



**Textos:** Dr. Roberto Arce



Licenciado en Física del Instituto Balseiro (Comisión Nacional de Energía Atómica, Universidad Nacional de Cuyo) y Dr. en Física por mismo instituto. Realizó su trabajo posdoctoral en el Instituto Max Plank für Festkörperforschung (Física del estado sólido), Stuttgart, Alemania.

Actualmente es Investigador Independiente del CONICET, con lugar de trabajo en el Grupo de Física de Semiconductores del Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), Santa Fe, y Profesor Asociado del Departamento de Materiales de la Facultad de Ingeniería Química, UNL. El autor es además Director Alternativo de la carrera de Ingeniería en Materiales de la UNL. Su tema de investigación comprende el estudio de semiconductores de aplicación fotovoltaica desarrollado en forma de láminas delgadas y el desarrollo y caracterización de silicio de alta porosidad para su aplicación en biodetectores.

# NUEVOS MATERIALES

## ¿REALIDAD O FANTASÍA?

Día a día nos encontramos con nuevos desarrollos tecnológicos que alteran nuestro entorno y hasta cambian nuestros hábitos. La biotecnología, la tecnología de las comunicaciones, la informática y la electrónica entre otras, son las máximas responsables de estos cambios. En gran medida, todas estas disciplinas se apoyan en el desarrollo continuo de nuevos materiales. Un rasgo distintivo en la evolución del hombre ha sido la elaboración de herramientas para cazar, para labrar la tierra

y, notablemente, para hacer la guerra a las comunidades vecinas. Tal es la importancia de los materiales utilizados que a las diferentes etapas de la humanidad se las ha designado con su nombre. Así, hemos identificado a la Edad de Piedra, la de Bronce, la de Hierro y la de Acero. Dentro de algunas décadas, nuestra época será denominada seguramente Edad de los Nuevos Materiales. Pero, ¿qué es lo que queremos decir cuando hablamos de nuevos materia-

les? Hace algún tiempo usábamos este calificativo para referirnos a cerámicos, plásticos, aleaciones, etc., es decir, a materiales clasificables dentro de un orden tradicional. Esto ha cambiado últimamente. Hoy se desarrollan materiales que se identifican de acuerdo a su estructura y función, más que a su composición química. En esta caracterización aparecen las nuevas denominaciones: nanomateriales, materiales biomiméticos, biomateriales y materiales inteligentes.

### Nanomateriales

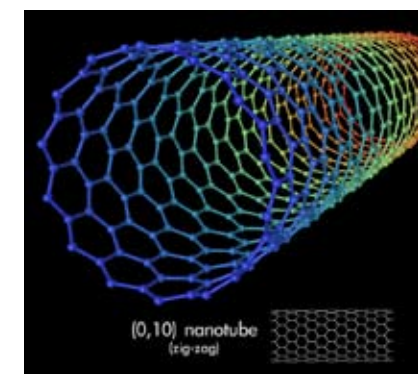
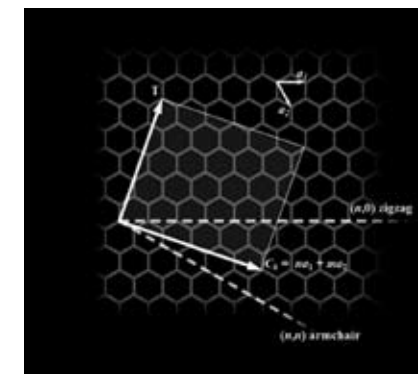
Los nanomateriales, o materiales nanoestructurados, son materiales en los cuales el hombre ha logrado un control de su estructura a escala nanométrica. El prefijo nano (del lat. nanus, enano) se antepone a una unidad, como el metro, e indica la mil-millonésima parte de esta unidad. Para tener una idea más clara, un cabello humano tiene un diámetro de aproximadamente 100.000 nanómetros. Como ejemplo, las dimensiones de un átomo son del orden de medio nanómetro. Desde luego la vista del hombre no está facultada para detectar estas estructuras, pero se han desarrollado instrumentos que permiten visualizarlas. Pero esto no se trata sólo de un tema de curiosidad científica, si bien ésta pudo haber sido la génesis de su descubrimiento.

El hecho de poder diseñar la estructura al nivel nanométrico confiere a los materiales propiedades muy particulares. Tal es el caso de los denominados nanotubos de carbono<sup>1</sup>. El carbono es un elemento químico que, en su forma monoatómica, se puede encontrar en la naturaleza como diamante o como grafito. Mientras que el primero se distingue por su dureza y se usa en joyería como piedra preciosa, el segundo conforma la mina de un lápiz común.

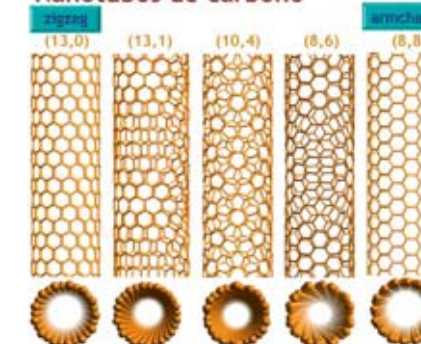
¿Como es que tratándose del mismo elemento químico los materiales poseen propiedades tan diferentes? La respuesta está en la forma en que se acomodan los átomos: mientras que en el diamante cada átomo de carbono se une a otros cuatro ubicados en los vértices de un tetraedro, en el grafito cada átomo se liga a otros tres ubicados en un plano. Como resultado, el grafito termina conformando una red plana constituida por hexágonos. Esos planos pueden deslizarse uno respecto de otro sin mayores dificultades. De allí que nuestro lápiz deslice suavemente sobre el papel.

Si fuese posible tomar un plano no muy extenso de grafito y arrollarlo sobre sí mismo, tal como se arrolla una hoja de papel para formar un

tubo, estaríamos "armando" un nanotubo de carbono. Claro que ésta no es la manera de fabricar nanotubos; los procedimientos son más complejos. De todas maneras, se pueden generar nanotubos cuya relación longitud/diámetro es de alrededor de 5000. ¡Es como si uno tuviese un caño de 1 metro de diámetro y 5 km de longitud! Esta y otras características confieren propiedades muy particulares a los materiales y dispositivos que incluyen nanotubos, como por ejemplo las celdas de combustible que reemplazarán a las baterías de los teléfonos celulares y computadoras portátiles.



### Nanotubos de carbono



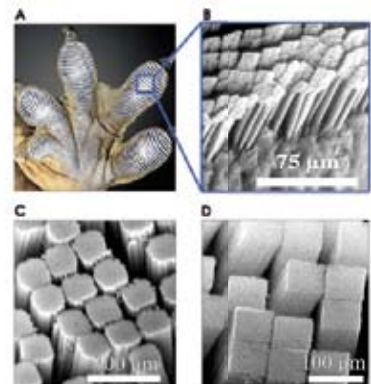
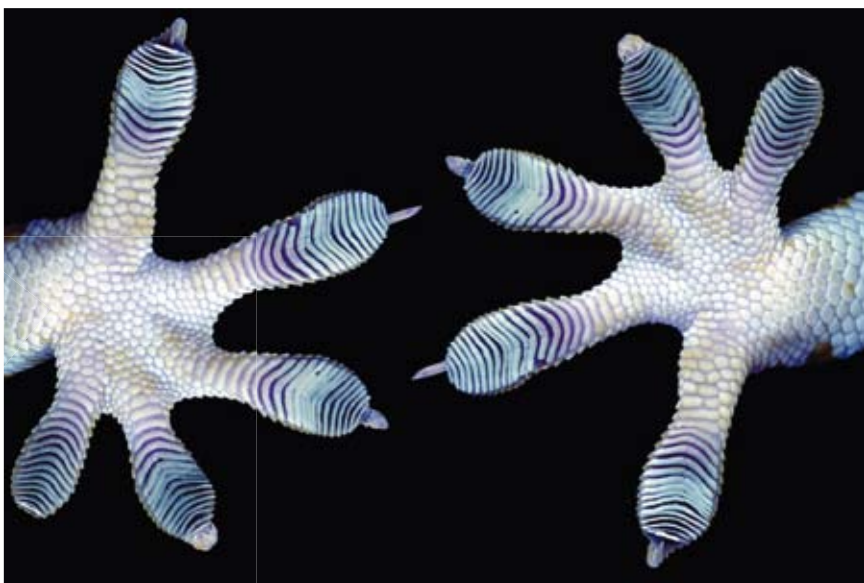
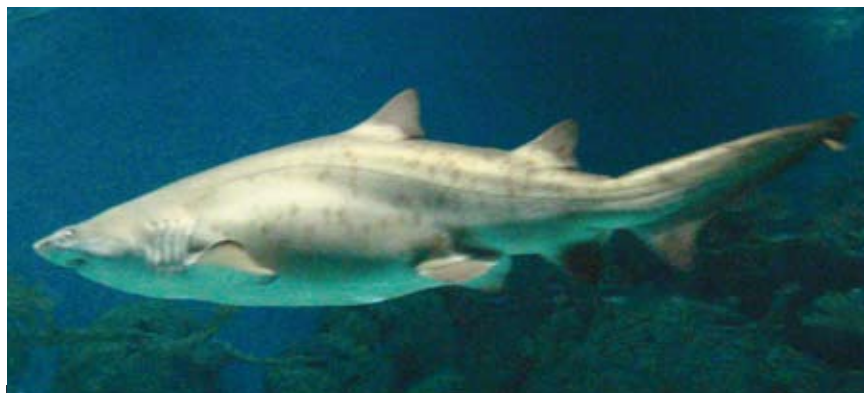
### Materiales biomiméticos

Suelen llamarse también materiales bio-inspirados. Son materiales fabricados imitando formas y funciones propias de los sistemas biológicos. En otras palabras, a partir de la observación de la naturaleza el hombre intenta copiar los métodos de fabricación de determinados materiales, o bien copiar las estructuras subyacentes de algunos materiales que generan los organismos vivos. En la naturaleza podemos encontrar materiales sorprendentes, desde el mundo nanoscópico de las proteínas hasta estructuras macroscópicas como el caparazón de una ostra, los hilos de una tela de araña o el tejido óseo. Ésta es la razón por la cual existen diversos proyectos de investigación en un área con un elevado grado de mestizaje entre la biología, la química y la ciencia de materiales. Para darnos una idea de las posibilidades que ofrecen los materiales biomiméticos, demos una mirada a algunos ejemplos significativos.

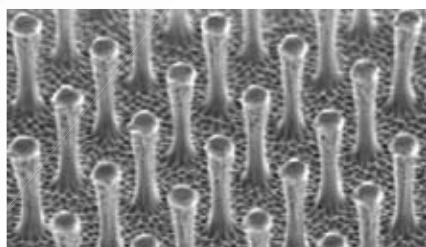
Es sabido que cuando un cuerpo se desplaza a gran velocidad en un fluido se generan turbulencias. Estas turbulencias corresponden a fenómenos disipativos, o lo que es lo mismo, fenómenos en los cuales la energía suministrada para mover dicho cuerpo se pierde como calor. Un ejemplo donde la naturaleza ha logrado reducir al mínimo estas pérdidas es la piel del tiburón, cuyo nivel de fricción está minimizado a valores que por ahora el hombre no puede imitar. La razón de esta ventaja reside en la microestructura de la piel, la cual está cubierta de pequeñísimas escamas con forma similar a la de sus dientes, que canalizan la corriente del fluido y evitan los vórtices.<sup>2</sup> Tal es la efectividad de estas superficies micro-estructuradas que, en los últimos juegos olímpicos, casi el total de medallistas en natación habían utilizado indumentarias desarrolladas con estas propiedades.<sup>3</sup> Actualmente, varios grupos de investigación trabajan en la optimización de superficies micro y nano-estructuradas que imitan la piel del tiburón, con el fin de reducir el consumo de combusti-

ble de barcos y aviones, entre otras aplicaciones.

Otro caso de estudio del mundo natural es la extraordinaria capacidad de adhesión que poseen los geckos en sus dedos. Una vez más, la razón está en la forma: las imágenes de microscopía electrónica de la planta de sus dedos muestran estructuras de fibras que se ramifican en varios niveles, hasta llegar a fibrillas de unos 100 nanómetros de radio.<sup>4</sup> Los extremos de estas fibrillas interactúan con cualquier tipo superficie a través de las fuerzas de van der Waals, que cobran importancia en la escala nanométrica. El conjunto de fibrillas forma una especie de cepillo que, con millones de puntos de contacto, se adapta a cualquier topografía, se adhiere instantáneamente, y se "despega" también con gran facilidad cuando las fibrillas se retraen gradualmente. Es fácil inferir que ya se diseñan y fabrican materiales poliméricos con nanofibras idénticas a las del gecko.<sup>5</sup> A diferencia de un cinta adhesiva convencional, estos nuevos materiales no requieren de ningún "pegamento", se adaptan a cualquier tipo de superficie, no se gastan, y son autolimpiantes!



(A) Imagen del pie de un gecko mostrando las fibras que se organizan en muchos lóbulos a lo largo del pie. (B) La misma imagen ampliada de fibras naturales del gecko que termina en miles de pequeñas fibrillas. (C - D) Imágenes de la imitación sintética de las fibras.



## Biomateriales

Los biomateriales son compuestos compatibles con el organismo humano, que se desarrollan para ser implantados como sustitutos de tejidos y órganos, o formar parte de dispositivos biomédicos (microsistemas de liberación de drogas, microválvulas, etc.). Por ejemplo, en el mundo existen más de 10 millones de personas ciegas debido a problemas de la cornea. La solución para estas patologías suele ser el trasplante de cornea, pero además de las dificultades para conseguir donantes, en el 20 % de los casos el tejido transplantado es rechazado. Por ello se busca desarrollar materiales que puedan ser sustituir a los tejidos humanos. Recientemente se presentó un material moldeable compuesto de un entretejido de dos hidrogeles: polietilenglicol y ácido poliacrílico<sup>6</sup>. Esta combinación es capaz de absorber agua hasta que la misma alcance el 80% del peso del gel, un porcentaje similar al de los tejidos biológicos. El material es biocompatible, transparente, elástico y permeable a nutrientes. Aún queda camino por recorrer hasta que estos materiales puedan ser aplicados, pero parece que una primera solución no está lejos de ser alcanzada. Pero si de imitar tejidos humanos se trata, hay otros dos ejemplos sobresalientes. Uno de ellos es la reconstitución de los tejidos óseos perdidos o defectuosos. El número de trasplantes óseos, como el de cadera, aumenta año a año en la medida que la propia población mundial envejece. Desde hace tiempo se hacen esfuerzos por desarrollar materiales biocompatibles, que se peguen a la estructura existente de una manera eficiente. Uno de los materiales elegidos para el desarrollo de huesos artificiales es la hidroxiapatita<sup>7</sup>, cuya composición química se asemeja en gran medida a la del tejido óseo. Pero la hidroxiapatita no es lo suficientemente porosa para permitir el flujo de sangre y el crecimiento de osteoblastos, y además es algo frágil. De allí que haya en este momento una intensa búsqueda

de materiales aptos para el implante óseo. El otro ejemplo se relaciona con la pérdida de piel por quemaduras. Actualmente la solución consiste en auto-implantes que reponen el tejido perdido. Estos son procedimientos dolorosos y de alto riesgo. Un grupo de investigadores parece haber encontrado una solución al problema: un polímero a base de ácido hialurónico<sup>8</sup>. Éste es un compuesto naturalmente presente en la piel humana y posee un rol biológico fundamental en la reparación del tejido. Aplicado en forma de fibras sobre una región afectada, el polímero forma un "andamiaje" que permite el desarrollo de la nueva piel, a medida que el propio polímero va siendo absorbido por el organismo. Podríamos continuar con una extensa lista de ejemplos, pero los que se mencionan aquí son suficientes como para pensar que aquello que hace no muchos años leíamos en las novelas de ciencia ficción de a poco se va convirtiendo en realidad.

## Materiales inteligentes

Ante todo, es preciso mencionar que los materiales inteligentes no se denominan así porque sean capaces de generar ideas (!), sino simplemente porque pueden reaccionar a estímulos externos como la luz o la presión. Por ejemplo, ya se diseñan telas compuestas por microfibras sensibles a la humedad y la temperatura del ambiente, de manera de mantener el calor corporal en óptimas condiciones. En el mismo sentido se habla de automóviles y de edificios inteligentes. La NASA (Agencia de Investigaciones Aeroespaciales Norteamericana) ha sido pionera en la investigación y desarrollo de materiales inteligentes. La visión de este organismo es que los futuros sistemas espaciales serán complejos, inteligentes, con capacidad de aprender y auto-repararse, lo que les permitirá manejarse de manera autónoma frente a situaciones inesperadas. La factibilidad de estos sistemas está sujeta al desarrollo de materiales inteligentes. Un ejemplo muy ilustrativo de estos materiales

son los polímeros electro-activos, los cuales cambian su forma y/o su volumen cuando se les aplica una corriente eléctrica. Estos a su vez se clasifican en subgrupos de acuerdo al principio de acción (polímeros iónicos, elastómeros dieléctricos, etc.). Su aplicación más difundida es la de músculos artificiales:<sup>9</sup> en brazos de robots y otros dispositivos miniaturizados, un haz de polímeros electro-activos conectado apropiadamente a una articulación, cumple una función perfectamente análoga a la de un músculo animal, y es también controlado mediante señales eléctricas. De nuevo observamos un desarrollo eficiente inspirado en el mundo natural. Afortunadamente para los que estamos "en tierra", no todos estos avances van al espacio, muchos quedan aquí para hacernos la vida más confortable, o para mejorar la calidad de nuestras prácticas deportivas. Por ejemplo, podemos recordar cuan pesadas y rígidas eran las primeras raquetas de tenis, construidas en madera. Luego de pasar por el aluminio, el grafito y el keblar, hoy ya se incorporan materiales inteligentes, que las hacen ultralivianas, flexibles y capaces de desarrollar una gran potencia. La misma evolución podemos notar en las cañas de pescar, los esquíes y la denominada indumentaria técnica. En efecto, la vida al aire libre también transita la Era de los Nuevos Materiales.

## Referencias

- 1-S. Reich et al. (2004) Carbon Nanotubes, Wiley-VCH.
- 2-P. Ball (1999) Nature, 400, 507.
- 3-<http://www.speedo.com>
- 4-K. Autumn et al. (2000) Nature, 405, 681.
- 5-G.J. Shah, M. Sitti (2004) Proc. IEEE 2004, China, 873.
- 6-Y.X. Huang et al. (2007) Biomedical Materials, 2, S121.
- 7-H. Wang et al. (2007) Biomaterials, 28, 3338.
- 8-E. Tognana et al. (2007) Cells Tissues Organs, 186, 97.
- 9-S. Ashley (2003) Scientific American, Octubre 2003.