

EL GRAFENO COMO MATERIAL REVOLUCIONARIO

THE GRAPHENE AS A REVOLUTIONARY MATERIAL

Ulises Alejandro Carreón Ante*

Artículo recibido: 26-05-2016

Aprobado: 15-10-2016

Resumen

Sin duda alguna la ciencia se ha ido revolucionando a pasos acelerados en el ámbito tecnológico, creando nuevas aplicaciones que representan, en todo sentido, una innovación tecnológica para las problemáticas que hoy en día se plantea la industria de la biotecnología, la nanotecnología, la robótica, el desarrollo de hardware más sofisticado y eficiente, entre otras, por ende es necesaria la divulgación de las propiedades de estos nuevos materiales. En este artículo se mencionarán, específicamente, las características más importantes del grafeno y se expresará un cuestionamiento ético de su aplicación real en la industria.

Abstract

Undoubtedly, the science has been revolutionized by itself rapidly in technology, creating new applications that represent, in every sense, a technological innovation for the problems that the industry has in the fields of Biotechnology, nanotechnology, robotics, hardware more sophisticated and efficient development, among others, therefore, the divulgation of the properties of these new materials is necessary. In this article I'm going to mention specifically the most important characteristics of graphene and an ethical questioning of its actual application in the industry.

*Estudiante del cuarto semestre de la Licenciatura de Ingeniería en Bionanotecnología, Universidad Iberoamericana León
174131-5@iberoleon.edu.mx

Palabras clave: Carbono, grafeno, nanotecnología, biotecnología.

Keywords: Carbon, graphene, nanotechnology, biotechnology.

Introducción

Para comenzar a referirme al grafeno, es necesario definir ciertos conceptos previos que nos permitirán interpretar de mejor manera el tema que representa este prometedor material.

La nanotecnología es un área multidisciplinaria que busca la manipulación de la materia de manera específica y a escala nanométrica, con el fin de obtener nuevos materiales con características que respondan a las problemáticas que plantea la innovación tecnológica en sus diferentes ramas.

Obtener nuevos materiales con características que respondan a las problemáticas que plantea la innovación tecnológica en sus diferentes ramas

Para obtener una idea de lo que es una escala a nivel nano, que se refiere a la mil millonésima parte de un metro ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$), se adjunta la siguiente secuencia de escalas:



(Castro, 2016)

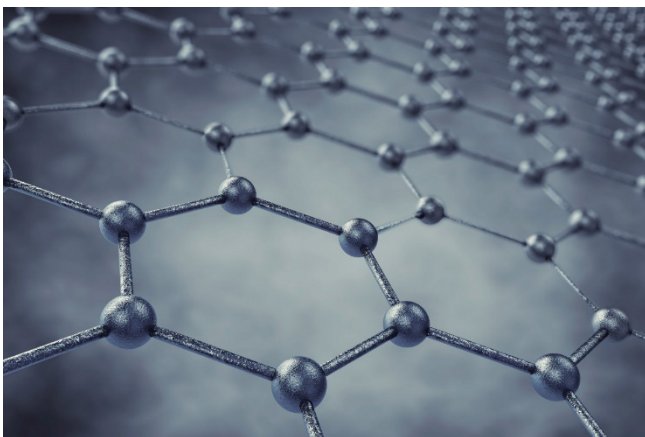
El ADN, algunas moléculas, la hemoglobina y la mayoría de los virus son cosas que se encuentran en esta escala; podríamos observarlas con ayuda de un microscopio especial y muy potente llamado **microscopio electrónico**.

Ahora bien, gracias al desarrollo de la tecnología que nos permite observar y analizar la materia a escala nanométrica, además de manipularla, se han presentado múltiples avances en el área de la ciencia que conlleva a una aplicación concreta en la industria. Ejemplo de ello es la manipulación del carbono para el desarrollo de nuevos materiales, que no existirían en la naturaleza de no ser por esta manipulación humana de los elementos en laboratorios.

Después de haber revisado lo que es la nanotecnología y comprender la escala en la que esta tecnología se desenvuelve, trataremos más específicamente uno de los desarrollos que se han presentado en nuevos materiales, **el grafeno**, no sin antes revisar el componente principal de este material que es el elemento químico **carbono**.

El carbono es uno de los elementos químicos más importantes en la naturaleza. Se encuentra en todos los seres vivos y, según se distribuyan sus átomos, puede formar sustancias con distintas

características. La Química Orgánica por ejemplo, es una rama especial de la química enfocada al estudio del carbono.



Representación artística del grafeno / (David Bañon, s/f)

El carbono, por su naturaleza química, tiende a formar 4 enlaces con diferentes elementos, formando compuestos

A partir del carbono se consigue el grafeno. Este material surge cuando pequeñísimas partículas (átomos) de carbono se agrupan de forma muy densa en láminas de dos dimensiones muy finas (dimensiones del tamaño de un átomo), y en celdas hexagonales; así es, ¡Parece un panel de abejas! El carbono, por su naturaleza química, tiende a formar 4 enlaces con diferentes elementos, formando compuestos; estos enlaces pueden formarse con otros átomos de hidrógeno, oxígeno y nitrógeno e incluso carbono, comúnmente encontrados en la naturaleza para formar diferentes compuestos como las **biomoléculas**: lípidos, proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos; además, raramente en comparación con los otros enlaces, se pueden presentar enlaces entre el carbono y el azufre, para formar los compuestos **organosulfurados**, compuestos que de igual manera se encuentran presentes en la naturaleza, ejemplo de ello es el petróleo, el gas natural y los combustibles fósiles; la eliminación (purificación) de estos compuestos es el principal objetivo de las refinerías.

Su composición química es idéntica al diamante o al grafito y la diferencia estriba en la estructura o geometría en la que se organizan los átomos de este elemento

Más específicamente refiriéndome a los compuestos de enlaces carbono-carbono, debido a la manipulación humana se ha conseguido una forma estable en la que el carbono forma **solo 3 enlaces fuertes** en una geometría (algo que no es tan común como los compuestos de 4 enlaces); como ya se mencionó esta geometría es hexagonal. Un enlace fuerte es aquel que presenta tal interacción eléctrica y química entre los átomos que lo forman, que se requiere una elevada energía para romperlo y separar el compuesto en sus átomos correspondientes. Es por ello que el grafeno resulta ser un material súper resistente. (Prada, 2011)

El grafeno es un material compuesto por carbono puro; de hecho, su composición química es idéntica al diamante o al grafito y la diferencia estriba en la estructura o geometría en la que se organizan los átomos de este elemento. Cuando el carbono se empaqueta densamente en una estructura tridimensional, tenemos un diamante. Cuando se organiza en una serie de capas bidimensionales

débilmente unidas entre sí, tenemos grafito. Cada una de esas capas es grafeno. Estructuras un poco más sofisticadas se producen cuando esas capas bidimensionales se enrollan sobre sí mismas y generan nanotubos unidimensionales, o cuando se forman pequeñas pelotitas (cerodimensionales) llamadas fullerenos (Prada, 2011).

Historia del grafeno

En el año 2004 se descubrió el grafeno o, con más precisión, hace doce años se aisló por primera vez del grafito, este último es el mismo material que se utiliza para las minas de los lápices. El grafeno salió casi por casualidad de una fina lámina de grafito.

Geim (uno de sus dos descubridores) **tenía la idea de producir el metal más fino posible**, pues sabía que si se encontrase, podría ser muy útil para la nanoelectrónica. Así que, basándose en su experiencia, decidió buscar en el grafito, tratando de llegar a una sola capa de este material laminar. Esta no era una tarea fácil, pero fue a Novoselov (compañero de Geim) a quien se le ocurrió cómo hacerlo. El método, realizado en un laboratorio de alta tecnología, es en realidad bastante rudimentario. Consiste en “pelar” la superficie del grafito con la ayuda de una cinta adhesiva, se pega la cinta sobre la superficie de la muestra y se tira con fuerza. Pegadas a la cinta quedan muchas finas laminillas de grafito, que no son más que monocapas y bicapas de grafeno. Después se depositan sobre óxido de silicio (en forma de oblea) y, como son muy pequeñas, se buscan con la ayuda de un microscopio óptico, tarea para la que, sobre todo al principio, se necesitaba bastante paciencia. Hoy en día esta técnica se ha depurado y se conoce como el nombre de “exfoliado” del grafito (Prada, 2011).

Consiste en “pelar” la superficie del grafito con la ayuda de una cinta adhesiva, se pega la cinta sobre la superficie de la muestra y se tira con fuerza

Si tú, como yo, te preguntas por qué usaron óxido de silicio para depositar las finas capas de grafeno, aquí está la respuesta: cuando una sola capa de grafeno se deja sobre la oblea, se obtiene una interferencia similar al patrón de contraste (espectro visible) que se observa con un microscopio óptico; si no fuera por esta sencilla pero efectiva forma de buscar los cristales individuales de grafeno, probablemente aún permanecerían sin descubrirse (Brown, LeMay, Bursten, Murphy & Woodward, 2014). Dicho de otra forma, el óxido de silicio, gracias a sus características relacionadas con la luz y sus espectros, permite que el grafeno sea visible en un microscopio óptico.

Sin embargo, la ciencia no entiende de casualidades, así que el material se caracterizó, se conocieron sus propiedades y aplicaciones. Fibra óptica y computadoras decenas de veces más rápidas, paneles solares o sensores de todo tipo son algunas de las posibilidades que ofrece este material fino, resistente, flexible, transparente y superconductor por citar algunos de sus prodigios. Es muy ligero: una lámina de 1 metro cuadrado pesa tan solo 0,77 miligramos. Se considera 200 veces más fuerte que el acero y su densidad es aproximadamente la misma que la de la fibra de carbono, es aproximadamente cinco veces más ligero que el aluminio. Sus descubridores, Andre Geim y Kostya Novoselov, ganaron el premio Nobel en Física en el año 2010.





Andre y Kostya, recibiendo el premio nobel por ser pioneros en trabajar con el grafeno, el día 24 de noviembre de 2010. (Nobel, S.F.)

El óxido de silicio, gracias a sus características relacionadas con la luz y sus espectros, permite que el grafeno sea visible en un microscopio óptico

Los métodos existentes para la fabricación de grafeno a nivel industrial requieren un equipo costoso, especializado y con complicados procedimientos de fabricación; la máquina más compleja para producir láminas de grafeno es un limpiador ultrasónico, un equipo con el que ya cuentan muchos laboratorios y que funciona, como su nombre lo dice, realizando ultrasonidos para remover finas capas del grafito. Un ultrasonido consiste en ondas mecánicas no ionizantes (que no reaccionan químicamente con el medio por el cual se transmiten) cuya frecuencia está por encima del umbral de audición del oído humano (aproximadamente 20 000 Hz). Recordemos que la frecuencia tiene que ver con el número de ciclos que completa una onda en un determinado tiempo, así pues, los Hercios (Hz) son una medida de frecuencia de onda.

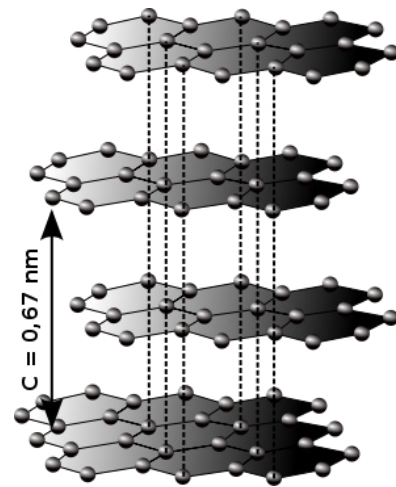
Estructura del grafeno

Las finas láminas de grafeno se apilan una sobre otra, de tal manera que existe una fuerza entre los átomos presentes en una capa, más las fuerzas que se van generando con los átomos que se superponen cuando estas láminas se apilan entre sí. Dichas fuerzas químicas, además de su geometría, entre otras cosas, le dan al grafeno distintas propiedades por las que puede ser utilizado en múltiples aplicaciones tecnológicas.

Propiedades del grafeno

Algunas de sus propiedades se han mencionado anteriormente, sin embargo en este apartado se enumeran de manera sintética:

- 1) Es flexible.
- 2) Es resistente.
- 3) Es transparente.
- 4) Posee autoenfriamiento (con buena eficiencia).
- 5) Puede autorepararse.
- 6) Tiene una resistividad muy baja (apenas se calienta al transportar corriente y, por tanto, apenas hay pérdidas por efecto Joule). El efecto Joule consiste en la pérdida



("File:Capas [grafito.svg](#) - Wikimedia Commons", 2016)

de energía en forma de calor, un ejemplo de esto es un foco de resistencia, el cual genera más calor que luz, es por ello que ahora (con la llegada de nuevos focos más eficientes) estos focos son usados para calentar más que para generar luz.

7) Consume menos energía que el silicio y también es capaz de generar electricidad en presencia de luz.

Aplicaciones debido a sus propiedades

Dadas las propiedades de este material, resulta ser muy interesante su estudio, pues presenta una buena flexibilidad, basta con buscar en el navegador de internet “flexibilidad del grafeno” e ir al apartado de imágenes, para darse una idea de qué tan flexible es. Además, es simultáneamente muy duro y presenta una dureza superior a la del acero y cercana a la del diamante.

En cuanto a sus propiedades eléctricas o de conducción, se puede hacer un comparativo con el silicio, que hoy en día es el compuesto más usado para el desarrollo de chips en computadoras, sin embargo el silicio pierde mucha energía por efecto Joule (pérdida de energía en forma de calor), energía que el grafeno aprovecha de una manera más eficiente por lo que el grafeno puede, con el tiempo, suplantar al silicio en los chips de computador, con la perspectiva de aparatos ultrarrápidos operando a velocidades de Terahercios.

También, por sus propiedades conductoras y su resistencia, algunos científicos han vuelto la mirada al grafeno como nueva materia prima para el desarrollo de nuevos paneles solares más eficientes. De la misma manera, su aplicación en baterías para una menor pérdida de energía en forma de calor es otra de sus aplicaciones en potencia.

A partir de diversas investigaciones, científicos de varias universidades han demostrado que el grafeno sobre caucho puede ser el material idóneo para la creación de músculos artificiales, dado que la estimulación eléctrica sobre este nuevo compuesto hace posible controlar la tensión y relajación del mismo, haciendo de él un músculo biónico eficiente.

La información correspondiente a esta aplicación específica del grafeno se puede consultar en la siguiente página: http://www.tendencias21.net/Arrugan-el-grafeno-para-fabricar-musculos-artificiales_a14836.html

El grafeno puede autorrepararse tomando carbono presente en el ambiente, por lo que un aparato que tenga como materia prima al grafeno, necesitaría poco mantenimiento en esta parte específica. Además de estas aplicaciones, pueden encontrarse algunas otras, dependiendo del área o el sector industrial que demande este material, sin embargo su aplicación tiene que ver con ciertas implicaciones que a su vez están relacionadas con intereses económicos y de producción o globalización.

Científicos de varias universidades han demostrado que el grafeno sobre caucho puede ser el material idóneo para la creación de músculos artificiales

Cuestionamiento ético

De acuerdo con los expertos, los microprocesadores de grafeno se demoraran por lo menos 20 años (a partir de su desarrollo) en salir al mercado, entre otras de las aplicaciones de este material. Debido a que hoy en día, la mayor parte de la tecnología electrónica y biotecnológica se basa en el silicio, por sus propiedades, el grafeno no puede entrar aún en su totalidad a sustituir al silicio, ya que se debe esperar a que los aparatos generados con este elemento (silicio) lleguen a su vida útil prometida por las fábricas y compañías, es decir, que se vuelvan obsoletos. Es decir, de cierta forma se tiene la tecnología para desarrollar pantallas flexibles de grafeno, chips de grafeno, etc., sin embargo, no es “comerciable” aún.

Conclusión

Gracias al surgimiento de nuevas tecnologías, como la nanotecnología, se han desarrollado materiales con un futuro prometedor y mayor eficiencia en diferentes ámbitos; sin embargo, muchas de las aplicaciones de estos materiales se ven comprometidas por el mercado industrial actual, más específicamente, por intereses económicos que bloquean la entrada de las nuevas tecnologías en el momento en que se desarrollan.

Referencias

- Claudia Bautista Flores, R.Y. (2013). Observación de capas de grafeno mediante contraste óptico y dispersión Raman. *Mundo Nano UNAM*.
- Daily, S. (16 de 11 de 2016). <https://www.sciencedaily.com/releases/2012/09/120928085350.htm>. Obtenido de <https://www.sciencedaily.com/releases/2012/09/120928085350.htm>.
- Derechismo. (s.f.). *Godopunk*. Recuperado el 25 de enero de 2016, de <http://godopunk.blogspot.mx/2010/06/que-es-el-estado-liberal.html>
- Encyclopædia Britannica, I. (16 de 11 de 2016). <https://global.britannica.com/science/fullerene>. Obtenido de <https://global.britannica.com/science/fullerene>.
- Graphenea. (16 de 11 de 2016). <http://www.graphenea.com/pages/graphene-properties#.WCyTmMICg7w>. Obtenido de <http://www.graphenea.com/pages/graphene-properties#.WCyTmMICg7w>.
- Heyrovská, R. (2016). Atomic Structures of Graphene, Benzene and Methane with Bond Lengths as Sums of the Single, Double and Resonance Bond Radii. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0804/0804.4086.pdf>.

- Huhu Cheng, C. H. (2014). Graphene fiber: a new material platform for unique applications. *NPG Asia Materials*.
- humanos, D.g. (s.f.). *Portal de la SRE*. Recuperado el 18 de enero de 2016, de <http://consulmex.sre.gob.mx/frankfurt/images/stories/pdf/Boletines/boletin64.pdf>
- Ingeniería, T. d. (16 de 11 de 2016). http://www.tendencias21.net/Arrugan-el-grafeno-para-fabricar-musculos-artificiales_a14836.html. Obtenido de http://www.tendencias21.net/Arrugan-el-grafeno-para-fabricar-musculos-artificiales_a14836.html.
- Initiative, O. w. (16 de 11 de 2016). <http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>. Obtenido de <http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>.
- Manchester, T. U. (16 de 11 de 2016). <http://www.graphene.manchester.ac.uk/explore/the-story-of-graphene/>. Obtenido de <http://www.graphene.manchester.ac.uk/explore/the-story-of-graphene/>.
- Matters, S. (16 de 11 de 2016). <http://blog.science-matters.org/2012/01/23/the-four-major-classes-of-biomolecules/>. Obtenido de <http://blog.science-matters.org/2012/01/23/the-four-major-classes-of-biomolecules/>.
- Nano, A. (16 de 11 de 2016). <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=1858>. Obtenido de <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=1858>.
- Omar M. Yaghi, M. O. (2003). Reticular synthesis and the design of new materials. *Nature*.
- Prada, E. (16 de 11 de 2016). http://www.uam.es/ss/Satellite/es/1242655278903/1242653870327/notcientifica/notCientific/Elsa_Prada_nos_explica_que_es_el_grafeno_el_material_del_futuro.htm. Obtenido de Universidad Autonoma de Madrid.
- Prize, N. (16 de 11 de 2016). http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/. Obtenido de http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/.
- Sanderson, R. T. (1976). *Chemical Bonds and Bond Energy*. London: Academic Press, Inc.
- Su Ryon Shin, Y.-C. L. (2016). Graphene-based materials for tissue engineering. *Advanced Drug Delivery Reviews*.
- Sureda, M. (11 de 2016). <http://www.gaiaciencia.com>. Obtenido de <http://www.gaiaciencia.com/2015/02/que-es-la-nanotecnologia/>.
- University, M. G. (16 de 11 de 2016). <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkes/arch374/winter2002/psbmonro/>. Obtenido de <http://www.arch.mcgill.ca/prof/sijpkes/arch374/winter2002/psbmonro/>.
- University, R. (16 de 11 de 2016). <http://www.ru.nl/english/research/prizes-achievements/nobel-prize-2010/>. Obtenido de <http://www.ru.nl/english/research/prizes-achievements/nobel-prize-2010/>.
- Wikiwand. (16 de 11 de 2016). <http://www.wikiwand.com/en/Graphene>. Obtenido de <http://www.wikiwand.com/en/Graphene>.