NANOTECNOLOGÍA

Isabel Lado Touriño
Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño
UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

La nanotecnología es la tecnología de lo extremadamente pequeño, ya que implica la manipulación, creación y aplicación de sistemas a través del control de la materia a escala nanométrica. Se trata de una ciencia que se ha instalado entre nosotros y ha venido para quedarse. El motivo de ello es que la materia, a escala nanométrica, muestra un comportamiento sorprendente y muy diferente al que presenta en su estado masivo. El descubrimiento de nuevas e inesperadas propiedades asociadas a la escala nanométrica ha incentivado la curiosidad científica, abriendo el camino hacia una nueva física y permitiendo el desarrollo de nuevos materiales, así como el de las técnicas necesarias para manipularlos, comprenderlos y aplicarlos: la nanotecnología.

PALABRAS CLAVES •
nanómetro, nanomaterial, nanopartículas

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO •
Lado Touriño, Isabel. 2020. "Nanotecnología" en: UEM STEAM Essentials
Enlace web UEM: http://projectbasedschool.universidadeuropea.es/escuela/escuela/steam_essentials

INTRODUCCIÓN

El diccionario de la Real Academia Española definió la nanotecnología por primera vez en 2014 como la "tecnología de los materiales y de las estructuras en la que el orden de magnitud se mide en nanómetros, con aplicación a la física, la química y la biología". Ciertamente, la nanotecnología comprende la manipulación de la materia a escala nanométrica, pero en la actualidad su aplicación va mucho más allá de la física, la química o la biología. Seis años después de su primera aparición en el diccionario, las aplicaciones de la nanotecnología y los nanomateriales abarcan ya todo tipo de sectores industriales. Richard Feynman, premio Nobel de Física en 1965, es considerado por muchos como el padre de la nanotecnología, ya que el germen de la "nanociencia" se plantó en su famosa conferencia "There's Plenty of Room at the Bottom", impartida durante el congreso anual de la Sociedad Americana de Física celebrado en Caltech, California, en 1959.[1] Casi al comienzo de la charla, planteó la siguiente pregunta: "¿Por qué no podemos escribir los 24 volúmenes completos de la Enciclopedia Británica en la cabeza de un alfiler? Dado que la cabeza de un alfiler tiene aproximadamente 1,5 mm de largo, si la ampliásemos 25000 veces ocuparía la superficie equivalente a todas las páginas de la Enciclopedia Británica". La conclusión a la que llegó Richard Feynman fue que bastaría con aumentar 25000 veces la precisión de las herramientas de escritura para poder conseguir su objetivo. Y continuó su reflexión del siguiente modo: "Las leyes de la física, hasta donde yo puedo comprender, no nos prohíben la posibilidad de manipular la naturaleza átomo por átomo [...] pero en la práctica, no se ha hecho porque somos muy grandes [...] los

problemas de la química y la biología pueden ser en gran parte resueltos si nuestra habilidad para ver lo que estamos haciendo y para hacer cosas a nivel atómico finalmente es desarrollada [...], un desarrollo, el cual creo que finalmente no puede ser evitado [...]". De este modo, el profesor Feynman intuyó antes que nadie el enorme potencial de la manipulación del mundo microscópico átomo por átomo si se tuvieran las herramientas adecuadas para ello. Sin embargo, su charla pasó desapercibida durante mucho tiempo y no fue hasta el año 1974 que el Dr. Norio Taguchi utilizó por primera vez el término nanotecnología para referirse a sus investigaciones sobre los procesos de deposición de capas delgadas de materiales semiconductores.[2] En 1981, los físicos Gerd Binnig y Heinrich Rohrer desarrollaron y perfeccionaron el microscopio de efecto túnel,[3] el cual permite tomar imágenes de la materia a escala atómica, dando así el primer paso para lograr el sueño de Feynman. Casi diez años más tarde, en 1990, Don Eigler y Erhard Schweizer en el Almaden Research Center de IBM escribieron el nombre de la empresa en un sustrato enfriado de níquel, usando 35 átomos de xenón manipulados mediante un microscopio de efecto túnel,[4] lo que constituyó la prueba definitiva de que el sueño de Feynman podía hacerse realidad.

Para poder comprender qué hace la nanotecnología, es necesario tener una idea clara de la escala en la que se aplica: la escala nanométrica. Un nanómetro equivale a una mil millonésima parte de un metro (1 nm = 10^{-9} m), es decir, algo extremadamente pequeño. Para entender mejor la pequeñez de la escala nanométrica, basta imaginar que en un 1 mm caben alineados 5 millones de átomos de cloro. En la figura 01 se ha representado una comparación entre los tamaños de diferentes sistemas, desde los más pequeños, los sistemas atómicos, con tamaños inferiores a los nanómetros, hasta los más grandes, con dimensiones cósmicas. De dicha figura se deduce que la nanotecnología se aplicaría a estructuras con dimensiones que varían desde el tamaño de los virus (10-300 nm) hasta las dimensiones atómicas; es decir, la nanotecnología es la tecnología de lo muy, muy pequeño y comprende la manipulación, creación y aplicación de sistemas a través del control de la materia átomo a átomo.

Los últimos 10 años han visto un crecimiento exponencial en el número de publicaciones científicas sobre nanociencia y nanotecnología, tal y como se puede observar en las gráficas de la figura 02.

Pero... ¿cuál es la razón de este interés creciente por la nanotecnología? La respuesta es que la materia, a escala nanométrica, muestra un comportamiento sorprendente y muy diferente al que presenta en su estado masivo. El número de átomos en la superficie de una nanopartícula aumenta a medida que disminuye su tamaño y esto conlleva variaciones importantes en su reactividad química. Ade-

figura 01 » Comparación del tamaño de diferentes sistemas. (Fuente: Pixabay y elaboración propia)

figura 02 » Crecimiento exponencial en el número de publicaciones y citas que han utilizado los términos "nanotechnology " y "nanoscience" durante los últimos 20 años según el buscador Web of Science (consultado en septiembre de 2020)

más, y también debido al pequeño tamaño de estos materiales, el movimiento de sus electrones se ve obstaculizado (este fenómeno se conoce como confinamiento cuántico) y muchas propiedades tales como las propiedades eléctricas, magnéticas u ópticas, que dependen directamente del comportamiento electrónico, se modifican notablemente.

figura 03 » Puntos cuánticos y espectro de emisión de luz en función del tamaño de partícula. Fuente: http://www.plasmachem.com/shop/en/226-zncdses-alloyed-quantum-dots por Antipoff (licencia bajo CC BY-SA 3.0).

Un ejemplo típico de confinamiento cuántico lo constituyen los llamados puntos cuánticos, nanopartículas de materiales semiconductores capaces de absorber luz y emitirla con colores bien definidos, que dependen del tamaño de partícula (figura 03). El material contenido en los diferentes tubos de la figura 03 está formado por el mismo tipo de átomos, que se unen formando partículas de diferentes tamaños en cada tubo. De este modo, el número de átomos que constituye cada partícula es distinto, provocando una variación en el color. Es decir, el color de un material depende del tamaño de sus partículas y no es fijo para cada material, al contrario de lo que se suele pensar.

De este modo, el descubrimiento de nuevas e inesperadas propiedades asociadas a la escala nanométrica ha incentivado la curiosidad científica, abriendo el camino hacia una nueva física y permitiendo el desarrollo de nuevos materiales.

APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGÍA

Hoy en día, las aplicaciones de la nanotecnología son muy numerosas y abarcan multitud de campos. Debido a su gran número, es imposible mencionarlas todas, pero entre las más importantes cabe destacar las siguientes:

1 » Electrónica

Los nanomateriales aplicados al campo de la electrónica permiten aumentar la capacidad de los sistemas de almacenamiento de datos, un acceso mucho más rápido a la información y un aumento en la velocidad de transferencia de la misma.[5] La utilización de materiales como el grafeno, gracias a su transparencia y su capacidad de conducir la corriente eléctrica, hace posible la fabricación de pantallas táctiles flexibles con mayor luminosidad y menor consumo energético.[6] Recientemente, científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts han logrado construir un microprocesador formado enteramente por nanotubos de carbono,[7] que podría suponer una alternativa a los procesadores de silicio utilizados en la actualidad, ya que estos últimos presentan problemas de eficiencia energética derivados de la miniaturización progresiva de los dispositivos.

2 » Energía

La necesidad de sustituir los combustibles fósiles por fuentes de energía renovables implica el diseño y la fabricación de nuevos sistemas que permitan producir y almacenar energía con mayor eficiencia y de forma no contaminante. En estos dos aspectos es en donde la nanotecnología se puede convertir en la gran aliada del sector de la energía. Los nanomateriales se pueden aplicar en sistemas de almacenamiento de hidrógeno[8] (figura 04), diseño de ánodos y cátodos de nuevas baterías[9] o células solares con mayor rendimiento y menor capacidad antirreflectante de la radiación solar.[10]

figura 04 » Adsorción de H2 en la superficie y en el interior de un nanotubo de carbono (Fuente: elaboración propia)

3 » Biomedicina

Las propiedades de algunos nanomateriales los hacen idóneos para mejorar el diagnóstico precoz y el tratamiento de ciertas enfermedades,[11, 12] atacar células enfermas de forma selectiva sin dañar al resto de las células sanas, puesto que permiten la liberación controlada de fármacos[13] o reparar tejidos óseos y musculares.[14] Un ejemplo particularmente atractivo de aplicación de la nanotecnología en este campo, es la construcción de nano-robots con forma de barril basados en el ADN, que transportan sustancias químicas hasta determinados puntos del organismo. Dichas sustancias contienen instrucciones para modificar el comportamiento celular provocando de este modo el suicido de células cancerosas.[15] El uso de superficies nanoestructuradas para la regeneración de tejidos ha permitido el crecimiento de tejido muscular esquelético a escala milimétrica en el laboratorio.[16] En este caso, las estructuras nanométricas actúan como andamios que permiten el crecimiento celular y de este modo, la regeneración de órganos y tejidos.

4 » Medio ambiente

Actualmente, las principales aplicaciones de la nanotecnología en el área medioambiental se centran en la eliminación de sustancias contaminantes presentes en el agua,[17] la reducción de gases de efecto invernadero presentes en el aire[18] o la síntesis de nanocatalizadores para que las reacciones químicas resulten más eficientes y contaminen menos.[19]

figura 05 » Material compuesto formado por nanotubos de carbono y cemento con propiedades mecánicas mejoradas. Los nanotubos de carbono se introducen entre las partículas de cemento y actúan como fase de refuerzo **(Fuente: elaboración propia)**

5 » Construcción

En el sector de los materiales de construcción, las nanopartículas permiten aplicaciones tan diversas como la modificación de pinturas y barnices para incrementar su durabilidad[20], la mejora de las propiedades mecánicas del cemento[21, 22] (figura 05), o la disminución del tiempo de secado de materiales adhesivos.[23]

6 » Textil

La nanotecnología aplicada al sector textil permite aplicaciones tan diversas como el desarrollo de tejidos inteligentes que ni se manchan, ni se arrugan[24] (figura 06), materiales más resistentes, ligeros y duraderos[25], textiles con comportamiento antimicrobiano[26] y con capacidad para almacenar energía[27] o repeler mosquitos[28], entre otras.

figura 06 » Efecto hidrofóbico en la hoja del loto. Su superficie nanoestructurada repele el agua y la suciedad y en ella se basan muchos tejidos inteligentes **(Fuente: Pixabay)**

CONCLUSIONES

La manipulación de la materia a escala nanométrica ha abierto las puertas a la existencia de nuevos materiales con propiedades sorprendentes. El enorme desarrollo de la nanotecnología en las últimas décadas ha permitido grandes avances en campos tan diversos como el de la medicina, la energía o la electrónica, por citar algunos. Sin lugar a dudas, la nanotecnología es la tecnología del siglo XXI y es de esperar que traiga innumerables desarrollos científicos y técnicos con importantes aplicaciones en multitud de sectores, pero con especial importancia en la medicina y la producción energética. Sin embargo, hay que seguir avanzando para lograr desplegar todo el potencial que nos ofrece. El mayor desafío al que se enfrenta la comunidad científica en el futuro es controlar en mayor medida las técnicas que permiten trabajar átomo a átomo. En paralelo, es necesario investigar sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. Lo que es indudable es que la nanotecnología abre el camino a la próxima revolución tecnológica, la cual tendrá un impacto en nuestra vida diaria apenas imaginable hoy en día.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 » Feynman, R. (1960) ***There's Plenty of Room at the Bottom***. Eng.and Sci., 23 (5), 22.

2 » Taniguchi, N. (1974) ***On the basic concept of 'nano-technology***. Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. 18.

3 » Binnig, G., Rohrer, H. (1986) ***Scanning tunneling microscopy***. IBM J. Res. Dev., 30, 4.

4 » .https://researcher.watson.ibm.com/researcher/view_group.php?id=7063&mhsrc=ibm-search_a&mhq=Don%20Eigler%20.

5 » https://www.everspin.com/family/mr2a16a.

6 » https://www.cam.ac.uk/research/news/first-graphene-based-flexible-display-produced.

7 » Hills, G., Lau, C., Wright, A. et al. (2019) ***Modern microprocessor built from complementary carbon nanotube transistors***. Nature, 572, 595.

8 » Pomerantseva, F. Bonaccorso, X. L. Feng, Y. Cui, and Y. Gogotsi, (2019) ***Energy storage: The future enabled by nanomaterials***. Science 366, 969.

9 » Turcheniuk, K., Bondarev, D., Singhal, V., Yushin, G. (2018) ***Ten years left to redesign lithium-ion batteries***. Nature 559, 467.

10 » Batmunkh, M. (2019) ***Efficient Production of Phosphorene Nanosheets via Shear Stress Mediated Exfoliation for Low - Temperature Perovskite Solar Cells***. Small Methods, 3, 1800521.

11 » Ojha, S., Kumar, B. (2018) ***A review on nanotechnology based innovations in diagnosis and treatment of multiple sclerosis***. J. Cell. Immunother.4 (2), 56.

12 » Zhang, Y., Li, M.., Gao, X. (2019) ***Nanotechnology in cancer diagnosis: progress, challenges and opportunities***. J Hematol Oncol. 12, 137.

13 » Patra, J.K., Das, G., Fraceto, L.F. (2018) ***Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects***. J Nanobiotechnol. 16, 71.

14 » Hasan, A., Morshed, M., Memic, A., Hassan, S., Webster, T. J., & Marei, H. E. (2018) ***Nanoparticles in tissue engineering: applications, challenges and prospects***. Int, J. of Nanomed. 13, 5637.

15 » Douglas, S. M., Bachelet, I., Church, G. M. (2012). Science 335, 831.

16 » Velasco-Mallorquí, F., Fernández-Costa, J.M., Neves L., Ramón-Azcón, J. (2020) ***New volumetric CNT-doped gelatin-cellulose scaffolds for skeletal muscle tissue engineering***. Nanoscale Adv.2, 2885.

17 » Chaturvedi, S., Dave, P. (2019) ***Water Purification Using Nanotechnology in Emerging Opportunities***. Chem. Meth, 3(1), 115.

18 » We,i Y. Tao, W., Ah-Hyung, A. P., Mengxiang F. (2019) ***Review of liquid nano-absorbents for enhanced CO2 capture***. Nanoscale, 39, 17137.

19 » Astruc, D. (2020) ***Introduction: Nanoparticles in Catalysis***. Chem. Rev. 120 (2), 461.

20 » Chaudhari, D., Patil, T., Raichurkar, P. Daberao, A. (2018) ***Review on Nanotechnology & Its Application in Coating Industry***. Int. J. of Sci. and Eng. Res. 09.

21 » Reches, Y. (2018) ***Nanoparticles as concrete additives: Review and perspectives. Constr. and Build***. Mater. 175, 483.

22 » Du, S., Wu, J., AlShareedah, O., Shi, X. (2019) ***Nanotechnology in Cement-Based Materials: A Review of Durability, Modeling, and Advanced Characterization***. Nanomaterials 9(9), 1213.

23 » Sauer, H., Spiekermann, S., Cura, E., Lie, L.H. (2004) ***Accelerated adhesive curing with microwaves and nanoferrites***. Adhesion. Adhes&Sealants, 48.

24 » Yun, S. H. (2016) ***Nanotechnology in Textiles***, ACS Nano. 22, 3042.

25 » Ayatullah , A. K. M., Hasan, M. D. Z.. (2018) ***Application of Nanotechnology in Modern Textiles: A Review***. Int. J. of Eng. Tech. Sci. 8. 02.

26 » Paszkiewicz, M., Gołąbiewska, A., Rajski, E., Kowal, A., Sajdak, A., Zaleska-Medynska, A. (2016) ***The Antibacterial and Antifungal Textile Properties Functionalized by Bimetallic Nanoparticles of Ag/Cu with Different Structures***. J. of Nanomat. 2016, 1687.

27 » Qiyao, H., Dongrui W., Zijian Z. (2016) ***Textile-based electrochemical energy storage devices***. Adv. Energy Mat. 6 (22), 1600783.

28 » Bhatt, L., Kale, R. (2015) ***Development of mosquito repellent textiles using chrysanthemum oil nano emulsion***. IJTFT. 5. 15.

BIOGRAFÍA

Isabel Lado Touriño es Doctora en Ciencias Químicas por la Universidad de Santiago de Compostela. Es profesora titular de la Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño de la Universidad Europea de Madrid, en donde trabaja desde 2001. De 1998 a 2001 fue profesora titular del Instituto Superior de Materiales de Le Mans (Francia). Es autora de una treintena de publicaciones científicas en el campo de la simulación molecular de nanomateriales aplicados a la biomedicina.