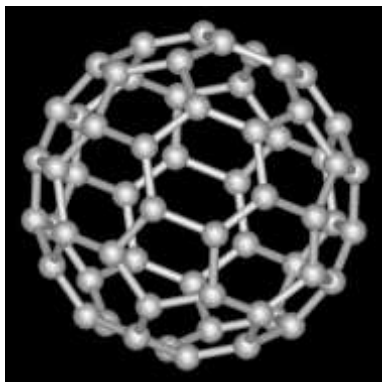


Grafeno: la nueva cara del grafito



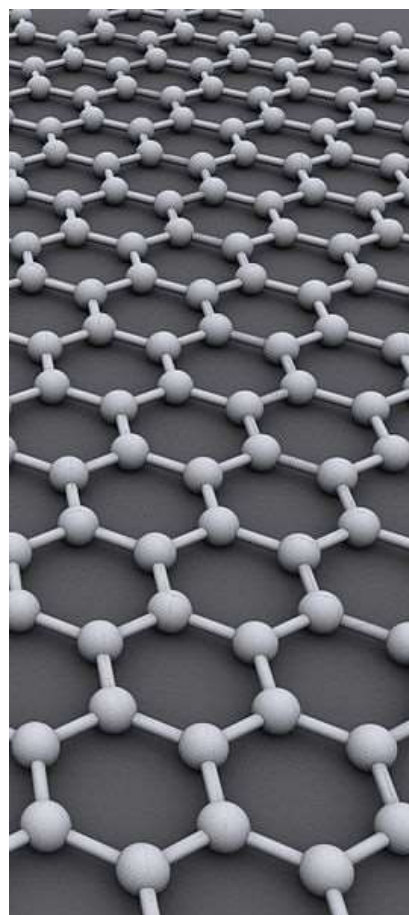
Fullereno C₆₀

El carbono no deja de sorprendernos. En 1985 fue necesario agregar una nueva variedad alotrópica a las ya conocidas para este elemento (diamante y grafito): los fullerenos. No se trataba de una mera curiosidad de laboratorio. Pronto, “buckybolas” y “nanotubos”, pasaron del círculo exclusivo de las ciencias básicas, a ocupar un lugar prominente en la vanguardia de la investigación y desarrollo de nuevos materiales.¹ El aislamiento en 2004 del grafeno, una cuarta variedad del carbono, mereció el otorgamiento del Premio Nobel de Física en 2010. No hace falta decir que también resulta evidente su interés para la Química.

¿El cuarto carbono?

¿Qué hay de nuevo? En apariencia, poco. Desde el punto de vista estructural, los átomos de carbono se organizan en el grafeno de una manera similar a la conocida para el grafito: cada átomo está unido a otros tres que se encuentran en el mismo plano mediante fuertes enlaces covalentes no polares de tipo “sigma” generando una estructura laminar cuyo patrón hexagonal recuerda a un panal de abejas. Pero a diferencia del grafito, el grafeno consiste en una única y finísima lámina formada por una red bidimensional de un solo átomo de carbono de grosor. Puede decirse que en el grafito se da el apilamiento y superposición de estas láminas de grafeno.

Al tratarse de una capa con el grosor de un átomo, este material alcanza un grado de bidimensionalidad inédito y materialmente insuperable. Las propiedades asociadas a tal estructura son igualmente inéditas. El grafeno ocupa un lugar prometedor como materia prima de algunos desarrollos tecnológicos que, en un lapso breve, saldrán del campo de la ciencia ficción para integrarse a la tecnosfera cotidiana.



Grafeno

¹ Basta recordar que la nanotecnología, con sus promesas y desafíos tiene en los fullerenos una de sus materias primas más prometedoras.

Simple y genial

Separar esas láminas no es particularmente difícil; lo hacemos todo el tiempo, cuando escribimos con un simple lápiz de grafito sobre una hoja de papel. Las fuerzas que unen entre sí a las láminas individuales son mucho más débiles que los enlaces covalentes que sostienen la red plana de átomos de carbono.

Con este hecho cotidiano en mente, Andre Geim y



Photo: Sergeom, Wikimedia Commons

Andre Geim

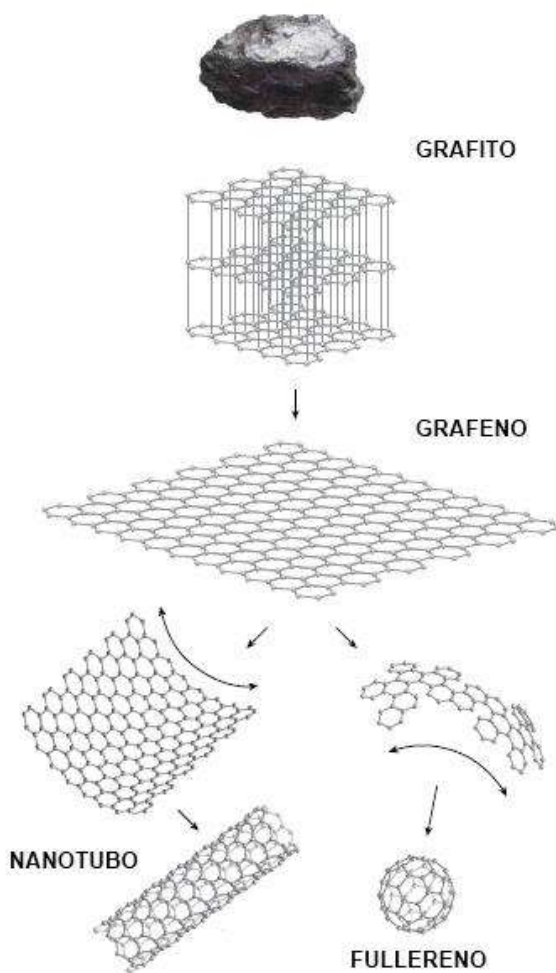


Photo: University of Manchester, UK

Konstantin Novoselov

Konstantin Novoselov - investigadores de la Universidad de Manchester- tuvieron una

primera idea brillante: utilizar cinta adhesiva para separar de un gran trozo de grafito, capas cada vez más delgadas de este material. Repitiendo el proceso decenas de veces, consideraron posible, alcanzar el grosor deseado de un solo átomo de carbono.



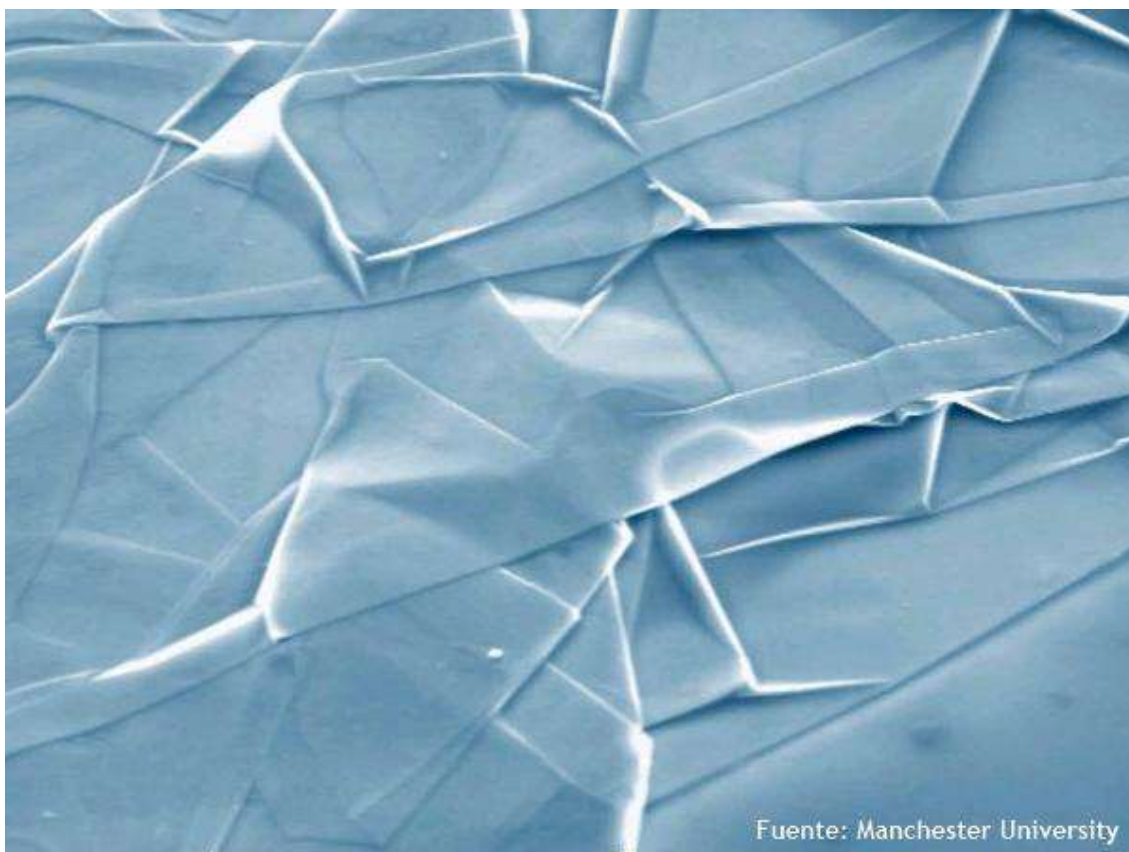
Fuente: nobelprize.org

Pero -suponiendo que se hubiese logrado tal objetivo- se planteaba ahora el desafío de aislar los fragmentos de grafeno esparcidos sobre la cinta. Surgió entonces la segunda idea brillante: unir firmemente las escamas de grafeno a una placa de óxido de silicio, materia prima estándar en la fabricación de semiconductores. Cuando el grafeno se adhiere a la superficie del óxido de silicio produce efectos ópticos similares a los generados por una delgada capa de aceite sobre la superficie del agua: la descomposición de la luz y el consecuente “arco iris” cromático es observable al microscopio. El patrón de difracción está directamente vinculado al grosor

de la capa, por lo que este procedimiento fue crucial en el aislamiento e identificación de los fragmentos de grafeno obtenidos en la primera etapa.

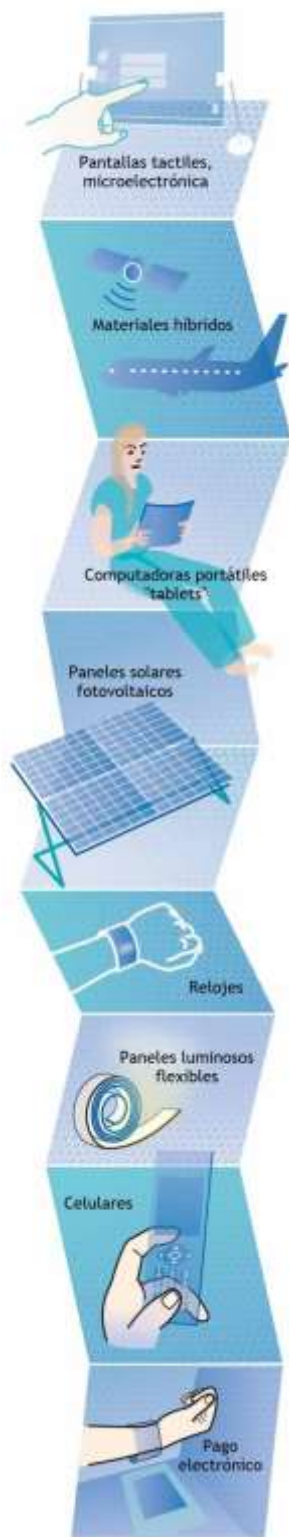
Del laboratorio a la industria

Sin empequeñecer en absoluto el logro de Geim y Novoselov, es necesario reconocer que los desafíos técnicos para hacer del grafeno un material industrializable son muy grandes. Las hojuelas microscópicas identificadas en Manchester deben extenderse y alcanzar dimensiones macroscópicas. ¿Cómo evitar que se plieguen y arruguen? La historia reciente está llena de enseñanzas que dejan poco margen para el pesimismo: desafíos similares enfrentó la tecnología que hizo del silicio el sustento material de la revolución electrónica. Muchos científicos que se mostraron escépticos en el pasado respecto a la posibilidad de obtener una monocapa de grafeno admiten que los obstáculos técnicos no serán insalvables. De hecho, ya se han obtenido rollos de grafeno de unos 70 cm de longitud.



Hojas plegadas de grafeno sobre una placa de silicio
Micrografía electrónica de barrido (5000 aumentos) - Universidad de Manchester

Propiedades asombrosas



Dos características del grafeno tienen incidencia directa en sus propiedades eléctricas y –pese a la reducida superficie de las muestras obtenidas por Geim y Novoselov- ya fueron puestas de manifiesto en el laboratorio. En primer lugar, su red cristalina es casi perfecta. La fortaleza y direccionalidad de los enlaces sigma explican la ausencia de errores. Pese a esto, la red es lo suficientemente flexible como para admitir un estiramiento sin ruptura, superior al 20 % respecto a su tamaño original. Por otra parte, los electrones pi deslocalizados pueden desplazarse grandes distancias sin sufrir interferencias debidas a la red. En los metales el recorrido libre medio se reduce debido a que los electrones, sufren choques frecuentes, como en un “pinball”. Estos rebotes reducen el desempeño de los metales como conductores.

El segundo rasgo notable y singular del grafeno es que sus electrones deslocalizados se comportan en forma parecida a los fotones. Las partículas de luz, son capaces de moverse en el vacío a una velocidad de $3,0 \times 10^8$ m/s mientras que los electrones del nuevo material pueden alcanzar una velocidad constante -asombrosa para una partícula material- de $1,0 \times 10^6$ m/s. Esta característica abre la posibilidad de estudiar a pequeña escala aquellos fenómenos que tradicionalmente requerían de enormes costosos aceleradores de partículas.

El estudio de fenómenos cuánticos como el “efecto túnel” puede resultar fructífero en el caso del grafeno: en algunas circunstancias, los electrones se mueven a través de este material como si no existiera ninguna barrera energética.

Promesas del futuro

Las características peculiares de este material son un poderoso estímulo para las fantasías de anticipación científica. Si bien la prudencia es siempre recomendable, muchas de las predicciones referidas a su uso en posibles innovaciones tecnológicas, tienen un fuerte sustento teórico y experimental. Su desempeño como conductor permite anticipar la fabricación de componentes de circuitos más pequeños, rápidos y eficientes desde el punto de vista energético. Al igual que el silicio, el grafeno presenta límites físicos que determinan el tamaño mínimo de tales

componentes, por debajo del cual, el dispositivo no podría funcionar. Pero en el grafeno estos límites son sensiblemente más bajos, lo que permitiría alcanzar una nueva escala de miniaturización y empaquetamiento en las próximas generaciones de chips. La computadora basada en el grafeno es aún un sueño que deberá recorrer un largo camino para hacerse realidad. No obstante, la industria electrónica ya estimula la fantasía –e impaciencia- del público, mostrando en sus comerciales, PCs portátiles bajo la forma de hojas livianas y transparentes que pueden ser plegadas o enrolladas para ser transportadas por los futuros consumidores.

No es sencillo decidir sobre el realismo, o la inminencia de la concreción de cada una de las posibles aplicaciones del grafeno. Dado que es a la vez, transparente (transmite el 98 % de la luz que recibe) y conductor de la electricidad, es razonable pensar que será útil en el desarrollo de nuevas pantallas táctiles, paneles luminosos e incluso, células fotovoltaicas. Los plásticos se caracterizan por ser aislantes desde el punto de vista eléctrico. Pues bien, el agregado de un 1 % de grafeno los transforma en conductores.



A. Geim y K. Novoselov en su laboratorio

Fuente: Universidad de Manchester

Además, la presencia de una parte por mil de grafeno en un plástico puede incrementar en 30 °C la resistencia a la descomposición térmica a la vez que lo torna mucho más robusto desde el punto de vista mecánico. La robustez y resiliencia de estas mezclas puede abrir las puertas a una nueva familia de materiales extra resistentes, delgados y livianos a la vez, los que tendrían gran impacto en la industria automotriz y aeronáutica por citar sólo dos ejemplos. La perfección de la red cristalina del grafeno puede

incluso ser empleada en la fabricación de sensores extremadamente sensitivos a la presencia de contaminantes atmosféricos; la más insignificante de las moléculas podría ser detectada sobre su superficie. El campo abierto a la especulación y la creatividad es como vemos amplísimo.

El aislamiento del grafeno sobre un trozo de cinta adhesiva es, por otra parte y en palabras del propio Andre Geim, un mensaje alentador para las nuevas generaciones de científicos: “... creer que se pueden hacer cosas importantes sin necesidad de estar en el mejor lugar ni en el mejor momento”.

Autor: Roberto Calvo.

Créditos:

✓ **Referencias bibliográficas:**

- The Nobel Prize in Physics 2010 - Nobelprize.org. Recuperado de: http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/press.html
- Graphene: the perfect atomic lattice, "Popular Information". Nobelprize.org. 26 Nov 2010. Recuperado de: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/popular-physicsprize2010.pdf
- Geim, A. K. Graphene, Magic of Flat Carbon, Lancaster University, June 2010. Recuperado de: www.viddler.com/explore/lancsuniscitech/videos/21
- K. Geim's Condensed Matter Physics Group, University of Manchester. Recuperado de: www.graphene.org.

✓ **Imágenes:**

- Fullerenos: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/Fullerene-C60.png>
- Grafeno: https://c1.staticflickr.com/5/4092/5057399792_b88ae5b06b_b.jpg
- Andre Geim y Konstantin Novoselov: https://ep01.epimg.net/sociedad/imagenes/2010/10/05/actualidad/128622_9601_850215_0000000001_sumario_normal.jpg
- Grafito: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/popular-physicsprize2010.pdf
- Hojas plegadas de grafeno: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/popular-physicsprize2010.pdf
- Usos del grafeno: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/popular-physicsprize2010.pdf
- Laboratorio: <https://inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2014/12/Graphene-Turns-Hydrogen-Into-Energy2.jpg>

Fecha de publicación: 2 de octubre 2010



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).