

La

ciencia y el HOMBRE

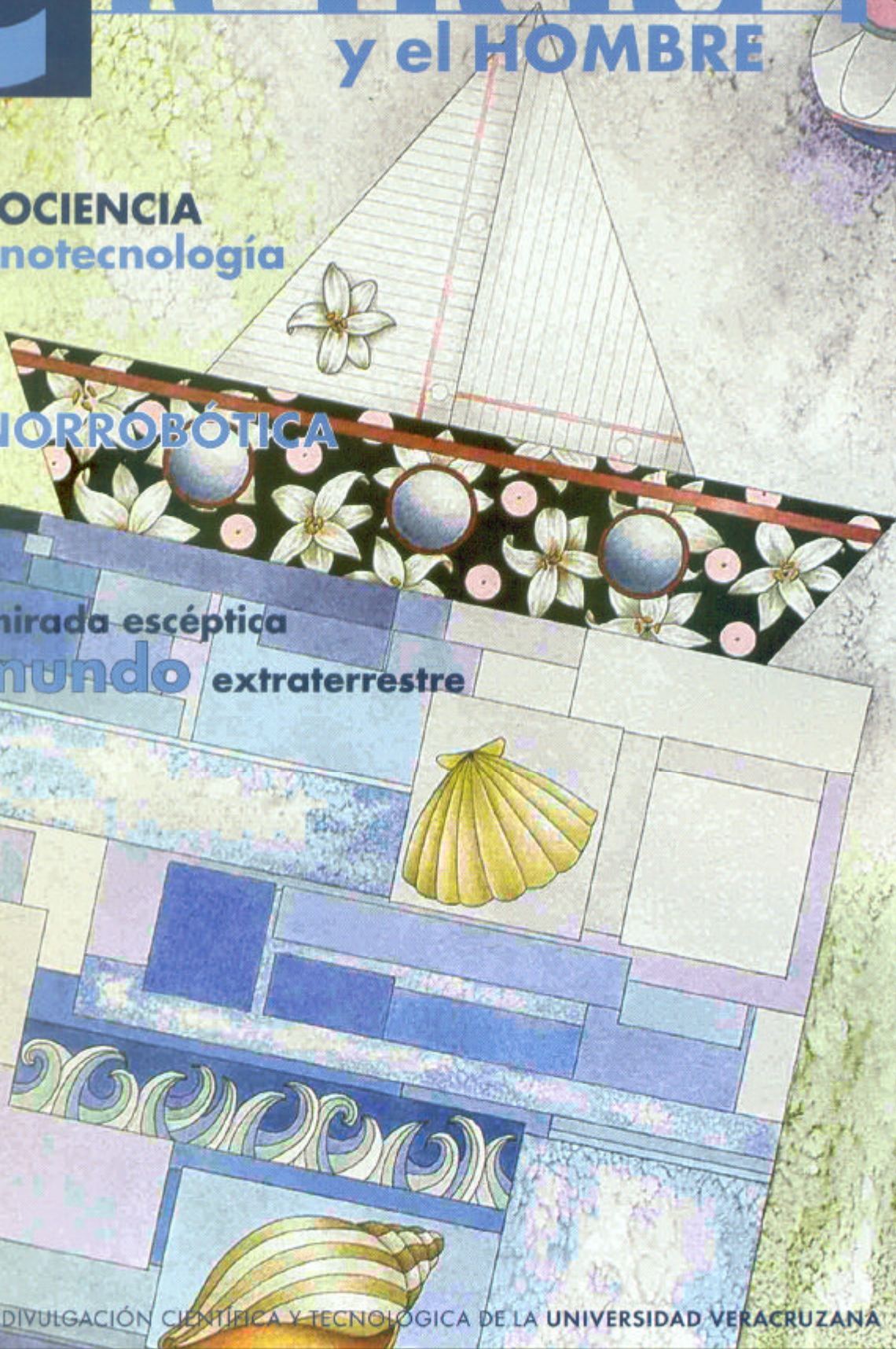


ISSN: 0192-8786
VOLUMEN XXIII
NÚMERO 2
MAYO-AGOSTO DE 2010

**NANOCIENCIA
y Nanotecnología**

NANORROBÓTICA

Una mirada escéptica
el mundo extraterrestre



Nanociencia y nanotecnología

Héctor Hugo Cerecedo Núñez,
Ester Elena Hernández Vázquez
y Patricia Padilla Sosa

La necesidad de crear nuevas tecnologías ha llevado al hombre a explorar diversos escenarios de la naturaleza para obtener los beneficios de la supervivencia. Hoy en día la tecnología ha avanzado mucho y encontramos máquinas que a su vez construyen otras máquinas de menor tamaño, para lo cual es necesario estudiar materiales, técnicas de construcción y el problema de construir máquinas microscópicas.

Muchos de los avances científicos empiezan como una simple fantasía, y el hombre ha podido concretar muchas de estas fantasías. Ejemplos de lo anterior son la exploración del espacio, la inmersión a profundidades inimaginables o la construcción de edificios colosales, capaces de soportar terribles terremotos o los vientos más impetuosos.

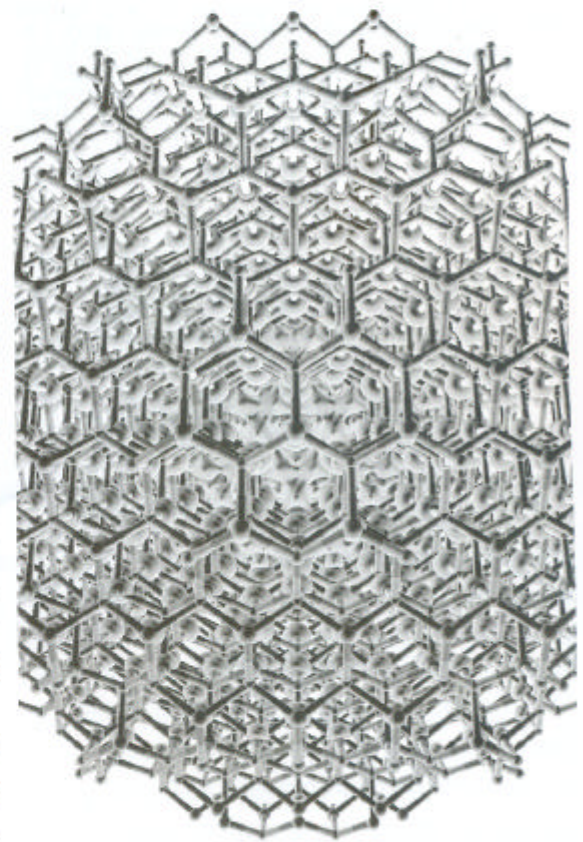
La mayoría de las cosas que tenemos a la mano, o que nos parecen muy familiares, han surgido de la necesidad de resolver ciertas carencias de la naturaleza humana. En algunos casos, algunos insectos pueden comunicarse entre sí a más de cien metros de distancia, cargar cincuenta veces su peso o construir imperios de geometrías casi perfectas. ¿Cómo competir contra eso? Si bien no podemos cargar ni cuatro veces nuestro propio peso, podemos desarrollar el conocimiento y la tecnología que nos permitan crear o modificar nuestro medio, y así sobrevivir en este planeta.

En la ciencia, el estudio de cosas a escala nanométrica (1/1,000,000,000 m) se ha traducido en teorías desde principios del siglo XX, así como en resultados experimentales, pero entonces no se tenía el concepto como hoy lo conocemos; a pesar de ello,

en años recientes se habla de la nanociencia y nanotecnología como algo nuevo.

En efecto, desde hace mucho tiempo se dispone de teorías que predicen algunos fenómenos de la naturaleza en órdenes más pequeños (pico-, femto-, ato-). El estudio de objetos muy pequeños no es entonces nuevo: los griegos ya tenían el concepto de átomo, pero no fue sino hasta el siglo XIX que se demostró su existencia.

El problema no parece ser de escalas sino de tecnología; es por ello que ahora está muy en boga la nanotecnología, ya que es posible contar con algunos elementos de ese orden de magnitud, lo que hasta hace algunos años era imposible.



La nanoescala

En nuestros días se escucha hablar de la nanociencia y nanotecnología, ¿pero qué tiene de especial hablar de ello?

Tabla 1. Escalas de un metro a un nanómetro.

	Notación	Fración de metros	Notación científica (en metros)
Metro	1 m	1/1	1×10^0
Centímetro	1 cm	1/100	1×10^{-2}
Milímetro	1 mm	1/1,000	1×10^{-3}
Micrómetro	1 μ m	1/1,000,000	1×10^{-6}
Nanómetro	1 nm	1/1,000,000,000	1×10^{-9}

De acuerdo a la tabla anterior, aquí hablaremos de objetos a una escala nanométrica, es decir, de 1×10^{-9} de metro. Cuando escribimos en una pizarra con un gis, los residuos de éste son del orden de micras (esto es, 10^{-6} metros), o sea, mil veces mayores que un objeto a escala nano. La figura 1 nos da una idea de la relación de la escala nano con respecto del metro y otras escalas.

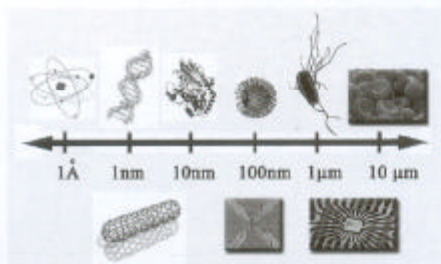


Figura 1. Gráfica comparativa de diferentes objetos existentes en la naturaleza con objetos fabricados a escalas milimétricas y nanométricas. En esta figura se compara el tamaño de una cadena de ADN y una nanoestructura.

Por otra parte, ¿cuándo podemos decir si "algo" es tecnología o ciencia? Tomando el significado más simple de ciencia, podemos decir que es un conocimiento sobre una materia, y una tecnología es cuando aplicamos ese conocimiento para crear "algo". Además, no debemos confundir

microtecnología y nanotecnología ya que implican escalas distintas. Mientras que la primera se basa en elementos por arriba de los 100 nanómetros, los desarrollos nanotecnológicos se ubican por debajo de ese nivel.

Nanociencia y tecnología < 100 nm < Microciencia y tecnología



Figura 2. Frontera entre la nanociencia y la microciencia.

El estudio de la nanoescala

¿Dónde comenzamos el estudio de la nanociencia y la nanotecnología? En las ciencias básicas el estudio de los objetos a escala micro-, nano- e incluso a escalas más pequeñas ha estado siempre presente. En la física, algunos fenómenos de mecánica cuántica, termodinámica, física nuclear y hasta mecánica clásica se puede observar el comportamiento de sistemas o fenómenos a esta escala.

En la física cuántica hay una serie de teorías que describen el comportamiento de átomos individuales y otras pequeñas partículas que conforman átomos. El comportamiento de los átomos, conforme a la física cuántica, define nuestra intuición de entendimiento del mundo. Por ejemplo, en una escala muy pequeña, las partículas subatómicas pueden estallar de manera aleatoria y salir de la existencia física. A veces reaparecen como partículas, pero a veces lo hacen como ondas de energía. Otro extraño aspecto de la física cuántica es que nada existe hasta que es observado. Pero los objetos a nanoescala no se verán regidos completamente por la física cuántica, sino también por las leyes de la física clásica. Los científicos han descrito estas características como una mesoescala, es decir, que las leyes físicas clásicas y las cuánticas se ven mezcladas.

En la física, se puede iniciar el estudio de las nanoestructuras por medio de la física molecular, la física atómica, la física cuántica o la física de materiales, entre otros.

Actualmente, la ciencia es más multidisciplinaria que nunca, y por ello han surgido términos que entrelazan a dos o más áreas de la misma, y así se tiene un análisis más específico de los fenómenos. Áreas como la física de materiales, la bioquímica o la química molecular, por mencionar algunas, han sido de gran ayuda en el campo de la nanociencia.

Nanoestructuras

Con la nanotecnología, el reordenamiento de los átomos en un arreglo nos puede llevar a crear otros materiales; por ejemplo, tomando la mina de un lapicero y reordenando sus átomos de carbono, podemos hacer un diamante. No solo se pretende reestructurar materiales, sino también crear nuevas estructuras con características específicas, con la finalidad de hacer mejoras en las áreas de construcción, almacenamiento de datos o disminución de espacio.

Hoy existen diferentes tipos de estructuras que se fabrican a escala nanométrica; por el momento, estas estructuras suelen tener una geometría básica, siendo las más usuales los nanotubos, nanohilos, nanoesferas, nanocristales y nanoconos, entre otros. La mayoría de esas nanoestructuras aún se encuentra en una etapa de investigación y desarrollo, pero día con día se mejoran o surgen otras nuevas. Por ello es muy difícil identificar todas ellas. Como ejemplo, mencionaremos brevemente algunas de esas estructuras.

Nanotubos

Un nanotubo puede consistir de un tubo de grafito o de un número concentrado de tubos, llamados multiparedes de nanotubos. Los nanotubos son tubos geoméricamente cilíndricos del orden de unos cuantos nanómetros.

Los nanotubos de carbono presentan la interesante propiedad de que pueden ser metálicos o semiconductores, según el diámetro y características básicas de su estructura.



Figura 3. Fotografía de un nanotubo de carbono lleno de hierro.

Nanohilos o nanoalambres (nanorods)

Son nanoestructuras que tienen forma de varas largas, con un diámetro de nanoescala y una longitud de dimensiones mucho más grande. Los nanohilos son otro término para los nanoalambres, especialmente nanoalambres que pueden conducir electricidad. Por ejemplo, un nanotubo de pared simple puede tener un diámetro de 2 nm y una longitud de 100 μm , lo que podría considerarse como una estructura unidimensional llamada nanoalambre.

Nanocristales

Son un tipo de cristales que pueden ayudar a manipular señales de luz para guiarla adonde sea requerida. Estos cristales no son completamente nuevos, pues ya se usaban para dar un color especial a ciertos materiales decorativos. Asociados a estos cristales se encuentran las guías de onda superficiales, donde los patrones de nanoestructuras en una superficie metálica pueden guiar los rayos de luz por un camino

definido alrededor de la superficie. Se pretende aplicar este tipo de cristales para transformar la energía eléctrica en otros tipos de energía.

Dentro de los nanocristales hallamos los nanocristales orgánicos e inorgánicos. En particular, se ha realizado mucho trabajo en nanocristales inorgánicos, principalmente en cuanto a su preparación, pruebas y aplicaciones. Las implementaciones de ellos se han logrado principalmente en algunos tipos de semiconductores.

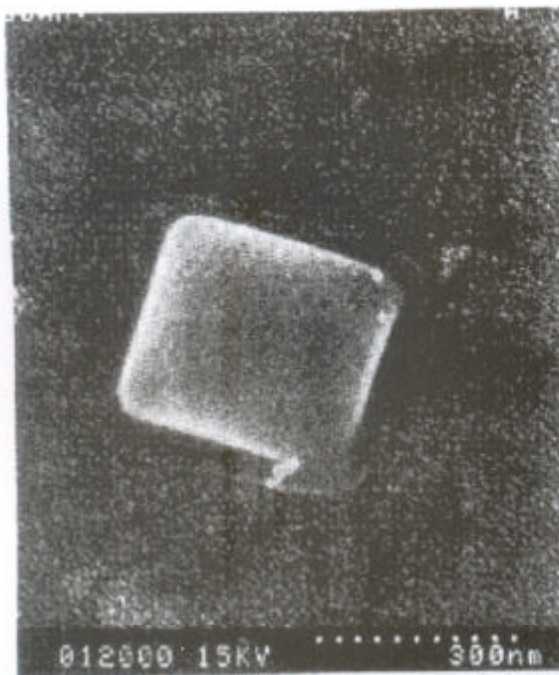


Figura 4. Fotografía de microscopio electrónico de barrido de un nanocristal simple de unos 130 nm de tamaño.

Estructuras esféricas

En la naturaleza hay moléculas con forma de balón de fútbol. Una de las moléculas que contienen 60 átomos de carbono fue resultado de una investigación sobre la naturaleza de la materia en el espacio; en los laboratorios es posible obtener una molécula de carbono con una estructura esférica. Este tipo de molécula recibe el nombre de *fullereno* (nombre proporcionado por

el arquitecto e inventor R. Buckminster Fuller). Estas moléculas con forma de balón se asocian entre sí en un sólido para formar una red cristalina con estructura cúbica centrada en las caras. En la red, cada molécula de carbono está separada de su vecina más cercana por 1 nm (la distancia entre sus centros es de 1 nm) y se mantienen unidas por débiles fuerzas de Van Der Waals. Como el carbono es soluble en el benceno, se pueden obtener cristales sencillos por medio de una simple evaporación lenta en disolución de benceno.

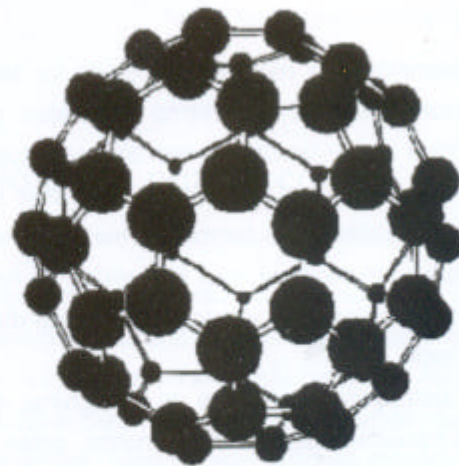


Figura 5. Estructura de la molécula de fullereno.

Las esferas son las formas más eficientes en términos de volumen de superficie-área, y las estables aproximaciones esféricas crean las diversas estructuras poligoesféricas (o estructuras geodésicas). A microescala, con una estructura geodésica construida con estructuras de hilo de carbono se puede formar un exoesqueleto seguro para el alojamiento de nanomaquinaria.

Punto cuántico

Cuando se reduce continuamente el tamaño de un material, ya sea desde dimensiones microscópicas hasta nanoscópicas de alrededor de 100 nm, se empiezan a observar cambios bruscos en las variaciones de las propiedades del material. En este

caso, si una de las dimensiones del material u objeto se reduce a un orden nanométrico mientras que las otras dos dimensiones permanecen grandes, se obtiene una estructura llamada *pozo cuántico*. Si dos dimensiones se reducen mientras que una tercera se mantiene grande, la estructura resultante es un hilo o *cable cuántico*, y finalmente cuando se reducen las tres dimensiones y llegan a una escala nanométrica, se habla de un *punto cuántico*.

Áreas de aplicación y ejemplos de nanoestructuras

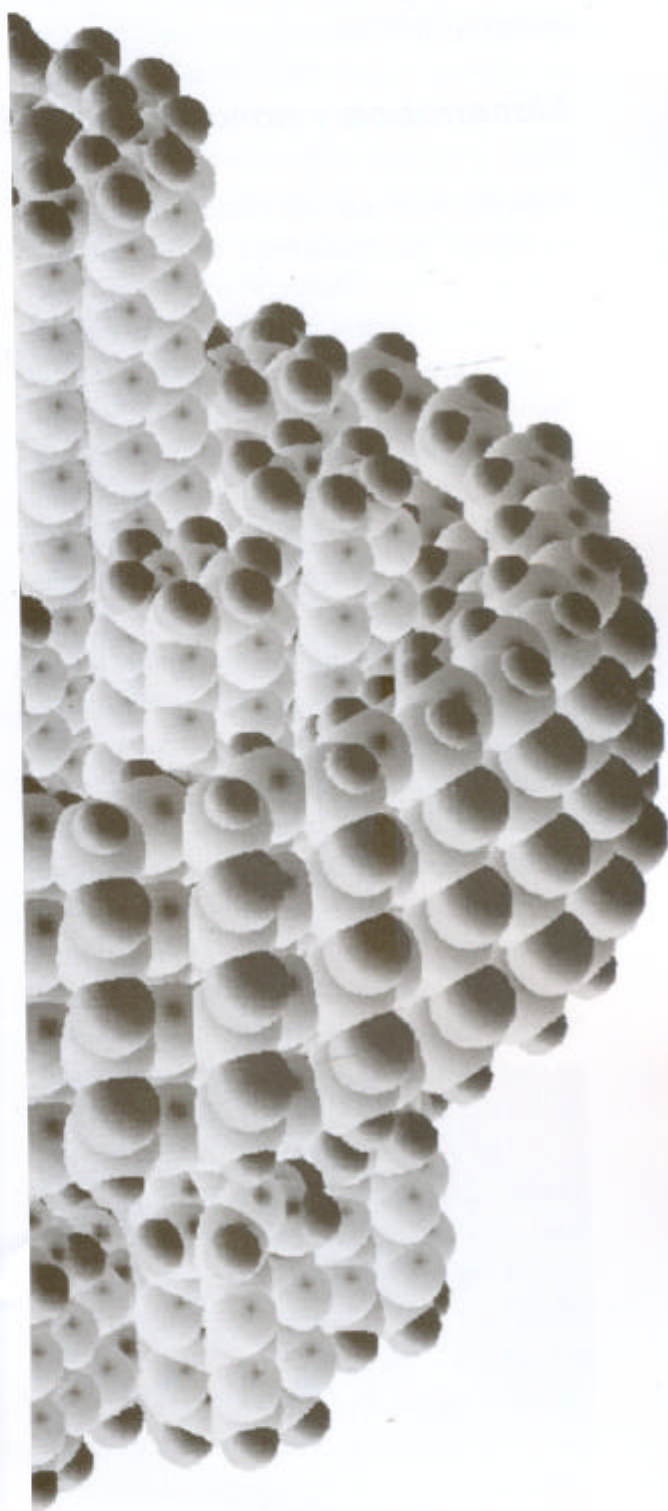
Las aplicaciones de las nanoestructuras son muy prometedoras para nuestra vida cotidiana. A continuación se ofrece una breve explicación de algunas aplicaciones de esas nanoestructuras.

Nanomateriales

Respecto a los nanomateriales que se pueden formar, se ha trabajado básicamente sobre tres tipos: metales, polímeros y cerámica. El uso de estos materiales está determinado por sus propiedades mecánicas y químicas. La elasticidad, dureza, facilidad para romperse y conductibilidad son propiedades importantes. Estos análisis son respaldados por un conocimiento de las propiedades químicas de los materiales, tal como el análisis elemental y molecular o de la estructura atómica.

Mediante la aplicación de técnicas de fabricación en nanomateriales se han podido realizar distintas estructuras, como por ejemplo material de aislamiento, herramientas mecánicas, fósforos, baterías, imanes de alta potencia, motores de vehículos, turbinas e implantes y otros usos médicos.

Las nanoestructuras se usan en la industria para mejorar la fortaleza de los fundidos, esto es, las propiedades mecánicas de los materiales plásticos fundidos. Por otra parte, cierto tipo de nanoesferas se han empleado para extraer compuestos orgánicos del agua en forma dispersada y como micropartículas sólidas. Algunas otras nanoestructuras son efectivas para la dispersión del látex y de las partículas de pigmentos de pintura. Las nanoestructuras formadas por



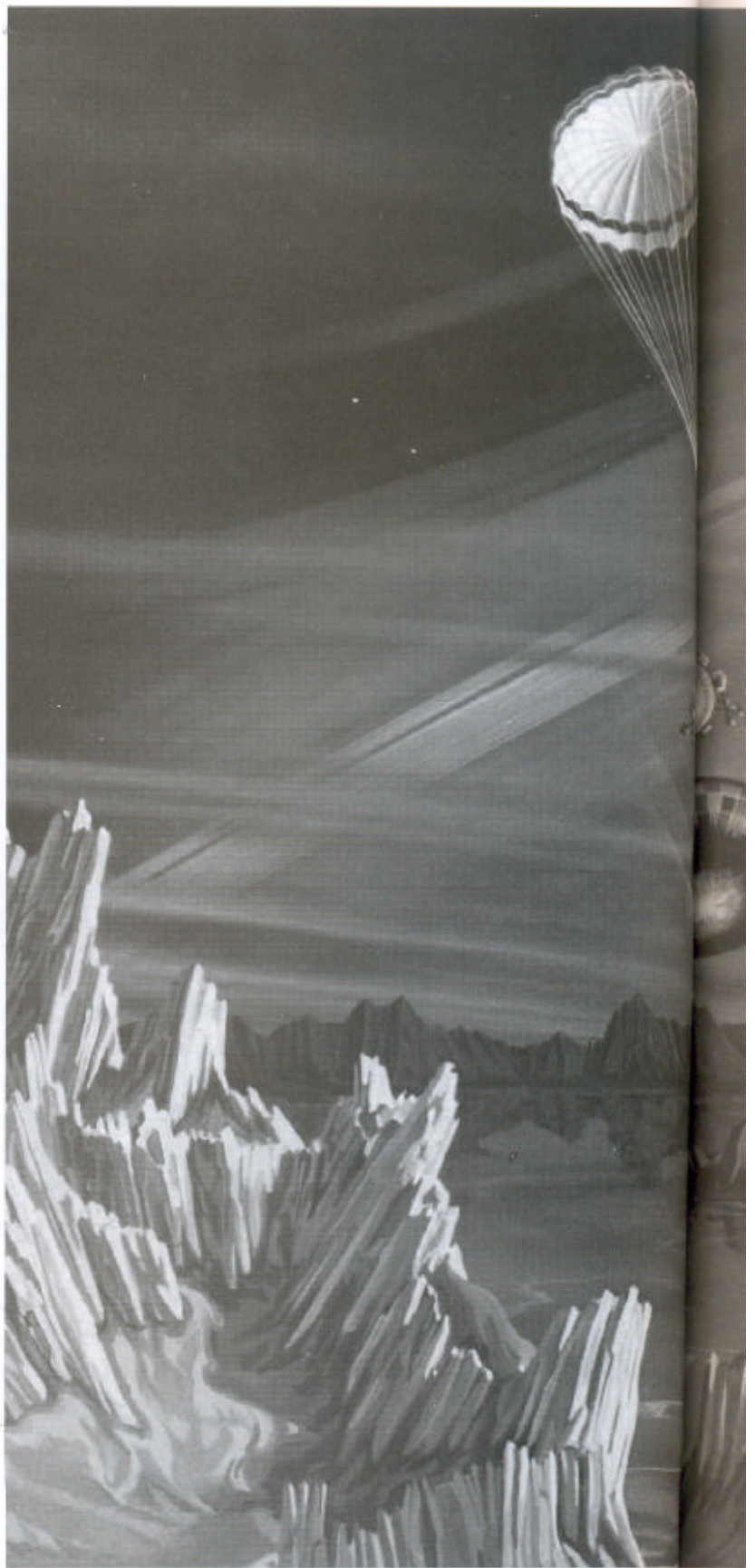
copolímeros en bloques, que funcionan como catalizadores, se han utilizado para la producción de dispositivos electrónicos de dimensiones nanométricas.

Nanorrobots y nanomáquinas

Podemos decir que una máquina es una herramienta que nos ayuda en una labor o cumple con una función. Puede ser tan sencilla o tan compleja según nuestras necesidades. La palabra "máquina" nos trae a la mente la imagen de una estructura metálica, compuesta por varias piezas, que realiza una función; pero más allá de esa imagen, una máquina puede ser muy grande o muy pequeña y realizar no solo una sino varias tareas de diversa complejidad.

Las máquinas no únicamente son empleadas por el hombre, pues la misma naturaleza ha utilizado este recurso a través de su evolución, por lo que podemos decir que las nanomáquinas han existido desde hace mucho tiempo. En cualquier sistema biológico podemos encontrar un gran número de "máquinas microscópicas" copiadoras o ensambladoras. De esta forma, la creación de "nuevas máquinas" a escalas muy pequeñas es posible, pues la misma biología molecular nos da la pauta.

En la actualidad se concibe a los nanorrobots como máquinas autónomas a escala nanométrica, de estructura simple, que están programados con órdenes básicas, es decir, que cumplirán órdenes sencillas y específicas, y que ésa será su única misión, siguiendo lógicas y jerarquías, pues no únicamente se darán instrucciones a un solo nanorrobot sino a millares de ellos para realizar una tarea única.





Un área en la cual se desea implementar la nanotecnología es la medicina, en la cual se requiere utilizar este tipo de tecnologías, ya sea para reparar o depositar medicamentos en un área específica, o bien solo para explorar el organismo. Así será posible llevar un medicamento a un área particular sin agredir a otros órganos o tejidos. Claro está que también podría haber otras nanoestructuras con las que se podría hacer un análisis exhaustivo de todo un sistema, y detectar a tiempo enfermedades como el cáncer sin necesidad de hacer una biopsia.

Al estudiar moléculas en sistemas vivos, se piensa en la construcción de máquinas moleculares (o máquinas proteicas vitales) que bloqueen el paso de virus y los destruya después.

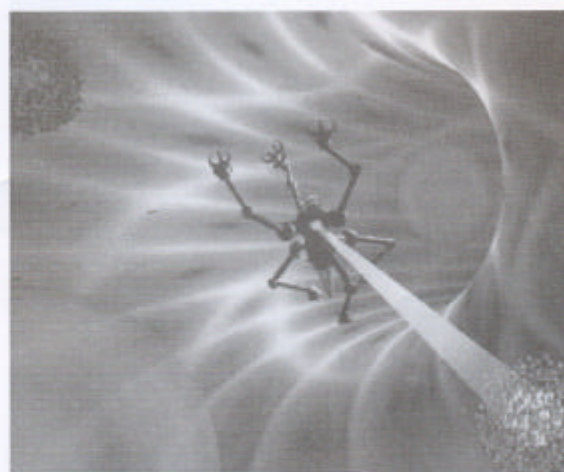
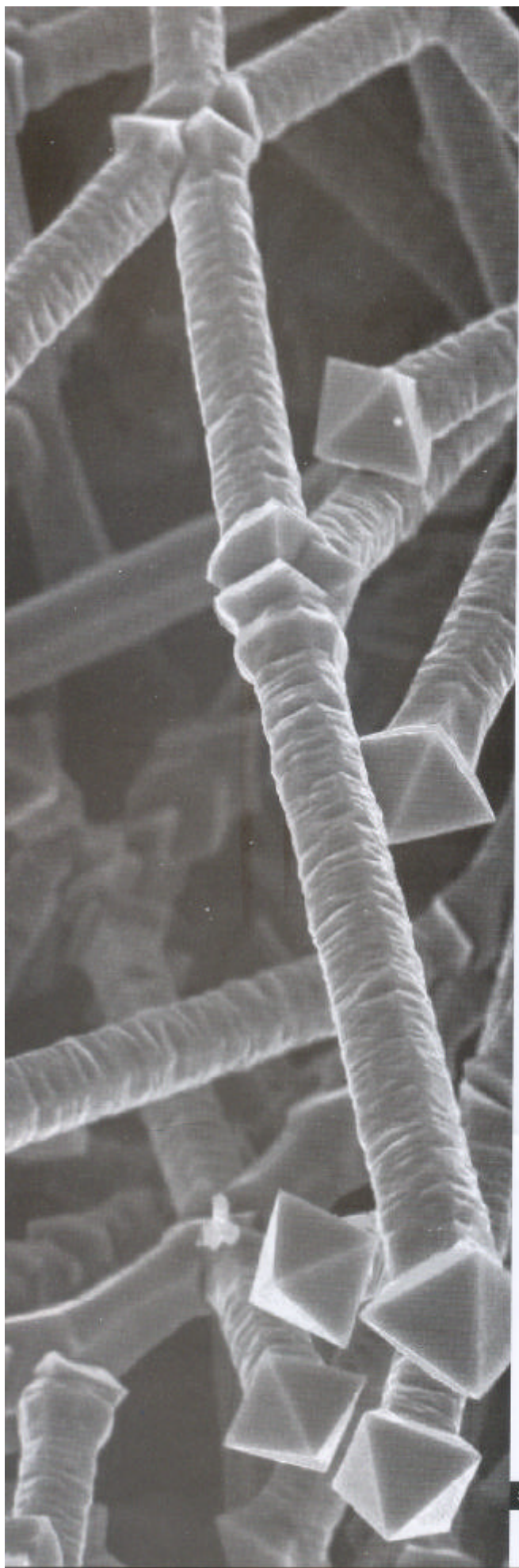


Figura 6. Representación de un nanorobot dentro de un organismo vivo.



Al igual que lo anterior, se puede hablar de la electrónica molecular como un nuevo campo en el que se ven mezcladas la física molecular, la ingeniería eléctrica, la óptica y la ciencia de estado sólido, uno de cuyos objetivos es la miniaturización del volumen de las máquinas mediante circuitos integrados. Finalmente, el estudio de los materiales magnéticos, que a veces se llama magnetismo mesoscópico –particularmente de películas hechas de nanoimanes–, está impulsado por el deseo de incrementar la capacidad de almacenamiento de los dispositivos magnéticos, como los discos duros de las computadoras.

Para el lector interesado

- A.A. (2009). *Átomo*. Disponible en línea: <http://es.wikipedia.org/wiki/>.
- Crandall, B.C. (1996). *Nanotechnology, molecular speculations on global abundance*. Boston, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Crandall, B.C. y Lewis, J. (1992). *Nanotechnology: research and perspectives*. Boston, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Drexler, K.E (1993). *La nanotecnología, surgimiento de las máquinas* (1ª edición en español). México: Gedisa, S.A.
- Foladori, G. e Invernizzi, N. (Coord.) (2006). *Nanotecnologías disruptivas: implicaciones sociales de las nanotecnologías*. México: Miguel Ángel Porrúa.
- Fritz, S. (2003). *Nanotechnology, invisible machines*. Detroit, MI: Applemedia.
- Poole Jr., C.P. y Owens, F.J. (2003). *Introducción a la nanotecnología*. México: Reverté, S.A.
- Wilson, M., Kannangara, K., Smith, G., Simmons, M. y Raguse, B. (2007). *Nanotechnology, basic science and emerging technologies*. London: Chapman & Hall/CRC.