

Grafeno: viejo conocido y éxito actual en la nanotecnología

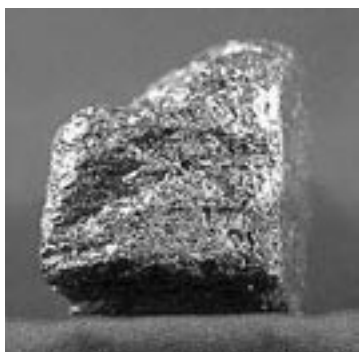


Figura 1. Muestra de grafito.

Joaquín Tutor Sánchez.
Universidad Pontificia Comillas,
Madrid, España.

Rolando Pérez Álvarez
Facultad de Ciencias, UAEM.
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos.

A raíz de la decisión de otorgar el Premio Nobel de Física en el año 2010 a los científicos Andrei Geim y Konstantin Novoselov por sus descubrimientos sobre el grafeno la prensa ha presentado este material como un objeto matemático: "grafeno material bidimensional". Con exactitud debemos decir que el grafeno es una estructura laminar plana, de un átomo de grosor, que está compuesta por átomos de carbono densamente empaquetados en una red cristalina. Debido a ese tamaño de espesor laminar, el grafeno debe considerarse como una nanoestructura "cuasi bidimensional". Lo de nanoestructura es porque su tamaño típico es del nanómetro (un nanómetro equivale a 0.000 000 001 metros) mientras que el calificativo de cuasi bidimensional viene del hecho de que el sistema es casi un plano con dos dimensiones (ancho y largo, por ejemplo), en lugar de las tres dimensiones de muchos cuerpos de la vida cotidiana (ancho, largo y altura).

El grafeno tiene un origen humilde: el grafito (ver la Figura 1), que es una de las formas en las que se puede presentar el carbono junto a otras, como por ejemplo, el diamante. Este material es conocido desde hace siglos y fue nombrado así por Abraham Gottlob Werner en el año 1789; el término grafito deriva del griego "graphein" que significa escribir. También se denomina plumbagina y plomo negro.

La estructura cristalina del grafito puede considerarse formada

por varias capas superpuestas de grafeno (ver la Figura 2). Esta estructura laminar hace que el grafito sea un material marcadamente *anisótropo*, lo cual quiere decir que sus propiedades son diferentes en la dirección del plano en el que están los átomos y en la dirección perpendicular a éste. Así, por ejemplo, las capas de grafito conducen la electricidad tanto vertical como horizontalmente, pero la conducción en cada dirección es diferente: en la dirección perpendicular a las capas la conducción es relativamente baja, por lo que el grafito se comporta como los materiales llamados semiconductores, que no conducen tanto como los metales, pero no tan poco como los materiales aislantes. Junto a esto el grafito tiene otras propiedades interesantes como es su marcado color negro con brillo, su carácter refractario (o sea que resiste la acción del fuego sin alterarse), y que se exfolia fácilmente (o sea que sin esfuerzo se le pueden extraer láminas como escamas).

Entre las múltiples aplicaciones del grafito sabemos que es un buen material para elaborar ladrillos, crisoles, etc.; se utiliza en la fabricación de piezas en ingeniería, como son los pistones, juntas, arandelas, rodamientos, etc.; es buen conductor de la electricidad y se usa para fabricar electrodos de baterías, así como en otras aplicaciones eléctricas; y se emplea en reactores nucleares como moderadores y reflectores. El grafito mezclado con una pasta cerámica sirve para fabricar lápices y es usado para crear discos parecidos a los de música LP "long play" o acetatos, debido a su resistencia a los movimientos bruscos de las agujas lectoras.

Sin embargo, una parte ha resultado ser mejor que el todo. El grafeno (ver la Figura 3), como elemento estructural componente del grafito, es el material más conductor y resistente que existe en la actualidad, y estas características lo hacen un futuro sustituto del silicio (cuyo símbolo químico es Si) en la fabricación de "chips" de uso en la electrónica integrada. Es conveniente recordar que un circuito integrado, también conocido como chip o microchip, es una pastilla pequeña de material semiconductor, de algunos milímetros cuadrados de área, sobre la que se fabrican

circuitos electrónicos y que está protegida dentro de un encapsulado de plástico o cerámica. El encapsulado posee conductores metálicos apropiados para hacer conexión entre la pastilla y un circuito impreso. Lo más usual es que estos componentes estén hechos de Si. El grafeno está compitiendo con el Si para constituirse en la parte más activa e importante de muchos chips.

Podría pensarse que el reciente y creciente interés por el grafeno se debe a que es un material nuevo. Sin embargo, la realidad es otra. El grafeno ha sido conocido y fue descrito hace más de 60 años. El enlace químico entre los átomos de carbono y su estructura se describieron durante la década de 1930, mientras que la estructura de niveles energéticos de sus electrones fue calculada por primera vez por P. R. Wallace en 1947. La palabra grafeno fue oficialmente adoptada en 1994, después de haber sido usada indistintamente como monocapa de grafito en el campo de la ciencia de superficies. Entre las propiedades más destacadas del grafeno podemos mencionar las siguientes:

- Posee una alta conductividad térmica y altísima conductividad

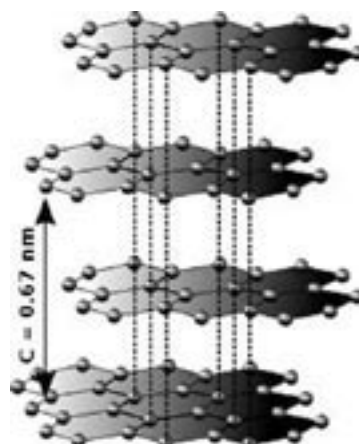


Figura 2 Estructura cristalina del grafito en la que se observan las interacciones entre las distintas capas de anillos de átomos (figura tomada de <http://es.wikipedia.org/wiki/Grafito>). Las esferas representan a los átomos de carbono, y las líneas que unen a las esferas son los enlaces químicos que unen a los átomos de carbono. Estos enlaces son más fuertes entre átomos en un mismo plano (líneas continuas) que entre átomos en planos diferentes (líneas punteadas). La letra c muestra la distancia entre los planos, la cual es de 0.67 nm.

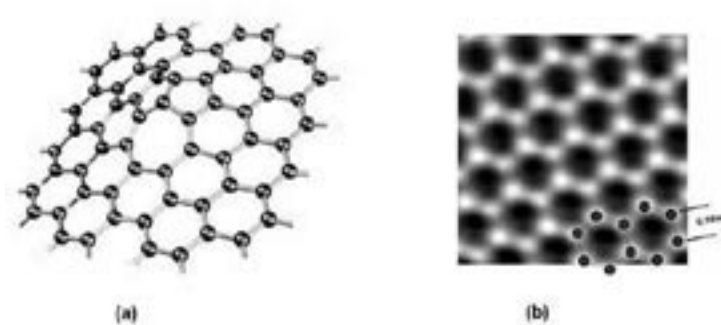


Figura 3 (a) Simulación de una capa de grafeno; (b) grafeno real, imagen de microscopía electrónica de transmisión. Las esferas representan a los átomos de carbono, y las líneas que unen a las esferas son los enlaces químicos que unen a los átomos de carbono. A diferencia de lo mostrado en la figura 2, aquí tenemos un solo plano de átomos. Figura tomada de <http://es.wikipedia.org/wiki/Grafito>.

eléctrica.

- Posee una alta elasticidad, una gran dureza y una resistencia mecánica que es 200 veces mayor que el acero.
- Desde el punto de vista químico, el grafeno puede reaccionar químicamente con otras sustancias para formar compuestos con diferentes propiedades. Esto hace al grafeno un material de gran potencial para el desarrollo industrial.
- Soporta cualquier tipo de radiación ionizante, lo que aumenta su potencial industrial.
- Es tan ligero como la fibra de carbono, pero lo mejora en flexibilidad.

Geim y Novoselov fueron galardonados con el Premio Nobel de Física por sus trabajos en el desarrollo del grafeno para diseñar nuevos dispositivos electrónicos flexibles y más eficientes, tales como computadoras, pantallas táctiles y paneles solares.

Se sabe que muchas nanoestructuras que han sido descubiertas recientemente, tales como los nanotubos de carbono, están relacionadas con el grafeno. Tradicionalmente los nanotubos de carbono se han descrito como ho-

jas de grafeno enrolladas sobre sí mismas, y de hecho las propiedades de los nanotubos de carbono pueden entenderse en términos de las del grafeno. Los nanopergaminos de carbono se han estudiado teórica y experimentalmente en los últimos tiempos; recientemente, dos científicos de universidades norteamericanas, M.M. Fogler y A. H. Castro Neto, y el científico español Francisco Guinea, investigador del Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid, España, publicaron un artículo en el que estudiaban el control electrostático de la envoltura de los nanopergaminos como una demostración de la factibilidad de su uso en el diseño de nuevos equipos electrónicos.

Un grupo de científicos y tecnólogos de la Universidad de Sungkyunkwan, en Corea del Sur, y de la empresa transnacional Samsung, han centrado su atención en el estudio del grafeno impreso, el cual permitiría crear pantallas flexibles de gran resistencia, por su notable transparencia y significativa conexión eléctrica. Estos investigadores han logrado depositar una capa de grafeno de 63 centímetros de longitud sobre una lámina de poliéster. En la actualidad

**Para actividades
recientes de la Academia
y artículos anteriores
puede consultar:
www.acmor.org.mx**



la fabricación de las pantallas flexibles se basa en la utilización de óxido de estaño e indio; no obstante estos compuestos son materiales frágiles y demasiado costosos. Por ello su sustitución por el grafeno impreso promete ser una nueva tecnología más eficiente y barata una vez que se resuelvan algunas dificultades de degradación de las capas de grafeno. También en esta dirección del grafeno impreso podíamos señalar lo que está haciendo la empresa Vorbeck Material en Jessup, EEUU. Esta empresa lanzó al mercado a finales del 2009 uno de los primeros productos basados en el nanomaterial conocido como grafeno. Además, esta empresa está fabricando tintas conductoras basadas en el grafeno y que pueden ser utilizadas para imprimir antenas de identificación de radiofrecuencia y contactos eléctricos para pantallas flexibles.

En lo que a circuitos integrados se refiere, muchos centros de investigación y departamentos de desarrollo de grandes empresas electrónicas han venido trabajando en las posibles vías de erradicación de algunos "males" del grafeno, en particular su degradación. El 16 de Septiembre de 2011 se publicó en la revista *Nature* el trabajo de algunos investigadores dirigido hacia la disminución de los efectos de degradación del grafeno en sus aplicaciones en la electrónica de alta velocidad, lo cual representa una desventaja tecnológica considerable. Los autores de este artículo han diseñado y experimentado un método nuevo de fabricación de uno de los dispositivos electrónicos más comunes en todo tipo de equipo, los transistores, pero ahora elaborados de grafeno, lo que evita en un grado considerable la degradación.

En definitiva, soñar sí cuesta..... cuesta inversiones, esfuerzo, dedicación y mucho trabajo científico y tecnológico para lograr una nueva tecnología: la nanotecnología del grafeno.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo divulgativo se ha escrito en el marco de las acciones de la Red Temática "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología, perteneciente al área 6 de Ciencia y Sociedad del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED.

Bibliografía

1. <http://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno>
2. S. Iijima, *Nature* 354, 56 (1991)
3. Lei Liao et al., *Nature* 467: 305–308, 16 September 2010.

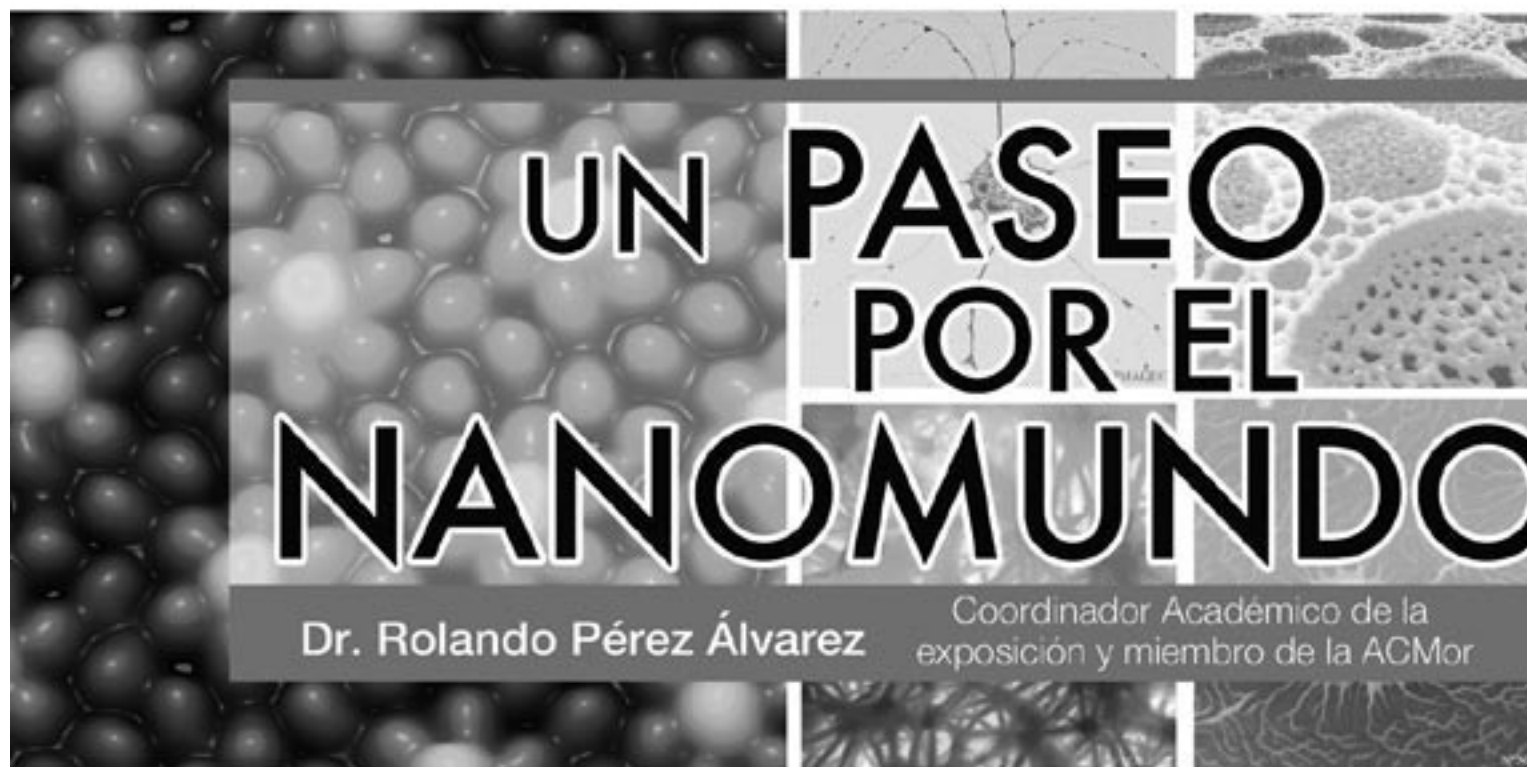


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

La Universidad Autónoma del Estado de Morelos en conjunto con la Academia de Ciencias de Morelos invitan a:



ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



Dr. Rolando Pérez Álvarez

Coordinador Académico de la exposición y miembro de la ACMor

La exposición "Un paseo por el nanomundo" tiene como objetivo mostrar al público general una selección de 40 imágenes que han sido seleccionadas del conjunto de imágenes finalistas de las ediciones de los años 2007 y 2009 del Concurso Internacional de Imágenes de Microscopía SPM (SPMAGE07 y SPMAGE09), organizado por el CSIC y la Universidad Autónoma de Madrid.

En la exposición se incluyen las 10 imágenes ganadoras de las dos ediciones del concurso así como un conjunto de 30 imágenes finalistas de ambas ediciones que nos permiten ilustrar diversos aspectos relacionados con la nanociencia y la nanotecnología.

INAUGURACIÓN

7 noviembre 2012
17:00 hrs.

Casa de la Ciencia UAEM
Av. Morelos No. 275
Colonia Centro

Permanencia: del 7 noviembre de 2012 al 13 de enero de 2013

Instituciones patrocinadoras: Universidad Autónoma del Estado de Morelos y Academia de Ciencias de Morelos, A.C.