

CIENCIA DE BOLETO

10

Nuevos materiales

Pedro Bosch y Cristina Piña



Esta publicación es de todos para leer en el Metro

Nuevos materiales



Gobierno del Distrito Federal

Marcelo Ebrard Casaubón

Jefe de Gobierno

Raúl Armando Quintero Martínez

Secretario de Transportes y Vialidad

Francisco Bojórquez Hernández

Director General del

Sistema de Transporte Colectivo



Universidad Nacional Autónoma de México

José Narro Robles

Rector

Sergio M. Alcocer Martínez

Secretario General

Juan José Pérez Castañeda

Secretario Administrativo

Rosaura Ruiz Gutiérrez

Secretaria de Desarrollo Institucional

Carlos Arámburo de la Hoz

Coordinador de la Investigación Científica

René Drucker Colín

Director General de Divulgación de la Ciencia

Nuevos materiales

Pedro Bosch y Cristina Piña



Dirección General de
Divulgación de la Ciencia
U N A M

Dirección General de Divulgación de la Ciencia

Director General de Divulgación de la Ciencia

René Drucker Colín

Coordinador de Medios

Ángel Figueroa

Jefa de la Unidad Administrativa

Isabel Velasco

Coordinación editorial

Juan Tonda

Nemesio Chávez Arredondo

Diseño de la colección y formación

Elizabeth Cruz

Ilustración de portada

Graham Murdoch

Primera edición, 10 de noviembre, 2009

D.R. © 2009 Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C. P. 04510,
México, Distrito Federal.

ISBN 978-607-02-0783-9

Agradecemos el apoyo otorgado por



Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México

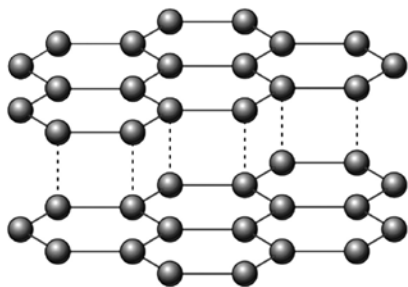
Introducción

Según el diccionario, tanto la física como la química se ocupan del estudio de la materia, es decir de los materiales. Y quien dice materiales habla de las combinaciones entre los elementos. No se trata de los elementos de la antigüedad (aire, fuego, tierra y agua) sino de los átomos que constituyen la materia, y que están enumerados en la tabla periódica. Son sólo 103 tipos de átomos. Asombra que el universo esté constituido de un número tan pequeño de elementos y que puedan formarse materiales tan diferentes como el acero, una esponja, un plástico o un mineral. Los elementos de la tabla periódica pueden combinarse de diversas maneras. Por ejemplo, dependiendo de su manera de enlazarse, a partir de los mismos dos elementos, silicio y oxígeno, pueden obtenerse dos sustancias muy distintas, cuarzo o vidrio. Es como usar ladrillos y cemento: se puede construir un edificio de departamentos o un auditorio.

A partir de átomos y grupos de átomos, los químicos pueden elaborar grandes edificios, como hacen los arquitectos. Sin embargo, en química no se usan grúas, carretillas ni cemento, sino fuerzas magnéticas (como las de los imanes) y eléctricas (como la de los motores), que mueven grupos y bloques de átomos y los aseguran.

Así, debido a la atracción entre un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, se forma una molécula de agua, y si la temperatura disminuye a cero grados Celsius las moléculas de agua se juntan ordenadamente para formar hielo. Con el calor, las fuerzas que unen a las moléculas se debilitan y el edificio se derrumba, pero las fuerzas no se debilitan tanto como para que se separen las moléculas, y por eso el agua líquida sigue siendo agua. Finalmente, cuando la temperatura es superior a los 100 grados Celsius, las moléculas se sueltan entre sí y se convierten en vapor. El hielo, el agua y el vapor están formados por moléculas de agua, es decir, por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; la diferencia está dada por la manera en que se juntan las moléculas.

Observemos qué sucede con otro elemento. De carbono y únicamente de carbono están constituidos el grafito y el diamante, y a pesar de ello tienen propiedades muy distintas. Los diamantes son transparentes y duros; el grafito, que es lo que pinta de los lápices, es gris y blando. ¿A qué se deben estas diferencias? Ya que no se pueden atribuir a la composición química elemental, pues ambos son carbono, habrá que asignárselo a la disposición de los átomos en el espacio. En el grafito los átomos están enlazados unos con otros, formando un dibujo que es una repetición de hexágonos. En cambio, en el diamante los átomos se enlazan formando cubos.



Estructura del grafito. Red hexagonal.

Por tanto, cuando escribo con un lápiz voy depositando átomos de carbono sobre la superficie del papel. El grafito está metido en un cilindro de madera, que a su vez está compuesta en gran parte por átomos de carbono que forman parte de compuestos como celulosa y lignina. Al lápiz lo mueve mi mano, mano cuyas células también contienen carbono además de hidrógeno, oxígeno nitrógeno, azufre y fósforo. Podríamos seguir con esta secuencia, comprobando cómo los átomos de carbono, combinándose con otros átomos, dan lugar a materiales inertes, como el diamante, o vivos, como las células; o forman parte de nuestros alimentos, o de los plásticos, que se han vuelto uno de los pilares de nuestro mundo.

Además del carbono, la tabla periódica cuenta con otros elementos. Consideremos más o menos cien elementos estables de la tabla periódica. Descartando los compuestos orgánicos, o sea los que están formados por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, con sólo dos elementos se obtienen cinco mil compuestos. Si se escogen tres, son 162 mil los compuestos que podemos obtener, y a partir de cuatro, son unos cuatro millones, sin tomar en cuenta que pueden presentarse combinaciones (o estequiometrías) múltiples. Existen datos sobre cerca de 80% de los sistemas binarios (de dos elementos), 5% de los sistemas ternarios (de tres elementos), y menos de 0.1% de los sistemas cuaternarios. Por tanto, no resulta aventurado predecir que el número de compuestos que podrían ser útiles en nuestra vida diaria, y que no conocemos aún, rebasa los millones de millones ¡La investigación en materiales no ha hecho más que empezar!

La llamada ciencia de los materiales es una rama del conocimiento relativamente reciente y extraordinariamente activa. Los grupos de investigadores que se especializan en el estudio de los materiales son multidisciplinarios, es decir, incluyen investigadores formados en diversas disciplinas (física, química, biología, ingeniería, informática y en algu-

nos casos medicina). El objeto de estudio de la ciencia de materiales es amplísimo: los elementos de la tabla periódica y la forma en la que se pueden combinar. Toda la materia del universo, todos los compuestos químicos, metales, aislantes, cerámicas, plásticos y materiales orgánicos e inorgánicos que han existido, y todos los que existan en el futuro, están hechos de esos elementos.

A lo largo de su historia la humanidad ha descubierto y desarrollado materiales nuevos, y se ha dado cuenta de que las propiedades de los materiales están relacionadas con sus procesos de obtención. El papel de la ciencia y la investigación de los materiales ha sido ante todo explicar el comportamiento observado, mediante la experimentación y los modelos computacionales.

Desde luego se pretende actuar más racionalmente que como lo hizo el señor Charles Goodyear, cuyo famoso apellido le da nombre a la bien conocida compañía de llantas. Aunque existen distintas versiones de la historia, una de ellas cuenta que Goodyear experimentaba en su casa amalgamando hule y azufre para obtener hules más duros. Su mujer, harta de los malos olores, le prohibió hacerlo, pero el señor Goodyear siguió experimentando en secreto... y en casa. Un día la señora Goodyear llegó antes de tiempo y cuando su marido oyó el ruido de las llaves, entró en pánico y paró al instante el experimento echando todo al fregadero con el resultado de que sus hules quedaron vulcanizados, es decir se volvieron más duros y resistentes al frío y al calor. Gracias al señor Goodyear (¿o a su señora?) hoy nuestros automóviles circulan con llantas de hule vulcanizado.

La tendencia actual no es experimentar en la cocina y esperar que suceda un milagro. Hoy, dado el costo creciente de los experimentos y el costo decreciente de la computación, conviene fomentar el diseño de materiales, es decir “inventar” materiales en la computadora para después obtenerlos

(o como dicen los químicos, “sintetizarlos”). Aunque por ahora, debido a la complejidad de los cálculos, la obtención de nuevos materiales tiende más al descubrimiento tipo Goodyear que al diseño.

A continuación presentaremos algunos de los avances en química y física de materiales que se utilizan en campos tan distintos como el de la construcción, la medicina, la electrónica o las cerámicas. Al final, presentaremos un popurrí de casos interesantes y divertidos.

Nuevos materiales en la construcción

En la actualidad, gran parte de lo que en el pasado se conseguía gracias a la intuición o a la buena suerte, se fundamenta en una paciente labor de comprensión de los mecanismos por los que se unen los átomos, las moléculas, los cristales e incluso la materia viva. Gran parte de los nuevos materiales no son más que el resultado de aplicar lo que las investigaciones en biología, física y química básica descubren constantemente. Es fundamental conocer cuáles son los mecanismos por los que los materiales tradicionales poseen determinadas propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, ópticas o magnéticas, para poder desarrollar nuevos materiales que posean estas mismas propiedades pero mejoradas, o bien que presenten una combinación de varias de ellas.

Aparentemente en la construcción son pocas las mejoras o innovaciones que se podrían hacer. Los materiales son arcaicos y tradicionales; sin embargo, la utilización del hierro en construcciones como la torre Eiffel en París, o el Museo del Chopo en la ciudad de México, revolucionaron el concepto de la arquitectura.

En la construcción habitacional las necesidades suelen ser típicas de cada país: hay zonas del planeta donde se construye sobre todo con madera; otras en las que el ladrillo es la

norma; la cantera no falta en las ciudades mediterráneas. En México, se construye con tabique y a menudo con adobe. Los adobes son excelentes aislantes térmicos y solían ser baratos, pero requieren de mucho mantenimiento pues son poco resistentes. Recientemente se ha probado añadirles arcilla y arena en proporciones tales que las virtudes del adobe no se alteren pero que su cohesión, impermeabilidad y resistencia mejoren sustancialmente. Así se ha logrado una resistencia mecánica de cerca de 30 kilogramos por centímetro cuadrado, comparable con la del ladrillo rojo cocido. Desde luego, estos añadidos no aumentan el precio del adobe y se deben justamente a un mejor entendimiento de la estructura y en general de las propiedades de las arcillas. Recientemente, además, se ha decidido agregarle fibras a los materiales convencionales de construcción, que los hacen más resistentes.

¿Quién no ha visto por la noche las pequeñas fogatas que se encienden para aplicar asfalto en los baches? Se interrumpe el tráfico durante horas, y el olor es repugnante. ¿Cómo no compadecerse de los obreros que lo trabajan? Una buena noticia es que ya existen en el mercado aglomerados asfálticos que se aplican en frío. Están constituidos por agregados minerales y un aglomerante pegajoso modificado, de consistencia plástica. Este compuesto se vierte y se presiona sin necesidad de maquinaria. Las principales ventajas de este producto, entre otras, son su disponibilidad, su flexibilidad y su uso inmediato. Es negro y su temperatura mínima de aplicación es de 5 grados Celsius.

Aunque no es un adelanto en la técnica de construcción o en los materiales que se utilizan, hay que mencionar que hoy se incorporan sensores en las vigas de los edificios más avanzados y en las zonas estructurales de los puentes. Dichos sensores miden el esfuerzo y permiten evaluar oportunamente cualquier fallo para prevenir las catástrofes antes de que sucedan.

Nuevos materiales en medicina

Los materiales no biológicos se han empleado en el cuerpo humano desde tiempos prehistóricos, a menudo para adornar el cuerpo, como aún se hace en muchas tribus del mundo, incluyendo las urbanas. En otros casos se ha intentado sustituir una carencia (una oreja, la nariz, una pierna, un pie, etcétera).

A partir de la segunda Guerra Mundial se empezaron a estudiar los materiales que podrían ser sustitutos de tejidos biológicos. El primer informe es el de un soldado que no podía respirar porque... ¡había sido parcialmente degollado! Los médicos le colocaron una manguera de plástico y observaron que la herida del soldado se recuperaba y la respiración se mantenía. Sin embargo, no tomaron en cuenta que la manguera podía romperse en poco tiempo debido a los movimientos de cabeza del soldado. Los médicos y los ingenieros tuvieron que unirse para buscar un material que soportara los movimientos de la tráquea; así comenzó el estudio de lo que hoy conocemos como biomateriales.

Un biomaterial no causa efectos adversos en el organismo cuando se pone en contacto con los tejidos vivos y los líquidos fisiológicos. Puede emplearse para evaluar, tratar, aumentar, completar o reemplazar un órgano o un tejido vivo. Un biomaterial es diferente de un material biológico, ya que éste es producido por un sistema biológico. Un material biológico puede tratarse para ser empleado como biomaterial: por ejemplo el pericardio de bovino (una membrana biológica que rodea al corazón) puede tratarse químicamente para emplearlo como material reparador de úlceras, sin que sea rechazado como incompatible por el organismo donde se implanta.

Hablar de biomateriales implica en primer lugar que el material sea biocompatible, es decir, que el organismo no lo rechace ni lo afecte en su funcionamiento. Un biomaterial

debe provocar una respuesta apropiada en el organismo, y de ninguna manera debe provocar problemas a corto, mediano o largo plazos como inflamación, secreción, infecciones, coágulos, tumores, toxicidad, etcétera; de ser así, debe descartarse como biomaterial, ya que puede generar otros problemas, incluso más graves que los que están tratando de corregirse.

Para comprobar la importancia y la variedad de los biomateriales basta mencionar que son pocos los humanos que no han pasado por la necesidad de taparse una muela. A decir verdad, la lista es infinita: hay quien necesita un órgano artificial como un corazón, un riñón o un pulmón, a otros hay que operarlos y cerrarles las heridas con hilos de sutura. Hay a quien se le colocan clavos o placas para restaurar huesos rotos. No faltan personas a las que se les implanta un tendón o un tejido para separar órganos; otras requieren marcapasos, o simples catéteres. El abanico de materiales y de compuestos es tal que se requiere de la colaboración de ciencias muy diversas: es un campo multidisciplinario por excelencia.

Son los médicos y los odontólogos los que se encargan de implantar estos nuevos materiales, y siempre lo hacen con el fin de reparar, sustituir o completar un órgano, un tejido o su función. El material no sólo debe cumplir con su propósito en el organismo; además debe poder esterilizarse. Son muchas las técnicas de esterilización que pueden seguirse, pero es importante que se escoja una que no dañe el material que se va a implantar. Es crucial tener la seguridad de que absolutamente todo, trátese del biomaterial o de los instrumentos que se utilicen para lograr el implante, esté libre de microorganismos para evitar infecciones en el paciente.

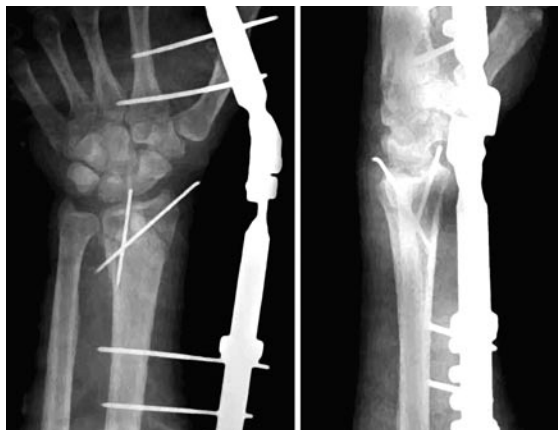
En ocasiones, para entender y probar una prótesis es necesario utilizar animales. El uso de un modelo animal es difícil, ya que no necesariamente se consiguen condiciones clínicas semejantes a las de la utilización en humanos. Esto

se debe a varios factores como el tiempo de uso, entorno biológico, tipo de respuesta, etcétera.

Otro aspecto importante cuando se habla de implantes o prótesis es su biofuncionalidad: en general es muy complicado evaluarla ya que no se refiere al material como tal sino a su forma, al lugar donde se implanta, al método de implante, a las condiciones de la cirugía, el tiempo de implantación, etcétera. A veces se precisa de nuevos experimentos que ponen a prueba el ingenio de los investigadores.

El éxito de un implante no depende únicamente de la calidad del material y de su forma, también del cirujano, ya que si la cirugía es mala, es probable que el implante deba ser retirado. Y también depende del paciente, ya que si éste no tiene interés en su rehabilitación, el implante tampoco tendrá el éxito buscado.

Las ventajas de contar con implantes obtenidos a partir de biomateriales en vez de implantes naturales (como un hueso, un corazón o una mano) son fundamentalmente tres: son totalmente biocompatibles con el paciente, se encuentran disponibles en todo momento, y se producen en número suficiente para satisfacer la demanda. No se requiere de un



Biomaterial HAP -200

donador compatible con el paciente al cual se le pueda privar de un órgano o tejido que también es muy necesario para él; por ello se busca que los biomateriales de gran demanda estén disponibles a bajo costo.

La guerra ha sido un gran promotor de la investigación en biomateriales. Se ha logrado confeccionar trajes que, usando proteínas de la sangre, paran el sangrado de las heridas, o vendas que crean coágulos propios para detener una hemorragia. Dado que la mayoría de las muertes en el campo de batalla se deben a la pérdida de sangre antes de que los soldados puedan ser atendidos por los servicios de salud, los trabajos de investigación se han centrado ante todo en los procesos de coagulación. Uno de los nuevos productos es un material granuloso que se aplica sobre las heridas. La Cruz Roja desarrolló otro que consiste en un tejido capaz de retener las proteínas de la sangre encargadas de la coagulación. Éstas, junto con una sustancia del propio material, aceleran el proceso de detención del sangrado. El vendaje de quitosán o quitosano procede de un hidrato de carbono biodegradable, la quitina, que se encuentra en la concha de los crustáceos. Esta sustancia es la segunda más común en el planeta y no causa alergias. Estos biomateriales están actualmente en fase de investigación. Mientras tanto, los metales y los plásticos son los que siguen utilizándose más frecuentemente en el diseño de implantes médicos.

Los principios de la piezoelectricidad han servido también para proponer mejores materiales ortopédicos. Pierre Curie, descubridor de la piezoelectricidad hace más de un siglo, jamás lo hubiera imaginado. La piezoelectricidad es la aparición, en las caras opuestas de un cristal, de cargas eléctricas de diferente signo cuando éste se estira o se comprime, y a la inversa, la expansión o la contracción del cristal al ser sometido a cierta diferencia de potencial eléctrico. Se está intentando aprovechar el efecto piezoeléctrico para de-

sarrollar músculos artificiales, que formen parte de piernas y brazos ortopédicos con capacidad funcional.

Nuevos materiales para la electrónica

En nuestro entorno abundan los objetos dotados de propiedades físicas y químicas impensables hace unas pocas décadas: plásticos que conducen la electricidad, cerámicas capaces de soportar, sin deformarse, temperaturas altísimas; pantallas de televisión o de computadora totalmente planas y más delgadas que un libro, y muchos más aparatos y dispositivos de uso diario.

Como ya lo discutimos, la manera en que están ordenadas las moléculas de un material, por ejemplo un cristal, determina sus propiedades. Si un material se somete a cambios externos, como radiación o variaciones de temperatura o de presión, la estructura puede modificarse y por tanto se obtienen nuevas propiedades y nuevas aplicaciones. Al variar estos estímulos externos, el material pasa de una estructura a otra, como si fuera un interruptor. Esta idea ha generado aplicaciones novedosas. En el caso de compuestos híbridos se ha logrado que estas variaciones sean muy sutiles, lo que los hace singularmente interesantes para dispositivos electrónicos. Además, la naturaleza orgánica de estos materiales (formados por carbono, hidrógeno y azufre) hace que sean más flexibles y que puedan adaptarse e integrar mejor en circuitos electrónicos.

En otro terreno, hasta hace poco tiempo se creía que los materiales poliméricos, formados por cadenas de átomos de carbono unidos a átomos de hidrógeno o a radicales, eran materiales que no conducían la electricidad. Sin embargo, ahora existen materiales que son polímeros conductores e integran las propiedades de los plásticos (ligereza, procesado a baja temperatura, ausencia de corrosión) con las de los metales

(conductividad eléctrica, blindaje electromagnético). Se trata de una verdadera revolución en el campo de los materiales, ya que las aplicaciones en industrias como la electrónica y la de las telecomunicaciones son innumerables.

Los materiales magnéticos, por su lado, no son ajenos a estas transformaciones, y los nuevos materiales magnéticos (materiales nanocompuestos, magnetopolímeros, micro y nanotubos, materiales para refrigeración magnética a temperatura ambiente) están ofreciendo soluciones novedosas para problemas como almacenamiento de datos o diseño de sensores. Actualmente, los dispositivos que se fabrican con materiales magnéticos son ante todo los discos duros de las computadoras, las cintas magnéticas y las cabezas de grabación. Sin duda, el almacenamiento magnético será irremplazable en el mercado en los próximos años debido a la mejora en el costo por megabyte, en la lectura de información y en el tiempo de acceso.

Por su parte, la preparación de polímeros nanoestructurados, con propiedades a la medida, es un campo de incidencia creciente en la industria. El prefijo “nano” significa “de escala nanométrica”, es decir del orden de 10^{-9} (0.000000001) metros, y es una de las líneas de investigación más actuales, pues los aparatos tienden a ser cada vez más pequeños. Desde el descubrimiento, a finales de la década de los 80, de los primeros fullerenos –moléculas de carbono puro que tienen la apariencia de un balón de fútbol– se ha seguido obteniendo estructuras de este tipo, algunas dotadas de propiedades mecánicas y eléctricas sorprendentes. Actualmente, los nanotubos, pequeños tubos constituidos por átomos de carbono puro, se están utilizando para diseñar todo tipo de entidades de tamaño nanométrico, que algún día podrán funcionar como diminutos robots para la construcción de nuevos materiales.

La relevancia de estos estudios se pone de manifiesto con los premios Nobel. En el año 2000 se concedió el de química

a Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid y Hideki Shirakawa por sus investigaciones sobre los polímeros plásticos que conducen la electricidad. Estos plásticos se están utilizando actualmente en la fabricación de recubrimientos antiestáticos para películas fotográficas, en pantallas protectoras de radiación y en ventanas inteligentes que pueden disminuir la luz solar. Además, han ayudado a desarrollar plásticos con propiedades semiconductoras que pueden utilizarse en las pequeñas pantallas de los teléfonos móviles, en mini-televisiones y otros dispositivos análogos.

Por su parte, los galardonados con el Nobel de física ese mismo año fueron Zhores I. Alferov y Herbert Kroemer, por el desarrollo de estructuras de varias capas de materiales semiconductores que posibilitan la construcción de dispositivos rápidos de tamaño pequeño, esenciales para la construcción de los diminutos transistores de los teléfonos móviles, los láseres de los lectores de discos compactos, los lectores de códigos de barras y otros aparatos. Junto con estos investigadores, fue galardonado, también en 2000, Jack Kilby por la invención del *chip* o circuito integrado, constituyente básico de cualquiera de los aparatos electrónicos de nuestros días, desde la más modesta lavadora al satélite más moderno de telecomunicaciones.

En 2007, Albert Fert y Peter Grünberg obtuvieron el Nobel de física por su descubrimiento de la magnetorresistencia gigante. Se trata de un efecto de la mecánica-cuántica que se observa en estructuras de película delgada compuestas de capas alternadas ferromagnéticas y no magnéticas. Se manifiesta en forma de una disminución significativa de la resistencia eléctrica observada bajo la aplicación de un campo magnético externo.

Finalmente, G. Ertl recibió el premio Nobel de química en 2007 por sus trabajos en química de superficies, un campo de la ciencia que explica procesos tan variados como

la oxidación del hierro, el funcionamiento de las celdas de combustible o el de los catalizadores de nuestros coches.

Nuevas cerámicas y vidrios

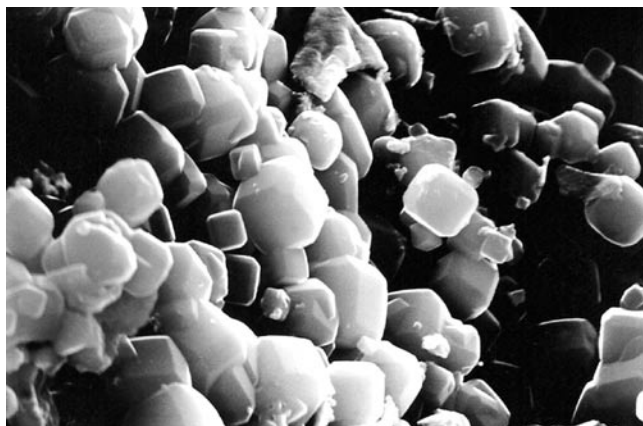
Uno de los campos más activos en el estudio de los nuevos materiales es el de las cerámicas y los vidrios. Una cerámica es un material inorgánico no metálico. Dos ejemplos podrían ser el cloruro de sodio (sal de mesa) o la arcilla (un silicato complejo) que sirve para hacer ollas de barro. Un vidrio es también un material no metálico cuyos átomos están desordenadamente dispuestos en el espacio. En este caso, no se encuentran, como en el diamante, en los vértices de cubos imaginarios, o de hexágonos, como en el grafito. La diferencia entre los vidrios y las cerámicas es que las cerámicas tienen una estructura cristalina, es decir, ordenada y repetitiva, y los vidrios no. Los vidrios poseen una gran variedad de aplicaciones que abarcan desde los vasos y las jarras hasta las fibras ópticas usadas en la telefonía.

Nos centraremos en dos materiales que pueden ser naturales o sintéticos y cuyas propiedades son únicas. Se trata de las arcillas y las zeolitas. Ambos materiales están constituidos sobre todo de oxígeno, que sirve de puente entre átomos de silicio o de aluminio. En las arcillas, formadas por láminas complejas, dichas láminas se asocian formando un “hojaladre” microscópico. Entre dichas láminas, como quien se mete entre las sábanas de una cama, se logran insertar otros átomos, y hasta grupos complejos de átomos. En las zeolitas puede hacerse lo mismo porque son especies de coladeras tridimensionales en cuyas cavidades y túneles pueden meterse otros átomos.

En México existe en Huayacocotla, Veracruz, una arcilla muy pura llamada caolinita. La cantera verde de Oaxaca es una zeolita del tipo clinoptilolita. Estos materiales naturales han

servido de modelo para sintetizar otros nuevos que no existen en la naturaleza, y cuyo uso es importante en la industria química. El espacio entre las láminas de las arcillas se abre, hoy día, con “pilares” de óxido de aluminio, por ejemplo, lo que permite que moléculas grandes puedan circular entre las láminas de la arcillas. Es posible preparar zeolitas como la ZSM5 o la MCM41, que no existen en la naturaleza pero que tienen un tamaño determinado de poro, útil para cierto tipo de moléculas o compuestos que se desee insertar.

Son estas peculiaridades las que han dado origen a la fabricación de detergentes no contaminantes, ya que una zeolita sustituye a los tripolifosfatos. No podemos describir los usos de tan versátiles materiales en unas cuantas líneas; baste saber que las zeolitas o las arcillas pueden servir en la fabricación del cemento, en la engorda del ganado, en la obtención de gasolinas a partir del petróleo o bien en la retención de desechos radiactivos (con zeolitas se limpiaron las aguas contaminadas de los accidentes nucleares de Three Mile Island, en Estados Unidos, y Chernobyl, en la antigua URSS). Son el eje de una industria mundial de muchos miles de millones de dólares.



Cristales de zeolita utilizados en los detergentes.

Como muestra del tipo y la complejidad de las investigaciones que se llevan a cabo en este campo, mencionaremos la síntesis mediante metaloporfirinas (enormes moléculas orgánicas) de verdaderos edificios moleculares sobre pedido. La síntesis se controla de tal modo que, dependiendo de las necesidades del proceso químico (separar gases por ejemplo, o llevar a cabo alguna reacción en los poros del material) se “construyen” sólidos con un único tamaño de poro. Y estamos hablando de poros nanométricos, o sea de millonésimas de milímetro.

En cuanto a los vidrios, los hallazgos más recientes giran en torno a su uso como fibras. Cuando los productos de fibra de vidrio se introdujeron en el mercado, los usos de este material parecieron ilimitados. Poco después, sin embargo, surgieron las desventajas, ya que los barcos se resquebrajaban, los palos de esquí se rompían, y los cascos se quebraban. La razón es simple: como el material está compuesto por fibras de vidrio y una matriz polimérica, la cohesión entre uno y otro no es suficiente. En presencia de moho o de grandes cargas, el polímero se exfolia y aparecen grietas. Teóricamente, la solución es reforzar la cohesión entre las fibras y la matriz. En la práctica no es fácil lograrlo, ya que tanto el vidrio como el polímero son bastante inertes químicamente hablando.

Algunos ejemplos de materiales interesantes

El lector puede ahora plantearse por sí mismo las mejoras que podrían idealmente llevarse a cabo gracias a la ciencia de materiales.

Pueden perfeccionarse muchas propiedades de un instrumento musical tan nuestro como la guitarra. La madera es un material que se daña con la humedad, el calor y el agua. Para que una guitarra moderna soporte tales agresiones, la tapa se

podría fabricar con un compuesto de carbono, ligero y duro, reforzado con fibras. Durante el proceso de fabricación se debería añadir una cantidad controlada de fibra polimérica acústicamente adecuada, como el poliéster, para que el sonido tenga la misma calidad que el que genera una guitarra de madera. Es más, para llamar la atención, la tapa se podría cubrir con una película de níquel que refleje las luces del escenario. El resto de la caja, así como el mástil y los trastes, se deberían elaborar a partir de compuestos de carbono reforzados con fibras. Desde luego, dependiendo de las frecuencias deseadas, las cuerdas pueden ser de metal o de nailon.

Cofres, mesitas de centro, cómodas, aparadores y otras piezas del mobiliario clásico se han modernizado gracias a técnicas revolucionarias y nuevos materiales como la cáscara de huevo. Ésta es un material que confiere un aspecto muy singular y distinguido no sólo a los elementos contruidos con ella, sino a todo el entorno donde se ubican. Originariamente todo el mobiliario del hogar se fabricaba con madera, primero rústica, luego con madera noble y, posteriormente, recubierta de laca. La cáscara de huevo, aparentemente tan frágil, se convierte en fuerte y resistente gracias a un proceso de lacado sobre lacado mediante la aplicación de nuevas tecnologías. El resultado final es un material brillante, limpio y con un aspecto exquisito. Son piezas que a primera vista parecen estar contruidas con pequeños trocitos de mármol y, consecuentemente, bastante pesadas; sin embargo, además de ser resistentes, ligeras y para todo uso, son muy funcionales.

Como ya se mencionó, hoy existen vendas que propician que la sangre coagule: las vendas impregnadas de quitosán. El ejército de Estados Unidos ya ha pedido 20 mil de estos vendajes. Se espera que en breve el producto esté accesible para la población general. La molécula de quitosán tiene carga positiva, mientras que los glóbulos rojos están cargados negativamente. Las cargas eléctricas contrarias se atraen, de

modo que el material tiene la capacidad de crear su propio coágulo independientemente de las condiciones de salud del individuo. Sus inventores aseguran que es capaz de hacerlo incluso en personas con hemofilia, una patología en la que la sangre no se coagula. Aunque el quitosán se ha ideado para uso externo, los experimentos con animales han demostrado que puede incluso detener, durante al menos una hora, hemorragias internas. Otra de las ventajas de este producto es que funciona en un amplísimo rango de temperatura que va de los -50°C a los 140°C .

En electrónica, la construcción de transistores orgánicos, basados en materiales que aúnen las excelentes propiedades de flexibilidad y la facilidad de fabricación de los plásticos con las propiedades semiconductoras del silicio, deberían permitir la fabricación de pantallas de televisión de gran tamaño que se podrían enrollar como si se tratara de un cartel, y colocarlas en cualquier parte. Se puede imaginar papel electrónico, que podría conectarse a internet y almacenar, por ejemplo, el periódico sin necesidad de recurrir al costoso y ecológicamente caro papel tradicional.

El descubrimiento de las cerámicas superconductoras de alta temperatura, capaces de transmitir energía eléctrica sin que ésta se disipe debido a la resistencia, ha producido ya los primeros sensores superconductores. En la actualidad son sólo útiles en el ámbito científico, pero pronto se espera construir computadoras con estos materiales.

Conclusión

Las investigaciones de los últimos veinte años sobre las relaciones entre la microestructura de un material y sus propiedades físicas y mecánicas proporcionan datos útiles para definir los parámetros óptimos de los procesos: proporciones de los componentes, presiones de compactado, temperatu-

ras y tiempos de síntesis, etcétera. De esta manera, pueden producirse materiales sobre pedido que, por su microestructura, se adapten a determinados requerimientos de uso. Las propiedades a tener en cuenta en estas circunstancias son, además de la densidad y la porosidad, la dilatación térmica, la deformación por efecto de cargas, la resistencia mecánica, la conductividad térmica, la resistencia al cambio brusco de temperatura, la resistencia a la fricción o la abrasión, etcétera. De ellas dependen las aplicaciones de los nuevos materiales, cuya fabricación, por otra parte, necesita hacerse a costos tan bajos como sea posible para que puedan competir con los materiales convencionales.

De hecho, la ciencia de materiales puede definirse como el estudio integrado de la síntesis, el procesamiento, la estructura, las propiedades y el desempeño de un material. Es un área multidisciplinaria que se suele dividir en materiales metálicos (hierro, cobre, aluminio, níquel...), cerámicos (ladrillo, vidrio, cementos, aislantes...), poliméricos (caucho, plásticos, adhesivos...) y otros más complejos que son el resultado de combinar de alguna forma dos o más de los materiales mencionados anteriormente. Actualmente los dos temas de investigación más relevantes por sus aplicaciones en la sociedad son los nanomateriales y los biomateriales.

En un futuro próximo, nuestro entorno estará rodeado de objetos contruidos con nuevos materiales, cuyas propiedades actualmente sólo podemos sospechar, materiales contruidos gracias a ciertas dosis de suerte e intuición y a muchas horas de diseño, en gran parte, en la computadora.

Pedro Bosch

Es físico egresado de la UNAM. Se doctoró en la Universidad Claude Bernard, Francia. Trabajó como investigador en el Instituto Mexicano del Petróleo, en la Universidad Autónoma Metropolitana y actualmente en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, donde efectúa investigaciones sobre problemas de protección ambiental, como la retención de desechos radiactivos. También trabaja en la caracterización de sólidos de interés arqueológico y antropológico, y ejerce la docencia. Ha publicado varios libros en coautoría para el Fondo de Cultura Económica, entre ellos, *Fuego en el alma y en la vida inferno*, *Estampas de la ciencia*, *Imágenes de la ciencia*, *El carbono*, *cuentos orientales*, *Pioneros de las ciencias nucleares* y *Zeolita, una piedra que arde*.

Cristina Piña

Estudió en escuelas públicas e hizo la carrera de física en la Facultad de Ciencias de la UNAM, así como la maestría y el doctorado en ciencias. En la misma Facultad impartió clases por 35 años y más tarde en el Instituto de Física de la UNAM. En 1991 llegó al Instituto de Investigaciones en Materiales y comenzó a formar un grupo de investigación en biomateriales. Cuenta con varios premios, ha participado en diferentes proyectos de investigación, ha publicado más de 70 artículos científicos, dos libros en el Fondo de Cultura Económica, patentes, trabajos en congresos tanto nacionales como internacionales. Actualmente se dedica a la investigación de nuevos materiales de uso médico, área en la cual prepara recursos humanos en forma constante.

Nuevos materiales

Editado por la DGDC-UNAM y el Sistema de Transporte
Colectivo Metro. Terminó de imprimirse el 10 de noviembre de 2009
en los talleres de Galas de México, ubicados en San Antonio Abad 121,
Col. Obrera, 06800, México, D.F.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de Nemesio Chávez.
La impresión se realizó en offset, en papel bond de 90 gramos.
En su composición se usaron tipos Times de 9, 11 y 12 puntos y
Book Antiqua de 8 y 13 puntos. El tiraje constó de 5000 ejemplares.

LA CIENCIA ES CULTURA

La colección Ciencia de Boleto preparada por la UNAM para el Sistema de Transporte Colectivo, pretende que el público se acerque a la ciencia y la considere parte de su cultura. Quienes se preocupan de no fragmentar el conocimiento piensan que la divulgación de la ciencia de calidad es literatura y es arte. Gran cantidad de investigadores y divulgadores de la UNAM ponen su granito de arena para sacar a la ciencia de los laboratorios y las escuelas y llevarla a los usuarios del Metro. Esperamos que este esfuerzo resulte de su agrado. No sólo se puede aprender en los salones de clase y universidades, sino también en caminos subterráneos de nuestra ciudad y en movimiento.

Lee y devuelve CIENCIA DE BOLETO

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO



SISTEMA
DE TRANSPORTE
COLECTIVO

Este fascículo fue impreso gracias a la colaboración de

