

Nanotecnología:

Un poco de historia y sus aplicaciones en medicina

Emma Elisa Ortiz Islas



1. Introducción

La nanotecnología que permite manipular la materia en la escala nanométrica (1-100 nm) da como resultados materiales que presentan mejores o incluso nuevas propiedades antes vistas en sus contrapartes de mayor tamaño. Gracias a la invención de microscopios electrónicos de alta resolución ha sido posible el observar y manipular los nanomateriales. Actualmente, existen ya una variedad de nanomateriales fabricados a partir de fuentes naturales, así como sintéticos, quienes pueden adquirir diferentes formas geométricas.

El área electrónica es la más favorecida del empleo de la nanotecnología, sin embargo, el campo médico es otra área que se puede beneficiar de ella. En el presente artículo se reportan los diferentes nanomateriales existentes, sus aplicaciones y en forma muy general una breve descripción de su aplicación en la medicina.

2. Historia de la Nanotecnología

El nacimiento de la nanotecnología está relacionado al siglo XX, sin embargo, existen reportes sobre el uso de esta tecnología durante tiempos antiguos. El reporte más citado se refiere a la copa conocida como "*The Lycurgus Cup o diatrete*" que se encuentra en el Museo Británico, quien fue comprada a Lord Rothschild en 1958, con la ayuda de una contribución del Fondo de la Colección Nacional de Arte. Esta vasija data del siglo

IV A.C. y perteneció al Imperio Romano, y se encuentra entre los objetos de vidrio más sofisticados producidos antes de la era moderna. El vidrio de esta copa presenta un efecto óptico inusual (dicromismo), ya que a la luz directa se asemeja al jade con un tono verde-amarillo opaco, pero cuando la luz brilla a través del vidrio se vuelve de un color rubí translúcido (Freestone, 2007). Para explicar ese cambio de color, en 1990, varios científicos la analizaron usando las técnicas de microscopía electrónica de transmisión y difracción de rayos-X. Los resultados microscópicos revelaron que esto se debía a la presencia de nanopartículas con tamaños entre 50-100 nm. Mientras los rayos X determinaron que la composición de estas nanopartículas correspondía a una aleación principalmente de plata y oro, pero también contenía cobre. Las nanopartículas de oro producen un color rojo debido a la absorción de luz a 520 nm. Entonces, el color rojo-rubí se debe a la absorción por las partículas grandes de oro, mientras el color verde es atribuido a la dispersión de la luz por dispersiones coloidales de nanopartículas de plata con tamaños > 40 nm. Un efecto similar se observa también en las ventanas de las iglesias medievales, que brillan con un color luminoso rojo y amarillo debido a la fusión de oro (Au) y plata (Ag) en el vidrio. Durante los siglos IX-XVII, los esmaltes cerámicos "*brillantes*" utilizados en el mundo islámico, y más tarde en Europa, también contenían plata (Ag) y/o cobre (Cu) u otras nanopartículas. Los italianos también emplearon nanopartículas en la cerámica renacentista del siglo XVI.

3. El nacimiento de la Nanotecnología en la era moderna

La literatura reporta que el nacimiento de la nanotecnología aconteció a mediados del siglo pasado. Está asociado al evento que se suscitó en una reunión de la Sociedad Americana de Física en el Instituto Tecnológico de California (Caltech) en Pasadena California, EU en 1959, en donde el Físico Richard Feynman dio una conferencia titulada *“Hay mucho sitio al fondo”*. En dicha conferencia Feynman planteó la posibilidad de manipular la materia átomo por átomo para construir objetos, aunque con sinceridad no sabía exactamente como, él aseguraba que de acuerdo con las leyes de la física esto era posible (Risk, 2015). Por este hecho Richard Feynman es considerado como “El padre de la nanotecnología moderna” y en 1965 fue galardonado con el Premio Nobel de Física, junto con Shin-ichio Tomonaga y Julián Schwinger (Alonso Gutiérrez, 2015).

A pesar de la trascendente conferencia de Feynman, sus ideas permanecieron durante un tiempo largo como hipótesis, y fue hasta 1974 cuando el término nanotecnología se usó por primera vez por Norio Taniguchi (profesor de la Universidad de Tokio), quien la describió como: *“La nanotecnología consiste principalmente en el procesamiento, separación, consolidación y deformación de materiales a partir de un átomo o una molécula”* (Leon, 2020). A la fecha se han suscitado diferentes acontecimientos relacionados a la nanotecnología. Entre ellos figura también la publicación de los libros escritos por el Dr.

Erick Drexler en 1986, su famoso titulado como *“Motores de la creación: la próxima era de la nanotecnología”*, en el que estableció oficialmente la palabra nanotecnología para la comunidad científica y propuso por primera vez la idea de utilizar materiales o dispositivos en un tamaño nanométrico (León, 2020).

Por otro lado, al inicio se presentaron problemas en cuanto a la disponibilidad de medios para visualizar y manipular la materia a nivel molecular, pero con la creación de los microscopios de efecto túnel y de fuerza atómica fue posible observar a los nanomateriales. En 1982, el suizo Gerd Binnig y el alemán Henrich Rohrer inventaron el microscopio de barrido de efecto túnel, el cual permite ver objetos de tamaños nanométricos, por el cual se hicieron merecedores al premio nobel de física de 1996 (Fukushima, 2000). Esto hizo posible en primer lugar la observación y más adelante la manipulación de los materiales a escala atómica y molecular.

4. La escala nanométrica

Aún no hay una definición universal, sin embargo, la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de los Estados Unidos (INN) define a la nanotecnología como *“la manipulación de la materia a la escala nanométrica”*. En términos sencillos, el término nano es un prefijo derivado del griego que significa *“enano”* e indica una unidad de medida, sus dimensiones son la de una millonésima parte de un metro (1×10^{-9} m) (Bayda, 2020). Las dimensiones con que trabaja la nanotecnología son

tan diminutas que no se pueden visualizar con el ojo humano, por ejemplo, un niño y su mascota es visible al ojo humano y se puede medir con un metro, para visualizar una célula se necesita un microscopio óptico y esta mide micrómetros (1×10^{-6} m); entonces, para visualizar un material nanométrico se necesita de la ayuda de microscopios más potentes como lo son el microscopio electrónico de transmisión y/o barrido. En la figura 1 se muestran ejemplos de diferentes tamaños y el objeto con que se pueden visualizar.

De acuerdo con la INN, la nanotecnología es “la comprensión y el control de la materia en dimensiones aproximadamente entre 1 y 100 nm que permiten propiedades únicas dependientes del tamaño” (Bayda, 2020).

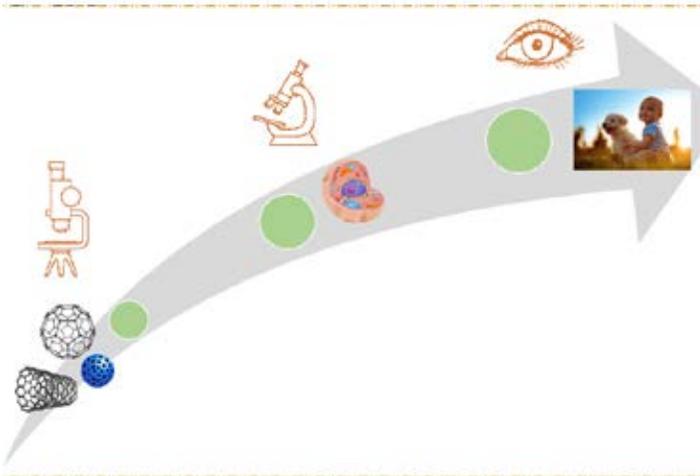


Figura 1. La escala métrica y los instrumentos para su observación. Así como la localización de la escala nanométrica dentro de esta.

Se espera que en un futuro cercano los avances en nanotecnología revolucionen al mundo y sean fuente de grandes negocios, como ha ocurrido con las tecnologías informáticas y las biotecnológicas.

5. Tipos de nanomateriales

Los nanomateriales suelen clasificarse en función de distintos parámetros como el método de síntesis, morfología, tamaño, estructura y composición química (Ghosh, 2024). Sin embargo, revisando la literatura los hemos dividido en tres categorías que incluyen a todos y a continuación se mencionan y se resumen en la figura 2.

I. En función de su origen

a) **Origen natural.** Se refiere a partículas o materiales de tamaño nanométrico que pertenecen de forma natural al medio ambiente, por ejemplo, proteínas (PRT), virus (VIR), nanopartículas producidas durante una erupción volcánica (CV-NPs).

b) **Origen sintético.** Nanomateriales producidos mediante un proceso de fabricación específico.

II. En función de su composición química

a) **Orgánicos.** Son nanomateriales compuestos orgánicos que poseen la característica de ser biodegradables y no ser tóxicos.

b) **Inorgánicos.** Nanomateriales fabricados a base de metales, óxidos metálicos, y cerámicas.

c) **A Base de Carbono.** Son materiales principalmente a base de carbono e incluyen 5 estructuras características como: fullerenos, nanomateriales cilíndricos, nano diamantes, grafito y grafeno.

III. En función de su dimensionalidad

a) **Nanomateriales de cero dimensiones (0-D)**. Son materiales cuyos todos sus lados se encuentran en la escala nanométrica.

b) **Nanomateriales unidimensionales (1-D)**. Son materiales cuyo uno de sus lados no se encuentra en la escala nanométrica.

c) **Nanomateriales bidimensionales (2-D)**. Son materiales cuyos dos lados no se encuentran en la escala nanométrica.

d) **Nanomateriales Tridimensionales (3-D)**. Son materiales donde ninguna de sus dimensiones se encuentra en la escala nanométrica (sus tres dimensiones son mayores de 100 nm).

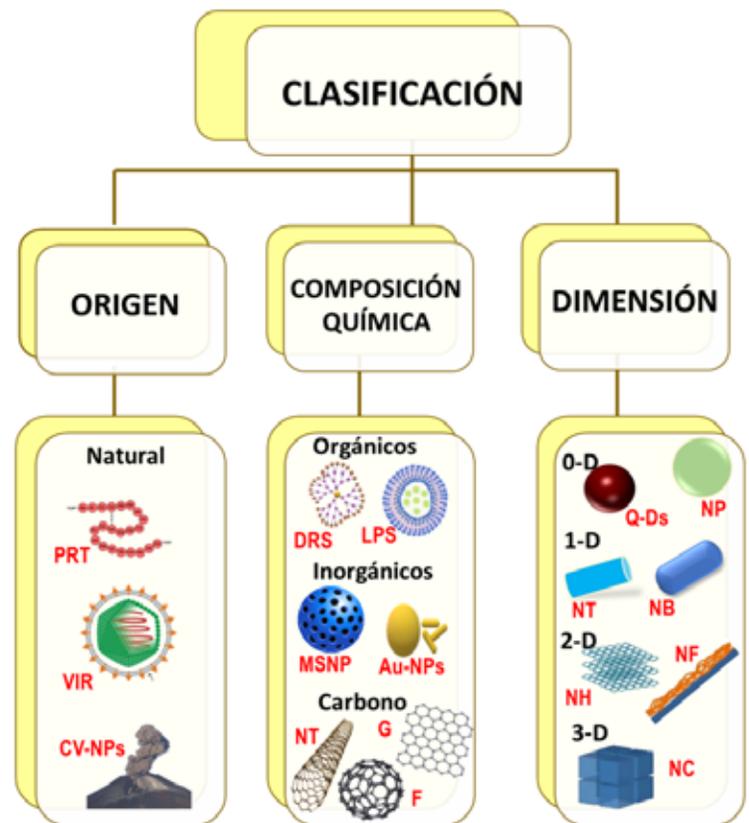


Figura 2. Clasificación de los materiales de acuerdo con su origen, composición química y dimensión. Abreviaciones: PRT (proteína), VIR (Virus), CV-NPs (Nanopartículas de cenizas volcánicas), DRS (Dendrimeros), LPS (liposomas), MSNP (nanopartícula mesoporosa de dióxido de silicio), Au-NPs (nanopartículas de oro), NT (nanotubo), G (grafeno), F (fureleno), Q-Ds (puntos cuánticos), NP (nanopartícula), NB (nano-barra), NH (nano-hojas), NF (nano películas), NC (Nano cristal)

6. Aplicaciones

En la actualidad, la nanotecnología se encuentra presente en numerosas aplicaciones importantes como en el almacenamiento, producción y conversión de energía; informática; producción agrícola; diagnóstico y tamizaje de enfermedades; armamentos y sistemas de defensa; sistemas de administración de fármacos; tratamiento y remediación de agua; procesamiento de alimentos; cosméticos; remediación de la contaminación atmosférica; construcción; detección y control de plagas (Kokila, 2022;

El-Khawaga, 2023). Eso ha dado lugar a que muchas ramas de las ciencias hayan adoptado el prefijo nano, por lo que se habla en estos momentos de nanomedicina, nanobiotecnología, nanobiología, nanotoxicología e incluso, de nanopresupuestos y nano inversiones (Figura 3).



Figura 3. Ejemplo de aplicaciones de la nanotecnología en la medicina, electrónica, almacenamiento de energía y remediación del medio ambiente.

7. Nanomedicina

La medicina es una ciencia que precisa conjuntar la nanotecnología con la práctica para poder llevar a cabo un diagnóstico, un tratamiento, una terapia, un monitoreo, y la prevención de enfermedades. Actualmente, la nanomedicina agrupa 3 áreas principales que son el diagnóstico, la liberación controlada de fármacos o terapia y la nanomedicina regenerativa (Diez-Pascual, 2022; Aflori, 2021; Echevarría-Castillo, 2013). Por lo tanto, la nanomedicina es un área que involucra

múltiples disciplinas como la nanociencia, la nanoingeniería y la nanotecnología. El empleo de la nanomedicina tiene una amplia perspectiva mediante el desarrollo de sistemas personalizados, los cuales por su tamaño reducido, seguridad y alta efectividad reducen su costo y facilitan su administración además permiten la combinación sinérgica de materiales nanoestructurados potencializando su efecto. A continuación, se describe brevemente cada una de estas tres áreas.

7. 1. Diagnóstico

El empleo de la nanotecnología en el diagnóstico básicamente consiste en el desarrollo de sistemas de análisis y de imagen para la detección de enfermedades lo más temprano posible. El objetivo es obtener datos médicos con mayor precisión y a mayor profundidad dentro del cuerpo humano. Los puntos cuánticos, por ejemplo, pueden usarse como marcadores fluorescentes debido a que son materiales que bajo la luz visible son excitables y pueden unirse a biomoléculas para formar sondas sensibles de larga duración (Pombo Barros, 2011). Las nanopartículas también pueden utilizarse para el marcaje simultáneo de múltiples biomoléculas, tanto fuera como dentro de las células, con el fin de controlar la progresión de la enfermedad.

7. 2. Liberación controlada de fármacos

Con el uso de la nanotecnología también puede ser posible dirigir nanosistemas activos que contengan en su superficie entidades que puedan transportar y liberar medicamentos exclusivamente en las células o zonas afectadas, con el objetivo de conseguir un tratamiento más efectivo y minimizar los efectos secundarios (Saravanan, 2024). Con las formulaciones a base de nanopartículas es posible proteger a los agentes terapéuticos que son susceptibles de degradación o desnaturalización en zonas de pH elevado, y también prolongan la duración de la exposi-

ción a un fármaco al aumentar la retención de la formulación mediante bioadhesión. En este sentido se han logrado desarrollar sistemas de administración controlada de moléculas pequeñas, proteínas y ADN.

8. Medicina regenerativa

La medicina regenerativa busca sustituir órganos dañados por enfermedades, traumatismos y/o problemas congénitos, ya que las estrategias clínicas actuales se centran principalmente solo en tratar los síntomas. Para este propósito la medicina regenerativa hace uso de herramientas como lo son la ingeniería de tejidos, las terapias celulares, así como los dispositivos médicos y los órganos artificiales (Diez-Pascual, 2022). Entonces, la nanomedicina regenerativa tiene como objetivo también la reparación o sustitución de tejidos y órganos dañados por algún acontecimiento patológico o traumático haciendo uso de herramientas nanotecnológicas. Por ejemplo, las nanopartículas pueden imitar el componente de la matriz extracelular de los tejidos, lo que las hace ideales para aplicaciones en la ingeniería tisular debido a que se pueden funcionalizar superficialmente, a su capacidad conductora, su propiedad fluorescente, su actividad antibacteriana, sus propiedades magnéticas y a sus características electromecánicas (Pombo Barros, 2011).

Agradecimientos

Agradecimientos al CONAHCYT por el financiamiento del proyecto CBF2023-2024-1982.

Referencias

- Aflori, M. (2021). Smart Nanomaterials for Biomedical Applications—A Review. *Nanomaterials*, 11(2), 396.
- Alonso Gutiérrez, B. J., López Meléndez, A., Rodríguez Liñan, C. Y., Lázaro López, D. A. (2015). La nanotecnología a 40 años de su aparición: logros y tendencias. *Ingenierías*, 18(66), 13-22.
- Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., Rizzoli, F. (2020). The history of Nanoscience and Nanotechnology: From chemical-physical applications to nanomedicine. *Molecules*, 25, 112. doi: 10.3390/molecules25010112
- Diez-Pascual, A. M. y Rahdar, A. (2022). Functional Nanomaterials in Biomedicine: Current Uses and Potential Applications. *ChemMedChem*, 17(16), e202200142. <https://doi.org/10.1002/cmcd.202200142>
- Echevarría-Castillo, F. (2013). Retos de este siglo: nanotecnología y salud. *Revista Cubana Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 29(1), 3-15.
- El-Khawaga, A. M., Zidan, El-Mageed, A. A. I. A. (2023). Preparation methods of different nanomaterials for various potential applications: A review. *Journal of Molecular Structure*, 1281, 135148. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.135148>
- Freestone, I., Meeks, N., Sax, M. y Higgitt, C. (2007). The Lycurgus Cup- A Roman Nanotechnology. *Gold Bulletin*, 40(4), 270-277. DOI:10.1007/BF03215599
- Fukushima, K., Saya, D., Kawakatsu, H. (2000). Development of a versatile atomic force microscopy with a scanning electron microscopy. *Japanese Journal of Applied Physics*, 39, 3747-3749. DOI 10.1143/JJAP.39.3747
- Ghosh, S., Sagayam, K. M., Haldar, D., Jone, A. A., Acharya, B., Gerogiannis, V. C., Kanavos, A. (2024). A review on the types of nanomaterials and methodologies used for the development of biosensors. *Advances in natural sciences: Nanoscience and nanotechnology*, 15(1), 013001. DOI 10.1088/2043-6262/ad21e8
- Janani Saravanan, Ayushi Nair, Sivadas Swathi Krishna, Vidya Wiswand, *Nanomaterials in biology and medicine: a new perspective on its toxicity and applications*. *Drug and Chemical Toxicology* 2024, 47(5): 767-784.
- Kokila, G. N., Mallikarjunaswamy, C., Ranganatha, V. L., (2022). A review on synthesis and applications of versatile nanomaterials. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*, 1-30. <https://doi.org/10.1080/24701556.2022.2081189>
- Leon, L., Chung, E. J., Rinaldi, C. (2020) A brief history of nanotechnology and introduction to nanoparticles for biomedical applications. In: *Micro and Nano Technologies, Nanoparticles for Biomedical Applications*, Editors: Eun Ji Chung, Lorraine Leon, Carlos Rinaldi, Elsevier, 2020, pp. 1-4.
- Pombo Barros, V y Goyanes Villaescusa V. (2011). Puntos Cuánticos: Nueva Aportación de la Nanotecnología en Investigación y Medicina. *UCM Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 5(1), 69-102.
- Risk, M. R. (2015). Nanobioingeniería: Historia y Futuro. *Tecno Lógicas*, 18(34): 9-11. ISSN 0123-7799
-
- Dra. Emma Elisa Ortiz Islas.** Investigadora en Ciencias Médicas de tiempo completo, cuya línea de investigación es sobre la síntesis, caracterización y aplicación de nanomateriales a las enfermedades neurológicas, adscrita al laboratorio de neurofarmacología molecular y nanotecnología, Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suarez”.
Email: emma.ortiz@innn.edu.mx

