

Editorial:

Nanotecnología

Luis Francisco Ramos de Valle

Centro de Investigaciones en Química Aplicada

devalle@ciqa.mx



La nanotecnología es un campo de las ciencias aplicadas enfocado al diseño, síntesis, caracterización y aplicación de materiales y dispositivos en una escala de tamaño nanométrico, o sea en el rango de la millonésima parte de un milímetro. En el sistema métrico se utilizan los prefijos;

kilo (k) = del griego *khilio* (mil), → un mil [10^3].
Mega (M) = del griego *megas* (grande), → un millón [10^6].
Giga (G) = del latín *gigas* (gigante), → mil millones [10^9].
mili (m) = del latín *mille* (mil), → una milésima [10^{-3}].
micro (μ) = del griego *mikros* (pequeño), → una millonésima [10^{-6}].
nano (n) = del griego *nanos* (enano), → una mil-millonésima [10^{-9}].

La nanotecnología es una subclasificación de la tecnología en los campos de la biología, la física, la química y otros campos científicos, definido en la National Nanotechnology Initiative (NNI) de Estados Unidos, como el entendimiento y control de la materia en dimensiones desde 1 hasta 100 nanómetros, donde se dan fenómenos únicos que nos permiten aplicaciones novedosas.

La nanociencia trabaja en el mundo de los átomos, las moléculas, las macromoléculas y los ensamblajes macromoleculares; y esto es ampliamente dominado por efectos de superficie tales como fuerzas y atracción de Van der Waals, enlaces de hidrógeno, cargas electrónicas, enlaces iónicos, enlaces covalentes, hidrofobicidad e hidrofiliidad.

La relación de área superficial a volumen es especialmente notable cuando se trabaja a esta escala, lo que abre nuevas posibilidades basadas en efectos de superficie.

En un cubo de 1 cm por lado, 1 cm^3 , la relación Área/Volumen "A/V" es:
 $A/V = [A = (1)^2 \times 6 \text{ cm}^2; V = (1)^3 \text{ cm}^3] = 6 \text{ cm}^{-1}$
En un cubo de 0.1 cm por lado, es decir, 1 mm^3
 $A/V = [A = (.1)^2 \times 6 \text{ cm}^2; V = (.1)^3 \text{ cm}^3] = 60 \text{ cm}^{-1}$
En un cubo de 0.0001 cm por lado, es decir, $1 \mu\text{m}^3$
 $A/V = [A = (.0001)^2 \times 6 \text{ cm}^2; V = (.0001)^3 \text{ cm}^3] = 60,000 \text{ cm}^{-1}$
En un cubo de 0.000001 cm por lado, es decir, 1 nm^3
 $A/V = [A = (.000001)^2 \times 6 \text{ cm}^2; V = (.000001)^3 \text{ cm}^3] = 60,000,000 \text{ cm}^{-1}$

Es decir, asumiendo una densidad de 1 g/cm^3 ; 1 gramo de material en polvo de partículas de 1 nm^3 tendrá 1 millón de veces más área superficial que 1 gramo de material en polvo de partículas de 1 mm^3 .

La nanociencia es el estudio de los fenómenos y la manipulación de los materiales a una escala nanométrica; en esencia, es una extensión de las ciencias existentes a la escala nanométrica.

Los nanomateriales van más allá de un simple paso de miniaturización, estos han roto la barrera del tamaño hasta un punto en que el efecto cuántico llega a ser relevante. Este efecto no se da al ir de macro a micro, pero es dominante al ir de micro a nano. Por ejemplo, sustancias opacas pasan a ser transparentes (el cobre); materiales inertes pasan a ser catalizadores (el platino); materiales estables se tornan combustibles (el aluminio); algunos sólidos se vuelven líquidos a temperatura ambiente (el oro); y algunos materiales aislantes llegan a ser conductores (el silicio).

CAMBIANDO DE ESCALA

La primera mención de conceptos distintivos en el campo de la nanotecnología fueron vertidos por el físico Richard Feynman (premio Nóbel de física en 1965) en una conferencia titulada, “There is Plenty of Room at the Bottom” en el Instituto Tecnológico de California, en diciembre de 1959.

El término nanotecnología fue definido por el profesor Norio Taniguchi de la Universidad de Ciencias de Tokio en un artículo publicado en 1974, titulado, “On the Basic Concept of Nanotechnology”, como: “La nanotecnología consiste básicamente de procesos de separación, consolidación y deformación de materiales al nivel de átomos o moléculas”.

En los ochenta la idea básica de esta definición fue explorada en mayor profundidad por el doctor Eric Drexler, quien promovió el significado tecnológico de los fenómenos y dispositivos a escala nanométrica en su libro “Engines of Creation; The Coming Era of Nanotechnology”.

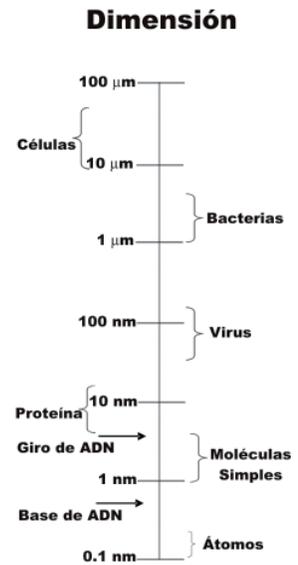
En 1990 sale a la luz el primer “journal” científico dedicado a este nuevo tema “Nanotechnology”, que tiene un factor de impacto de 3.32 y está ubicado en el octavo lugar en la categoría de física aplicada. Al mismo tiempo, y luego de la importancia que empieza a ganar este nuevo “tema”, en 1990, el presidente de los Estados Unidos, William Clinton, crea la ya mencionada NNI (Iniciativa Nacional sobre Nanotecnología), que entre otras cosas, establece el apoyo del gobierno federal de Estados Unidos hacia la investigación y el desarrollo de la nanotecnología.

Posteriormente, la National Science Foundation (NSF) de Estados Unidos, comisionó al profesor David Berube a conducir una amplia revisión sobre el tema. Sus conclusiones quedaron documentadas en una monografía titulada “*The Truth Behind the Nanotechnology Buzz*”. Este estudio concluye que mucho de lo que se ha vendido como nanotecnología es en realidad “un recast” de la típica ciencia de materiales, que ha producido una industria de nanotecnología basada solamente en desarrollar y vender nanotubos, nanofibras, nanoarcillas y similares, que pudiera terminar con una serie de empresas vendiendo grandes volúmenes de productos con reducido margen tecnológico y de utilidades.

Se estima que en 10 años muchos productos comerciales, tendrán algún rasgo nanométrico, y el valor comercial de los productos afectados por la nanotecnología será del orden de 10^{12} dólares.

El número de artículos científico-tecnológicos que mencionan la palabra nanotecnología, pasó de 500 en 1999 a 6,000 en 2002.

El gasto gubernamental en investigación científica y tecnológica, en nanotecnología, alcanzó 3,700 millones de dólares en el mundo en 2003, y



sólo en Estados Unidos, bajo la NNI, se asignó un presupuesto de 850 millones de dólares para el año 2004.

LAS APLICACIONES

Las nanoestructuras pueden ser de tamaño nanométrico en solo una de sus dimensiones, como sería el caso de las laminillas de la nanoarcilla; en dos de sus dimensiones, como es el caso de los nanotubos y las nanofibras de carbono; o en las tres de sus dimensiones, como es el caso de las nanopartículas de dióxido de silicio.

Las nanopartículas toman ventaja del dramático incremento de la relación área superficial a volumen. Cuando algunas nanopartículas pasan a formar parte de la masa de otro material, éstas influyen grandemente en las propiedades mecánicas, tales como el módulo y la elasticidad. Por ejemplo, los polímeros tradicionales pueden ser reforzados por la inclusión de nanopartículas, resultando en materiales mucho más fuertes pero muy ligeros, capaces de reemplazar a muchos metales.

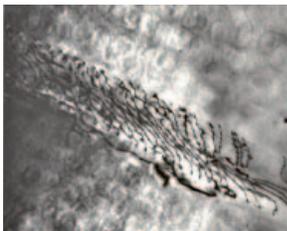
En el campo de la medicina, los investigadores han empezado a explotar las propiedades de los nanomateriales para varias aplicaciones, por ejemplo, agentes de contraste para imágenes celulares y agentes terapéuticos para el tratamiento de cáncer. La nanotecnología biomédica, la bionanotecnología y la nanomedicina son términos que se utilizan para describir este campo.

Ciertos nanomateriales pueden ser funcionalizados con agentes biológicos. El tamaño de estos nanomateriales es similar a la gran mayoría de las estructuras y las moléculas biológicas.

A la fecha la integración de nanomateriales con la biología ha llevado al desarrollo de dispositivos de diagnóstico, agentes de contraste, herramientas analíticas, agentes para terapia y vehículos para liberación de drogas o medicamentos.

En el campo de la química, la catálisis y las técnicas de filtración son dos ejemplos en donde la nanotecnología ya está presente. El principal beneficio de la primera proviene de la extremadamente grande relación de área superficial a volumen. El potencial de aplicación de las nanopartículas en el área de la catálisis va desde celdas de combustible hasta convertidores catalíticos. En cuanto la filtración, es de esperarse una fuerte influencia de la nanotecnología en el tratamiento de agua, purificación de aire y dispositivos de almacenaje de energía.

Las membranas con poros de tamaño nanométricos serían excelentes para los procesos de filtración mecánica. La nanofiltración se utiliza principalmente para la separación de iones o para la separación de diferentes fluidos. Un importante campo de aplicación de la nanofiltración en la medicina es, por ejemplo, la diálisis renal.



La síntesis provee nuevos materiales con características y propiedades químicas diseñadas a la medida, por ejemplo, nanopartículas con funcionalidades químicas específicas. En este sentido, la química es de hecho una nanociencia. En un corto plazo la química podrá proveer de nuevos nanomateriales específicos y en un futuro un poco más lejano podrá desarrollar procesos tales como el autoensamblaje.

En el campo de la informática y la comunicación, los procesos de producción actuales (high tech) son procesos en los cuales la nanotecnología ya ha estado presente. La escala de los circuitos integrados está ya por debajo de los 100 nanómetros. Se puede mencionar como ejemplo a los nuevos dispositivos semiconductores basados en lo que se le llama spintrónica o magnetoelectrónica. Este efecto, derivado de la utilización de partículas de tamaño nanométrico, ha llevado a un fuerte aumento en la capacidad de almacenamiento de datos en un disco duro de los que usan en una computadora y ha hecho posible llegar a rangos de GB en lugar de MB; tal es el caso del llamado magnetic random acces memory o MRAM. Otro ejemplo son los nuevos dispositivos óptico u optoelectrónicos, los cuales han reemplazado en la tecnología de comunicación moderna a los dispositivos eléctricos analógicos debido a la enorme amplitud de banda y gran capacidad, respectivamente. Dos ejemplos promisorios son los cristales fotónicos, que son materiales con una variación periódica en el índice de refracción, se asemejan a un semiconductor pero conducen fotones en lugar de electrones, y las partículas cuánticas, que son objetos de tamaño nanométrico que pueden ser utilizadas, entre otras cosas para la construcción de lasers más baratos y de mayor calidad que los convencionales.

La nanotecnología ya está impactando en los bienes de consumo más comunes, dando productos con nuevas características que van desde tratamiento de superficies para que sean fáciles de limpiar hasta materiales de alta conductividad térmica y resistencia mecánica. Por ejemplo, ya hay nuevas fibras textiles reforzadas con 1-2% de nanofibras metálicas con mayor conductividad térmica. Estos productos han llevado a la fabricación de equipo deportivo moderno, tal como las raquetas de tenis reforzadas con nanotubos de carbono que tienen una mayor resistencia a la torsión y que son más rígidas y resistentes que las de fibra de carbono. También existen pelotas de tenis que tienen en su interior un recubrimiento de polímero reforzado con nanopartículas de arcilla que dura el doble que el de las pelotas convencionales.

Entre los productos de uso común se encuentran las cremas protectoras contra el sol, que ahora utilizan nanopartículas de dióxido de titanio y que tienen grandes ventajas sobre las que utilizan los compuestos químicos tradicionales.

COMENTARIOS FINALES

Las partículas de tamaño nanométrico son potencialmente importantes en el campo de los materiales poliméricos, cerámicos y metálicos. Sin embargo la fuerte tendencia de estas nanopartículas para aglomerarse es un serio problema tecnológico que ha dificultado sus aplicaciones.

Un rasgo definitivo de la nanotecnología es que además de los recursos económicos requiere un trabajo interdisciplinario de varios campos, en donde la física y la química juegan los papeles más importantes. Así, la físicoquímica será la disciplina fundamental para el desarrollo futuro de la nanotecnología.

