

La nanotecnología a 40 años de su aparición: Logros y tendencias

Brenda Janett Alonso Gutiérrez, Arnulfo López Meléndez, Carolina Yazmin Rodríguez Liñan, David Abraham Lázaro López
CIIDIT, FIME-UANL
leonardo.chavezgr@uanl.edu.mx

RESUMEN

La nanotecnología ha estado presente en la civilización desde la antigüedad y con el tiempo su difusión ha ido creciendo a pasos agigantados, particularmente a partir de los años 80 y manteniéndose hasta la fecha. Es cada vez más claro, que la nanotecnología tendrá un papel importante en el crecimiento de la economía, el desarrollo científico y tecnológico de este siglo. En este artículo presentaremos los orígenes, así como los primeros filósofos y científicos en exponer las ideas que hacen de la nanotecnología lo que hoy es y cómo ha ido creciendo a través del tiempo, para que hoy en día sea considerada una herramienta clave del futuro de la humanidad, debido a las inmensas posibilidades que presenta para un gran número de áreas de interés como la Biología, la Medicina, la industria automotriz y textil, por mencionar algunas.

PALABRAS CLAVES

Nanotecnología, nanociencia, nanoescala, nanopartícula, Richard Feynman.

ABSTRACT

Nanotechnology is a science that has been present in civilization since ancient times and has grown rapidly, reaching a peak from the 80s. It is clear that nanotechnology will have an important role in the growth of scientific and technological development in this century. This article presents the origins of this area as well the philosophers and scientists to expose the first ideas of nanotechnology and how it has been evolving over time, so that today it is considered the science of the future due to the immense possibilities for a large number of interest areas such as biology, medicine, automotive industry and textiles.

KEYWORDS

Nanotechnology, nanoscience, nanoscale, nanoparticle, Richard Feynman.

INTRODUCCIÓN

La historia de la civilización ha mostrado la habilidad del ser humano por modificar la naturaleza a gran escala, para lograr un beneficio de su entorno natural. La construcción de las pirámides de Egipto y del México prehispánico, la gran muralla China hasta el edificio Empire State en New York, son tan solo algunos ejemplos.

Por el contrario, no queda claro en qué momento exactamente los humanos empezaron a aprovechar las ventajas de los materiales en dimensiones nanométricas, se sabe que en el siglo IV a.C. los vidrieros romanos fabricaban cristales que contenían metales nanométricos. Un ejemplo de esto, es la copa que representa la muerte del Rey Licurgo,¹ está hecha de vidrio de sosa y cal que contienen nanopartículas de oro y plata. Debido a estas nanopartículas presentes, el color de la copa varía de verde a rojo intenso (figura 1) cuando se le introduce una fuente luminosa en su interior. También la gran variedad de colores que están presentes en los vidrios de las catedrales medievales, se debe a la existencia de nanopartículas metálicas en el vidrio.



Fig. 1. Color cambiante de la copa de Licurgo (verde con luz reflejada y rojo con luz transmitida) y una de las nanopartículas de Au que contiene el vidrio.²

Aunque desde tiempos antiguos ya se presentaba el uso de la nanotecnología, no fue hasta tiempos más recientes que se comenzó a poner un mayor interés en esta fascinante área. En 1960 el premio Nobel de Física Richard Feynman presentó una conferencia en el ámbito de la nanotecnología llamada “There is plenty of room at the bottom” en una reunión de la Sociedad Americana de Física,³ donde especuló sobre el potencial y las grandes posibilidades en el estudio del área de lo nanométrico. En esta plática propuso manipular los átomos individualmente para poder construir pequeñas estructuras que poseyeran la mayor variedad de propiedades.

Aunque la presentación de Feynman fue hasta los años 60, ya se trabajaba de forma experimental sobre la síntesis de pequeñas partículas metálicas. La única diferencia fue que en ese entonces, no se le conocía como nanotecnología ni se había estudiado el tema de una forma precisa y sistemática.

No fue hasta los años 80 que la nanotecnología dio un gran salto en el ámbito científico, con la aparición de nuevos métodos, más apropiados para el estudio y fabricación de nanoestructuras. Un ejemplo de esto ocurre en el año de 1981 cuando se desarrolló un método para obtener cúmulos metálicos mediante el uso de un láser concentrado que permitiera vaporizar metales y formar plasma.

Al final, lo importante es no perder de vista la historia de la nanotecnología y sus partículas insignia, iniciada por el fullereno que aseguraba traer grandes cambios en la vida cotidiana, luego llegó el nanotubo y sufrió el mismo destino hasta que fue sustituido por el ampliamente estudiado grafeno, el cual deberá esperar, hasta que aparezca una nueva fuente de inspiración que alimente las promesas tecnológicas incumplidas.

Un nanómetro (nm) actualmente tiene la aceptación en el Sistema Internacional de Unidades (SI), donde 1 nanómetro es igual 1×10^{-9} metros.⁴ A esta escala de la que estamos hablando, se encuentran muy cercanos el tamaño de los átomos y moléculas que componen la materia. Para tener una idea de que tan pequeño es un nanómetro, pensemos en el diámetro de un cabello humano, el cual mide aproximadamente 75,000 nm, la doble hélice del ADN tiene un espesor de 2 nm (figura 2), otro ejemplo es que en una habitación normal hay unas 15,000 nanopartículas por cm^3 en el aire. Si estamos dando un paseo por el bosque, usted estará en un ambiente donde habrá alrededor de 50,000 nanopartículas por cm^3 , en una gran ciudad puede haber hasta 100,000 nanopartículas por cm^3 , aunque no podemos ver partículas nanométricas se pueden oler algunas, por ejemplo cuando se está horneando un pastel.

Las nanopartículas deben cumplir 3 condiciones: que el tamaño este comprendido en 1 y 100 nm por lo menos en una dimensión (0D, 1D, 2D) que las propiedades de los materiales cambien en este rango y que exista un control y entendimiento de lo que se está fabricando. En cuanto al cambio de las propiedades podemos dar el ejemplo del oro, si se compara una moneda de oro con un lingote del mismo material y de la misma pureza, aunque mucho más pequeña, tiene las mismas propiedades físicas y químicas del lingote, como el color, la dureza, el punto de fusión, la densidad, etc. Si hipotéticamente

dividimos la moneda en dos partes iguales, cada una de las mitades seguirá siendo dorada, brillante y con todas las propiedades de la moneda entera o del lingote. Al repetir este proceso muchas veces, pasando de los centímetros a los milímetros y de los milímetros a las micras, no debería de haber cambios observables en los pedazos de la moneda de oro. Sin embargo, cuando llegamos a la nanoescala todo cambia, el fragmento nanoscópico de oro ya no es dorado. Una nanopartícula de oro puede ser roja, naranja, púrpura o hasta verdosa dependiendo de su tamaño.⁵

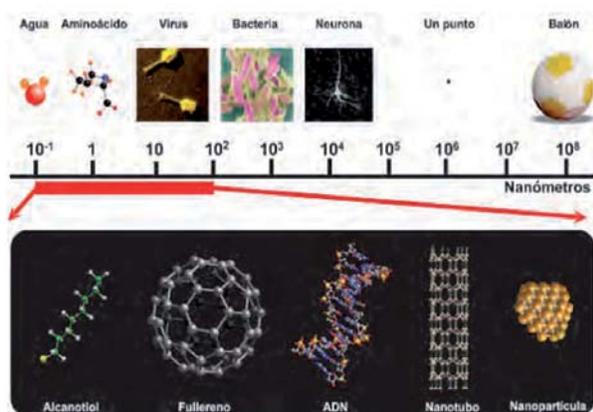


Fig. 2. Diferentes objetos con su tamaño característico. Los objetos cuyo tamaño estará comprendido entre 1 y 100 nm son con los que trabaja actualmente la nanotecnología.

Como hemos visto, la nanociencia ha estado presente desde tiempos antiguos hasta la actualidad, y poco a poco se ha ido descubriendo cuales son los límites de lo posible en esta ciencia emergente, que va definiéndose día con día con nuevos y sorprendentes hallazgos. Este trabajo continuo de comprensión y desarrollo, se realiza de manera constante en institutos de investigación y universidades alrededor del mundo, con el fin de lograr un mejor entendimiento y poder aplicar los conocimientos adquiridos, para mejorar la calidad de vida de la humanidad.

Historia de la nanotecnología

Fue alrededor del año 450 a.C., cuando surgió la filosofía de la escuela atomista. Este era un concepto donde se mencionaba que los átomos eran un bloque

básico e indivisible, que componen la materia y el universo. Posteriormente Democrito y Leucipo propusieron la primer teoría atómica llamada “Discontinuidad de la Materia” la cual consistía en que la materia podía ser dividida indeterminadamente hasta obtener pequeñas partículas indivisibles, a estas partículas les llamaron “Átomos”, los cuales constituyen la materia.

A partir de esta primer teoría se abrió camino para nuevos modelos atómicos como lo son: el modelo de Dalton (1800), el de Thomson (1897), el modelo atómico de Rutherford (1908), este último ganador del premio nobel, el modelo de Bohr (1913) y el actual modelo de Schrödinger, estos encaminaron el estudio del átomo hasta lo que sabemos hoy en día.

“Richard Feynman un hombre con visión”

A pesar de que el concepto sobre nanotecnología no es algo fijo y cerrado, sino que se construye poco a poco conforme se efectúan nuevos experimentos, su origen sí parece estar claro para todos, viéndolo desde cualquier ángulo, el nacimiento de esta ciencia resulta indiscutiblemente ligada a Richard Feynman, científico nacido en Nueva York en el año 1918, trabajó en muy diversos temas, destacando los resultados en electrodinámica cuántica, por los que fue galardonado con el premio nobel de física en 1965.

Feynman⁶ hablaba de la posibilidad de crear materiales desde una nueva perspectiva, basada en la manipulación y el control de los objetos tan pequeños como los propios átomos y dijo: “*No me gusta considerar la pregunta final de si en el futuro, podremos colocar los átomos como queramos, ¿cuáles serían las propiedades de los materiales si pudiéramos colocarlos de alguna forma favorable? No puedo saber exactamente qué pasaría, pero no tengo la menor duda de que si controlamos la colocación de objetos a una pequeña escala, tendríamos acceso a un amplio rango de propiedades que los materiales pueden presentar y podríamos hacer una gran cantidad de cosas*” finalizó. Esta idea que parecía de ciencia-ficción, estaba avalada por el hecho de que, esta manipulación de átomos no contradecía ninguna ley física, por lo tanto no había problema alguno para que pudiera llevarse a cabo.

El nuevo nombre de la ciencia de lo pequeño

El concepto “Nanotecnología”, fue creado en el año de 1974 por el Prof. Norio Taniguchi (figura 3), de la Universidad de Ciencias de Tokio, que decía: “La nanotecnología consiste en el procedimiento de separación, consolidación y deformación de materiales átomo por átomo o molécula por molécula”.⁷ Durante este año la nanotecnología comenzó a crecer con fuerza y condujo a los científicos más optimistas a trabajar con empeño en distintos temas. La idea de que en algún sentido se podría tocar los átomos y las moléculas, surgió en la década de los 80, cuando estudiosos apoyados por la teoría propuesta por el Dr. K. Eric Drexler, consiguieron manipular los átomos y las moléculas. Lo cual causó gran controversia de opiniones en la época y dio motivos para que la justicia interviniera, por el temor de que sea usado con intenciones bélicas o ilícitas.



Fig. 3. Prof. Norio Taniguchi.
Eric Drexler: El primer impulso en tierra firme.⁷

Drexler, un académico del Massachusetts Institute of Technology (MIT), enfatizó su trabajo en el ensamblaje molecular imaginando pequeños robots, contruidos a escala microscópica, capaces de manipular y colocar átomos en un lugar adecuado dentro de la estructura atómica del material, con la finalidad de construir moléculas únicas, precisas y muy particulares.

Pese a la innovación que Drexler ofreció en sus conceptos, los científicos de la época trataron con escepticismo el tema y al igual que sucedió con la escuela atomista griega y el emotivo discurso de Feynman, la idea parecía sacada de alguna película, especialmente para Richard E. Smalley, quien ganara el Premio Nobel de Química en 1996 por el descubrimiento de los fullerenos. Smalley mencionaba diversos problemas con la idea de fabricar o manipular átomo por átomo para construir un objeto, principalmente debido a lo que llamaba dedos gordos (fat fingers) y dedos pegajosos (sticky fingers), que impedirían dicha manipulación, a lo que Drexler respondía que eso era un problema de ingeniería y no un problema fundamental que impidiera llevar a cabo la idea.

Aun así, Eric Drexler logra publicar el primer libro sobre nanotecnología en 1986 titulado *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*, también se ve involucrado en el primer simposio de nanotecnología organizado en el Massachusetts Institute of Technology en 1987.⁸

En el siguiente año, se crea y se lleva a cabo el primer curso universitario de nanotecnología en la Universidad de Standford donde también estuvo involucrado el Dr. Eric Drexler. El curso inició con 50 estudiantes y duró solo 10 semanas.⁸

Descubrimiento del C60

En 1985 fue la primera vez que se encontró el Fullerenos o C60, el cual cuenta con excelentes características físicas, químicas, matemáticas y estéticas y es la tercera forma molecular más estable del carbono. El descubrimiento de la existencia de una molécula con forma de balón de fútbol, que contenía 60 átomos de carbono (figura 4), fue el resultado de investigaciones sobre la naturaleza de la materia en el espacio sideral.⁹ Este descubrimiento dio nacimiento a estudios sobre la transmisión de la luz a través del polvo interestelar, las pequeñas partículas de materia que llenan el espacio entre estrellas y galaxias y la extensión óptica, que ocurre cuando la luz de una estrella lejana atraviesa el cosmos, llega a la Tierra y se reduce la intensidad de la radiación.

El fullereno C60 conocido también como Buckminsterfullereno, en honor al arquitecto

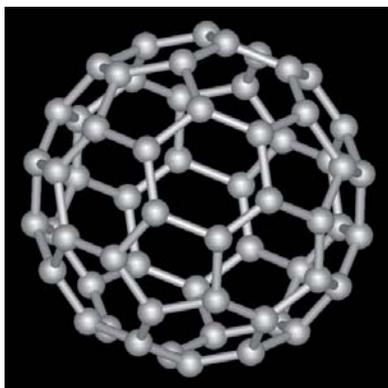


Fig. 4 C60 o fullereno.

Richard Buckminster Fuller,⁹ por la similitud con las estructuras que diseñaba.

Los 90´s pilar de la nanotecnología

Poco antes de comenzar esta década, la compañía IBM, logró una demostración impresionante donde consiguieron escribir el logotipo de la empresa a escala atómica, utilizando 35 átomos de xenón (figura 5), una diminuta lámina de metal cristalino y un *Microscopio de Tunelamiento* (STM), el cual toma imágenes de superficies a nivel atómico y no solo puede ser usado con vacío, sino también en agua, aire y líquidos o gases presentes en el ambiente a una temperatura que alcanza casi el cero Kelvin hasta cientos de grados Celsius.¹⁰

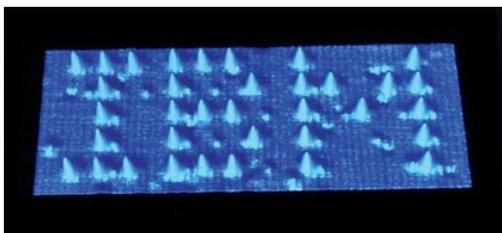


Fig. 5. Logo IBM realizado con xenón sobre níquel.¹¹

Nanotubos de carbono

En 1991 se descubre una de las estructuras más interesantes y con gran potencial de aplicación: los Nanotubos de carbono, descubiertos por Sumio Iijima, aunque se cree que la primera evidencia de la naturaleza tubular de algunos filamentos de carbono se publicó en 1952 en el *Journal of Physical Chemistry*.¹² Podemos imaginar a los nanotubos como una lámina de grafito enrollada para formar

un tubo, con enlaces al final de ella para cerrar sus extremos, dependiendo de su grado de enrollamiento y como se conforma la lámina original, se pueden dar distintos diámetros y geometría interna de tal forma que podemos encontrar múltiples aplicaciones ya sean eléctricas, mecánicas o térmicas. Al estudiarse se encontraron nanotubos monocapa (figura 6) o de pared simple (SWNT) y los multicapa o de pared múltiple (MWNT).

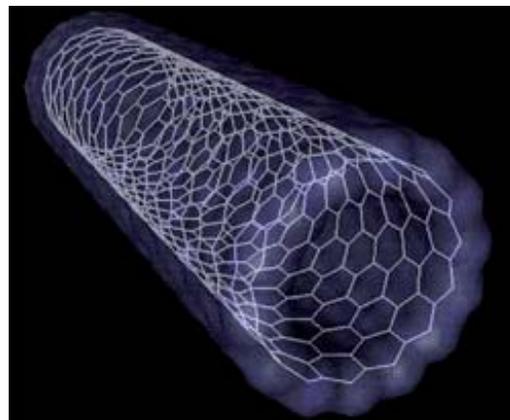


Fig. 6. Nanotubo de carbono de pared simple.¹³

En 1993 se da el primer informe sobre nanociencia realizado por la Casa Blanca. El libro *Engines of Creation*, se envió a la administración de la Universidad de Rice y estimuló la creación del primer centro de nanotecnología.¹⁴

Fue hasta 1994 cuando la University of Southern California (USC) realizó el primer curso basado en un libro de texto el cual tenía por nombre *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation*, impartido por el Profesor Ari Requicha, un profesor-investigador portugués que impulsó el crecimiento de la nanotecnología molecular en la USC.

En esta década se presenciaron algunos eventos destacables como lo fue el esparcimiento de nuevos centros y grupos de investigación nanotecnológica fuera de Estados Unidos. Se entrega el primer premio Feynman, el cual busca motivar a los investigadores a que sus trabajos se vean orientados hacia el avance y desarrollo de la nanotecnología molecular. En el año 1997 se crea la primera empresa dedicada a desarrollar materiales nanoestructurados e integrarlos en nuevos productos de áreas diversas como la industria automotriz, aeroespacial, marítima,

de salud y alimentos. Esta compañía continúa hasta hoy sus operaciones y se ha dividido en tres secciones independientes: Zyvex Technologies, Zyvex Labs y Zyvex Instruments. También se lograron grandes avances en tecnologías de computación y simulación virtual, telefonía, internet, así como también en el giro biológico y químico.¹⁵

En reconocimiento a los avances en el estudio de la nanoescala, el National Science and Technology Council (NSTC) de la Casa Blanca creó en 1998 la Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology (IWGN). En enero del año 2000, el presidente William J. Clinton dio un discurso al IWGN y habló sobre el mundo a la nanoescala y su gran importancia para la ciencia y tecnología. En febrero del 2000, el presidente dio a conocer la inversión por \$497 millones de dólares en el presupuesto del año fiscal 2001 para crear la multi-agency National Nanotechnology Initiative (NNI), que tenía como fin formar una coalición de amplia base en el mundo académico a nivel privado y público, para trabajar juntos y ampliar los límites de la nanociencia y nanotecnología.¹⁶

El avance del entendimiento de la nanotecnología ha ido creciendo exponencialmente, en el 2014 se celebró el 40 aniversario del nacimiento de la palabra “*Nanotecnología*”. Se han realizado muchos descubrimientos a lo largo de este tiempo, pero como podemos ver, aún existen muchas áreas que explorar. Hoy en día no podemos saber el comportamiento de todos los materiales a escala nanométrica, por lo tanto, no podríamos predecir con exactitud donde estaremos en los próximos 40 años, teniendo tanto por conocer.

Nanotecnología: La Siguiente revolución Industrial

La nanotecnología ha revolucionado la manera de ver el mundo y la forma de hacer las cosas. Ha ingresado nuevas palabras y definiciones en nuestro lenguaje. Desde la primera definición oficial en el año 1999, establecida por la Fundación Nacional de Ciencia (NSF),¹⁷ hasta la definición más reciente publicada en el 2010 por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) la cual dice:

1. Comprensión y control de la materia y los procesos a escala nanométrica, por lo general; aunque no

exclusivamente, por debajo de 100 nanómetros de una o más dimensiones, donde la aparición de fenómenos dependientes del tamaño por lo general permite nuevas aplicaciones.

2. Utilizando las propiedades de los materiales a nanoescala que difieren de las propiedades de los átomos individuales, moléculas y materia a granel o “bulk”, para crear materiales novedosos, dispositivos y sistemas que explotan estas nuevas propiedades.

La comprensión de las palabras relacionadas a nanotecnología: Nanoescala, Nanociencia, Nanopartícula, Nanoingeniería, Nanodispositivos, Nanomateriales han ido creando un nuevo léxico.

En el área de la investigación los artículos indexados sobre nanotecnología han ido en aumento a partir del año 2000, como se puede observar en la figura 8, lo cual es una consecuencia debido a que entre el año 1991 y 1998 en Estados Unidos; punta de lanza en nanotecnología, se creó el primer programa enfocado a Nanopartículas y la creación de la asociación llamada “Partnerships in Nanotechnology”.

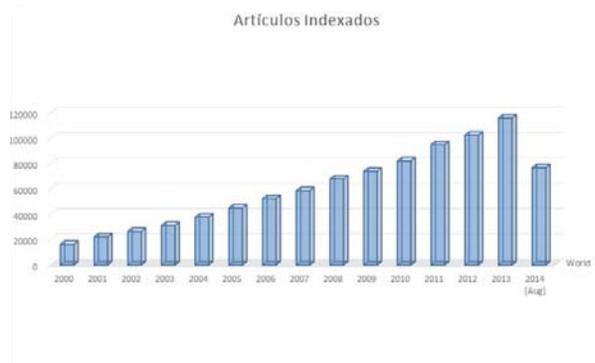


Fig. 8. Gráfico de los artículos indexados en los últimos 14 años.

En este mismo año en Estado Unidos, se crearon las directrices sobre la investigación de la nanotecnología compiladas en un documento oficial por el Consejo Nacional de Tecnología llamado “Nanotechnology Research Directions” (NSTC).¹⁸

Derivado a esto y a la creciente necesidad de nuevo conocimiento especializado y multidisciplinario, paulatinamente se han creado nuevos programas educativos desde niveles básicos como preparatoria hasta grados de doctorado, donde actualmente Asia y América son los que llevan la delantera pero sin dejar

atrás a Europa. En países como Japón se han creado institutos de investigación con especialización solo en nanotecnología (figura 9)

La nanotecnología es un nuevo mundo, pero no es enteramente una nueva área de aplicación. Los científicos se han inspirado en el comportamiento de la naturaleza ya que está la utiliza continuamente, por ejemplo la habilidad de los Geckos de trepar las paredes utilizando cabellos nanométricos adhesivos, que actúan en conjunto para sostenerlos en el techo o paredes.¹⁹ En las hojas de la flor de loto, se pueden ver como su superficie tiene un recubrimiento hidrofóbico que le ayuda a disminuir la humedad, y así podemos dar un sinnfín de ejemplos.²⁰ La Nanociencia en base al estudio de la naturaleza ha desarrollado, diseñado y manipulado nuevos materiales y ha creado nuevas aplicaciones en las diferentes áreas.

Programas Educativos en Nanotecnología

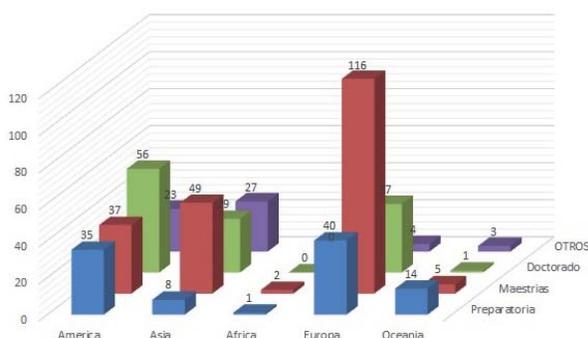


Fig. 9. Estudios en Nanotecnología por continente.²¹

Por ejemplo una de las áreas más desarrolladas es la Medicina, el uso de la nanotecnología en el campo de la medicina ofrece posibilidades sorprendentes. Muchas aplicaciones ya están en uso mientras otras siguen en etapa de prueba. Actualmente se está implementado el uso del “Drug Delivery” el cual con ayuda de un dispositivo llamado “Nanocarrier”, que es ingerido por el paciente, viaja por el torrente sanguíneo liberando el medicamento de forma selectiva y eficiente minimizando los efectos secundarios.²² La combinación de estas dos áreas de la nanotecnología cambiara la manera en que detectamos y tratamos el daño al cuerpo humano y enfermedades en el futuro.

En el área Textil la elaboración de telas decoradas con nanopartículas o nanofibras permite mejorar

sus propiedades sin incremento significativo en peso, grosor o rigidez. Por dar un ejemplo muy general están las telas del tipo “Nanowhiskers”, las cuales hacen telas resistentes al agua (figura 10) y anti-manchas (self-cleaners),²³ también existen prendas con nanopartículas de plata que tienen efectos bactericidas, previniendo la aparición de enfermedades dermatológicas.²⁴



Fig. 10. Superficies hidrofóbicas en textiles para ropa.

NEMS (Nanoelectro Mechanical Systems)

Los Sistemas Nanoelectromecánicos tienen la posibilidad de controlar, detectar y activar los dispositivos a microescala y pueden funcionar en conjunto para generar cambios a la macroescala.

Existen proyectos a nivel mundial, en los cuales buscan hacer circuitos electrónicos flexibles, incrementar la densidad de memoria de los microchips, mientras que en otros se busca mejorar la velocidad de transmisión de datos entre circuitos integrados o mejorar el enfriamiento de estos dispositivos. La posibilidad de incrementar las capacidades de dispositivos electrónicos, al mismo tiempo en que reducimos su peso y su consumo energético hacen que los NEMS sean el siguiente paso para la “Silicon Revolution”.²⁵

En la industria alimenticia ha impactado, como la comida es: cultivada, procesada y empaquetada. Las compañías están desarrollando nanomateriales que no solo cambiaran el sabor de la comida, sino también en como los nutrientes son adsorbidos en nuestro cuerpo. Además, recipientes de basura con nanopartículas de plata que matan cualquier bacteria, minimizando el riesgo a la salud. Investigadores de Technische Universität München han desarrollado un método para hacer sensores en superficies plásticas

flexibles que tiene como aplicación medir el tiempo de caducidad del producto.

Se están desarrollando pesticidas que solo son liberados en los estómagos de los insectos para minimizar los efectos de la contaminación en plantas. Probablemente uno de los más ambiciosos es la conexión de sensores y dispensadores usados en campos de cultivos que detectan cuando una planta necesita de nutrientes e inmediatamente sean suministrados.²⁶

En el área energética con el apoyo de nanoestructuras y nanopartículas, se ha desarrollado dispositivos fotovoltaicos (celdas solares) más eficientes que las típicas o materiales absorbentes de luz para las mismas (figura 11). Existen diferentes tipos de celdas por ejemplo: celdas solares de nanocristales inorgánicos en medio continuo, con este tipo de celdas se superan los problemas reportados de baja eficiencia de conversión. También podemos encontrar celdas solares sensibilizadas con nanopartículas de PbSe en las cuales se ha encontrado de manera experimental que se puede utilizar los electrones calientes “hot-electrons” que se disipan en forma de calor para generar energía eléctrica.²⁷



Fig. 11. Módulos de celdas solares en residencias

La nanotecnología en tratamientos de agua

El agua es la sustancia más esencial para la vida en la tierra y un recurso muy valioso para la civilización humana. El acceso confiable a agua limpia es considerado una de las metas humanitarias más básicas, y sigue siendo un importante reto mundial. La nanotecnología ofrece oportunidades para desarrollar los sistemas de abastecimiento de agua de última generación, además de capacidades

de tratamiento que podrían permitir la utilización económica de las fuentes de agua no convencionales para ampliar el suministro de agua.

Tabla I Se presentan algunas de las aplicaciones de la nanotecnología.²⁸

Producto	Cómo funciona
Nanoesponjas para la captación de agua de lluvia	Combinan polímeros y nanopartículas de vidrio que se pueden estampar en superficies como las telas para absorber agua. Instituto Tecnológico de Massachusetts, (EUA)
Nano óxido para la remoción de arsénico	Las nanopartículas magnéticas de óxido de hierro suspendidas en agua se unen al arsénico, que luego se quita con un imán. Universidad de Rice (EE. UU.)
Membranas desalinizadoras	Combinación de polímeros y nanopartículas que atrae iones de agua y repele sales disueltas. Universidad de California, Los Ángeles y NanoH ₂ O
Membranas de nanofiltración	Membrana hecha de polímeros con poros de entre 0.1 y 10nm. Saehan Industries. Corea
Tubo con nanomalla	Dispositivo de filtración semejante a una pajita (popote), hecha con nanotubos de carbono colocados sobre un material poroso y flexible. Seldon Laboratories (EUA)
Filtro mundial	Filtro que usa una lámina de nanofibra hecha a base de polímeros, resinas, cerámica y otros materiales, capaz de eliminar contaminantes. KX Industries (EUA)
Filtro de pesticidas	Filtro que emplea nanopartículas de plata para la adsorción y degradación de tres pesticidas comúnmente hallados en fuentes de abastecimiento de agua de la India. Instituto Indio de Tecnología de Chennai y Eureka Forbes Limited (India)

Tendencias

Cuando Feynman citó aquellas palabras e imagino cosas radicales pero físicamente posibles, se empezó a transformar el mundo, la nanotecnología salió del laboratorio para convertirse en una realidad que está revolucionando al mundo. En la actualidad, podemos encontrar un sinnúmero de aplicaciones y está al alcance de cualquier bolsillo, con una tendencia a expandir su dominio en cada una de las áreas de la vida cotidiana.

Año	Trabajadores en Area Nano	Artículos Científicos	Patentes de Aplicación	Ganancias de Productos Comerciales	Inversión (Pública + Privada)	Capital de Riesgo
2000	60,000	18,085	1,197	\$ 30,000,000,000	\$ 1,200,000,000	\$ 210,000,000
2008	400,000	70,287	12,776	\$ 200,000,000,000	\$ 15,000,000,000	\$ 1,400,000,000
2015*	2,000,000			\$ 1,000,000,000,000		
2020*	6,000,000			\$ 3,000,000,000,000		

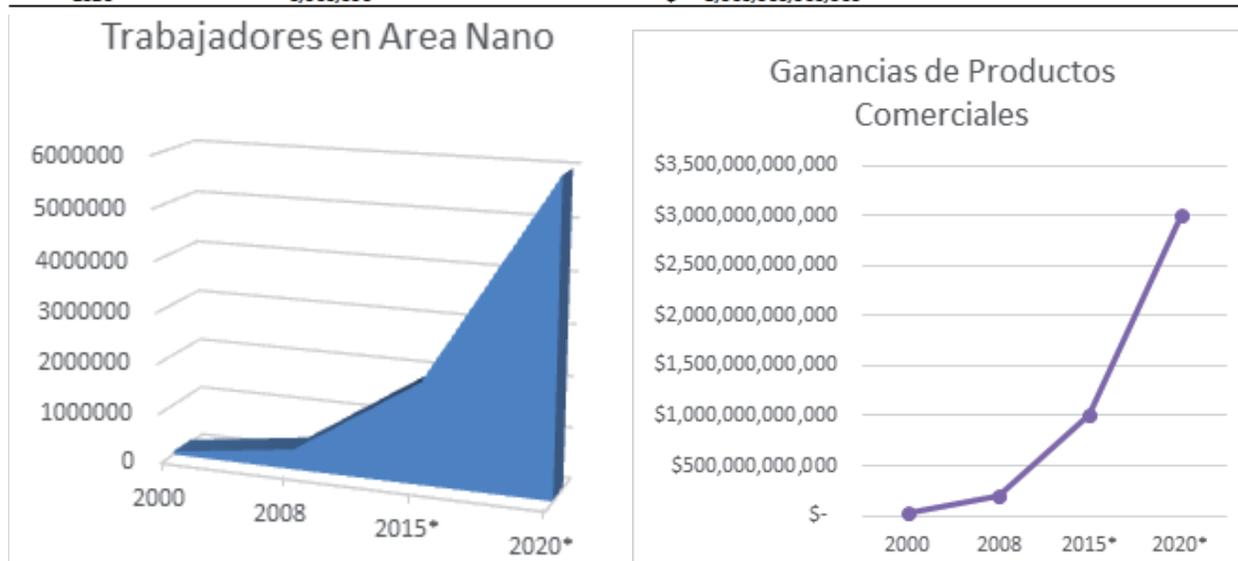


Fig. 12. Se muestran tendencias de trabajos y ganancias generadas por el sector nanotecnología.

En la figura 12 se presentan las proyecciones hacia el 2020,²⁹ donde se puede observar como el interés por la nueva ciencia y su aplicación, está moviendo la educación, el empleo, la ciencia.

Esta ante nuestros ojos una nueva revolución, pero a diferencia de lo sucedido en la revolución industrial con el uso desmedido del carbón y sus repercusiones ambientales, la Nanorevolución, llegó de una manera eficiente y amigable con el planeta.

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos, Gildardo Javier Ziga Carbarín, Eduardo E. Carranza Bernal por su participación parcial en el presente trabajo. Al Dr. Leonardo Chávez Guerrero por la dirección y revisión del artículo, durante la clase de Fundamentos de la nanotecnología, en el semestre Agosto-Diciembre de 2014.

REFERENCIAS

1. <http://www.madrimasd.org/revista/revista35/tribuna/tribuna1.asp>
2. John Mongillo, Nanotechnology 101, Greenwood Press 2007.

3. <http://blogs.creamoselfuturo.com/nanotecnologia/2006/10/03/richard-p-feynman-nobel-de-fisica-1965/>
4. International Standards Organization (ISO), TC 229: Nanotechnologies (2010)
5. <http://www.oei.es/salactsi/udnano.pdf> José Ángel Martín Gago nanociencia y nanotecnología entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro fundación española para la ciencia y la tecnología, 2009.
6. Blogs: Creamoselfuturo.com
7. <http://prezi.com/bghwsnwao3-/nanotechnology/>
8. <http://bionanotecnologias.blogspot.nl/>
9. <http://grafeno101.blogspot.mx/>, dieta a base de carbono.
10. C. Julian Chen (1993). Introduction to Scanning Tunneling Microscopy. Oxford University Press. ISBN 0195071506.
11. <http://cienciaxxi.es/blog/> imagen originalmente creada por IBM Corporation.
12. www.naukas.com

13. www.gipom.com
14. cfm.ehu.es/ricardo/.../historia_nanotecnologia2.pdf
15. <http://www.zyvexlabs.com/AboutUs/History.html>
16. Springer Handbook of Nanotechnology B Bhushan 2004.
17. National Science Foundation (NSF), Partnership in nanotechnology” program announcement
18. Luisa Filippini and Duncan Sutherland Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO) Aarhus University, Denmark, September 2010.
19. A. K. Geim, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, K. S. Novoselov, A. A. Zhukov and S. Yu. Shapoval . Microfabricated adhesive mimicking gecko foot-hair. 2003 Nature Publishing Group.
20. B. Bhushan. Introducción to Nanotechnology. Springer handbook of technology. 2004 Springer.
21. <http://www.nanowerk.com/>
22. Agnieszka Z. Wilczewska, Katarzyna Niemirowicz, Karolina H. Markiewicz, Halina Car Pharmacological Reports 2012, 64, 10201037, ISSN 1734-1140.
23. <http://www.understandingnano.com/fabrics.html>
24. <https://www.nanosilver.eu/Tema/Why-Nanosilver/Magical-Socks-Nanosilver-with-Silver-Nanoparticles>
25. <http://www.understandingnano.com/nanotechnology-electronics.html>
26. <http://www.understandingnano.com/food.html>
27. Domingo García Gutiérrez, Marco A. Garza Navarro, Rene F. Cienfuegos Peláez , Leonardo Chávez Guerrero, Aplicaciones de la nanotecnología en fuentes de energía alterna. Ingenierías, Octubre-Diciembre 2010, Vol. XIII, No.49.
28. Yavuz, C.T., Mayo, J.T., Yu, W.W. et al. Hyperlink “<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/314/5801/964?ijkey=xLNw..wEF95h6&keytype=ref&siteid=sci>” \t “_blank” Low-field magnetic separation of monodisperse Fe₃O₄ nanocrystals. Science 10 (2006).
29. -M.C. Roco, R.S. Williams, P. Alivisatos (eds.), Nanotechnology Research Directions: Vision for the Next Decade. IWGN Workshop Report 1999 (National Science and Technology, Council, Washington, DC, 1999), Springer, 2000.





La Academia Mexicana de Ciencias
convoca al

XXV Verano de la Investigación Científica

la investigación científica a tu alcance

Consulta la convocatoria y fechas en:
www.amc.mx
FB: Verano de la Investigación Científica