

UN MUNDO EN MINIATURA CON GRANDES APLICACIONES: LOS NANOMATERIALES

Yaily Fernández Arteaga ^{a,*}, Ma. Concepción Arenas Arrocena ^a, José Luis
Maldonado Rivera ^b

^a Laboratorio de Investigación Interdisciplinaria, Área de Nanoestructuras y Biomateriales, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León, Universidad Nacional Autónoma de México, 37684, Guanajuato, México. yfernandez@enes.unam.mx

^b Grupo de Propiedades Ópticas de la Materia (GPOM), Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), A.C. 1-948, Loma del Bosque 115, León 37150, Guanajuato, México.

Resumen

El fascinante mundo de los nanomateriales se basa en el estudio de materiales extremadamente pequeños, invisibles a simple vista y observables sólo con equipos de alta resolución. Estos diminutos materiales han ganado un especial interés en los últimos años gracias a los potenciales beneficios de sus variadas aplicaciones. Al sumergirse en este artículo el lector se introducirá en el tema de los nanomateriales y tendrá una idea del tamaño real de los mismos al poder compararlos con objetos o cosas que le resulten familiares; a través de las diferentes secciones de este artículo el lector conocerá sus múltiples usos en campos como la medicina, energía y electrónica. En la actualidad, conocer sobre estos temas es indispensable ya que los nanomateriales están presentes en diversos aspectos de nuestra vida diaria cada vez con más frecuencia, y han revolucionado nuestra interacción con la tecnología.

Palabras clave: Nanomateriales; nanotecnología; energía solar; nanomedicina; vida cotidiana.

A MINIATURE WORLD WITH GREAT APPLICATIONS: NANOMATERIALS

Abstract

The fascinating world of nanomaterials is based on the study of extremely small materials, invisible to the naked eye and observable only with high-resolution equipment. These tiny materials have gained significant interest in recent years thanks to the potential benefits of their varied applications. By engaging with this article, the reader will be introduced to the topic of nanomaterials and gain a sense of their true scale through comparisons with familiar objects. Throughout the various sections, the reader will also explore the diverse applications of nanomaterials in fields such as medicine, energy, and electronics. Currently, knowing about these topics is essential since nanomaterials are present in various aspects of our daily lives with increasing frequency and have been revolutionizing our interaction with technology.

Keywords: Nanomaterials; nanotechnology; solar energy; nanomedicine; daily life.

1. Introducción

Quizás resulte difícil imaginar un mundo donde, debido al pequeño tamaño de los materiales, sólo podamos verlos a través de equipos especiales, como microscopios muy potentes de alta resolución o definición. Sin embargo, te queremos contar que este universo en miniatura realmente existe y estos materiales están siendo utilizados en avances de la ciencia y tecnología de los que hoy disfrutas. Estos materiales son tan pequeños que pueden compararse con átomos y moléculas; para dar una idea de su tamaño, es como dividir 1 metro entre mil millones ($1,000,000,000 = 10^9$) y tomar una sola parte como se puede observar en la Figura 1. En este artículo, aprenderás cómo son los nanomateriales y algunas de sus sorprendentes aplicaciones en diferentes campos.

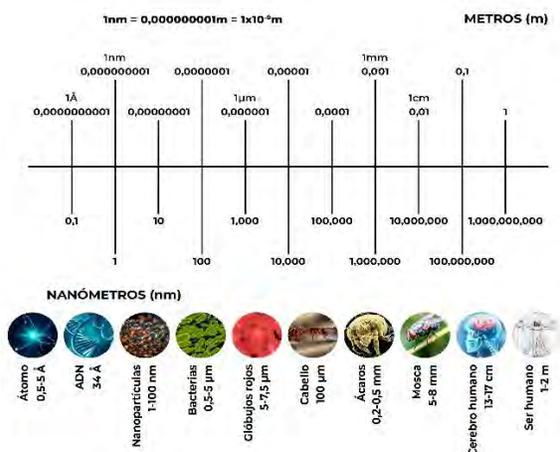


Figura 1. Elementos en escala nanométrica comparados con objetos comunes.

2. ¿Qué tipo de nanomateriales existen?

La clasificación más popular de los nanomateriales está dada por su forma y dimensiones. Estas propiedades nos indican si estamos hablando por ejemplo de nanopartículas, las cuales son pequeñas esferas cuyo tamaño oscila entre 1 y 100 nanómetros (recuerda que 1 nanómetro (nm) es la mil millonésima parte de un metro). Similares en forma, pero aún más pequeños: entre 2 y 10 nm, encontramos a los puntos cuánticos (*quantum dots* en inglés) que pueden ser como diminutas fuentes de luz que emiten en diferentes colores dependiendo de su tamaño (THE NOBEL PRIZE, 2023), como se puede ver en la imagen de la Figura 2. Los *quantum dots* se utilizan en pantallas de alta resolución y tecnologías de imagen avanzadas. Un ejemplo de éstas son los actuales televisores de alta definición QD, los cuales son conocidos como pantallas QLED (Q de *quantum dot* y LED = dispositivo emisor de luz) como se muestra en la Figura 2 (THE NOBEL PRIZE, 2024).

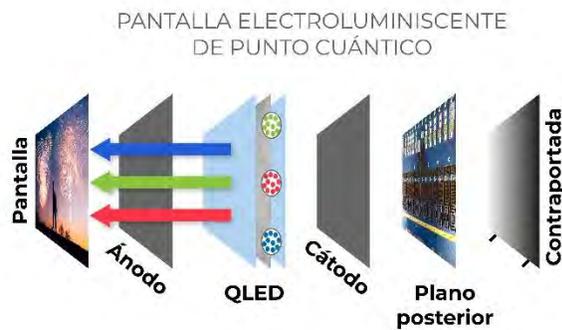


Figura 2. Pantallas de alta resolución a base de *quantum dots* conocidas como QLED.

Es muy interesante, cómo en este diminuto universo encontramos formas que resultan comunes en el mundo científico/tecnológico/industrial pero mil millones de veces más pequeñas, por ejemplo; los nanotubos, también conocidos como nanoalambres o nanohilos, son estructuras alargadas y muy delgadas, las cuales se asemejan a hilos/alambres muy finos como su nombre nos indica. Los nanomateriales hasta el momento mencionados son mostrados en la Figura 3, donde también se pueden apreciar nuevos grupos de los mismos, ya que hasta ahora sólo se ha hecho referencia a materiales de 0 y 1 dimensión (0D y 1D) (Balandrán y Wilson, 2021). Sin embargo, es importante mencionar que en este universo también se cuenta con materiales en 2 y 3 dimensiones (2D y 3D) como las nanoláminas (o nanopelículas) y las nanoflores (o nanoestructuras en general), respectivamente

(Balandrán y Wilson, 2021 ; Hao, 2022). Las primeras, son capas extremadamente delgadas, o sea su forma es parecida a una hoja de papel, pero más de 10 millones de veces más delgada (Novoselov y col., 2004), mientras que las segundas, son materiales con estructuras o formas más específicas, como la de una flor por ejemplo.

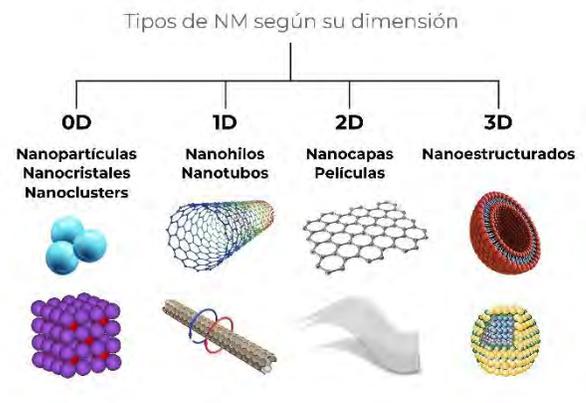
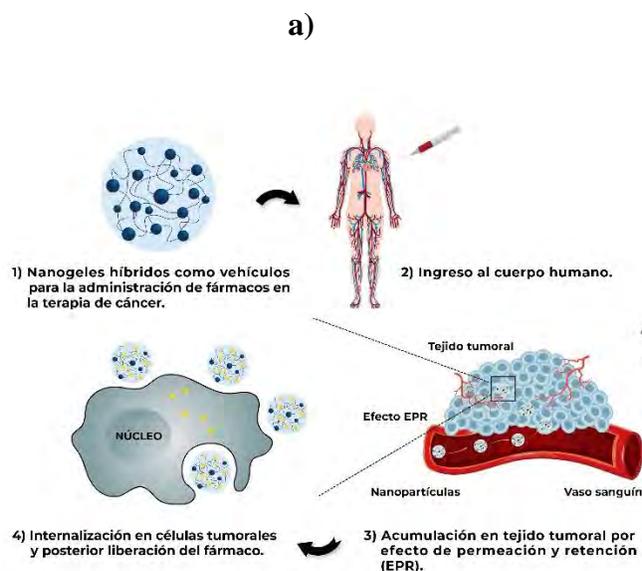


Figura 3. Clasificación de los nanomateriales (NM) según sus dimensiones (cero = 0 D, una = 1D, dos = 2D, tres = 3D).

3. ¿Dónde se usan los nanomateriales?

Aparte de la aplicación de nanomateriales como *quantum dots* en *displays* ópticos (pantallas), como se comentó previamente, también son protagonistas de otras aplicaciones. Por ejemplo, las nanopartículas son ampliamente utilizadas en diferentes áreas de especialidad de la medicina (López y Juárez, 2024); una muestra de esto, es cuando se usan para aplicar medicamentos sobre

células enfermas garantizando que los mismos sólo actúen cuando lleguen hasta las células de interés (secuencia de la Figura 4.a), permitiendo de esta forma tratamientos más efectivos y con menos efectos secundarios (Estrada y col., 2023). Por otro lado, en la Figura 4.b se muestra un uso similar de las nanopartículas, pero en esta ocasión para la detección temprana y tratamiento del cáncer (Estrada y col., 2023). Asimismo, las podemos encontrar en odontología, brindándole una mayor fuerza a empastes dentales; así como en recubrimientos para prevenir la formación de caries que tanto afecta actualmente a la mayoría de la población (Gasga y col., 2024). Éstas son aplicaciones que nos ayudan a mantener una buena salud y mejor nuestra calidad de vida.



b)



Figura 4. Uso de nanopartículas para: a) la liberación controlada de fármacos y b) detección y tratamiento del cáncer utilizando fármacos a base de nanomateriales sensibles a la incidencia de la luz (fotosensibilizadores, PS por sus siglas en inglés) para generar especies reactivas de oxígeno (ROS por sus siglas en inglés) provocando la muerte de células enfermas en entregas dirigidas y controladas (Estrada y col., 2023).

Como resultado de su forma y propiedades, las nanoláminas y nanohilos son ampliamente utilizados en componentes electrónicos como circuitos integrados (Balandrán y Wilson, 2021); elementos que están presentes en prácticamente todos los dispositivos de uso cotidiano como los teléfonos celulares modernos (*smartphones*), electrodomésticos, equipos de cómputo y automóviles de este siglo XXI. Características como el tamaño de dichos nanomateriales han revolucionado el mundo de la electrónica al surgir la

nanoelectrónica, disciplina que nos ha llevado a circuitos integrados cada vez más pequeños y con mayores alcances como chips más potentes (microcontrolador Raspberry Pi PICO y el PICO W); que cuentan con comunicación por bluetooth y Wi-Fi, sensores de alta sensibilidad y mayor capacidad de almacenamiento, por lo que son ampliamente utilizados en proyectos para crear espacios inteligentes como muestra la Figura 5.

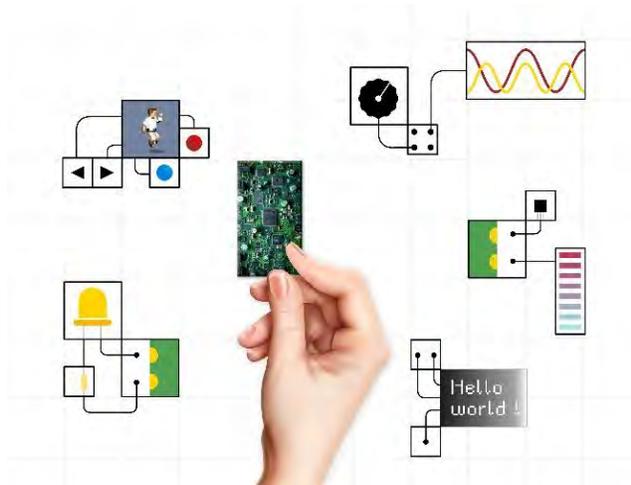
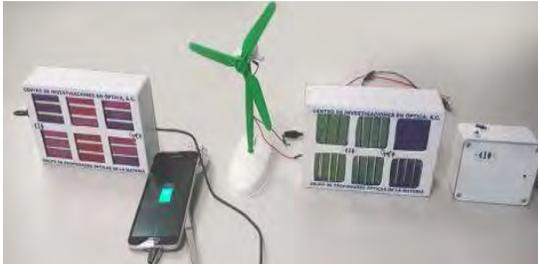


Figura 5. Integrados y componentes electrónicos fabricados a partir de nanomateriales y sus aplicaciones actuales.

Asimismo, los nanomateriales están siendo estudiados y empleados en tareas orientadas a la protección del medio ambiente. Por ejemplo, son usados en los procesos de purificación del agua, también para revertir la contaminación de suelos y para la captura de contaminantes atmosféricos, lo que contribuye a conservar un medio ambiente más limpio y sostenible (Ruíz

y col., 2024). En armonía con la aplicación anterior, se debe mencionar que los nanomateriales están muy presentes en el desarrollo de dispositivos para aprovechar las fuentes de energía renovables como la Solar. Por ejemplo, las celdas solares de película delgada o nanocapas, en especial los paneles formados con dichas celdas mostrados en la Figura 6.a, ofrecen una forma más eficiente y económica de generar electricidad a partir de la luz del Sol. Además, actualmente se les adiciona a las Celdas Solares Orgánicas diversos y novedosos nanomateriales (nanopartículas y/o nanoflores), lo que permite una mayor captura y conversión de la energía solar en electricidad (Chen y col., 2018; Seung y col., 2014). Estas celdas son muy ligeras, flexibles y pueden adaptarse a diferentes superficies, lo que las hace ideales para diversas aplicaciones. Adicionalmente, los nanomateriales permiten el diseño de celdas solares semitransparentes, lo que significa que podrían integrarse en ventanas, textiles y dispositivos electrónicos, capturando la energía solar sin modificar el entorno como se aprecia en las Figuras 6.b y 6.c.

a)



b)



c)



Figura 6. Posibles aplicaciones de Celdas Solares Orgánicas fabricadas de películas delgadas de nanomateriales o nanocapas en paneles solares, a) como dispositivos para el suministro de energía a dispositivos de bajo consumo (Guerrero, 2016), b)

integrado a grandes ventanales y c) textiles, sin alterar la funcionalidad de los espacios u objetos.

3. Retos, desafíos y perspectivas futuras de los nanomateriales

A medida que el uso de los nanomateriales en diferentes áreas es cada vez más amplio y común, también surgen retos y desafíos. Uno de los principales es garantizar que su uso sea seguro para las personas y el medio ambiente. Además, se necesita seguir mejorando su eficiencia en el más amplio sentido y reducir los costos de producción, ayudándonos a crear tecnologías más sostenibles y accesibles. En el futuro, se espera que los nanomateriales abran puertas a innovaciones aún más sorprendentes. Las investigaciones en este campo siguen creciendo y prometen transformar nuestra vida cotidiana de maneras que aún estamos por descubrir.

4. Conclusiones

En este breve artículo hemos descrito el fascinante mundo de los nanomateriales, su infinitésimo tamaño con respecto a nuestro mundo macroscópico, algunas de sus fascinantes propiedades y sus diversas formas geométricas. Describimos algunos de sus usos y maravillosas aplicaciones en medicina,

energía, electrónica, entretenimiento, etc., mostrando que similarmente a virus, bacterias y otros seres vivos microscópicos/nanoscópicos que existen en la naturaleza, los seres humanos hemos creado paralelamente un universo no vivo de nanomateriales con múltiples aplicaciones en nuestra vida cotidiana. Gracias a los avances de la comunidad científica en el estudio de los nanomateriales, se espera que pronto estén presentes en elementos como prótesis dentales impresas, nanobots para procedimientos médicos, baterías de alta eficiencia y computadoras cuánticas. Desarrollos que harán cada vez más común el uso de vehículos eléctricos, energía solar, medicina personalizada y ciudades inteligentes. Así, los nanomateriales seguirán ampliando su impacto y su integración en la vida diaria, promoviendo un futuro más tecnológico y sostenible.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Eleonor León y Lucero Alvarado del CIO, por la elaboración de las imágenes que ilustran este artículo.

Referencias

- Balandrán Quintana, R., y Wilson, A. (2021). Un acercamiento a los fundamentos y aplicaciones de la nanotecnología. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 15(3), 76-94. <http://dx.doi.org/10.54167/tecnociencia.v15i3.861>
- Chen Chen, H., Fang Yan, C., Kun, B., Yu Bin, T., y Wei Long, S. (2022). Spindle-like MIL101(Fe) decorated with Bi₂O₃ nanoparticles for enhanced degradation of chlortetracycline under visible-light irradiation. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 13, 1038–1050. <https://doi.org/10.3762%2Fbjnano.13.91>
- Chih Ping, C., I Chan, L., Yao Yu, T., Cheng Liang, H., Yung Chung, C., y Guan Wei, H. (2018). Efficient organic solar cells based on PTB7/PC71BM blend film with embedded different shapes silver nanoparticles into PEDOT:PSS as hole transporting layers. *Organic Electronics*, 62, 95–101. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orgel.2018.07.024>
- Estrada Flores, S. L., Garcias Morales, C., Pérez Berumen, C. M., y Cantu Sifuentes, L. (2023). Nanomateriales: conceptos, aplicación en nanoterapia y regulaciones. *Química Viva*, 22 (1).

<http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v22n1/E0242.htm>

Gasga Tapia, V., Hamdan-Partida, A., Sánchez Pérez, T. L., Martínez Ruiz, F. J., y Bustos-Martínez, J. (2024). Usos de las nanopartículas de plata (AgNPs) en odontología. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias Y Nanotecnología*, 17(33), 1e-49e.

<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2024.33.69816>

Guerrero, A.L. (2016). *Desarrollan prototipos de paneles solares que alimentan smartphones y pequeños motores eléctricos.*

<http://www.cienciamx.com/index.php/centros-de-investigacion/5087-desarrolla-cio-prototipos-de-paneles-solares-que-alimentan-smartphones-y-pequenos-motores-electricos-reportaje>

López Rodríguez, S., y Juárez Moreno, K. O. (2024). Reconocimiento de nanomateriales por el sistema inmunológico. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias Y Nanotecnología*, 17(33), 1e-16e.

<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2024.33.69773>

Muñoz Cartagena, E. (2024). Los puntos cuánticos y el Premio Nobel de Química 2023. *Educación Química*, 35(1). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.1.87482>

Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., Grigorieva, I. V. y Firsov, A. A. (2004). Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science*. 306(5696), 666-669. <https://doi.org/10.1126/science.1102896>

OBSIDIANA Ciencia y cultura por México (2024). *El Premio Nobel de Química 2023 y los Quantum dots.* <https://obsidianadigital.mx/el-premio-nobel-de-quimica-2023-y-los-quantum-dots/>

Ruíz Santoyo, V., Serrano Diaz, P., Andrade Espinoza, B. A., Fernández Arteaga, Y., y Arenas Arrocena, M. C. (2024). Metal Oxide-based Nanoparticles for Environmental Remediation: Drawbacks and Opportunities, *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 68(3), 311–325. <https://doi.org/10.3311/PPch.36670>

Seung Ho, K., Byung Min, P., Gi Ppeum, K., Junhan, Y., Young Chul, C., y Ho Jung. C. (2014). Annealing effects of Au nanoparticles embedded PEDOT:PSS in bulk heterojunction organic solar cells. *Synthetic Metals*, 192, 101–

105.

<https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2014.03.019>

9

THE NOBEL PRIZE (2010). *The Nobel Prize in Physics 2010. Graphene – the perfect atomic lattice*. The Royal Swedish Academy of Sciences.

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2010/illustrated-information/>

<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/popular-physicsprize2010-1.pdf>

<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/popular-physicsprize2010-1.pdf>

<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/popular-physicsprize2010-1.pdf>

THE NOBEL PRIZE (2023). *Quantum Dots – Seeds of nanoscience*. The Royal Swedish Academy of Sciences.

<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2023/advanced-information/>

<https://www.nobelprize.org/uploads/2023/10/advanced-chemistryprize2023-3.pdf>

THE NOBEL PRIZE (2024). *The Nobel Prize in Chemistry 2023. They added colour to nanotechnology*. The Royal Swedish Academy of Sciences.

<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2023/press-release/>

<https://www.nobelprize.org/uploads/2023/12/popular-chemistryprize2023-3.pdf>