

MATERIALES DEL FUTURO

LOS supermate

Hoy son los elementos más resistentes, versátiles y extraordinarios, mañana serán la base de las nuevas generaciones de la ingeniería. Por Iliana Fuentes López

En 1837 el danés Christian Jürgensen Thomsen (1788-1865) estableció la conocida categorización cronológica basada en los materiales empleados durante la prehistoria, dividida en eras de piedra, de bronce y de hierro; estas dos últimas, junto con el uso del cobre, constituyen la era de los metales. Algunos científicos creen que si Jürgensen, entonces curador del que se convertiría en el actual Museo Nacional de Dinamarca, en Copenhague, clasificara el periodo histórico actual, lo denominaría la 'era del silicio', pues este elemento ha

definido desde finales del siglo XX el avance tecnológico, y se cree que servirá de base en la elaboración de los materiales del futuro.

Los ingenieros auguran escenarios con casas, comercios o edificios repletos de superficies táctiles y flexibles –paredes digitales, por ejemplo–, totalmente autónomos; robots humanoides evolucionados y transportes biomecánicos –aviones que desplacen sus alas como lo hacen las aves– con rutas ahora imposibles. Los aparatos caseros serán cada vez más multifuncionales, indestructibles y ligeros. Las computadoras y demás artefactos electrónicos tendrán baterías con energía

casi infinita, y podrán autorrepararse, incluso si el usuario no está presente. Los humanos, además de portar prendas de vestir conectadas a la red que midan nuestros signos vitales, tendremos soluciones médicas como los dispositivos cibernéticos o nanorrobots que se sumen al combate de enfermedades, entre otros insospechados avances tecnológicos que requerirán nuevos materiales.

La fundación del mañana

Tras la Revolución Industrial en el siglo XVIII, mediante la termodinámica los europeos estudiaron la transmisión del calor; se »

riales

Podere sin igual

Más duro que el diamante, 300 veces más fuerte que el acero, más delgado que cualquier sólido y más ligero que una pluma de ave, el grafeno es una lámina de átomos derivada del carbono que, por la combinación de sus propiedades



únicas, se encuentra en la cima de los nuevos materiales. Se trata de un cristal bidimensional de un átomo de grosor, muy transparente, capaz de estirarse hasta 10% de su forma y de conducir electricidad un millón de veces mejor que el cobre u otro metal conocido. Aunque este material fue descubierto en el siglo XIX, las primeras muestras prácticas del grafeno se obtuvieron en 2004 al 'rebanar' una pieza de grafito con ayuda de una cinta adhesiva común. El descubrimiento fue hecho por los científicos rusos Konstantin S. Novoselov y Andre K. Geim, quienes ganaron el Premio Nobel de Física en 2010 por este sencillo pero revolucionario logro.

El potencial del grafeno es tan amplio que el mismo Geim no ha podido enumerar todas sus posibles aplicaciones. En primera instancia se pretende reestructurar la tecnología moderna, pues los dispositivos ya no serían rígidos sino plegables. Por ejemplo, se podrán crear televisiones o teléfonos inteligentes con pantallas táctiles flexibles ultradelgadas y baterías más duraderas.

Ahora mismo varios laboratorios y grupos multidisciplinarios de científicos trabajan en nuevos métodos de obtención de grafeno con el fin de producirlo a gran escala, de este modo sus propiedades conductoras, mecánicas, térmicas, químicas y ópticas podrán utilizarse al máximo. Este material estará presente en las industrias aeronáutica, electrónica, energética, médica, de entretenimiento e incluso en la misma cocina. Otros artefactos previstos son circuitos diminutos y ultradelgados, papel electrónico, condensadores para automóviles, paneles solares más eficaces, biosensores, implantes neuronales, etcétera.

Fuentes: "Grafeno: el alótropo más prometedor del carbono", de Ma. Guadalupe Méndez Medrano, H.C. Rosu, L.A. Torres González, 2012; graphene.manchester.ac.uk; grafeno.com; graphene-flagship.eu

Inmune a los líquidos

Las hojas con forma de jarra de las plantas carnívoras (*Cephalotus follicularis*) tienen una textura rugosa pero aprovechan el agua para crear una capa resbaladiza que impide escapar a sus presas (en su mayoría insectos o arácnidos). Inspirados en este atributo natural, investigadores del Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering de la Universidad de Harvard crearon una lámina de nanofibras sintéticas recubierta con resina epóxica que repele casi cualquier tipo de líquidos —incluso la sangre y el aceite— en condiciones extremas. Su nombre es Slippery Liquid-Infused Porous Surfaces (SLIPS, por sus siglas en inglés) y es un revestimiento con superficie porosa cubierta de un fluido lubricante desarrollado para varias aplicaciones, por

ejemplo evitar la formación de hielo en los refrigeradores o las alas de un avión, elaborar aerosoles antigraffiti para los muros o mantener limpia la tubería de conducción de combustible, como el petróleo, etcétera. Uno de los usos principales es repeler la sangre y gérmenes de los utensilios médicos para impedir el contagio de infecciones, pues las enfermedades adquiridas por la suciedad de superficies en hospitales afecta a miles de pacientes; tan sólo en EUA favorece la muerte de 100,000 personas cada año. Fuente: wyss.harvard.edu





Nube intocable

Los aerogeles son los materiales más ligeros del planeta por sus densidades extremadamente bajas. Tienen entre 95% y 99% de aire u otro gas en su volumen, pero conservan la estructura molecular que los distingue como sólidos. Por lo general su aspecto es descrito como 'humo congelado'. Se obtienen al extraer todo el líquido de la materia de la que están hechos, y con frecuencia son creados a base de sílice (óxido de silicio, un compuesto de la arena), metales, óxidos y carbono. Según sus componentes, pueden ser aislantes térmicos o sonoros; muy porosos, con textura difícilmente percibible por el tacto, y presentar varias formas y colores.

El aerogel más común es el creado con sílice: es transparente, tres veces más pesado que el aire y, aunque es frágil, es capaz de soportar 4,000 veces su peso. Fue inventado por el ingeniero químico estadounidense Samuel Stephens Kistler tras hacer una apuesta con su colega Charles Learned, la cual consistía en reemplazar el líquido de un frasco de mermelada por gas sin que el volumen de la materia disminuyera. Kistler ganó la apuesta cuando en 1931 publicó un artículo en *Nature* sobre la creación de este compuesto. Al ser uno de los mejores aislantes térmicos, la NASA lo ha ocupado en sus vehículos de exploración de Marte para evitar que el calor interno se disipe, y debido a que es una sustancia porosa, lo empleó en la sonda espacial *Stardust* para recolectar polvo del cometa *Wild 2* en 2004.

Los aerogeles han sido utilizados también en casacas de bombero, pinturas, ventanas y sistemas desalinizadores. En el futuro se espera aplicarlos para elaborar trajes espaciales más seguros, mejorar la aerodinámica de los aviones, fabricar paredes térmicas o confeccionar prendas de vestir que mantengan el calor del cuerpo.

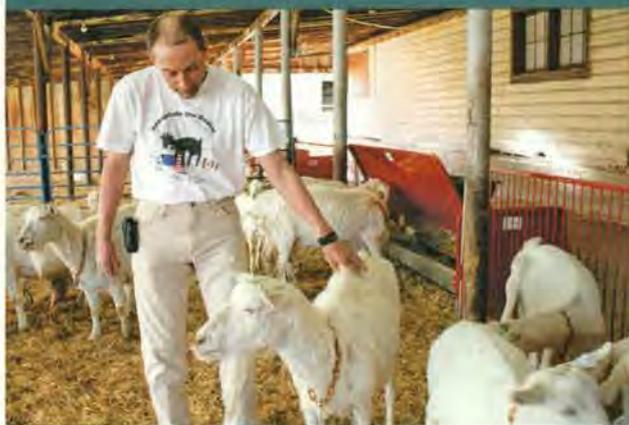
En marzo de 2013 el profesor Gao Chao y su equipo de la Universidad de Zhejiang, en China, crearon un aerogel con base en grafeno cuya densidad lo hace más ligero que el helio; lo han llamado 'aerografito'. Puede absorber aceite hasta 900 veces lo equivalente a su peso, de ahí que podría ayudar a proteger el ambiente, por ejemplo, al absorber el petróleo vertido en los mares. Fuentes: aerogel.org; marsrover.nasa.gov

Cabra-araña

En una granja de la Universidad Estatal de Utah, en EUA, se crían cabras en apariencia ordinarias pero con una característica excepcional: su leche contiene la proteína (fibroína) que compone la seda de araña. Para lograr esta peculiaridad el genetista Randy Lewis y su equipo de investigadores tomaron el gen de la producción de seda de los arácnidos y lo colocaron en el ADN de los mamíferos de modo que éstos puedan segregar la proteína al dar leche; luego la sustancia es filtrada, procesada con una solución de sal y finalmente convertida en hilos. La trascendencia de este procedimiento de biología sintética es que la seda de araña es un material fibroso natural hasta cinco veces más resistente que el acero, se estira hasta cuatro veces más que su longitud original (es más elástico que el nailon), es 100 veces más fuerte que los ligamentos humanos y 10 veces más que los tendones.

Debido a que es imposible criar a los arácnidos por ser animales con naturaleza territorial e instinto canibal, los científicos optaron por acudir a este método, investigación a la que han dedicado más de 10 años. De este modo podrán elegir incluso las características de la seda, por ejemplo, para elaborar implantes de los tejidos de las articulaciones o bolsas de aire para automóviles. Por su conductividad térmica, se podrán hacer también circuitos que eviten el sobrecalentamiento de los dispositivos electrónicos o ropa que disipe el calor.

Fuentes: "Synthetic biology and the rise of the 'spider-goats'" de Adam Rutherford, *The Guardian*, enero de 2012; sbc.usu.edu.



« descubrió que las propiedades de la estructura atómica son las que determinan las características físicas de un material. Después, el arranque de la carrera espacial en la década de los sesenta del siglo XX provocó el nacimiento de una nueva gama de materiales que garantizarían la comunicación de los satélites artificiales y la salud de los astronautas en los viajes fuera del planeta. De ahí resultó la tecnología de los aparatos electrónicos modernos: termómetro digital, laptops, sistema de posicionamiento global (GPS)... En esa misma época los físicos ampliaron su percepción sobre los estados

clásicos de la materia —líquido, sólido y gaseoso—; observaron que según la estructura de sus átomos, ésta podría presentar otros estados como el plasma y el llamado condensado de Bose-Einstein.

El silicio, aunque fue descubierto en 1824, comenzó a utilizarse en la segunda mitad del siglo pasado como la materia prima en la fabricación de chips de computadora. Es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre; por lo general se obtiene de la arena común y es esencial en casi todos los aparatos electrónicos cotidianos: lavadoras, hornos de microondas, teléfonos

celulares, reproductores de música, supercomputadoras, entre otros.

Prueba y error

Lo que le espera en el futuro al silicio y demás elementos hoy empleados, es estudiado por la ingeniería y la ciencia de los materiales, disciplinas que analizan la relación entre la composición química, estructura atómica, propiedades físicas y procedimientos de obtención de distintos componentes. La finalidad es crear nuevos materiales y prever qué tan efectivas serían sus aplicaciones industriales

Piso firme y enrollable

A pesar de que el concreto es el material básico en casi todas las edificaciones debido a su resistencia, durabilidad y viabilidad económica, puede tener fisuras que afecten su estabilidad ante catástrofes naturales o ciertas condiciones ambientales. Desde hace más de 20 años el profesor Victor Li y sus compañeros de la Universidad de Michigan, en EUA, han trabajado en el desarrollo del llamado 'concreto flexible', cuyo nombre original es Engineered Cementitious Composite (ECC). Este material está compuesto por agua, cemento tradicional y en vez de rocas o minerales tiene arena de sílice, cenizas volantes y fibras sintéticas (de alcohol de polivinilo) para darle una estructura flexible, más parecida a la de un metal que a la de la cerámica del concreto común. Por ello, el ECC puede doblarse ante tensiones o sobrecargas y, si le salen grietas, éstas serán diminutas, con la posibilidad de 'autosellarse' a partir del carbonato de calcio que se forma con la combinación de granos de cemento, el dióxido de carbono del ambiente y el agua de lluvia.

Sin embargo la flexibilidad de este tipo de material estará presente de otra forma; en grandes pliegos de concreto listos para instalarse. Esta tecnología es llamada 'tela de hormigón' y es desarrollada por la empresa británica Concrete Canvas. La mezcla tiene varias capas



de fibras sintéticas y un revestimiento de PVC (policloruro de vinilo, derivado del plástico). Los constructores extenderían las mantas de concreto y, sin moldes ni mezclas, las instalarían en cualquier lugar y condición, incluyendo zanjas y pendientes, y en plena lluvia. Luego serían fijadas a la superficie con tornillos o estacas; el cemento se humedecería, y una vez seco podrían ser aprovechadas todas sus propiedades: impermeable y a prueba de fuego y fisuras. También se tiene el proyecto de un refugio móvil inflable de cemento, el cual se bombearía con aire y sería reforzado con agua para ser ocupado en caso de desastres provocados por la naturaleza.

Fuentes: "On Engineered Cementitious Composites (ECC). A Review of the Material and Its Applications" de Victor C. Li, *Journal of Advanced Concrete Technology*, 2005; cee.umich.edu; concretecloth.milliken.com

Tejidos postizos

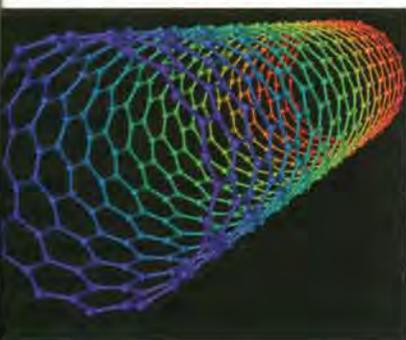
Tienen forma de tubo y diámetro de tan sólo un nanómetro —mil millonésima parte de un metro—, y constituyen las fibras más fuertes existentes, se trata de los nanotubos de carbono. Estas estructuras unidimensionales fueron descubiertas entre el hollín de un montón de grafito, mediante un microscopio electrónico, por el físico japonés Sumio Iijima en 1991.

Aunque todos son cilindros, sus propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas dependen del patrón de átomos en el que estén enrollados y de las capas que tengan. Algunos tipos de nanotubos se emplean actualmente en la elaboración de baterías recargables, partes de automóvil, pintura o adhesivos, pero los científicos pretenden

ampliar la gama de aplicaciones en unos años. Entre los intereses está aprovechar su buena conductividad eléctrica para mejorar la elaboración de transistores. Aprovechando su estabilidad química, se utilizarán en biología molecular y medicina, por ejemplo, para crear biosensores capaces de estudiar la interacción de proteínas dentro del cuerpo, precisar el diagnóstico de enfermedades y estudiar el transporte de fármacos.

Más ambiciosa es la invención de una nueva clase de músculos artificiales a partir de hebras de nanotubos de carbono —sin necesidad de recubrirlos con un conductor eléctrico para su funcionamiento—, desarrollados por el físico Ray Baughman, de la Universidad de Texas en Dallas, EUA. Los músculos pueden contraerse y expandirse ante estímulos químicos, luminosos o de un rango amplio de temperatura, con la opción de ser conectados también a una fuente eléctrica. Tendrían la capacidad de levantar más de 50,000 veces su propio peso. Entre sus aplicaciones podrían estar las prendas de vestir, motores y mejores robots humanoides.

Fuentes: euroresidentes.com; redalyc.org/sciencemag.org



y comerciales. Los especialistas de este campo, pertenecientes a varias ramas científicas (biología, química, física), estudian los compuestos que se forman en la naturaleza y tienen la habilidad de mezclar sus ingredientes, manipular atributos e innovar su potencial.

Los requisitos para que un nuevo material genere impacto son: tener las características físicas y químicas adecuadas, ser una solución económica viable, facilitar la manufactura y proteger el ambiente. Así es como los metales, cerámicas, cristales, polímeros, semiconductores

y compuestos evolucionan a través del tiempo dejando atrás prototipos fallidos.

De pasos a zancadas

En la segunda década del siglo XXI, contamos con una gran variedad de materiales capaces de transformar el futuro; se experimenta con técnicas científicas avanzadas y de alta tecnología, destinadas a usos en la industria aeroespacial, biomédica, electrónica, magnética, energética y ambiental.

El carbono es el elemento químico que más ha atraído el interés de la ciencia debido a las múltiples propiedades que

muestran sus diferentes estructuras atómicas —grafito, diamante, grafeno, fulerenos y nanotubos (varios átomos ordenados de manera cilíndrica)—; por sus características tan estables y versátiles, figuran entre las más explotadas, investigadas y continuamente mencionadas como promesas factibles. Por ejemplo, con una combinación de nanotubos obtenidos del carbono y un líquido cristalino de goma inventado por la Universidad de Wisconsin-Madison, en EUA, se espera crear una nueva clase de celdas solares, capaces de girar su cuerpo hacia el Sol como lo hacen los girasoles. >>



Que los hongos lo hagan

Las piezas de unicel que comúnmente encontramos en el interior de los empaques de un producto nuevo están hechas con poliestireno, un material que al igual que otros tipos de plástico requiere de varios litros de petróleo para ser fabricado. Éste y otros recursos empleados terminan en la basura después que una persona se deshace de la envoltura de su compra. Los desechos perduran por años sin desintegrarse, provocando contaminación.

Ingenieros y científicos de la empresa estadounidense Ecovative Design han trabajado desde hace seis años en la elaboración de un material alternativo a los plásticos (poliestireno, polietileno y prolipropileno) cuyos ingredientes clave son desperdicios agrícolas y hongos, específicamente el micelio, la red de raíces que tienen. Por su función ecológica innata —que consiste en nutrirse de sustancias orgánicas— estos seres del reino fungi son también los obreros principales del proceso de producción: todo comienza en el campo, donde los investigadores recolectan semillas, frutos o vegetales que no se venderán; luego, en un gran laboratorio, éstos son limpiados y colocados en los moldes donde se encuentran los cultivos de hongos. Durante una semana los fungi se nutren y su micelio crece de manera que se adhiere a los residuos agrícolas a lo largo y forma del interior del recipiente; al final se aplica calor para inhibir el crecimiento de los hongos. El resultado es un molde libre de gérmenes, con la figura de empaque deseada, e igual de resistente que los plásticos, pues por cada 16 centímetros cúbicos puede haber un kilómetro de fibras de micelio.

Otros científicos se han interesado en elaborar más productos (vasos, platos, envases, defensas de automóviles, tablas de surf, entre otros objetos) basados en este biomaterial, con el fin de reemplazar materia sintética o, al menos, reducir su fabricación.

Fuentes: mushroompackaging.com; ecovativedesign.com

« Por otro lado, la nanotecnología ofrece un sinnúmero de posibilidades con la fabricación de materiales a escala nanométrica (mil millonésima parte de un metro) a partir de diferentes elementos químicos. Una aplicación prospectiva, planteada por la Universidad de Stanford, en EUA, es crear baterías 20 veces más duraderas que las pilas de litio actuales, con base en nanotubos de silicio que permitirán conservar la energía.

Otra tendencia es la inspiración tecnológica en los mecanismos biológicos de plantas, animales, hongos o protistas para mejorar o sustituir materiales que han dejado de

ser eficaces ya sea por su alto consumo de energía, precios elevados de fabricación o desgaste. La biomimética es la ciencia que apoya a la ingeniería al estudiar este tipo de sistemas para imitarlos. Un ejemplo es la elaboración de plásticos con un material similar a la cutícula del exoesqueleto de los insectos, que al ser flexible, ligera y a la vez fuerte los protege de las condiciones del exterior y les permite un movimiento ágil. El Wyss Institute de la Universidad de Harvard, en EUA, es el que elabora este nuevo producto, al que llamó 'Shrilk'; con él se podrían fabricar bolsas de basura, empaques

o, en aplicaciones tan importantes como la medicina, implantes de tejidos.

Inmersos en este panorama, elementos como el silicio o el acero podrían ser sustituidos por materiales más sofisticados que superen las expectativas de la ciencia, como lo han hecho los megaimanes, los compuestos termoelectrónicos, la fibra de carbono, la tinta electrónica o los nanocristales. **M**

Para saber más

La física del futuro, de Michio Kaku, Editorial Debate, 2011.

Fuentes: *The Science and Engineering of Materials*, de Donald R. Askeland, Pradeep P. Fulay y Wendelin I. Wright; "Future Stuff", de Steven Ashley, *Scientific American*, mayo de 2012

Prendas autónomas

Las prendas de ropa dejarán de ser inanimadas cuando en los próximos años las innovaciones de la industria textil se consoliden; serán capaces de repeler el agua, regular su temperatura, medir los signos vitales, ofrecer conexión inalámbrica y resistir impactos igual o más fuertes que los de una bala. Los científicos se concentran de este modo en otorgar a las telas el 'don' de adaptarse al ambiente.

El Centro de Nanotecnología y Materiales Moleculares de la Universidad Wake Forest, en EUA, desarrolla una delgada lámina termoelectrónica llamada 'Power Felt', la cual podría ser tejida en ropa deportiva para medir la temperatura y signos vitales de nuestro cuerpo. Contiene nanotubos de carbono almacenados en fibras plásticas flexibles, con los que puede identificar la temperatura del cuerpo y del entorno.

Entre las alternativas biomiméticas, está la posibilidad que ofrecen los mixines (*Eptatretus stoutii*), peces primitivos casi ciegos que han perdurado desde hace 500 millones de años y peculiares por su mecanismo de defensa: cuando un depredador como el tiburón está al acecho, el pez segrega una sustancia líquida y viscosa que cubre su cuerpo; este limo o baba es tan resistente que si el depredador muere de al mixin, no podrá alcanzar su piel, y optará por retirarse. Un grupo de investigadores de la Universidad de Guelph, en Canadá, ha puesto sus ojos en la sustancia 'blindadora' para crear un nuevo tipo de licra sumamente resistente o sustituir los polímeros (poliparafenileno tereftalamida) con los que son elaboradas las prendas antibalas. Con estas y otras soluciones textiles el calor, frío, lluvia o las manchas ya no serán más una preocupación. Fuentes: wfu.edu; uoguelph.ca



Actualidad

QUÍMICA

Retrato de una molécula

Por primera vez la ciencia pudo obtener imágenes de cómo se comportan los átomos antes, durante y después de una reacción molecular. Antes sólo se hacían esquemas con base en lo que se observaba en los análisis de espectroscopia (medición de energía de una interacción entre radiación electromagnética y una molécula) y así eran representados en los libros de química básica.

El grupo de físicos de la Universidad de California en Berkeley, EUA, que realizó el logro, utilizó un microscopio de fuerza atómica, capaz de escanear con una aguja de punta fina y delgada la superficie nanométrica de un objeto. Los científicos recurrieron a este poderoso instrumento para visualizar si la 'rebanada' de grafeno –material de una sola capa de átomos de carbono– que habían obtenido en uno de sus estudios, tenía la estructura molecular que deseaban. Cuando observaron las imágenes escaneadas, notaron que habían fotografiados los enlaces de una molécula de 26 átomos de carbono y 14 de hidrógeno, cómo se destruían esas conexiones y de qué manera se unían los átomos con otras moléculas. Lo que más les sorprendió es que las imágenes se veían muy similares a como las conocemos en los libros de texto. "Esto era lo que mis maestros decían que nunca sería capaz de ver, y ahora lo tenemos aquí", expresó el químico Felix Fischer, miembro de la investigación. Fuente: aaas.org

