seeking to position itself as the new technological revolution. It is based on the research and use of nanomaterials which have attracted much interest due to their reduced size and the new structures that can be formed with them and which exhibit significantly improved biological, physical, and chemical properties compared to their molecular precursors. In consistency, nanoscience and nanotechnology have linked engineering with biology, chemistry, and

physics, enhancing their possible applications in a wide variety of fields such as electronics, ceramics, catalysis, magnetic data storage, structural components, food, cosmetics, biological, and medical.

Conclusions: The emergence and development of nanotechnology and nanomedicine allows the design of systems that help improve the biological properties of different substances.

Keywords: nanotechnology; nanoparticles; nanomedicine; technological innovation.

Recibido: 22/01/2025

Aceptado: 17/02/2025

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es una ciencia relativamente nueva que consiste en el estudio, análisis, estructuración, formación, diseño y operación de materiales a escalas moleculares, a los cuales llamamos nanomateriales;^(1, 2) es definida como la disciplina encargada del estudio, diseño, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales, mediante el control de la materia a nanoescala y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia también a nanoescala.^(2, 3) La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis,

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

[relinmedquir@infomed.sld.cu](mailto:revinmedquir@infomed.sld.cu)

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanos escala mediante la explotación de fenómenos y sus propiedades.^(4, 5)

En la actualidad la nanotecnología, busca posicionarse como la nueva revolución tecnológica. Se basa en la investigación y el uso de nanomateriales los cuales han atrajo mucho interés debido a su tamaño reducido (1-100 nm) y a las nuevas estructuras que pueden formarse con ellas y que exhiben propiedades biológicas, físicas, químicas, significativamente mejoradas y en comparación con sus precursores moleculares.⁽⁶⁾

En consistencia, la nanociencia y la nanotecnología ha vinculado la ingeniería con la biología, la química y la física, potencializando a sus posibles aplicaciones en una amplia variedad de campos como la electrónica, la cerámica, la catálisis, almacenamiento de datos magnéticos, componentes estructurales, alimentos, cosméticos, biológicos y médicos.⁽⁷⁾

Un uso creciente de los nanomateriales se ha reportado en aplicaciones biológicas relacionadas con la medicina como: sensores, productos sanitarios, cosméticos y agentes conservantes, debido a una mayor seguridad y estabilidad en comparación con los precursores al granel o sus contrapartes orgánicas.⁽⁷⁾ La nanotecnología es hoy una de las ramas de la ciencia con más capacidad de revolucionar la vida en todas sus vertientes, su impacto desencadenará una segunda revolución industrial.⁽⁶⁾

En los últimos años la nanotecnología pretende posicionarse como una nueva revolución tecnológica, llegando al nivel industrial al concebirse como el campo de las ciencias aplicadas concerniente a la manipulación de la materia a una escala menor de un micrómetro.⁽⁸⁾ La síntesis de nanomateriales, de acuerdo con su procedencia, se clasifican en origen natural, incidental (cuando surgen durante la combustión) y artificial; por su parte, los procesos de fabricación de nanomateriales se clasifican en descendentes/ascendentes.^(9, 10)

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

Las técnicas descendentes (*top-down*) consisten en la división de material macroscópico o grupo de materiales sólidos hasta llegar al tamaño nanométrico, se usan métodos físicos como la molienda o el desgaste, métodos químicos y la volatilización de un sólido seguido por la condensación de los componentes volatilizados, hasta obtener una serie de ensambles que van siendo controlados con precisión hasta llegar al tamaño deseado; por otra parte, las técnicas ascendentes (*bottom-up*) consisten en la fabricación de nanopartículas con capacidad de auto ensamblarse o autoorganizarse a través de la condensación de átomos o entidades moleculares en una fase gaseosa o en solución.^(9, 10)

El surgimiento y desarrollo de la nanotecnología y la nanomedicina permite diseñar sistemas que ayuden a mejorar las propiedades biológicas de diferentes sustancias. Entonces, “*la nanomedicina utiliza herramientas de tamaño nanométrico para el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades y para obtener una mayor comprensión de la compleja fisiopatología subyacente de la enfermedad*”.⁽¹¹⁾

Por tal motivo, diversos estudios se han encaminado a los nanomateriales, debido a que estos pueden exhibir propiedades biológicas, físicas, químicas, significativamente mejoradas y en comparación con sus precursores moleculares.⁽⁸⁾ Por lo que, es factible que su incorporación en el estudio de nuevos materiales con potenciales propiedades biológicas tenga un beneficio, no sólo en la medicina, sino también en las ciencias de los materiales. Las nanopartículas (NPs) presentan especial interés, ya que tienen la capacidad de mejorar potencialmente la entrega de medicamentos, pudiendo encapsular fármacos y dirigirlos al tejido diana de forma controlada y precisa.⁽¹²⁾

A partir de los elementos planteados, la presente investigación estableció como objetivo: argumentar la importancia del uso y estudio de la nanotecnología y las nanopartículas en el campo de las ciencias de la salud.

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





MÉTODOS

Revisión bibliográfica narrativa sobre las nanotecnologías y el uso de las nanopartículas en las ciencias de la salud. Se realizó una búsqueda en bases de datos como: Scopus, Scielo, Pubmed, en repositorios de universidades y libros en Internet a través de Google Scholar. Se obtuvieron de inicio 45 referencias a partir de artículos, tesis y textos impresos, fueron tomados en cuenta 26 por su pertinencia, actualidad y resultados científicos evidenciados.

DESARROLLO

Nanopartículas (NPs) y sus aplicaciones en medicina

Las nanopartículas (NPs) son estructuras con tamaños inferiores a 100 nanómetros (es decir 1×10^{-7} m), que pueden ser sintetizadas a partir de diferentes materiales, incluyendo metales.⁽¹⁰⁾ Son producidas a partir de diferentes tipos de metales como el oro, hierro, platino o de óxidos metálicos. En el campo clínico, las NPs se usan como vehículo para transportar fármacos que mejoran la selectividad del tratamiento, esto significa que permiten que se localice mejor el sitio de acción donde se debe liberar el medicamento, con una eficacia de tan solo segundos, en comparación con fármacos que pueden tener el efecto después de 10 o 15 minutos.^(10, 13)

Las NPs son estructuras con dimensiones similares en tamaño a muchas moléculas biológicas y su utilización llevó al surgimiento y desarrollo de la nanomedicina, rama de la nanotecnología que permite diagnosticar, tratar y prevenir enfermedades y traumatismos, aliviar el dolor, preservar y mejorar la salud humana, utilizando herramientas y conocimientos moleculares del cuerpo humano.⁽¹⁴⁾ Además, gracias a su tamaño tan pequeño y forma pueden incorporar

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

[relinmedquir@infomed.sld.cu](mailto:revinmedquir@infomed.sld.cu)

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

sustancias que faciliten el reconocimiento de las células y los tejidos, actuando como biosensores para detectar si se padece alguna anomalía en el cuerpo. Son sistemas hechos de polímeros naturales que contienen una sustancia activa, se utilizan en el acarreo de medicamentos.^(10, 13)

En 2003 se desarrolló la nanotaxonomía, clasificación que agrupa los avances de la nanomedicina y que permite evidenciar sus diversas aplicaciones.⁽¹⁵⁾

Las nanopartículas son transportadores superiores a los liposomas debido a su mayor estabilidad y a las propiedades relacionadas con el control en la liberación de los compuestos activos. Se han utilizado en la administración de una gran cantidad de medicamentos como antibióticos, antivirales, antiparasitarios, citostáticos, vitaminas, proteínas y péptidos, incluyendo hormonas y enzimas.⁽⁵⁾

Nanotecnología farmacéutica y mejoramiento de propiedades biológicas

En la actualidad, la nanotecnología es una de las ciencias que ha ido avanzando rápidamente y que hoy en día tiene una mayor influencia en todos los campos del desarrollo científico y tecnológico. La nanofarmacia se define como el uso de la nanotecnología para la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades y heridas, así como para mejorar la salud y funcionamiento del organismo humano y de otros seres vivientes.⁽⁵⁾

El campo de la medicina y la farmacia no han sido la excepción, ya que los sistemas biológicos interactúan con su medio ambiente a través de moléculas y estructuras multimoleculares que operan en la nano escala, es ahí donde es fácil comprender por qué la nanotecnología tiene tanto potencial en el área de la salud, los productos farmacéuticos y la biotecnología, debido a las ventajas que éstas poseen respecto a otros sistemas entre las cuales se encuentran:⁽⁵⁾

- Capacidad para proteger la molécula encapsulada frente a su eventual degradación desde el momento de la administración en el paciente hasta que alcanza su lugar de acción o de absorción.
- Capacidad para atravesar las barreras biológicas como la piel, las mucosas gastrointestinal

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

o respiratoria o, también la barrera hematoencefálica.

- Capacidad para alcanzar el órgano, tejido o grupo celular diana donde la molécula debe ejercer su acción.
- Capacidad para alcanzar compartimentos intracelulares.
- Capacidad para controlar la liberación de la molécula activa en su sitio de acción o de absorción.

Las aplicaciones de la nanofarmacia incluirán el descubrimiento de nuevos agentes farmacéuticos, el desarrollo de sistemas de liberación de fármacos con localización o direccionamiento específico.⁽¹⁶⁾

El futuro de la farmacia, en el área de la nanotecnología, con respecto al desarrollo de productos terapéuticos y sistemas de suministro de fármacos, estará ligado o será relativo a:⁽¹⁶⁾

- El diseño de materiales estructurados, multifuncionales, capaces de atacar enfermedades específicas.
- El diseño de materiales conteniendo funciones que permitan el transporte a través de las barreras biológicas.
- El diseño de plataformas nanoestructuradas para la ingeniería de tejidos.
- El diseño de dispositivos sensibles a estímulos para la liberación de fármacos.
- El diseño de tratamientos orientados físicamente para la administración local de productos terapéuticos (véase pulmón, ojo o piel).

Nanosistemas transportadores de activos farmacéuticos

Son sistemas de tamaño nanométrico que permiten la encapsulación, la unión covalente o la adsorción de moléculas activas. Como consecuencia de su pequeño tamaño, estas estructuras presentan una elevada relación superficie/volumen, con valores de superficie específica mayores de $60 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$; y una forma especial de interaccionar con las membranas celulares, que depende tanto de su tamaño como de sus características superficiales, y que puede determinar la eficacia y

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

la toxicidad del material.⁽¹⁷⁾

Dentro de estos nanosistemas se encuentran los liposomas, las nanopartículas poliméricas o lipídicas, las micelas poliméricas, los dendrimeros, los conjugados poliméricos y conjugados con anticuerpos, los nanotubos de carbono y otros nanotransportadores.⁽¹⁷⁾

Son diversos los desarrollos actuales de la nanotecnología, sin embargo, las nanopartículas (NPs) son las más conocidas y estudiadas. En este sentido la nanotecnología ha cobrado relevancia en los últimos años, ya que los beneficios que los materiales nanoparticulados confieren a esta área permite desarrollos que no se han podido lograr utilizando otras ciencias.⁽³⁾

Nanotecnología y plantas medicinales

El uso de materiales obtenidos de la naturaleza ha permitido el aprovechamiento de diferentes biomoléculas formadas por los organismos vivos, que han sido el resultado de millones de años de evolución. Con la constante evolución de la medicina industrial, el uso de las plantas medicinales representa una alternativa para el abordaje terapéutico de diversos padecimientos.⁽¹⁸⁾

Por lo anterior, diversas instituciones se dedican a la investigación de plantas medicinales, debido a que estudios científicos consideran a la herbolaria como una opción viable para el tratamiento de los problemas de la salud, esto se debe a que las plantas contienen moléculas con múltiples efectos benéficos para aliviar diversos padecimientos, siendo entonces la investigación combinada de las plantas medicinales y la nanotecnología una alternativa que permite una sinergia entre las plantas medicinales y la nanotecnología.⁽¹⁹⁾

Síntesis verde

La producción tradicional de nanopartículas utiliza materiales tóxicos como son los solventes y surfactantes que pueden afectar el medio ambiente. La síntesis verde es una técnica alternativa de bioproducción de material nanoparticulado junto con material metálico (oro, plata, hierro y óxidos metálicos), que busca ser amigable con el medioambiente.⁽¹⁰⁾

El uso de extractos de plantas para sintetizar nanopartículas es el método más rápido. Por otro lado,

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

relinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

uno de los objetivos de la nanotecnología verde es el de usar nanomateriales verdes para reemplazar productos sintéticos como son los plásticos. ^(10, 20)

Se ha empleado la nanotecnología para mejorar las propiedades de plantas medicinales, como en el caso del trabajo que evalúa la actividad hipoglucémica y antihiperlipidémica de nanomatrices de TiO₂ con extracto de *Stevia rebaudiana bertoni* en ratas diabéticas inducidas con aloxano, donde se emplearon nanomatrices para favorecer los efectos de *Stevia*. ⁽²¹⁾

Otro estudio fue el reportado por Rosas y col ⁽²²⁾ en 2015, al desarrollar nanomatrices de ZnO y extracto de plátano, con el objetivo de favorecer los efectos cicatrizantes del mismo. Un estudio realizado por Letsholathebe y col ⁽²³⁾ sobre la síntesis verde de extracto de hoja de *Moringa oleifera* adicionada con ZnO utilizando tinte amarillo mostró tener una buena actividad antimicrobiana y foto-catalítica. Existen diversos estudios que emplean ZnO nano particulado con múltiples aplicaciones, algunas de ellas en el campo de la medicina en combinación con plantas medicinales.

Nanopartículas de ZnO

El óxido de zinc (ZnO) es un material adaptable que tiene propiedades distintivas, como alta sensibilidad, gran área específica, no toxicidad, buena compatibilidad y un alto punto isoeléctrico, lo que favorece que se considere con algunas excepciones, se encuentra dentro del grupo de nanoestructuras más deseables debido a su estructura y propiedades, características morfológicas que lo convierten en un material llamativo que se utiliza ampliamente como contraparte de un alcance significativo de aplicaciones energéticas y biológicas. ⁽²⁴⁾

Los materiales nanoestructurados a base de ZnO han demostrado ser un candidato adecuado para la unión de sustancias biológicas; investigaciones recientes revelan que el objetivo detrás del uso de nanoestructuras para aplicaciones de biodetección es aumentar la relación superficie-volumen, lo que mejora su reactividad y les permite translocarse más fácilmente a través de la membrana celular y unir eficientemente los analitos. ⁽²⁴⁾

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

El ZnO, además de ser útil como matrices para transportar y estabilizar al fármaco durante el tratamiento, también posee propiedades terapéuticas sobre las irritaciones y heridas superficiales por su efecto astringente y antibacteriana en las concentraciones adecuadas, protegiendo la lesión de infecciones. El óxido de Zinc es un material que por sus características es empleado tanto en la industria cosmética y farmacéutica, así como en la fabricación de pinturas y en la catálisis del caucho.⁽²⁵⁾

En el ámbito científico, sus propiedades como semiconductor, piezoelectrónico, piroelectrónico y fotocatalítico son aprovechadas para aplicaciones tecnológicas en optoelectrónica, sensores y transductores; mientras que, se ha demostrado su potencial en aplicaciones biológicas debido a sus propiedades: antimicrobianas, antiinflamatorias y tratamiento de heridas, entre otras. El ZnO ha mostrado ventajas como transportador de fármacos y posee un comportamiento citotóxico para el tratamiento del cáncer.⁽²⁵⁾

Por otra parte, debido a su baja toxicidad, biocompatibilidad y biodegradabilidad lo convierten en un material de interés para la biomedicina y en sistemas pro-ecológicos como los cosméticos.⁽²⁵⁾

Nanopartículas de ZnO

Dado el creciente interés por las nanopartículas de ZnO, se han desarrollado diferentes técnicas de preparación, tales como la deposición química de vapor, método hidrotermal, precipitación química, descomposición química, método Sol-Gel, láser pulsado, rociado pirólico y glicolato, entre otros.⁽²¹⁾

La técnica Sol-Gel es el método más atractivo para la síntesis de nanopartículas de ZnO debido a su bajo costo de producción, alta confiabilidad, repetibilidad, simplicidad, baja temperatura de proceso, facilidad de control de las características físicas y morfológica de las nanopartículas, homogeneidad compositiva y propiedades ópticas.⁽²¹⁾

Nanopartículas utilizadas en enfermedades del sistema nervioso central

En el caso de las enfermedades del Sistema Nervioso Central (SNC), la prioridad es que el

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

relinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

fármaco cruce la barrera hematoencefálica (BHE). Las nanoestructuras más adecuadas para este tipo de transporte son las NPs sólidas. Las enfermedades o trastornos del SNC suponen un problema de salud a nivel mundial debido al aumento de envejecimiento en la población y la falta de tratamientos efectivos para las mismas.⁽²⁴⁾

En este sentido, las nanopartículas poliméricas que contienen distintos agentes activos encapsulados, consiguen favorecer el paso de estos al tejido diana (cerebro), lo que abre la posibilidad de emplearlas en el tratamiento de enfermedades del sistema nervioso como es la ansiedad y depresión, entre otras; una posibilidad que se aborda en el presente trabajo.⁽²⁴⁾

CONCLUSIONES

El surgimiento y desarrollo de la nanotecnología y la nanomedicina permite diseñar sistemas que ayuden a mejorar las propiedades biológicas de diferentes sustancias. Las nanopartículas presentan especial interés, ya que tienen la capacidad de mejorar potencialmente la entrega de medicamentos, pudiendo encapsular fármacos y dirigirlos al tejido diana de forma controlada y precisa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dalla Via L, Mejía M, García-Argáez AN, Braga A, Toninello A, Martínez-Vázquez M. Anti-inflammatory and antiproliferative evaluation of 4β-cinnamoyloxy, 1β, 3α-dihydroxyeudesm-7,8-ene from Verbesina persicifolia and derivatives. Bioorg Med Chem [Internet]. 2015 [acceso: 15/04/2024]; 23(17):5816-28. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2015.07.002>. Epub 2015 Jul 7. PMID: 26190458.
2. Rodríguez Ztlalpopoca E, Bravo Nieves A. «Nanotecnología Verde Contra La Resistencia Antibacteriana». Nextia [Internet]. 2021 [acceso: 15/04/2024]; 11-27. Disponible en: <http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>
revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

[https://doi:10.5281/zenodo.5639490.](https://doi:10.5281/zenodo.5639490)

3. Calle Kantuta, GN. Nanotecnología conceptos generales. Rits [Internet]. 2010 [acceso: 15/04/2024]; 7-9. Disponible en:

http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1997-40442010000200002&lng=en&nrm=iso. ISSN 1997-4044.

4. Guerrero-Arellano HE, Caicedo-Salazar JA, Guerrero-Zambrano EO. La Nanotecnología farmacéutica es una realidad. Dominio de las Ciencias [Internet]. 2017 [acceso: 15/04/2024]; 3(2), 526-538. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/dc.v3i2.436>

5. Gabriel S, Nelly R, Salomé G, Víctor G, Alexis D. Síntesis de Nanopartículas de ZnO por el Método de Pechini. Revista Politécnica [Internet] 2016 [acceso: 15/04/2024]; 38 (1). Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/522

6. Cioffi N, Rai M. Nano-antimicrobials: progress and prospects. II Edición. Estados Unidos. Springer Science & Business Media [Internet]. 2012 [acceso: 15/04/2024]. Disponible en: <https://www.amazon.com/Nano-Antimicrobials-Progress-Prospects-Nicola-Cioffi/dp/3642244270>

7. Gómez NB. Una revolución en el diseño y la ingeniería: Nanomateriales. Nota Editorial [Internet]. 2016 [acceso: 15/04/2024]. Disponible en: <https://a3manos.isdi.co.cu/index.php/a3manos/article/view/58>

8. Makarov VV, Love AJ, Sinitsyna OV, Makarova SS, Yaminsky IV, Taliantsky ME, Kalinina NO. "Green" nanotechnologies: synthesis of metal nanoparticles using plants. Acta Naturae [Internet]. 2014 [acceso: 15/04/2024]; 6(1):35-44. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24772325/>

9. Gómez-Garzón M. Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde. Revista Repertorio de Medicina y Cirugía [Internet]. 2018 [acceso: 15/04/2024]; 27(2):75-80. Disponible en: <https://revistas.fucsalud.edu.co/index.php/repertorio/article/view/191>

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

10. Olmo Martínez SMD. Nanomateriales dirigidos al sistema nervioso central (SNC). Contribución de la nanotecnología al desarrollo de sistemas de administración de fármacos al cerebro. [Internet] 2020 [acceso: 15/04/2024]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/19450>
11. Patra JK DG, Fraceto LF, Campos EVR, Rodriguez-Torres MDP, Acosta-Torres LS, Díaz-Torres LA, Grillo R, Swamy MK, Sharma S, Habtemariam S, Shin HS. Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. *J Nanobiotechnology* [Internet]. 2018 [acceso: 15/04/2024]; 16(1):71. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0392-8>. PMID: 30231877; PMCID: PMC6145203
12. Huang Y, Fan CQ, Dong H, Wang SM, Yang XC, Yang SM. Current applications and future prospects of nanomaterials in tumor therapy. *Int J Nanomedicine* [Internet]. 2017 [acceso: 15/04/2024]; 12:1815-1825. Disponible en: <https://doi.org/10.2147/IJN.S127349>. PMID: 28331307; PMCID: PMC5348070
13. Stanley S. Biological nanoparticles and their influence on organisms. *Current opinion in biotechnology*. Stanley S. Biological nanoparticles and their influence on organisms. *Curr Opin Biotechnol* [Internet]. 2014 [acceso: 15/04/2024]; 28:69-74. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.11.014>. Epub 2014 Jan 8. PMID: 24832077
14. Wolbring G. The Triangle of Enhancement Medicine, Disabled People, and the Concept of Health: A New Challenge for HTA, Health Research, and Health Policy; Alberta Heritage Foundation for Medical Research, Health Technology Assessment Unit: Edmonton, Alberta, Canada [Internet]. 2006 [acceso: 15/04/2024]: 93-95. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/259219571-HTA_Initiative_23_The_triangle_of_enhancement_medicine_disabled_people_and_the_concept_of_health_a_new_challenge_for_HTA_health_research_and_health_policy
15. Villafuerte-Robles L. Nanotecnología farmacéutica. Razón y palabra [Internet]. 2009 [acceso: 15/04/2024];(68): 1-20. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199520297009>

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

16. Torres Suárez AIT. La nanotecnología aplicada al desarrollo de medicamentos. Diagnóstico [Internet]. 2016 [acceso: 15/04/2024]; 55(1): 33-37. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-788699?lang=es>
17. Lu Y, Ozcan S. Green nanomaterials: On track for a sustainable future. Nano Today [Internet]. 2015 [acceso: 15/04/2024]; 10(4), 417-420. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2015.04.010>.
18. Díaz A, Villegas O, Castro Lino A, Treviño S, Carmona-Gutiérrez G, González-Coronel MA, Moreno-Rodríguez JA. Estudios preliminares sobre la actividad hipoglicémica y antihiperlipidémica de nanomatrices de TiO₂ con extracto de Stevia rebaudiana bertoni en ratas diabéticas inducidas con aloxano. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas [Internet]. 2013 [acceso: 15/04/2024]; 44(4):36-42. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57930578005>
19. Fernández-Hernández JP, Torres B, López AJ, Rams J. The Role of the Sol-Gel Synthesis Process in the Biomedical Field and Its Use to Enhance the Performance of Bioabsorbable Magnesium Implants. Gels [Internet]. 2022 [acceso: 15/04/2024]; 8(7):426. Disponible en: <http://10.3390/gels8070426. PMID: 35877511; PMCID: PMC9315552>.
20. Letsholathebe D, Thema FT, Mphale K, Maabong K, Magdalane CM. Green synthesis of ZnO doped *Moringa oleifera* leaf extract using Titon yellow dye for photocatalytic applications. Materials Today: Proceedings [Internet]. 2021 [acceso: 15/04/2024]; 36: 475-479. Disponible en: https://converis.ub.bw/converis/portal/detail/Publication/7198810?auxfun=&lang=en_GB
21. Madhumitha G, Elango G, Roopan SM. Biotechnological aspects of ZnO nanoparticles: overview on synthesis and its applications. Appl Microbiol Biotechnol [Internet]. 2016 [acceso: 15/04/2024]; 100(2):571-81. Disponible en: <http://10.1007/s00253-015-7108-x. Epub 2015 Nov 6. PMID: 26541334>.
22. Theerthagiri J, Salla S, Senthil RA, Nithyadharseni P, Madankumar A, Arunachalam P, <http://revcimeq.sld.cu/index.php/imq>
revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

Maiyalagan T, Kim HS. A review on ZnO nanostructured materials: energy, environmental and biological applications. Nanotechnology [Internet]. 2019 [acceso: 15/04/2024]; 30(39):392001. Disponible en: <http://10.1088/1361-6528/ab268a>. Epub 2019 Jun 3. PMID: 31158832.

23. Ludi B, Niederberger M. Zinc oxide nanoparticles: chemical mechanisms and classical and non-classical crystallization. Dalton Transactions [Internet]. 2013 [acceso: 15/04/2024]; 42(35): 12554-12568. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1039/c3dt50610j>

24. Ba-Abbad MM, Kadhum AA, Mohamad AB, Takriff MS, Sopian K. Visible light photocatalytic activity of Fe(3+)-doped ZnO nanoparticle prepared via sol-gel technique. Chemosphere [Internet]. 2013 [acceso: 15/04/2024]; 91(11):1604-11. Disponible en: <http://10.1016/j.chemosphere.2012.12.055>. Epub 2013 Feb 4. PMID: 23384541.

25. Cayero Otero MD, Fernández Arévalo M, Martínez Bandera L. Universidad de Sevilla. Vicerrectorado de Postgrado y Doctorado. Nanopartículas poliméricas para vehiculizar activos farmacéuticos al sistema nervioso central [Internet]. 2018 [acceso: 15/04/2024]. Disponible en: https://fama.us.es/discovery/fulldisplay/ alma991013140708104987/34CBUA_US:VU1

Conflictos de interés

Los autores no refieren conflictos de interés.

Información financiera

Los autores declaran que no hubo subvenciones involucradas en este trabajo.

Contribución de los autores

Conceptualización: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons





2025; 17: e928

Curación de datos: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Análisis formal: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Investigación: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Metodología: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Administración del proyecto: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Supervisión: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Validación: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Visualización: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Redacción del borrador original: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Redacción - Elaboración del borrador original: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

Redacción - Revisión y edición: Gabriel Arturo Soto Ojeda, Juan Pablo Martínez Castillo, Mauro Antonio Villanueva Lendechy.

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

revinmedquir@infomed.sld.cu

Bajo licencia Creative Commons

