



CENTRO DE ALTOS  
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS  
CENTRO DE ALTOS  
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS



Agencia Española  
de Cooperación  
Internacional  
para el Desarrollo

## Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

### GRAFENO, EL MATERIAL DEL FUTURO



### REFERENCIA: 3ACH103

Las nuevas fronteras de la materia y la energía

**NANOTECNOLOGÍA** | Es transparente, flexible y extraordinariamente resistente

## Grafeno, el material del futuro

Teresa Guerrero | Madrid

Actualizado **domingo 15/04/2012 14:37 horas**

Es transparente, flexible, extraordinariamente resistente, impermeable, abundante, económico y conduce la electricidad mejor que ningún otro metal conocido. Hablamos del grafeno, el material que tiene fascinados a científicos y a la industria debido a sus fantásticas propiedades.

Aunque fue sintetizado por primera vez en 2004, saltó a la fama en 2010 cuando sus descubridores, los investigadores de origen ruso Andre Geim (Sochi, 1958) y Konstantin Novoselov (Nizhny Tagil, 1974) recibieron el Premio Nobel de Física. Como ya apuntó entonces Andre Geim, las aplicaciones potenciales del grafeno son tantas que ni siquiera eran capaces de enumerarlas.

Los prototipos de baterías fabricadas con electrodos de grafeno son diez veces más duraderas y se cargan en mucho menos tiempo

Este versátil material permitirá fabricar desde dispositivos electrónicos con **pantallas flexibles y transparentes y baterías ultrarrápidas** a potentes paneles solares, sin olvidar aplicaciones en aeronáutica, medicina y otros sectores que se investigan en la actualidad. Además, supone una **base excelente para crear nuevos materiales a medida**, en función de las necesidades específicas. Es decir, algo así como materiales a la carta.

El estudio de las propiedades del grafeno mantiene ocupados a una gran cantidad de científicos en todo el mundo, entre los que destacan las aportaciones de los físicos teóricos españoles.

### En fase de desarrollo

Todos hablan de este material aunque pocos lo han visto. Y es que pese a sus prometedoras aplicaciones, **todavía se encuentra en fase de desarrollo**. El grafeno es una lámina extremadamente delgada compuesta de carbono (sólo tiene un átomo de grosor). El grafito del que se obtiene es el mismo que se extrae de las minas de carbón y se usa para fabricar lápices, frenos de coches o aceros, por lo que se trata de una materia prima muy abundante en la naturaleza. Para conseguir grafeno **se puede partir del grafito natural** (las minas españolas son ricas en este mineral) **o del grafito sintético**.

Sin embargo, el principal obstáculo en la actualidad es que aún no es posible fabricar grafeno a gran escala, según explica Jesús de la Fuente, director de la empresa española Graphenea Nanomaterials, una de las pocas compañías que de momento, producen este material. Avanzare y GraphNanotech son otras dos empresas españolas que trabajan con este material.

Existen varias formas de producir grafeno. **La cinta adhesiva** (exfoliación mecánica) fue el método que utilizó Geim para aislarlo por primera vez y **puede servir para algunos experimentos**, pero no es un método válido para la industria. Básicamente se comercializa de dos maneras: en formato lámina y en polvo.

## Grafeno en lámina

Graphenea, con base en San Sebastián, es una de las tres principales productoras de grafeno en lámina a nivel mundial (sus dos principales competidores son estadounidenses): **"Es el grafeno de alta pureza y el que reúne las mejores propiedades**. Se emplea para fabricar electrodos de baterías, pantallas táctiles, células solares, electrónica digital y analógica de alta frecuencia o composites avanzados para aeronáutica", explica De la Fuente en conversación telefónica.

Para producirlo **no se utiliza grafito, sino gas metano**, que se transforma mediante una tecnología denominada deposición química en fase vapor (Chemical Vapor Deposition, CVD): "Es una de las grandes ventajas, pues no dependemos de ningún producto mineral", señala.

"Se realiza en un reactor CVD donde **se introduce un gas con carbono**. Mediante la aplicación de energía se despositan los átomos de carbono sobre un substrato metálico. El siguiente paso es transferir la lámina de grafeno al substrato final que puede ser un polímero, vidrio, silicio u otros, dependiendo de la aplicación", explica

**El precio varía según los tamaños y las propiedades**. En los últimos años ha caído ya a la mitad. **Una lámina de grafeno cuesta entre 300 y 1.000 euros**, una cifra muy asequible para el consumo de investigación pero elevada para otros usos. De la Fuente explica que esperan que el precio siga descendiendo progresivamente y, "a medio plazo (unos cinco años), sea más barato que el silicio, que en la actualidad cuesta alrededor de 50 euros". **"A medida que el mercado vaya avanzando el precio irá bajando**. Prácticamente cuesta lo mismo producir una lámina que 100.000", afirma.

Esta empresa suministra material a sus clientes desde el verano de 2011, tanto a centros de investigación como a grandes empresas. **"El 99% de nuestra producción la vendemos en el extranjero**, aunque en España hay una gran actividad de investigación. Las empresas 'start-up' están llevando a cabo algunas iniciativas mientras que las grandes empresas están a la espera", explica.

## Baterías mucho más duraderas

"El grafeno que vendemos se utiliza, sobre todo, para ensayos. Se está trabajando mucho en almacenamiento de energía. En ultracondensadores (para automóviles, trenes eléctricos y para mejorar el rendimiento de las líneas de distribución eléctrica) y en baterías. Se ha demostrado que con electrodos de grafeno se consiguen baterías diez veces más duraderas".

De hecho, este material podría solucionar uno de las grandes desventajas de los teléfonos inteligentes, cuyas baterías apenas duran un día. Los prototipos de **baterías fabricadas con electrodos de grafeno son diez veces más duraderas** que las que llevan los teléfonos que se venden en el mercado y se cargan en mucho menos tiempo (aproximadamente media hora).

Sin embargo, habrá que esperar algunos años para disfrutar de estas baterías. Según De la Fuente, Nokia (su principal cliente) no prevé comercializar dispositivos fabricados con grafeno

hasta dentro de cinco años.

El grafeno también podrá usarse en **televisores OLED (Organic LED), que estarán fabricados con materiales orgánicos y más sostenibles** con el medio ambiente: "Ahora se utiliza como material tierras raras, como el indio, que tienen un impacto ambiental muy grande. Además su precio se ha multiplicado por diez". **La industria busca un sustituto más económico y sostenible**, por lo que el grafeno se perfila como una de las alternativas.

Por lo que respecta a los paneles solares, De la Fuente explica que el objetivo es **conseguir células de un 42% de eficacia** (es decir, que conviertan en electricidad el 42% de la energía solar que reciben). Las que hay ahora en el mercado tienen una eficiencia de aproximadamente el 16%.

## Grafeno en polvo

El grafeno en polvo **se utiliza en aplicaciones que requieren un material más barato, como composite para construcción**. Lo más frecuente es mezclarlo con otros materiales. "El proceso de producción de grafeno en formato polvo básicamente **parte del grafito como materia prima** y consiste en realizar una oxidación violenta y un proceso de ultrasonificación para separar las pequeñas láminas de grafeno que componen el grafito", explica Jesús de la Fuente.

Sus propiedades no son tan buenas como el grafeno en lámina y conduce peor la electricidad. La demanda de este producto, cuyo precio depende de su pureza, sigue siendo pequeña. El de baja calidad cuesta menos de 10 euros el gramo mientras que **el de alta calidad ronda los 100 euros**.

"Trabajamos también con **equipos de alta competición de vela, que necesitan complementos para las fibras de carbono** (el grafeno las mejora)". También se han hecho algunos ensayos en laboratorio para incorporarlo a la construcción aunque De la Fuente ve difícil su uso en este sector ya que "hacen falta volúmenes muy grandes y precios baratos".

Los científicos estudian también las posibles **aplicaciones en medicina**. Por ejemplo, para fabricar biosensores y detectar ADN. "También se especula con la posibilidad de producir implantes neuronales y regenerar tejidos nerviosos dañados", señala De la Fuente, aunque advierte que, aunque estos avances médicos lleguen a lograrse, tardarían años en aplicarse.

Por su parte, Elsa Prada, investigadora del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid del CSIC, señala que el grafeno podría usarse también en **biodispositivos, en envoltorios bactericidas de medicinas y alimentos** y como parte de materiales compuestos más ligeros y resistentes (para aviones, coches, etc.).

## Grafeno artificial

Pese a sus extraordinarias cualidades, el grafeno no es perfecto. Sin embargo, sí parece una base muy adecuada para desarrollar **nuevos materiales inspirados en él** y que incorporen nuevas ventajas. Es decir, algo así como un grafeno perfeccionado. Uno de los últimos desarrollos en esta línea es el llamado grafeno artificial, una investigación publicada recientemente en la revista 'Nature' y en la que participa el español Paco Guinea, uno de los mayores expertos en grafeno del mundo.

Junto a colegas estadounidenses de la Universidad de Stanford (California), el investigador del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC) ha conseguido fabricar un material que, según explica a este diario, **"permite manipular las propiedades más exóticas del grafeno con gran precisión"**. El denominado grafeno artificial es un **primer paso para sintetizar a gran escala materiales con propiedades cualitativamente similares al grafeno**. "Se pueden estudiar propiedades que aún no se han observado en el grafeno real, por no tener la pureza necesaria", señala a través de un correo electrónico.

Este nuevo material ha sido fabricado colocando y moviendo moléculas de óxido de carbono sobre una superficie de cobre, aunque según señala Guinea, "se pueden usar otros metales". **De momento, "el artificial es más costoso de producir que el otro grafeno"**.

Antes de ver productos fabricados con grafeno, Guinea cree que será necesario que "se abaraten los costes". El investigador espera "que la demostración de que se puede fabricar grafeno artificial lleve a que otros grupos contribuyan a mejorar las técnicas de producción".

### **Inspirador de otros materiales**

Entre los otros materiales bidimensionales que ha inspirado el grafeno, Elsa Prada destaca el **fluorografeno** (análogo bidimensional del teflón, con propiedades lubricantes y aislantes extraordinarias), el **nitruro de boro** hexagonal (aislante cristalino y transparente, de gran dureza, que combinado con el grafeno mejora sus propiedades electromecánicas), el **disulfuro de molibdeno** (otro cristal bidimensional con prometedoras propiedades para la construcción de una nueva clase de transistores) o el **siliceno** (versión del grafeno hecho de silicio. Tiene algunas propiedades en común con el grafeno, y como ventaja se podría integrar fácilmente con la electrónica actual basada en el silicio).

Prada, que ha trabajado con Konstantin Novoselov, uno de los descubridores del grafeno, destaca el alto nivel de la ciencia española en el estudio de este material: "El nodo español del proyecto Flagship de la UE es uno de los más activos, y promueve la investigación básica a la par que la transferencia de este conocimiento a la industria", una labor que, si logra éxito, "supondrá una gran cantidad de fondos para la investigación y el desarrollo de la tecnología de grafeno en España", añade Prada.

"En estos tiempos de crisis, **nuestro país tiene que apostar por convertirse en productora (y no sólo consumidora)** de soluciones y productos con potencial y demanda. En particular, el grafeno puede brindarnos la posibilidad de ser líderes y exportadores a nivel mundial de una tecnología de futuro", concluye.

---

© 2012 Unidad Editorial Información General S.L.U.



CENTRO DE ALTOS  
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS  
CENTRO DE ALTOS  
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS



Agencia Española  
de Cooperación  
Internacional  
para el Desarrollo

**Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica**  
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

## Ficha de catalogación

<b>Título:</b>	Grafeno, el material del futuro	
<b>Autor:</b>	Teresa Gallego	
<b>Fuente:</b>	<i>El Mundo</i> (España)	
<b>Resumen:</b>	<p>Sintetizado por primera vez en 2004 y causa de un premio Nobel de Física en 2010, el grafeno es el material de moda. Sus promesas de propiedades maravillosas, máxima eficiencia y sostenibilidad ambiental, lo hacen candidato a ser el material que en el futuro se asocie con las primeras décadas del siglo XXI. O a ser el primero de una estirpe de materiales novedosos cuyas aplicaciones revolucionarán la producción energética, el ocio doméstico o las tecnologías médicas. Asistir a su alumbramiento en el ámbito de la investigación y a la generalización de su producción y uso puede ser muy apasionante.</p>	
<b>Fecha de publicación:</b>	15/04/12	
<b>Formato</b>	<input type="checkbox"/>	Noticia
	<input checked="" type="checkbox"/>	Reportaje
	<input type="checkbox"/>	Entrevista
	<input type="checkbox"/>	Artículo de opinión
<b>Contenedor:</b>	<input type="checkbox"/>	1. Los retos de la salud y la alimentación
	<input type="checkbox"/>	2. Los desafíos ambientales
	<input checked="" type="checkbox"/>	3. Las nuevas fronteras de la materia y la energía
	<input type="checkbox"/>	4. La conquista del espacio
	<input type="checkbox"/>	5. El hábitat humano
	<input type="checkbox"/>	6. La sociedad digital
	<input type="checkbox"/>	7. Otros temas de cultura científica
<b>Referencia:</b>	3ACH103	



CENTRO DE ALTOS  
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS  
CENTRO DE ALTOS  
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española  
de Cooperación  
Internacional  
para el Desarrollo

**Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica**  
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

## **Propuesta didáctica**

### **Actividades para el alumnado**

1. Señala cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas y cuáles falsas teniendo en cuenta lo que se dice en el texto sobre el grafeno:

1. El primer yacimiento de grafeno en el mundo fue descubierto en 2004.	V	F
2. Al no ser un metal, el grafeno no puede conducir la electricidad.	V	F
3. El grafeno se puede obtener del grafito procedente de las minas de carbón. Por tanto, es muy abundante en la naturaleza.	V	F
4. El grafeno se puede obtener a partir del grafito sintético.	V	F
5. Nadie produce todavía grafeno.	V	F
6. Geim fue el primero en aislar el grafeno mediante la exfoliación mecánica.	V	F
7. El grafeno se comercializa en lámina o en polvo.	V	F
8. La producción del grafeno mediante CVD requiere el uso de minerales.	V	F
9. Las baterías con electrodos de grafeno son diez veces más duraderas.	V	F
10. En España no hay investigadores relevantes que trabajen en proyectos relacionados con el grafeno.	V	F

2. Haz un resumen del texto para que alguien que no lo haya leído pueda saber tres cosas:

- Los tipos de grafeno de los que se habla en el texto.
- Las distintas aplicaciones del grafeno.
- Las diferencias entre su producción para la investigación y para su uso industrial.

3. Busca más información sobre los materiales bidimensionales inspirados por el grafeno de los que se habla en la parte final del reportaje.

4. ¿Crees que el título del reportaje es adecuado? ¿Por qué?

5. Elabora un cronograma en el que ubiques algunos de los materiales más importantes en la historia de la Humanidad. Para cada uno de ellos, señala el momento en que comenzó a utilizarse, sus características físico-químicas y sus usos más importantes.

6. Además de sus características físico-químicas, sobre los diferentes materiales sintetizados artificialmente se pueden analizar otros aspectos como su interés económico, su impacto ecológico y social de su obtención y producción o las consecuencias ambientales de su uso o de la gestión de sus residuos. Pon ejemplos de algunos materiales sobre los que se puede hacer una evaluación negativa de alguno o de varios de esos aspectos y explica los motivos de la misma. ¿Qué valoración podría tener el grafeno en este sentido?

7. El grafeno y otros materiales de los que se habla en el reportaje pueden llegar a tener usos muy novedosos y hacer reales cosas que antes no habrían parecido posibles. Selecciona algunas necesidades o usos para las que sería interesante contar con nuevos materiales que ahora no existan. Esa selección describirá, por tanto, cosas que hoy pueden parecer de ciencia-ficción. Asegurate, en todo caso, de que los usos o necesidades que plantees no estén

ya resueltos por determinados materiales o que, por el contrario, resulten casi mágicos y estén más allá de lo que es lógica y físicamente posible.

8. Sobre cada frase de la siguiente quiniela señala tu postura de acuerdo, desacuerdo o duda. Selecciona dos o tres frases de la quiniela que te parezcan destacables (estés o no de acuerdo con lo que dicen) y redacta un comentario sobre ellas.

<b>Quiniela sobre el grafeno y los nuevos materiales</b>			
1. Todos los materiales posibles ya existen, solo hay que descubrirlos.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
2. Lo natural se descubre, lo artificial se inventa.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
3. Hay grafeno en la naturaleza.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
4. A veces es más costoso investigar sobre algo que producirlo a gran escala.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
5. Todo lo que se puede producir se debería producir.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
6. Todo lo que se debería producir se puede producir.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
7. Todo lo que se puede investigar se debería investigar.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
8. Todo lo que se debería investigar se puede investigar.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
9. Los nuevos materiales no siempre responden a necesidades, a veces solo las inducen.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>
10. En la historia de los materiales, el siglo XXI será recordado por el grafeno.	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>2</b>

**1:** De acuerdo;      **X:** En duda;      **2:** En desacuerdo





CENTRO DE ALTOS  
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS  
CENTRO DE ALTOS  
ESTUDIOS UNIVERSITÁRIOS



Agencia Española  
de Cooperación  
Internacional  
para el Desarrollo

**Proyecto Iberoamericano de Divulgación Científica**  
Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica

**Propuesta didáctica**  
**Sugerencias para el profesorado**

- De entre las actividades propuestas conviene elegir cuáles se adaptan mejor al grupo y a sus intereses. En todo caso, antes de proponer la realización de las actividades se recomienda una lectura atenta del texto.

- La actividad 1 facilita el análisis del contenido del texto. Su revisión permitirá aclararlo y resolver posibles dudas. Las actividades 2, 3 y 4 se centran en diversos aspectos del reportaje, desde algunos de los contenidos más importantes en él hasta la oportunidad de su título. La actividad 5 sugiere sintetizar en una tabla o un esquema la evolución de los materiales más relevantes en la historia de la Humanidad. La actividad 6 sugiere valorar diversos aspectos relacionados con la obtención, producción y uso de los materiales señalando ejemplos en los que determinados aspectos (económicos, sociales, ambientales...) deban ser evaluados de forma negativa. La actividad 7 tiene un carácter muy libre sugiriéndose imaginar aplicaciones y usos para los que sería interesante contar con nuevos materiales, los límites de estas propuestas deberían estar, en todo caso, en su verosimilitud. Por último, en la actividad 8 se proponen diversas cuestiones valorativas que pueden generar cierta controversia en relación con esos temas.

- Aunque las actividades propuestas están redactadas para ser realizadas individualmente, varias de ellas son especialmente propicias para ser desarrolladas en equipo o incluso en debate abierto con toda la clase. Es especialmente interesante, en este sentido, compartir los trabajos sobre las actividades 4, 5, 6 y 7.

- Podría ser oportuno registrar algunos de los comentarios y las respuestas que aparecen en el aula en torno a las actividades 4, 6, 7 y 8. Tales apreciaciones pueden ser útiles para entender las percepciones que los jóvenes tienen acerca de la importancia y los aspectos controvertidos en relación con el desarrollo de nuevos materiales.