

# 10

## MATERIALES QUE CAMBIARÁN AL MUNDO

Desde gadgets flexibles hasta capas de invisibilidad y hormigón, el futuro está destinado a transformarse  
Por Duncan Graham-Rowe

**E**n varios laboratorios alrededor del mundo se está llevando a cabo una revolución silenciosa. Los científicos se encuentran buscando maneras de manipular la materia a escalas cada vez más pequeñas y tienen como fuente de inspiración los materiales biológicos. Esta revolución nos aporta sustancias con propiedades que en otras épocas estaban confinadas a las páginas de los libros de ciencia ficción.

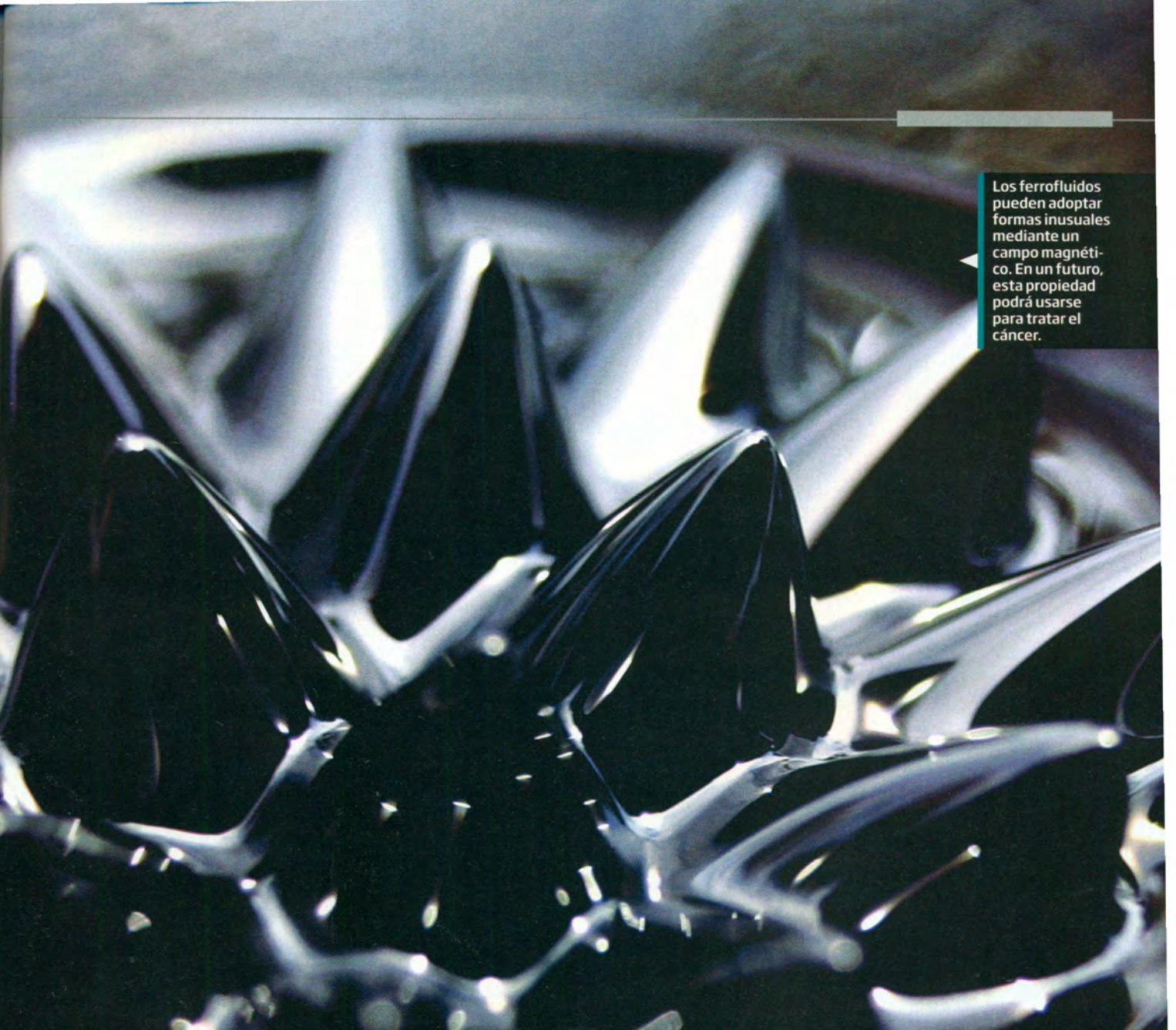
Pero estos materiales son algo más que curiosidades científicas –son genuinamente útiles, a tal grado que cuando las aplicaciones comiencen a surgir, cambiarán radicalmente nuestro mundo–.

Aquí hemos repasado trabajos de investigación y solicitudes de patente para traerles los 10 materiales más influyentes que están por llegar.



### EN ESTE ARTÍCULO

- ▶ Concreto con bacterias, geles con ADN y otras mezclas extrañas
- ▶ Entérate de sus aplicaciones posibles
- ▶ Después de conocerlos, ¿qué se te ocurre hacer con estos materiales? ¡Corre y saca tu patente!



Los ferrofluidos pueden adoptar formas inusuales mediante un campo magnético. En un futuro, esta propiedad podrá usarse para tratar el cáncer.

## 10 Ferrofluidos

El fluido que cambia de forma y que podría transformar el tratamiento contra el cáncer

Si intentaras construir un Terminator T-1000, el robot asesino que cambiaba de forma en la película de *Terminator 2*, lo mejor que podrías hacer para empezar sería utilizar un ferrofluido. Al igual que los T-1000, este es un metal líquido que permite cambiar de figura. Sus capacidades se deben a que posee partículas microscópicas de magnetita, hematita -o de algún otro compuesto con contenido de hierro- dispersas en un líquido. Como tal, tiene propiedades magnéticas, lo que le permite ser manipulado hasta lograr la forma deseada.

Los ferrofluidos se han introducido en nuestra vida diaria. Como los imanes los mantienen en su lugar, forman un sello líquido que rodean las flechas giratorias de los discos duros en las computadoras; esto impide que se metan virus y que las fotos que tomaste en tus vacaciones se pierdan. También se usan en altoparlantes. Pero lo que ahora sabemos es que tienen un potencial mucho mayor. La NASA ha estado experimentando con ellos en sistemas de control de altitud de vehículos espaciales y los investigadores canadienses dicen que podrían ser la nueva generación de

espejos de telescopios, capaces de modificar su forma para compensar la distorsión atmosférica.

Una de las principales áreas de potencialidad es la medicina. En la Universidad Virginia Tech, en EUA, trabaja un grupo de investigadores que explora el uso de un ferrofluido que contiene nanopartículas de óxido de hierro para tratar el cáncer. Por medio del uso de imanes se puede dirigir el fluido hacia el tumor antes de aplicar un campo magnético oscilatorio. Esto haría vibrar al ferrofluido, generando calor que mata a las células cancerosas. "El tratamiento ideal aumenta la temperatura de las células del tumor durante aproximadamente 30 minutos mientras mantiene estable la temperatura del tejido sano", dice el profesor Ishwar Puri, quien dirige el estudio. Si bien la técnica funciona, los ensayos clínicos están por venir. ¡Estas son buenas noticias!

### APLICACIONES

- Control en vehículos espaciales
- Espejos de telescopios
- Tratamiento contra el cáncer





Las nanopartículas de oro constituyen una nueva arma en la lucha contra el VIH.

## 9 Nanopartículas de oro

Un nuevo estándar de oro para las pruebas de VIH

Los artesanos de vitrales medievales fueron los primeros nanotecnólogos. Seguramente no estaban conscientes de las leyes físicas que estaban usando, pero con su técnica las pequeñas partículas de oro quedaban atrapadas en el vidrio y emitían un color rojo rubí. Ahora, en lugar de ilustrar escenas bíblicas, las nanopartículas de oro se usarán en nuevas pruebas para el tratamiento de enfermedades mortales, como el VIH, ya que son más sensibles y de lectura más fácil que las actuales.

En la escala de la nanotecnología, los materiales adquieren propiedades nuevas. Aunque un trozo sólido de oro sigue siendo indudablemente oro, sus partículas pueden producir colores diferentes dependiendo del modo en que se aglomeran. Los científicos en el Imperial College London le han dado un buen uso a esto. La solución para pruebas de VIH está llena de iones (átomos eléctricamente cargados) de oro. Cuando se le agrega suero sanguíneo, lo que sucede después está determinado por si contiene o no el virus del VIH. Si lo posee, para decirlo de manera sencilla, el nivel de peróxido de hidrógeno en la solución baja y se generan acumulaciones irregulares nanoscópicas de oro, produciendo una luz azul. Pero si no lo tiene, entonces la solución se inunda con el peróxido de

hidrógeno y se generan nanopartículas esféricas de oro que producen una luz roja.

La prueba es tan sensible que puede detectar atogramos, o sea, la millonésima parte de la millonésima parte de un gramo de la proteína de VIH en un mililitro de suero humano, aún mejor que el estándar actual de oro. Y lo que es más importante, el cambio de color es tan distinto que puede verse a simple vista; las pruebas actuales requieren de máquinas costosas para leer el cambio tan importante en el tono.

La profesora Molly Stevens, directora de la investigación en el Imperial, dice que una prueba práctica está por venir. "Hasta ahora, hemos demostrado un estudio de concepto, incluidas pruebas con muestras de VIH positivo. La tecnología tiene que optimizarse para ser más portátil y fácil de usar. Es probable que el modelo esté listo en cinco años".

Lo que es más, la prueba puede alterarse para detectar otras enfermedades, entre ellas malaria, cáncer de próstata y tuberculosis.

### APLICACIONES

- Detección de VIH
- Detección de cáncer de próstata
- Detección de tuberculosis y malaria

## 8 Copolímero en bloque de poliuretano

El material transparente que detiene las balas en su trayectoria

Imagina un material que pudiera detener una bala viajando a 350 metros por segundo aun cuando fuera de poco más de 3 cm de grosor, envolviéndola sin que dejara marcas o rajaduras en su superficie. Si este se utilizara en el parabrisas del vehículo presidencial o de tanques blindados, podría salvar muchas vidas.

El material en cuestión lleva el nombre poco inspirado de copolímero en bloque de poliuretano. El profesor Ned Thomas, un ingeniero de la Universidad de Rice, en Houston, Texas, explica que la habilidad de sellar el punto de entrada se puede explicar por el hecho de que se derrite en el momento en que la bala hace contacto a alta velocidad. Su rol parece ser el de detener el proyectil disipando la energía. Después, vuelve a cerrar, tapando el hueco que quedaba. Esta es una secuencia de eventos que Thomas ha podido constatar recientemente al estudiar este material bajo un microscopio electrónico.

Al igual que un vidrio a prueba de balas, el poliuretano podría formar parte de un chaleco antibalas y hasta del exterior de vehículos

espaciales y satélites, absorbiendo basura espacial y otros proyectiles que pudieran causar perjuicios serios. Un pedazo de acero con dimensiones similares sería menos efectivo para detener los proyectiles de alta velocidad y sería siete veces más pesado, dice Thomas.

### APLICACIONES

- Protección del álabe de turbina del motor a reacción
- Protección a satélites
- Parabrisas a prueba de balas
- Chaleco antibalas



El profesor Ned Thomas sostiene un pedazo de copolímero en bloque de poliuretano que ha detenido con éxito tres balas.

Una capa de invisibilidad bajo microondas, creada por científicos en la Universidad de Duke, en Estados Unidos, usa anillos y alambres de cobre con capas de fibra de vidrio.



## 7 Metamaterial para capas de invisibilidad

Doblando las ondas de luz para desaparecer cosas

Los metamateriales no obtienen sus propiedades increíbles de sus componentes, sino de las estructuras complejas como están diseñados. Esta arquitectura complicada les da propiedades que no se encuentran en la naturaleza. Son extraños por definición. "Los científicos de materiales ven una sustancia, determinan sus propiedades y sólo entonces averiguan qué uso darle. Los metamateriales operan de modo opuesto", dice el profesor Costas Soukoulis, investigador de materiales de la Universidad Estatal de Iowa, EUA.

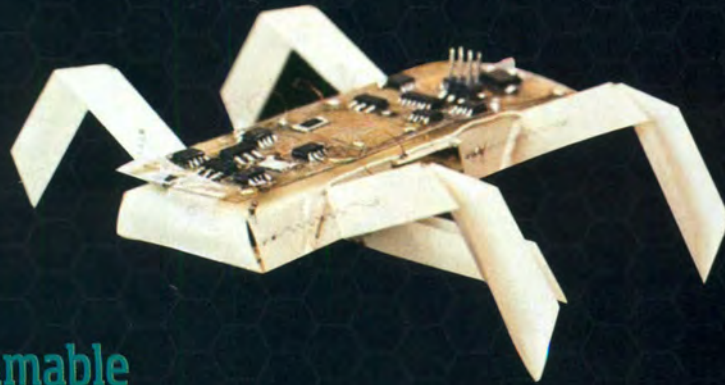
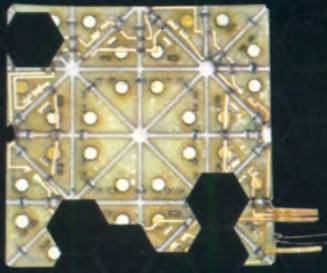
Un objetivo clave para los científicos es crear una capa de invisibilidad con aplicaciones militares y de consumo. Para que esto suceda, el metamaterial debe contener nanoestructuras que le den un índice de refracción negativo. Eso permite que la luz se doble de manera antinatural, de modo que pase en su totalidad alrededor de un objeto. Esto lo vuelve

invisible, así fuera un avión. Suena bastante increíble y no es ciencia ficción. Los investigadores ya demostraron este principio; sin embargo, hasta ahora han tenido más éxito desviando microondas que luz visible.

En noviembre de 2012, científicos en la Universidad de Yonsei, en Corea del Sur, y en la Universidad de Duke, Estados Unidos, crearon una capa de invisibilidad que se adapta a posibles cambios en la forma del objeto. Las diferencias no pueden ser mayores a 10 mm y sólo funciona con microondas. En conclusión, falta tiempo para desaparecer por completo los aviones que surcan nuestros cielos, o desaparecerlos como Harry Potter.

### APLICACIONES

- Dispositivos de invisibilidad
- Computación óptica
- Calor infrarrojo en vehículos espaciales. Blindaje contra radiación cósmica y en imagenología médica



Este robot en paquete plano, creado en el MIT, originalmente fue impreso antes de cobrar vida.

## 6 Materia programable

Un material que puede moldearse espontáneamente en una taza de café... o en un robot

Las cosas que hoy día conforman nuestro mundo tienen una forma predeterminada y únicamente cambian cuando se desgastan o se pudren. Pero ¿qué pasaría si nuestros materiales estuvieran 'vivos' y pudieran transformarse a voluntad? Un destornillador podría convertirse en una llave de tuercas, una flotilla de robots podría aparecer de repente en el campo de batalla después de haber sido transportada en 2D... y un guardarropa en paquete plano podría ensamblarse frente a nuestros ojos.

Parece fantasía, pero la 'materia programable' podría ofrecernos todos estos productos que cambian de forma. Esta materia ya existe en los

laboratorios del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Allí, las aleaciones -metales que pueden cambiar de figura cuando se les expone al calor o a un campo magnético- que guardan la forma que tienen en su memoria, se combinan con tableros de circuitos electrónicos extremadamente delgados. Estos proporcionan calor justamente en el lugar deseado para doblar las aleaciones y darles una forma predeterminada. "Esto nos abre la posibilidad de un mundo en el que podremos programar la materia y no sólo cuestiones de computación", dice la profesora Daniela Rus, del MIT, quien dirige esta investigación.

Rus y su equipo han programado hojas de papel

para que se transformen en figuras clásicas de origami, como aviones o barcos, o también formas más complejas que incluyen un robot insectoide funcional capaz de ir por algo, traerlo y cargarlo. "En lugar de llevar una caja de herramientas con cosas específicas, como destornilladores y llaves inglesas, podríamos cargar una pequeña paleta con estas hojas y usarlas para crear algo con una función determinada", dice Rus.

### APLICACIONES

- Robots de automontaje
- Cajas de herramientas universales

## 5 Concreto de autocuración

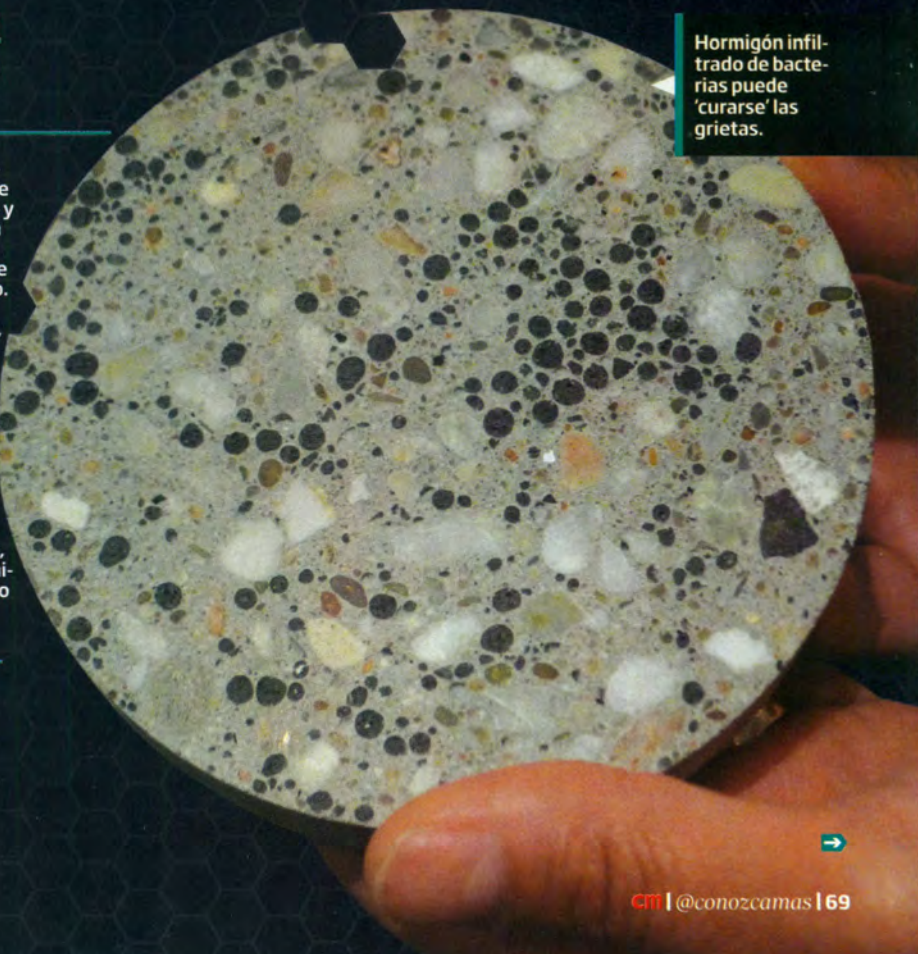
Un material de construcción 'infectado' con una vida útil más larga -¡como si le pusieran bótox!-

Podríamos pensar que la mezcla de esporas bacterianas con hormigón resultaría en un fracaso estructural, pero de hecho podría alargar la vida útil de puentes, edificios y carreteras hasta en 40%. En fechas recientes, el presidente de EUA, Barack Obama, solicitó un presupuesto de 50.000 millones de dólares con el fin de reparar las carreteras, los puentes y los aeropuertos. Como ves los beneficios de materiales de construcción de más larga vida se vuelven evidentes. El Dr. Henk Jonkers, microbiólogo de la Universidad de Tecnología de Delft, en los Países Bajos, ha creado un hormigón lleno de microbios con una vida más larga gracias a su capacidad innata de autorrepararse haciendo que las microgrietas desaparezcan espontáneamente. Aunque las grietas de menos de 0.4 mm tienden a no reducir la fuerza global, pueden permitir el ingreso de agua, lo cual llega a debilitar el hormigón cuando se congela, además de posibilitar el paso a sustancias perjudiciales. "Nosotros le agregamos un 'agente de


curación' a la mezcla de hormigón, compuesto por esporas de bacterias -bacterias latentes- y una fuente de alimento con un recubrimiento", dice Jonkers. Cuando se forma una grieta, se abren las esporas y el alimento. "El agua entra, las activa y las convierte en bacterias activas, que a su vez convierten el alimento en calcita". Las bacterias que se usan -el *Bacillus cohnii* y el *Bacillus pasteurii*- no son dañinas y se adaptan a condiciones altamente alcalinas dentro del hormigón. Convierten el alimento de lactato de calcio en carbonato de calcio duro. Todavía es necesario hacer más pruebas al aire libre, pero si tienen éxito, este hormigón se podría producir de modo comercial dentro de tan sólo cuatro años.

### APLICACIONES

- Túneles
- Viaductos
- Carreteras
- Estructuras marinas



Hormigón infiltrado de bacterias puede 'curarse' las grietas.



## 4 Hidrogeles de ADN

Un dios de la memoria que se transforma y que será utilizado en el campo de la medicina y electrónica

Cuando le agregamos agua a algo, se vuelve más aguado. Pero cuando se la añadimos a este material, de manera espontánea, adopta una forma distinta. Bienvenido al extraño mundo de los hidrogeles llenos de ADN.

Éstos son cadenas entrelazadas de polímeros altamente absorbentes que contienen con facilidad hasta 100 veces su masa en agua. Algunos ya se encuentran en lentes de contacto y en las almohadillas adhesivas que utilizan los electrocardiógrafos. Pero en la Universidad de Cornell, en EUA, el profesor Dan Luo –especialista en darle usos extraños al ADN– ha agregado hebras sintéticas de material genético a estos geles.

En una demostración, Luo y su equipo de trabajo crearon hidrogeles en moldes con la forma de las letras A, D y N. Cuando sacaron los geles se veían como gotas amorfas. Sin embargo, al añadirles agua, el gel volvía a adoptar la figura de las letras. El ADN se enreda adentro del gel, comportándose de manera parecida a las ligas cuando se encuentran pegadas unas con otras.

Las hebras de ADN se fijan a otras tiras con códigos complementarios. El equipo espera poder afinar las propiedades del gel diseñando material genético que se conecte de modos específicos.

El hidrogel podría utilizarse en la medicina –por ejemplo, un gel

infiltrado de un fármaco podría sellar perfectamente una herida-. También usarse en el campo de la electrónica, como un interruptor que se activa al contacto con el agua. En una prueba en dicha universidad, se colocó un gel infiltrado de partículas de metal entre dos contactos eléctricos que conducían electricidad. Cuando se agregó agua, el gel se acortó y el contacto se perdió.

### APLICACIONES

- Andamios en la ingeniería de tejidos
- Tapones llenos de fármacos para heridas
- Interruptores activados con agua



Las letras del ADN pueden diletreadarse cuando se incorporan en un hidrogel que reacciona con agua – el material podría usarse para conformar un tapón perfecto en heridas-.

## 3 Líquidos iónicos

Un caballo de batalla ecológico del mundo químico

Toma un poco de sal, caliéntala a 800 °C y verás algo curioso. En lugar de ennegrecerse dejando escapar vapores nocivos, se derretirá para convertirse en un líquido sin descomposición química, parecido a lo que sucede cuando un cubo de hielo se transforma en agua. Entonces, la sal es extraordinaria para disolver cosas.

Ahora imagina una sustancia similar, pero una que se derrita a temperatura ambiente y tendrás una buena idea de lo que es un líquido iónico o sal fundida. A diferencia de la gran mayoría de solventes industriales que cuestan muchos miles de millones de dólares y que tienen marcando el paso al mundo moderno, los líquidos iónicos no forman vapores. Esta propiedad parece intrínseca; sin embargo, significa que son mucho menos peligrosos y menos contaminantes que muchas de las

sustancias químicas que se usan hoy día, y los hace ser útiles como líquidos con carga para artefactos como baterías y celdas solares de bajo costo, ya que su estabilidad significa que durarán más.

Además de disolver casi cualquier cosa, desde la bacteria peligrosa SARM (*Staphylococcus aureus*, resistente a la metilicina) hasta el mercurio venenoso del gas natural, los líquidos iónicos, quizá, nos llevarán también al desarrollo de una gran cantidad de productos químicos nuevos por la manera inusual en que reaccionan con otros materiales.

Uno de los usos más promisorios de los líquidos iónicos es el de almacenar hidrógeno como combustible para autos ecológicos. Actualmente el hidrógeno se almacena como gas comprimido en tanques de alta presión. Pero esto requiere de un tanque grande que pueda contener la cantidad suficiente de

hidrógeno para un largo viaje. Un líquido iónico podría almacenar mucho hidrógeno en poco espacio, soltándolo cuando fuera necesario en la celda de combustible a bordo.

Las posibilidades parecen ser infinitas. “En teoría, en todos los casos donde se use un líquido convencional se puede reemplazar por uno iónico”, dice el profesor Ken Seddon, codirector del Laboratorio de Líquidos Iónicos de la Queen’s University, en Dublín. No nos sorprende que este año los líquidos iónicos fueron los que ganaron la Votación a la Gran Innovación Británica patrocinada por el Museo de Ciencias.

### APLICACIONES

- Solvente de limpieza ecológica
- Baterías para automóviles
- Celdas solares



Los líquidos iónicos se utilizan en algunas pinturas para mejorar su apariencia y secado.

## 2 Grafeno

Más fuerte, más flexible, de alta conductividad y pronto llegará a un teléfono cerca de ti

Un material se ha vuelto sinónimo de la palabra ‘milagro’: el grafeno. Cada semana se anuncia un nuevo uso potencial de esta lámina bidimensional de carbón puro. Tan sólo el año pasado se publicaron alrededor de 10 mil trabajos de investigación sobre él.

Según el profesor Andre Geim, en la Universidad de Manchester, que ganó el Premio Nobel de Física en 2010 por ser uno de sus codescubridores, el grafeno es el material más resistente jamás medido, el más duro del que tengamos conocimiento y tiene la mayor proporción de superficie en relación con el peso, con un gramo capaz de cubrir varios campos de fútbol. La estructura ultradelgada del grafeno también le da

propiedades eléctricas, para empezar su alta conductividad.

Aunque hace 10 años se desconocía la existencia de esta maravilla, a principios de este año, por ser tan prometedor, se otorgaron poco más de mil millones de euros para su investigación. Hoy día, los productos que contienen grafeno comienzan a invadir el mercado –una raqueta de tenis resistente y ligera hecha por el fabricante australiano Head, es uno de los pioneros-. Un simple vistazo a la lista de los 10 principales solicitantes de patentes de grafeno incluye nombres como Samsung, SanDisk 3D (que hacen circuitos en 3D) y Xerox, nos permite ver dónde tendrá un mayor impacto en nuestras vidas.

Hasta muy recientemente, el grafeno habría podido ocupar el primer lugar de nuestra lista de materiales maravillosos... Ciertamente lo merecería (incluso, la sección de Enrique Ganem en la edición anterior estuvo dedicada a él). Pero existe un nuevo producto que acaba de ocupar ese puesto.

### APLICACIONES

- Pantallas flexibles de computadoras
- Microprocesadores más veloces
- Compuestos más resistentes y ligeros (para raquetas, bicis y otras cosas)
- Celdas solares más eficientes
- Imagenología médica
- Baterías flexibles



El gel de grafeno es el material sólido estable más ligero del mundo.

## LOS MATERIALES QUE HAN MOLDEADO NUESTRO PASADO

El profesor Mark Miodownik comenta sobre los más significativos del siglo XX

### SILICIO

En la década de los 50, al comprender el comportamiento electrónico de la materia, los científicos inventaron un material sólido capaz de computar: el chip de silicio. Esto abrió el camino a las computadoras, Internet y el teléfono móvil, ya que todos ellos llevan silicio en su estructura. De esta manera, es este elemento el que nos conecta y nos permite usar Skype para ver a nuestra familia que vive en el extranjero, o llamar a nuestros amigos mientras caminamos por la calle.

### VIDRIO FLOTADO

Estas láminas delgadas de vidrio hechas de vidrio fundido que flotan sobre una capa de estaño también fundido –una técnica inventada en la década de los 60– han sido utilizadas por arquitectos y son las que le dan el aspecto moderno a las ciudades. Han transformado a la arquitectura. El vidrio flotado también ha cambiado nuestra vida dentro de estos edificios, ya que permite que muros de luz inunden su interior.

### SUPERALEACIONES DE NÍQUEL

Estos metales democratizaron la aviación, poniéndola al alcance de ricos y pobres. Contienen níquel, aluminio y titanio, así como otros 10 elementos; en la década de los 80 los conformaron en cristales duros. Estas superaleaciones permiten que las turbinas de los aviones a reacción operen de modo confiable en las altas temperaturas que se requieren para hacer que los motores sean eficientes y seguros. También hicieron posibles los viajes baratos.



Mark Miodownik es un científico de materiales en la UCL, presentador de la BBC y autor de *Stuff Matters: The Strange Stories of the Marvellous Materials that Shape Our Man-Made World* (Penguin).

En un futuro cercano, la estructura bidimensional en forma de panal de abeja del siliceno podrá encender los gadgets más avanzados.

## 1 Siliceno

¡Muévete grafeno! Este material revolucionará los gadgets

Desde su descubrimiento en 2004, el grafeno ha sido el centro de atención de los materiales científicos. Sin embargo, una sustancia con un nombre parecido: el siliceno, será el que, a fin de cuentas, se llevará la gloria por revolucionar la industria de la electrónica.

"El siliceno es la contraparte de silicio del grafeno", explica la profesora adjunta Yukiko Yamada-Takamura, en el Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Japón, líder mundial en investigaciones sobre siliceno. Si el grafeno es una sola capa de átomos de carbón, el siliceno es una sola capa de silicio.

El siliceno se comporta de manera similar al grafeno –por ejemplo, es un gran conductor de electricidad, permitiendo que los electrones fluyan por medio de él, casi sin obstáculos–. Pero tiene una ventaja crucial sobre su contraparte de carbón: ya que su base es el silicio, es muy compatible con los circuitos de este elemento que existen actualmente. Esto significa que se requiere de menos tiempo de investigación para lanzar nuevos productos al mercado y que los costos de fabricación serán menores. Además, tiene los mismos beneficios del grafeno: alta velocidad computacional y poca pérdida de energía en forma de calor. Así que a la larga será el siliceno, y no el

grafeno, el que le dé una supercarga a tu Smartphone.

El siliceno también tiene mayor flexibilidad estructural que el grafeno. Mientras que éste puede adoptar solamente una forma, con sus átomos en un enrejado horizontal específico, el siliceno es diferente. "Puede ser flexible a la escala del átomo, de manera que los átomos pueden desplazarse fuera del plano", dice Yamada-Takamura. Estos desplazamientos sutiles en la estructura atómica del siliceno significan que sus propiedades eléctricas pueden modificarse, aumentando así la cantidad de usos potenciales.

Todavía falta tiempo para que le llegue su momento de gloria al siliceno –apenas fue creado el año pasado en Alemania–. Eso dista mucho de la gran cantidad de patentes de grafeno que ya han sido registradas alrededor del mundo. Pero será el siliceno el que tendrá un impacto mayor en nuestras vidas.

### APLICACIONES

- Chips electrónicos
- Almacenamiento digital
- Catalizadores para limpiar la contaminación