

## Nanotecnología

### Correteando entre átomos

Electrónica molecular, pinturas autolimpiables, nanosensores para monitorear suelos y enfermedades son logros de la ciencia que sustentará la revolución tecnológica del siglo XXI. Cuba prepara su personal científico y ensaya algunas aplicaciones.

Por: IRAMIS ALONSO y BÁRBARA AVENDAÑO  
[nacionales@bohemia.co.cu](mailto:nacionales@bohemia.co.cu)

(6 de junio de 2006)

Cuando después de haberse enfrentado a terroríficos glóbulos blancos, el microscópico submarino que había circulado por el torrente sanguíneo del profesor Bennet brotó de su ojo dormido en una lágrima, no quedaba sino estallar en aplausos.



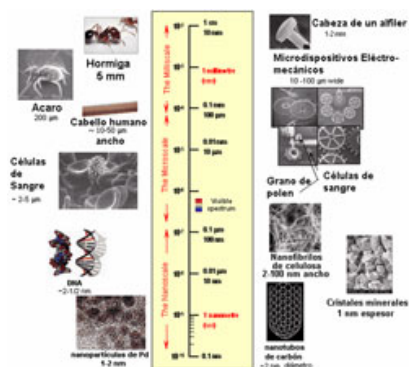
Con ese *Viaje fantástico*, de 1966, un clásico del cine de ciencia ficción, el mundo tuvo una visión inquietante de lo que hoy se conoce como nanotecnología. Llevar al interior de los seres humanos minúsculos robots que combatan las enfermedades justo donde se producen, es uno de los ideales de esa área del conocimiento.

Los antecedentes de aquella película hay que buscarlos siete años antes. El 29 de diciembre de 1959, el físico estadounidense Richard Feynman dictó lo que es ahora una de las conferencias clásicas de la Física del siglo XX. La plática "Hay mucho sitio en el fondo" se ha convertido en el acta fundacional de las nanociencias, aunque entonces no existía aún el término.

**Un nanorrobot entra en un alveolo para atacar un virus: Escena del filme *Espacio Vital*, exhibido en el Instituto Smithsonian en el verano de 2002**

su auditorio-. Consideremos la posibilidad de que nosotros pudiéramos fabricar entes tan pequeños que maniobraran a ese nivel". Así, obsequió a la audiencia con una visión tecnológica de la miniaturización extrema, antes de que la palabra chip fuera parte del acervo científico.

Feynman se sentía atraído por la Biología: "La mayoría de las células son diminutas, pero están muy activas, fabrican sustancias, se mueven, se contorsionan, y hacen multitud de cosas maravillosas, todo ello a pequeña escala -dijo a



**La escala de las cosas. (Cortesía IMRE)**

Pero de qué escala hablaba Feynman. Un nanómetro (nm) es una mil millonésima de metro o lo que es lo mismo  $10^{-9}$  (0,000 000 001 m). El nanomundo es parte del universo invisible para el ojo humano: el de las proteínas, los lípidos, los átomos.

Una hormiga mide unos cinco milímetros; las células de las plantas y los animales oscilan entre diez y cien micras (una micra es  $10^{-6}$ ). Acceder al nanoespacio implica descender de los milímetros a los micrones y de ahí, como explicara a BOHEMIA Carlos Rodríguez, director del Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE), "al nivel donde se crea la vida".

Así, uno de los objetivos de la Nanociencia y su variante práctica, la nanotecnología, sería adquirir conocimientos sobre los fenómenos físicos, químicos y biológicos a esa escala, para obtener materiales con nuevas propiedades.

Se trata de una auténtica revolución científica. Hasta el presente, la fabricación de las piezas y componentes de un sistema se ha basado en modificar el material de partida "de arriba hacia abajo" maquinándolo, perforándolo, reduciéndolo, puliéndolo... La nanotecnología ofrece la posibilidad de fabricar "de abajo hacia arriba". Mediante la manipulación de los átomos y la síntesis o ensamblaje de moléculas, se pueden armar estructuras y dispositivos con cualidades nuevas o superiores y gran ahorro de materiales y energía.

## El ojo indiscreto

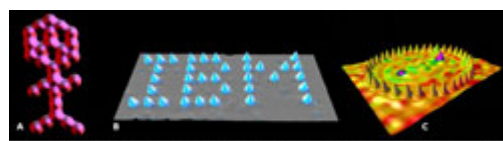
El gran despertar de la nanotecnología comenzó a partir de los años 80, cuando se logran "ver" los materiales a escala atómica.

Por esa fecha, dos investigadores de la empresa IBM dieron a conocer el primer instrumento que permitía avistar superficies con resolución atómica: el microscopio de efecto túnel. Su fundamento recuerda el método usado para la lectura del código Braille. En lugar de los dedos, el STM (siglas en inglés) emplea una punta conductora extremadamente afilada, llamada sonda, que recorre la superficie del material a una distancia muy corta, sin llegar a tocarla. La punta y la superficie son conductoras y, debido a un efecto físico, circula electricidad en el vacío que se crea entre ambas. En función de las diferencias de corriente, un software conectado al sistema va construyendo una imagen de la superficie de la muestra y de cómo están dispuestas las moléculas.

Desde entonces se ha desarrollado una amplia gama de microscopios de sonda de barrido, que logran imágenes a escala atómica y recogen átomos en una superficie, o los empujan de un lado a otro, a partir de la aplicación de impulsos eléctricos. Incluso es posible medir las propiedades mecánicas de una molécula individual introduciendo la punta de una sonda en su interior.

Claro, para manejar elementos atómicos no bastaba con poseer herramientas adecuadas. Era necesario conocer las reglas de juego del nuevo escenario. Y es que en el reino del nanómetro imperan las leyes de la mecánica cuántica, lo cual supone que los cambios de geometría y tamaño en un sistema o la alteración aparentemente imperceptible de posiciones de los átomos y moléculas, se traducen en cambios de las propiedades macroscópicas del objeto: del color, la dureza, el punto de fusión o la reactividad.

Una sustancia amarilla como el oro se vuelve roja en los dominios del nano. El cobre, que está formado por granos de unos diez micrómetros, multiplica por seis su dureza si estos se reducen a seis nanómetros. Los nanotubos de carbono (cilindros huecos) y los fullerenos (moléculas casi esféricas formadas por muchos átomos de carbono) muestran gran resistencia a tensiones, estabilidad química y conductividad eléctrica, así como otras propiedades superiores a las de este elemento en sus formas habituales.



El Microscopio de Efecto Túnel permite manipular átomos y crear figuras como el muñeco de monóxido de carbono (A), una versión microscópica del logotipo de IBM de xenón (B) o un corral elíptico con átomos de hierro (C).

**El microscopio de efecto túnel permite crear figuras como el muñeco de monóxido de carbono (A), una versión del logotipo de IBM de xenón (B) y un corral elíptico con átomos de hierro (C).**

Por si fuera poco, los efectos cuánticos, a causa de la reclusión de los electrones en regiones muy pequeñas, abren nuevos caminos a los dispositivos electrónicos. Ya la sofisticada miniaturización del silicio es muy costosa. Y en el año 2015, cuando la densidad de los transistores se acerque a mil millones por centímetro cuadrado, surgirán problemas para alcanzar mayor velocidad en las computadoras.

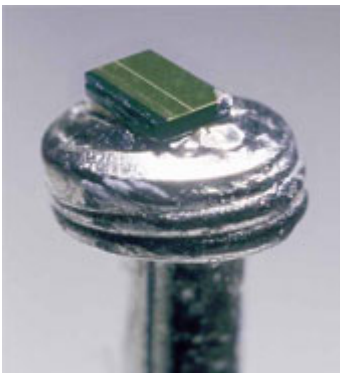
Para entonces deberá haber madurado la electrónica molecular. Los nanotubos sustituirán al silicio y serán las memorias moleculares del mañana, con una capacidad un millón de veces mayor que la de los chips actuales.

### **Secos bajo la lluvia**

Una firma comercializadora de uniformes asombró recientemente a sus clientes con un curioso anuncio. Bajo aguacero torrencial, un policía apunta al presunto delincuente sin perder la compostura. El agua resbala limpiamente por su ropa. No es ciencia ficción. Tal clase de tela existe ya.

Las posibles aplicaciones de las nanotecnologías rebasan todo lo imaginable. Las áreas más importantes de impacto son la salud humana, las comunicaciones y la producción y almacenamiento de energía.

En medicina, deberán contribuir al monitoreo remoto de los pacientes, a través de sensores que detecten cualquier cambio biológico en el interior del organismo en cuanto se produzca. En el Instituto norteamericano del Cáncer se habla de que en diez años no tiene por qué existir ninguna muerte en el mundo por ese mal. Por supuesto, para quien tenga dinero. Pero desde el punto de vista terapéutico no va a ser un problema impedirlo. La NASA, incluso, tiene un programa de investigación para diseñar células con un comportamiento más eficiente que los glóbulos rojos.



**La ciencia tiende a la miniaturización de la tecnología. En la foto, un chip sobre la cabeza de un alfiler**

En el tema energético baste saber que un prototipo de pila combustible de 50 vatios del tamaño de una rebanada de pan, compuesta por el 20 por ciento de nanomateriales, será capaz de producir tres veces más energía que las pilas convencionales.

El asunto de los nanorrobots está más cercano a la ciencia ficción. Tales autómatas formarían copias de sí mismos, igual que las cadenas de ácido dextrorribonucleico (ADN) y serían capaces de efectuar reparaciones en el cuerpo humano o sistemas mecánicos sin necesidad de dirección desde el exterior. El libro del escritor Michael Crichton, *Presa*, discute la posibilidad de que un enjambre de nanorrobots escape al control humano y siembre el caos. Los temores a lo nuevo en la ciencia no podían faltar.

### **Mírame sin temor... pero con dudas**

Los desechos de la incipiente industria nanotecnológica hoy se disponen como basura común. Con ello se abren incontables interrogantes ¿Qué efecto tendrán las nanopartículas en plantas y animales, en el medio ambiente? ¿Serán biodegradables?

Que la industria militar sea de las que más invierte en la nueva tecnología preocupa mucho. Las absurdamente llamadas bombas nucleares limpias usaran el potencial técnico para ganar en poder destructivo y penetrar más bajo tierra con poca radiactividad remanente. Se considera, además, que la aplicación de estas tecnologías acrecentarán las diferencias entre países pobres y ricos, como siempre sucede.

Aunque es ya habitual que algunas personas rechacen todo lo que viene de la ciencia, es cierto que no existen regulaciones internacionales para el uso de los nanos. Así, se impone proseguir el estudio de los impactos, con una política transparente de información al gran público.

De todas formas, las condiciones para la próxima revolución industrial están creadas. La vida del hombre puede cambiar mucho en los próximos años.