

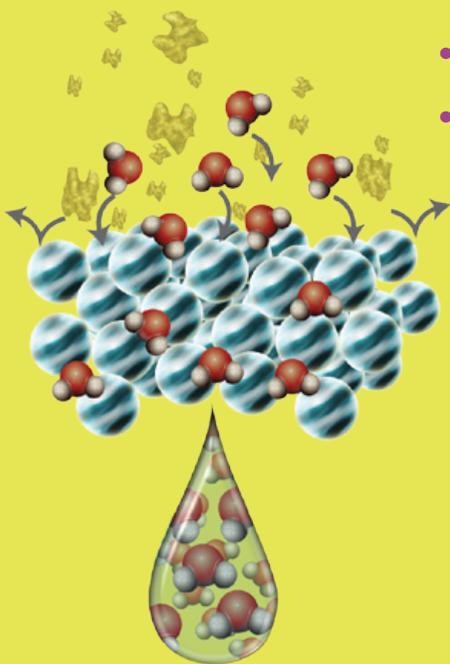
# Nanotecnología

## Cosas **Grandes** de un Mundo Diminuto

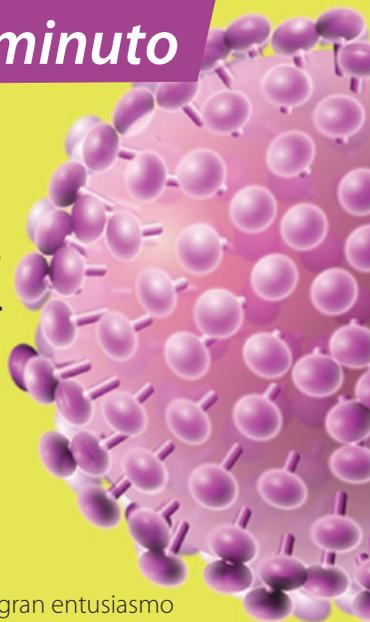
**Piensa pequeño. Piensa bien, bien pequeño**—más pequeño que lo que hayas visto a través de un microscopio en la escuela. Piensa en átomos y moléculas, y ahora estas allí. Has llegado a **la nanoescala**, donde los científicos están aprendiendo acerca de estos componentes fundamentales de la materia e implementan su uso de manera beneficiosa.

Es un área de la ciencia relativamente nueva que ha generado gran entusiasmo mundialmente. Trabajando en la nanoescala, los científicos están creando nuevas herramientas, productos y tecnologías para atender algunos de los mayores retos del mundo, incluyendo:

- energía limpia, segura y asequible
- materiales más fuertes, livianos y duraderos
- filtros de bajo costo para proveer agua potable
- dispositivos médicos y fármacos para detectar y tratar las enfermedades de manera más efectiva y con menos efectos secundarios
- alumbrado eléctrico usando una fracción de la energía
- sensores para detectar e identificar agentes químicos o biológicos nocivos
- técnicas para limpiar sustancias químicas peligrosas en el ambiente



Debido al potencial de la nanotecnología para mejorar las vidas y contribuir al crecimiento económico, el Gobierno Federal apoya la investigación en nanotecnología a través de los esfuerzos guiados por la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI, por sus siglas en inglés). Como resultado de los esfuerzos del NNI, los Estados Unidos es un líder mundial en el desarrollo nanotecnológico.



# Nano

## ¿Qué??

### Entonces... ¿Qué es la nanociencia y la nanotecnología?

La nanociencia consiste en la investigación para descubrir nuevos comportamientos y propiedades de materiales con dimensiones al nivel de la nanoescala, el rango de medición varía aproximadamente desde 1 a 100 nanómetros (nm). La nanotecnología es la manera en que se utilizan los descubrimientos hechos al nivel de nanoescala.

**¿Qué tiene de especial la nanoescala?** La respuesta corta es que los materiales pueden tener diferentes propiedades al nivel de la nanoescala—algunos son mejores para conducir la electricidad o el calor, otros son más fuertes, algunos tienen propiedades magnéticas distintas y algunos reflejan la luz mejor o cambian de color cuando cambian de tamaño.

Los materiales a nanoescala tienen áreas superficiales mucho más grandes que los materiales de escala mayor. Esto significa que hay más superficie disponible para interactuar con otros materiales a su alrededor.

Para ilustrar la importancia del área superficial, piensa en un pedazo de chicle masticado en forma de bola. Luego piensa en estirar ese chicle para formar una lámina lo más fina posible. La superficie, o área visible por fuera, es mucho mayor para el chicle estirado que para la bolita de chicle. El chicle estirado se seca, debilita y quebrantará más rápido que la bola de chicle debido al mayor contacto de su superficie con el aire.

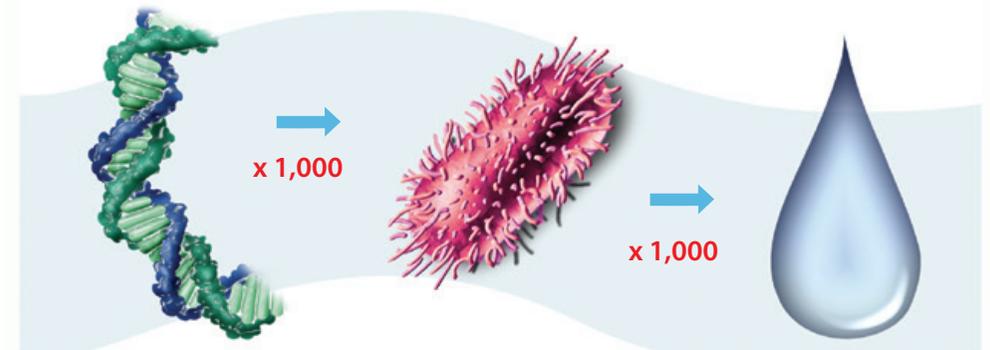


## La Nanoescala en Perspectiva

¿Cuán pequeño es un nanómetro? Por definición, un nanómetro es una billonésima parte de un metro, pero este es un concepto difícil de entender para la mayoría de nosotros. Aquí hay otras maneras de pensar sobre cuán pequeño es un nanómetro:

- Una hoja de papel tiene alrededor de 100,000 nanómetros de espesor.
- Si eres rubio o rubia, tu cabello probablemente tenga de 15,000 a 50,000 nanómetros de diámetro. Si tu cabello es negro, su diámetro probablemente sea de 50,000 a 180,000 nanómetros.
- Hay 25,400,000 de nanómetros por pulgada.
- Un nanómetro es una millonésima parte de un milímetro.

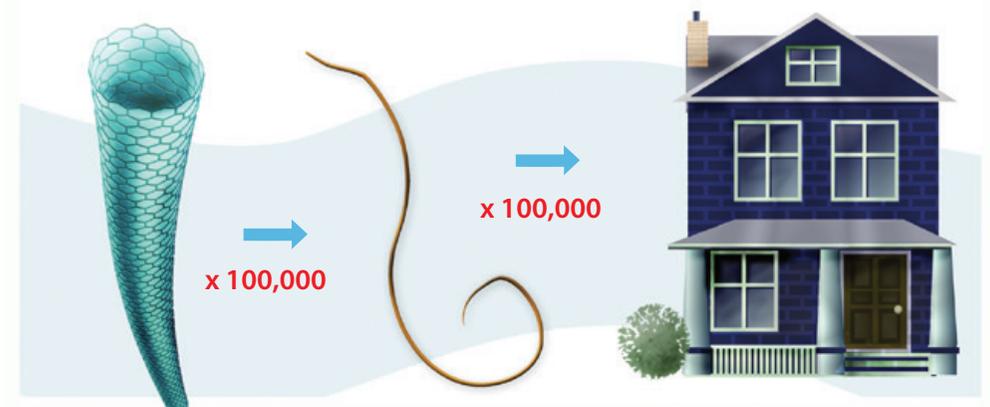
## NANOESCALA 3 Ejemplos



**DNA**  
2.5 nanómetros  
diámetro

**Bacteria**  
2.5 micrómetros  
largo

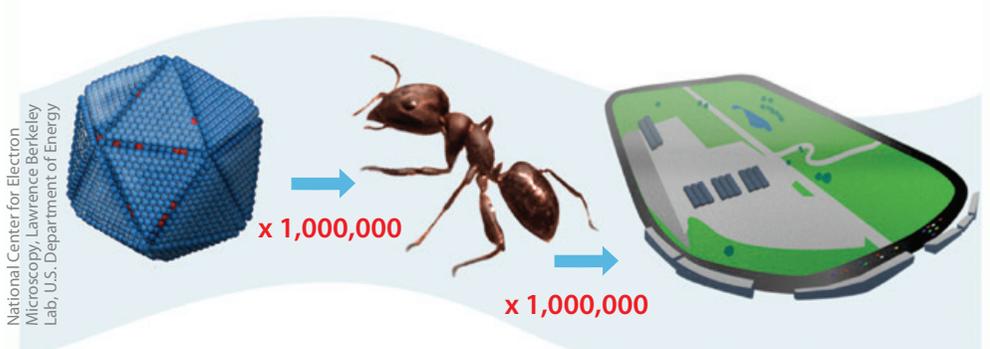
**Gota de Lluvia**  
2.5 milímetros  
diámetro



**Nanotubo de carbono  
de pared simple**  
1 nanómetro - diámetro

**Hebra de Cabello**  
100 micrómetros  
diámetro

**Casa**  
10 metros  
ancho



**Nanopartícula**  
4 nanómetros  
diámetro

**Hormiga**  
4 milímetros  
largo

**Pista de carreras de  
Indianápolis**  
4 kilómetros por vuelta

Todas las dimensiones son aproximadas.

## Los materiales a nivel de la nanoescala (nanomateriales) y sus efectos se encuentran en la naturaleza que nos rodea.

Los secretos de la naturaleza para construir desde la nanoescala crean procesos y maquinaria que los científicos esperan imitar. Los investigadores ya han copiado la nanoestructura de las hojas de loto para crear superficies repelentes al agua, que se usan para hacer ropa a prueba de manchas, otros tejidos y materiales. Otros investigadores tratan de imitar la fuerza y flexibilidad de la seda de araña, la cual es reforzada naturalmente con nanocristales. Nuestros cuerpos y los de todos los animales usan nanomateriales naturales, tales como proteínas y otras moléculas, para controlar los sistemas y procesos de nuestros cuerpos. Por cierto, **muchas de las funciones importantes de los organismos vivos se llevan a cabo al nivel de la nanoescala.** Una proteína típica tal como la hemoglobina, que lleva oxígeno a través de la corriente sanguínea, tiene 5 nanómetros o 5 billonésimas de metro en diámetro.

Los nanomateriales se encuentran en todas partes, en el humo del fuego, la ceniza volcánica, el rocío del mar, como también en productos que resultan de la quema o procesos de combustión. Algunos de estos se han usado por siglos. Un material, oro a nanoescala, ya se usaba en vidrieras y cerámicas en el Siglo X. Pero tardó 10 siglos más para que se desarrollaran microscopios de alta potencia y equipo de precisión para permitir que los nanomateriales y sus movimientos se pudieran visualizar. **La nanotecnología significa más que juntar un lote de nanomateriales—requiere la habilidad para manipular y controlar estos materiales de una manera útil.**



*Si los científicos pudieran crear artificialmente seda de araña de manera económica, este material súper-fuerte y liviano podría ser usado en cascos para deportes, armaduras, amarres y otros productos.*

## Poniendo en Práctica La Tecnología

**Durante las últimas dos décadas, los científicos e ingenieros han estado dominando las complejidades del trabajo con nanomateriales.** En la actualidad, los investigadores tienen una idea más clara de cómo crear nanomateriales con propiedades nunca antes imaginadas.

Hoy en día, hay productos disponibles que usan materiales y procesos a nanoescala. Vendajes anti-bacteriales usan plata a nanoescala. Un polvo seco a nanoescala puede neutralizar toxinas de gas y líquido en derrames químicos y en otros lugares. Baterías para herramientas se producen con nanomateriales para generar más potencia rápidamente y con menos calor. Los productores de cosméticos y alimentos están “nano-reduciendo” el tamaño de algunos de sus ingredientes, argumentando que mejoran la efectividad de sus productos. Protectores solares que contienen nanopartículas de dióxido de titanio u óxido de zinc son transparentes y reflejan luz ultravioleta (UV) para evitar quemaduras de sol. Recubrimientos anti-ralladuras y anti-reflejantes se están aplicando a anteojos, ventanas y espejos de automóviles.



También productos completamente nuevos pueden resultar de la nanotecnología. Por ejemplo, **la investigación en nanomedicina** se enfoca en la búsqueda de maneras nuevas de diagnosticar y tratar las enfermedades.



*El microscopio electrónico crea imágenes altamente magnificadas al grabar como un haz de electrones interactúa con un material de muestra. La imagen arriba es un ejemplo, mostrando níquel magnético nanoestructurado. Tales materiales se podrán usar algún día para almacenar datos, electrónicos, biomedicina y telecomunicaciones.*

(Cortesía de Y. Zhu, Laboratorio Nacional de Brookhaven)

Mirando más hacia el futuro, algunos investigadores están trabajando con la **nanomanufactura desde un enfoque de “abajo hacia arriba” para construir cosas.** La idea es que si puedes juntar ciertas moléculas, ellas pueden auto-ensamblarse en estructuras ordenadas. Este enfoque puede reducir el desperdicio causado por procesos manufactureros actuales con enfoque de “arriba hacia abajo”, los cuales comienzan con grandes piezas de materiales y terminan con la eliminación del material en exceso.

## La Verdad sobre el Comportamiento en La Nanoescala

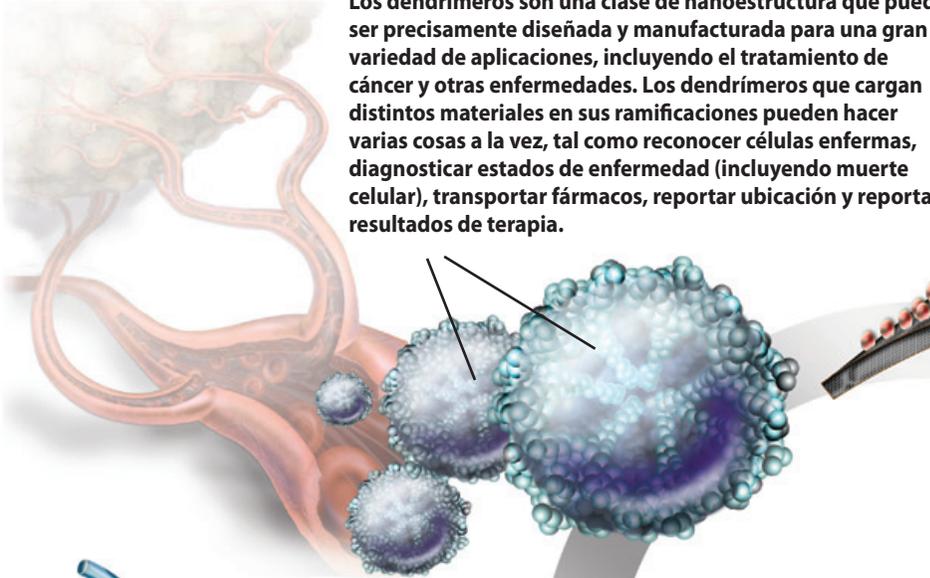
Al nivel de la nanoescala, los objetos se comportan muy diferente a los objetos de mayor escala. Por ejemplo, a mayor escala, el oro es un conductor de calor y electricidad excelente, pero no ocurre gran cosa cuando iluminas un pedazo de oro. Sin embargo, con nanopartículas de oro apropiadamente estructuradas, ocurre algo mágico, estas partículas empiezan a absorber la luz y pueden convertirla en calor, suficiente calor, por cierto para actuar como bisturís térmicos en miniatura que pueden destruir células no deseadas en el cuerpo, como las células cancerosas.

Otros materiales pueden ser extraordinariamente fuertes cuando se construyen a nanoescala. Por ejemplo, los tubos de carbono a nanoescala, con solamente 1/100,000 del diámetro de una hebra de cabello, son increíblemente fuertes. En la actualidad, ya se están usando para construir bicicletas, bates de béisbol y piezas de automóviles. Algunos científicos piensan que pueden combinar nanotubos de carbono con plásticos para hacer compuestos que son mucho más livianos, pero más fuertes que el acero. ¡Imagínate el ahorro en combustible si tal material pudiera reemplazar todo el metal en un auto! Los nanotubos de carbono también conducen tanto el calor como la electricidad mejor que cualquier metal, por lo que se pueden usar para proteger los aviones de relámpagos y enfriar los circuitos de computadoras.

# Productos y Aplicaciones de la Nanotecnología

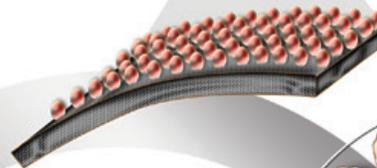
## Técnicas de Transporte de Fármacos

Los dendrímeros son una clase de nanoestructura que puede ser precisamente diseñada y manufacturada para una gran variedad de aplicaciones, incluyendo el tratamiento de cáncer y otras enfermedades. Los dendrímeros que cargan distintos materiales en sus ramificaciones pueden hacer varias cosas a la vez, tal como reconocer células enfermas, diagnosticar estados de enfermedad (incluyendo muerte celular), transportar fármacos, reportar ubicación y reportar resultados de terapia.



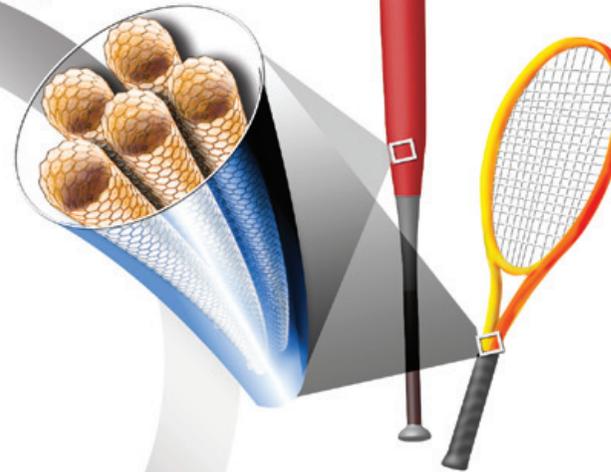
## Nanocapas

Distintos materiales se pueden usar en capas finas para hacerlas hidrofóbicas (repelentes de agua), anti-reflectivas, con propiedad de auto-limpieza, resistente a la luz ultravioleta o infrarroja, anti-niebla, resistentes a ralladuras o con conductividad eléctrica. En la actualidad, las nanocapas son usadas para proteger o tratar las superficies de gafas, pantallas de computadoras y cámaras.



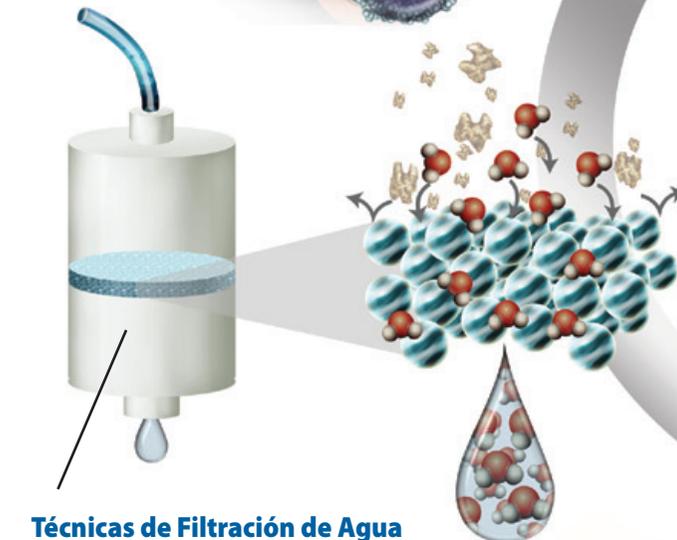
## Nanotubos

Los nanotubos de carbono (CNTs, por sus siglas en inglés) se usan en bates de béisbol, raquetas de tenis y en algunas piezas de auto porque tienen más fuerza mecánica a menos peso por unidad de volumen que los materiales convencionales. Las propiedades electrónicas de los CNTs los hacen candidatos para las pantallas planas de televisores, baterías, y otros productos electrónicos. Según la aplicación, se pueden fabricar nanotubos con materiales distintos al carbono.



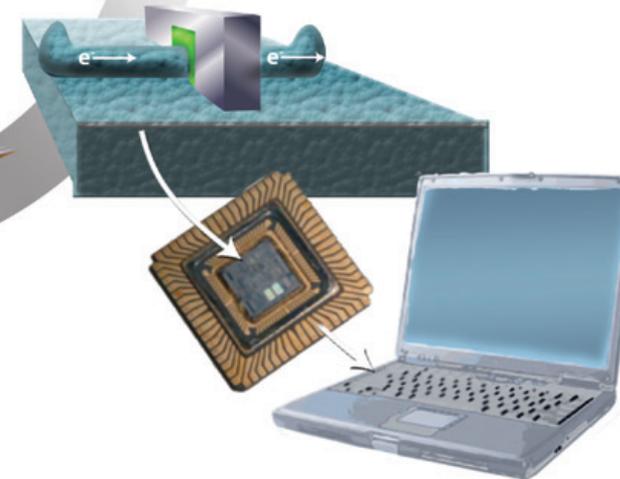
## Técnicas de Filtración de Agua

Los investigadores están experimentando con membranas de nanotubos de carbono para la desalinización del agua y nanosensores para identificar contaminantes en sistemas de agua. Otro nanomaterial con gran potencial para filtrar y purificar el agua es el dióxido de titanio a nanoescala, que se usa en bloqueadores solares y también se ha comprobado que puede neutralizar bacteria, incluyendo el *E.coli*, en el agua.



## Nanotransistores

Los transistores son interruptores electrónicos donde una pequeña cantidad de electricidad se usa como una puerta para controlar el flujo de grandes cantidades de electricidad. En las computadoras, entre más transistores, más potencia. El tamaño de los transistores ha estado disminuyendo, por lo que las computadoras son más potentes. Hasta hace poco, la mejor tecnología de la industria producía chips de computadora con transistores de 45 nanómetros de tamaño. Las noticias recientes indican que pronto tendremos tecnología de 32 nanómetros.



## Plásticos Solares

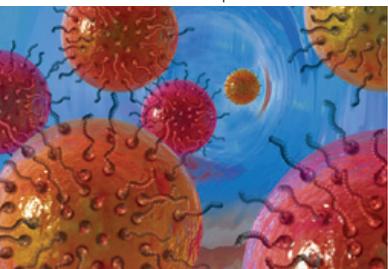
Se están desarrollando rollos de plásticos finos, flexibles y livianos que contienen materiales a nanoescala. Algunas personas creen que estos materiales podrían reemplazar las tecnologías tradicionales de energía solar. Los nanomateriales absorben la luz solar y, en algunos casos, la luz interior, para convertirla en energía eléctrica. Hoy en día, también son objetos de investigación las celdas solares de capa fina conectadas con un nuevo tipo de batería recargable. Esta tecnología se usará más ampliamente cuando los investigadores aprendan como captar la energía solar más eficientemente.



# IMPACTOS Tecnológicos

## Todas las tecnologías que impactan nuestras vidas, junto con los beneficios, también podrían presentar riesgos.

El NNI financia investigaciones para identificar los impactos tanto positivos como negativos de la nanotecnología, de modo que los beneficios se puedan lograr y a su vez se puedan adoptar medidas para evitar impactos no deseados o imprevistos. Investigaciones sobre el medio ambiente, salud e impactos de seguridad, al igual que otros impactos en la sociedad, son áreas importantes de financiamiento por la NNI.



*En Rice University (Universidad de Rice, en español) en Houston Texas, investigadores creen que las interacciones magnéticas del óxido a nanoescala pueden llevar al desarrollo de una tecnología revolucionaria y de bajo costo para limpiar el arsénico del agua potable.*

(Cortesía de CBEN/Rice University)

El trabajo financiado por agencias tales como los Institutos Nacionales de Salud (National Institutes of Health, en inglés), Fundación Nacional para la Ciencia (National Science Foundation) y la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) ayuda a los científicos a comprender mejor los nanomateriales e identificar los problemas asociados con los ellos.

Conocimiento como este puede guiar a los científicos e ingenieros a crear directrices para el manejo y eliminación de desechos. Dicho conocimiento también puede ayudarlos a evitar el uso de ciertos materiales en productos o modificar los materiales para hacerlos seguros. Por ejemplo, los investigadores han encontrado recubrimientos especiales que pueden lograr que ciertos materiales potencialmente peligrosos sean seguros de utilizar. La investigación continuará tanto en el gobierno como en la industria para determinar si existen impactos imprevistos con el uso de nanomateriales específicos, incluyendo los que pudieran ocurrir, por ejemplo, en el reciclaje o eliminación de residuos.

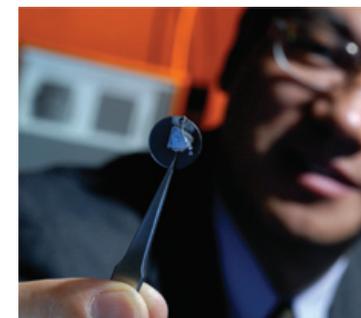
Unas palabras acerca del riesgo. **El riesgo, de acuerdo con los expertos, incluye dos factores—peligro y exposición.** Si no hay exposición, ningún material peligroso representa un riesgo.

Sin embargo, científicos han encontrado indicaciones de que **ciertos nanomateriales se tienen que ser manejados con precaución.** El Instituto Nacional de Salud y Seguridad (National Institute of Occupational Health and Safety, en inglés) ha recomendado que los empresarios tomen medidas apropiadas para manejar materiales nuevos—incluyendo controles de ingeniería, controles administrativos y equipo de protección personal—para evitar exposición del trabajador a nanomateriales.

A la misma vez que algunas precauciones son necesarias, investigadores están encontrando que los nanomateriales pueden ofrecer posibles soluciones a los riesgos generados por otras tecnologías y materiales. Por ejemplo, con el financiamiento del gobierno, investigadores en Universidad de Rice (Rice University, en inglés) recientemente descubrieron que interacciones entre partículas de óxido

ultra pequeñas (a nanoescala) pueden ayudar a remover el arsénico del agua potable. Miles de casos de envenenamiento por arsénico se reportan cada año globalmente y están relacionados con agua de pozos.

Científicos sociales, éticistas y otros estudian las implicaciones más amplias de la nanotecnología. ¿Cómo se podrían utilizar los productos creados a través de la nanotecnología? ¿Podrían algunos beneficios tecnológicos tener desventajas? Por ejemplo, considere los teléfonos celulares. Hacen posible comunicarnos desde lugares donde no podíamos antes, pero también se hace difícil escapar de las conversaciones de otros en el restaurante, cine o cuando viajas en un tren, autobús o el metro. Las investigaciones sobre las implicaciones sociales de la nanotecnología nos ayudará a identificar los impactos positivos y potencialmente negativos, de modo que, podamos obtener los beneficios y minimizar o evitar los efectos indeseados.



*Z.L. Wang, investigador en Georgia Tech (Instituto Tecnológico de Georgia, en español), está usando nanoalambres para generar electricidad. Tales sistemas de nanoalambre, ensamblados en superficies tan pequeñas como 2 centímetros cuadrados, se podrán usar algún día para energizar dispositivos médicos.*

(Cortesía de Z.L. Wang, Georgia Institute of Technology.)

## Hacia el Futuro

**En la actualidad, muchos de los científicos e ingenieros más creativos de nuestra nación están encontrando maneras nuevas de usar la nanotecnología para mejorar el mundo en que vivimos.** Estos investigadores imaginan un mundo donde materiales nuevos, diseñados en el nivel atómico y molecular, provean métodos realistas y **costo-efectivos** para utilizar fuentes de energía renovable y mantener nuestro ambiente limpio. Ellos visualizan doctores detectando enfermedades en sus etapas más tempranas y tratando trastornos tales como el cáncer, afecciones cardíacas y diabetes con **medicinas más efectivas y seguras.** Ellos imaginan nuevas tecnologías para proteger tanto a nuestras fuerzas militares como a los civiles de las armas convencionales, biológicas y químicas. Aunque se esperan muchos retos en la investigación, **la nanotecnología ya está produciendo una gama de materiales beneficiosos y señalando descubrimientos en muchos campos. La nanotecnología ha abierto la investigación científica a nivel molecular—y a un mundo de nuevas oportunidades.**

*Sam Stubb y sus colegas en la Escuela de Medicina Feinberg (Feinberg School of Medicine, en inglés) en la Universidad del Noroeste (Northwestern University, en inglés) están usando la nanotecnología para diseñar un gel que estimula el crecimiento de células nerviosas. El gel llena el espacio entre células existentes y estimula el crecimiento de células nuevas. Aunque está todavía en la etapa experimental, este proceso eventualmente se podría usar para que células espinales o cerebrales que se han perdido o dañado se regeneren.*



Sobre la

# Iniciativa Nacional de Nanotecnología

Veinte departamentos y agencias del Gobierno de Estados Unidos participan de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) que coordina los esfuerzos de investigación y desarrollo financiados por el gobierno. El NNI trabaja para asegurar el liderazgo de los Estados Unidos en innovaciones en nanotecnología para mejoras en salud humana, bienestar económico y seguridad nacional. Las agencias del NNI invierten en la investigación fundamental para promover el conocimiento de los fenómenos a nanoescala y facilitar la transferencia de la tecnología. Los fabricantes son responsables de la seguridad de sus productos; sin embargo, las agencias reguladoras del Gobierno de Estados Unidos son responsables de proteger la salud pública y el ambiente a través de regulaciones. Las agencias reguladoras que serán responsables de mantener la seguridad pública para los nanomateriales, al igual que con los materiales de mayor escalas son: la Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor (CPSC, por sus siglas en inglés), Departamento de Agricultura (USDA, por sus siglas en inglés), Agencia Protectora del Ambiente (EPA, por sus siglas en inglés), Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) y Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés).

Para más información sobre la NNI, vea [www.nano.gov](http://www.nano.gov).

## Para información adicional sobre las agencias participantes de la NNI:

### Comisión de Seguridad de Productos del Consumidor

<http://www.cpsc.gov/>

### Departamento de Comercio

<http://www.commerce.gov/>

#### Oficina de Industria y Seguridad

<http://www.bis.doc.gov/>

#### Administración de Desarrollo Económico

<http://www.eda.gov/>

#### Instituto Nacional de Estándares y Tecnología

<http://www.nist.gov/nanotechnology-portal.cfm>

#### Administración de Salud y Seguridad

[www.osha.gov](http://www.osha.gov)

#### Oficina de Patentes y Marcas Registradas

<http://www.uspto.gov/>

### Departamento de Defensa

<http://www.defense.gov/>

### Departamento de Educación

<http://www.education.gov/>

### Departamento de Energía

<http://energy.gov/>



### Departamento de Salud y Servicios Humanos

<http://www.hhs.gov/>

#### Administración de Medicamentos y Alimentos

<http://www.fda.gov/>

#### Institutos Nacionales de la Salud

<http://nih.gov/>

#### Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional

<http://www.cdc.gov/niosh/>

### Departamento de Seguridad Nacional

<http://www.dhs.gov/>

### Departamento del Interior

<http://www.interior.gov/index.cfm>

#### Servicio Geológico de Estados Unidos

<http://www.usgs.gov/>

### Departamento de Justicia

<http://www.justice.gov/>

### Departamento del Trabajo

<http://www.dol.gov/>

### Departamento de Estado

<http://www.state.gov/>

### Departamento de Transporte

<http://www.dot.gov/>

#### Administración Federal de Carreteras

<http://www.fhwa.dot.gov/>

### Departamento del Tesoro

<http://www.treasury.gov/Pages/default.aspx>

### Director de Inteligencia Nacional

<http://www.dni.gov/index.php>

### Agencia de Protección Ambiental

<http://www.epa.gov/nanoscience/>

### Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio

<http://www.nasa.gov>

### Fundación Nacional de la Ciencia

[http://www.nsf.gov/discoveries/index.jsp?prio\\_area=10](http://www.nsf.gov/discoveries/index.jsp?prio_area=10)

### Comisión de Regulación Nuclear

<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>

### Departamento de Agricultura

<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>

#### Servicio de Investigación Agrícola

<http://www.ars.usda.gov/main/main.htm>

#### Servicio Forestal

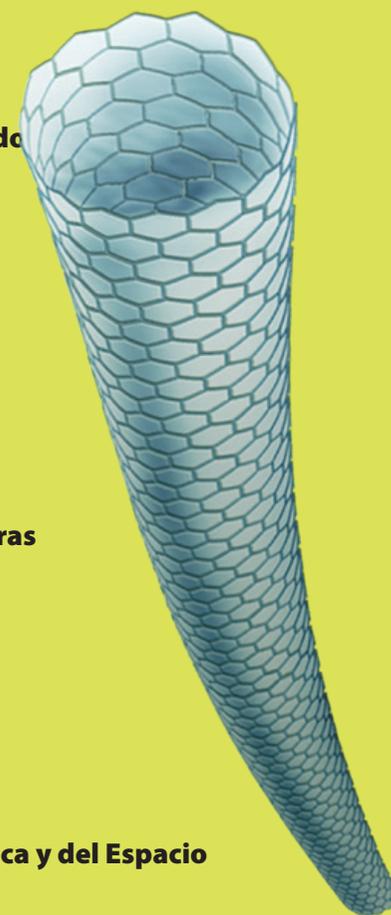
<http://www.fpl.fs.fed.us/>

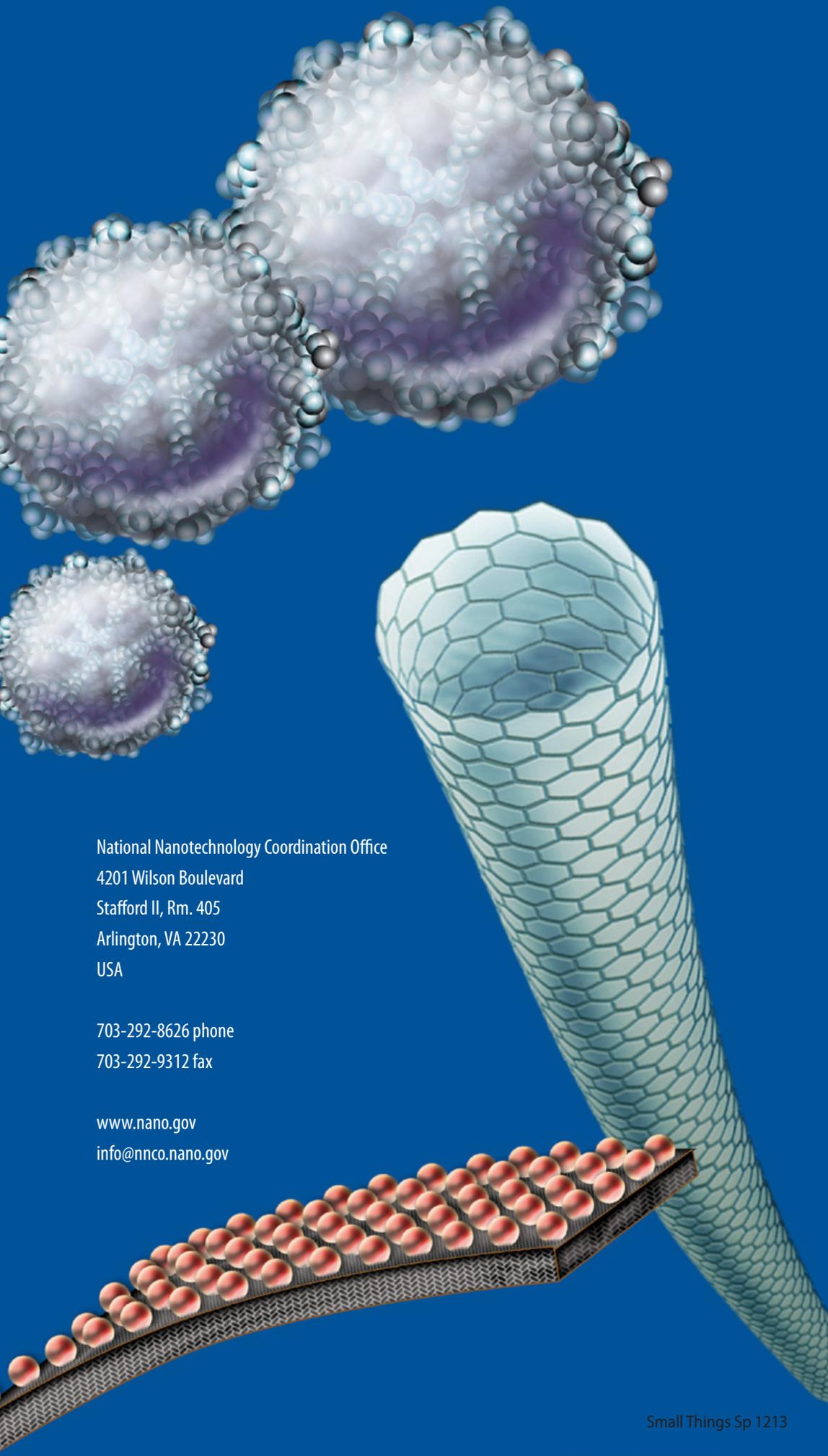
#### Instituto Nacional de Agricultura y Alimentación

<http://www.nifa.usda.gov/>

### Comisión de Comercio Internacional

<http://www.usitc.gov/>





National Nanotechnology Coordination Office  
4201 Wilson Boulevard  
Stafford II, Rm. 405  
Arlington, VA 22230  
USA

703-292-8626 phone  
703-292-9312 fax

[www.nano.gov](http://www.nano.gov)  
[info@nnco.nano.gov](mailto:info@nnco.nano.gov)