

El ser capaz de llenar el ocio de una manera inteligente es el último resultado de la civilización.

Bertrand Russell

Grafeno mata carita

Edgar Vargas Frías

El tercero en discordia y el carbono

Tres estudiantes, una chica y dos chicos, entran a un restaurante-bar en las afueras de la universidad. Se sientan en un rincón a esperar al mesero. Ana coquetea con ambos. Ella prefiere a Marcos, aunque su compañero Ernesto no le desagrada del todo. El mesero no se acerca, sigue ocupado con otras mesas. Ana se empieza a poner de malas, síntoma de que el hambre arrecia. Marcos también se empieza a desesperar, sus manos se inquietan y toma una servilleta a la que le empieza a hacer dobleces. Sólo han pasado dos minutos, pero a los tres se les hace una eternidad. Nadie dice nada, sólo se echan miradas subrepticias de vez en vez. Ana comienza la plática para pasar el tiempo:

--Acabo de leer un libro de Primo Levi, el químico italiano. Como vivió y sufrió la Segunda Guerra Mundial en campos de concentración nazis, decidió escribir varios libros acerca de los horrores que se padecían en esos lugares. Creo que por eso es muy conocido entre los historiadores, sociólogos y filósofos, más que entre los químicos, pues no inventó un nuevo material o una nueva reacción, pero el libro que leí es muy interesante: es una especie de autobiografía y tiene la

gracia de que cada capítulo lleva el título de un elemento químico y, obvio, cuenta un pedacito de su vida relacionada con cada elemento que menciona. El que más me gustó es el último; trata del carbono y sus cambios. Me pareció muy interesante, es hasta poética la manera en que describe las diversas formas en las que un hipotético átomo de carbono se transforma pasando de ser una roca calcárea, como el carbonato de calcio, a ser parte del polen de una flor o inclusive de alguna cadena de ADN humano o de un neurotransmisor que contribuya a la elaboración de algún pensamiento.

Bueno --responde Marcos-- la gran variedad de compuestos que puede formar el carbono con sus cuatro enlaces disponibles y la enorme cantidad de elementos con los que reacciona hacen explicable este relato, supongo. Además, es el elemento base de las sustancias que forman a los seres vivos, que a mi parecer son los sistemas fisicoquímicos más complejos en la naturaleza. Habría que leerlo para ver si es tan bueno como dices. ¿Cómo se llama el libro?

Ana le responde que *El sistema periódico* y llega el mesero a tomarles la orden. En la rockola del changarro se escucha una canción de un grupo de [rock nacional](#); Ana comenta sobre lo ridículos que se verían ellos tres imitando ese baile, y que sería como lo que ocurre en una escena de la película [Banda aparte de Jean-Luc Godard](#), donde una mujer acompañada de sus dos amigos bailan una especie de jazz. Como en la película, ya tuvieron su silencio incómodo al llegar al restaurante.

Los viernes antes de las cervezas

Ernesto quiere aportar algo más interesante que Marcos, pero sólo se le ocurre pedir una cerveza al mesero. Mientras la bebe se le despeja la mente y comienza a hablar:

--Supongo que ese italiano no vivió para conocer el grafeno; en un futuro cercano alguien hará un relato con todos los usos y aplicaciones de este material de carbono, que no sólo es extraordinario por sus aplicaciones eléctricas, electrónicas y ópticas, sino que además es lo último de toda una nueva serie de materiales en dos dimensiones. La historia de su descubrimiento me parece aún más interesante que el descubrimiento mismo. Pienso que ahí radica la genialidad de los investigadores que publicaron el hallazgo. Es una buena anécdota para cuando escriban sus memorias.

Y continúa:

--No les creo nada a los científicos que en las entrevistas dicen siempre que están divertidos y motivados en su labor. Mentira. El trabajo en un cubículo puede ser lo más aburrido del mundo, y si bien el laboratorio es más activo, puede llegar a ser rutinario en el mejor de los casos, o frustrante si no sale lo que uno planea. Y no digamos la burocracia que tienen que cumplir para que no los despidan o simplemente para obtener apoyos para su investigación.

--Por eso, de las cosas que me parecen más geniales de Andre Geim, un investigador de origen ruso que trabaja en la Universidad de Manchester --y uno de los descubridores del grafeno-- es haber establecido en su grupo una forma de trabajo a la que llamaron "ciencia de los viernes". Antes de salir de fin de semana el equipo se reúne a platicar y a probar ideas sin un propósito específico, simplemente para hacer experimentos sin el justificante burocrático; quizá nunca los contratarían por proponerlas y por lo estrambóticas que pueden llegar a ser. Hacen ciencia por el puro placer de ver qué sucede, ciencia en estado puro.

Ana lo escucha con atención y le pregunta sobre lo que han logrado:

--¿Te acuerdas de los premios Ig Nobel? Esos que se otorgan a las investigaciones científicas que primero te hacen reír por lo raras o extrañas, pero que luego si las piensas un rato te hacen reflexionar. Bueno, pues en el año 2000, Geim recibió un Ig Nobel por probar que podía hacer [levitar una rana en un campo magnético](#). Un proyecto así seguramente nunca recibiría fondos para su realización pero estos tipos lo pensaron y lo hicieron de manera exitosa, cuando lo publicaron ganaron un gran reconocimiento. Con esos antecedentes tal vez en muy pocos lugares se habrían hecho una pregunta como la de si es posible aislar un material de sólo dos dimensiones (2D), ¡y en el 2010 ganaron el Nobel de verdad!

Ana pone cara de que no le cree nada y dice:

--El sentido común me dice que eso sería imposible. Toda la materia tiene tres dimensiones, por muy delgada que sea. Y para empezar, ¿cuál sería la materia prima?, ¿sería estable?, ¿se podría usar así, en 2D?, ¿qué utilidad tendría?

Marcos le responde:

--Ahora sabemos que sí, se llama grafeno. Pero qué más da la anécdota. El descubrimiento a pesar de ser bastante prometedor, me parece una casualidad, ¿no lo crees?



Figura 1.- De la pieza de grafito de alta pureza se van desprendiendo las monocapas con cinta adhesiva. Para comprobarlo se pasa la cinta a un microscopio electrónico. [Aquí se puede ver el proceso completo.](#)

Ernesto le responde que para nada, que el grupo de Geim sabía qué buscaba y sobre todo sabía cómo verlo, sabía qué estaban haciendo y que eso es lo importante, aunque suene a casualidad.

Ana pregunta cómo lo hicieron y Ernesto dice:

--Te va a sonar absurdo, y ahí radica la genialidad de ver más allá y hacer la pregunta adecuada a partir del conocimiento previo. Lo que hicieron fue colocar sobre un pedazo de grafito un poco de cinta adhesiva y luego la despegaron. Era algo que hacían para limpiar el grafito que usaban en otros experimentos. Lo que se le ocurrió a Geim y le propuso a Novoselov --un estudiante de doctorado recién llegado a su grupo-- fue analizar ¿lo que se le queda pegado a la cinta! Así se dieron cuenta de que cada vez que pegaban y despegaban la cinta, se jalaban unas pocas capas de grafito. A partir de ahí lo que hicieron fue mejorar el método --siempre con cinta comprada en cualquier papelería-- hasta lograr la capa más fina de grafito, de un sólo átomo de carbono de espesor. Teóricamente eso ya se había propuesto --aunque no por ese método-- pero nadie lo había logrado y a esa monocapa de carbonos unidos la llamaron grafeno; publicaron este hallazgo

en el 2004; 10 años después de ganar el Ig Nobel les dieron el Nobel a Geim y a Novoselov. ¡Algo increíble!

Marcos señala que ha escuchado que las características y posibles aplicaciones son bastante interesantes, sobre todo si se toma en cuenta la actual era de dispositivos fijos y móviles que todos usamos.

Las propiedades del santo grial de los materiales

Ana escucha absorta y le pregunta a Ernesto que cómo describiría el grafeno.

Ernesto se anima con el interés que ella muestra y responde:

--Imagina una superficie de hexágonos todos unidos entre sí. Cada punto de unión representa un átomo de carbono, pero lo peculiar es que se requiere que esas superficies sólo tengan un átomo de carbono de grosor, es decir nada por encima, nada por debajo. A esta escala las distancias entre los átomos están en el orden de los nanómetros y las propiedades de los materiales son bastante interesantes.

Ernesto saca un lápiz, toma una servilleta y comienza a dibujar la superficie de hexágonos que representan el grafeno. A un lado dibuja superficies apiladas que representan al grafito. Señala entonces que la estructura de grafito es como las superficies de hexágonos apiladas.

Ana que ha seguido atentamente la conversación pregunta que cuáles son las maravillas que promete el uso del grafeno y Ernesto responde:

--Según sus descubridores de la Universidad de Manchester, es ultraligero pero inmensamente duro; es 200 veces más fuerte que el acero pero increíblemente flexible y por lo tanto una buena barrera física. Esto se debe a que prácticamente no tiene imperfecciones o impurezas en su red de átomos. Es el material más delgado posible, tiene un solo átomo de ancho. Además es transparente, las ondas de luz visible no encuentran obstáculo para pasar a través de él; es un excelente conductor térmico y eléctrico debido a que las bandas donde se mueven los electrones que permiten ese fenómeno, están más cerca que en los semiconductores, pero no tanto como en los metales, que son los mejores conductores eléctricos.

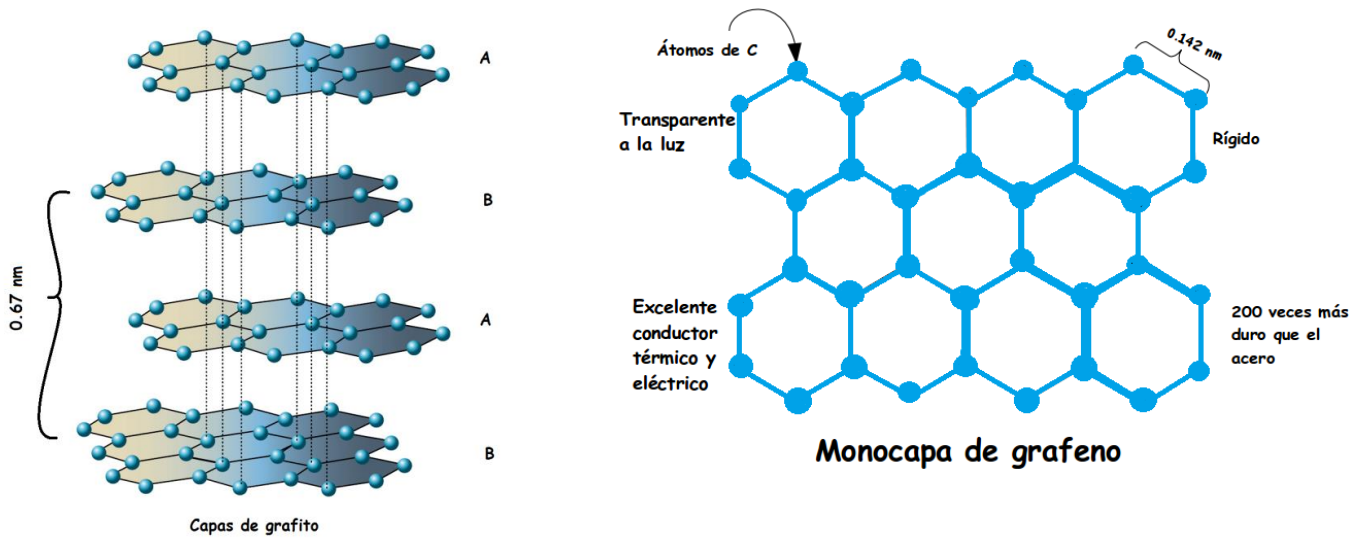


Figura 2.- A la izquierda algunos detalles y propiedades del grafeno. A la derecha se dibujan las capas apiladas que representan el grafito.

Pero Ana insiste en preguntar cuál fue la aplicación que le encontraron al grafeno para que les dieran el Nobel. Ernesto le dice que ninguna hasta ahora, pero señala que les dieron el Nobel porque se vislumbran muchas aplicaciones y añade:

--Seguramente lo veremos pronto en membranas, en recubrimientos, en sensores y artefactos eléctricos y electrónicos, celulares o tabletas. Se ha llegado a especular que podría sustituir al silicio como el semiconductor por excelencia. Pero aún falta mejorar la síntesis a gran escala para hacer materiales económicamente accesibles; y bueno, lo que leí hace poco es que también están modificando las superficies donde depositan las monocapas de grafeno, ya sea recubriendo con otros materiales o añadiendo pequeños defectos a la red de átomos de carbono para agregar alguna propiedad.

El grafeno y unos primos: el fosforeno, el siliceno, el germaneno y el estaneno

Marcos señala que leyó en alguna parte que el grafeno tiene algunos problemas y que tal vez no sea un material tan espectacular como se pensaba. Dice que existen de hecho muchos nuevos materiales en 2D que podrían cambiar muchos aspectos debido a las propiedades interesantes que muestran en estas dimensiones tan pequeñas, a nanoescala, vaya. Ernesto le pregunta que cuáles nuevos materiales y Marcos responde:

--El fosforeno o fósforo negro. A diferencia del grafeno, el fosforeno, que es un semimetal, es un semiconductor. Eso le da otras propiedades y lo asemeja más a los materiales que hoy se usan en las aplicaciones electrónicas; aunque no es tan plano como el grafeno. Bueno, más que competencia para al grafeno, es como un material para aplicaciones que no podrían hacerse con éste. Aunque tiene un inconveniente, es muy reactivo en condiciones normales, es necesario protegerlo de alguna forma para que no se degrade o convierta en otra cosa.

Ernesto señala entonces:

--Pues sí, el grafeno al parecer sólo es la punta de lanza de varios materiales que se están trabajando a nanoescala. No faltó quien pensó que si se podía trabajar con monocapas de átomos de carbono, seguramente también se podría hacer lo mismo con sus vecinos en la tabla periódica como el silicio para formar el sileceno, el germanio que formaría el germaneno y el estaño, estaneno. Aunque con algunas diferencias, en lugar de tener un material en 3D al que le despegan poco a poco capas delgadas, lo que hacen es hacer crecer las capas sobre sustratos como plata u oro. Aunque aún son inestables en condiciones normales, pueden servir mejor que el grafeno como semiconductores, con funciones más parecidas a las que tienen hoy en día en los dispositivos electrónicos, pero con mejor rendimiento, más pequeños y con menores demandas de energía.

Los tres amigos continúan comiendo y escuchando la música. Ana reflexiona un momento y se pone a pensar en las coreografías que se imaginó cuando llegaron, pero de pronto les dice:

--Ya había escuchado algo del grafeno y de los materiales en 2D, pero parece que aún les falta hacer esos materiales en forma industrial para bajar los precios y ponerlos a funcionar de verdad en dispositivos. Pero la ciencia que están describiendo es interesante. Eso de que se puedan construir desde un átomo de grosor es increíble. Las nanociencias se ve que son uno de los campos más prometedores en estos días. Creo que buscaré un asesor que trabaje en esos temas para que me dirija la tesis. Seguro habrá alguien en el Instituto de Ciencias Nucleares o en el Instituto de Investigaciones de Materiales que haga algo relacionado con materiales como el grafeno.

- **Referencias**

- <http://www.graphene.manchester.ac.uk/>

- http://www.fen.bilkent.edu.tr/~gulseren/phys591/articles/atomic_crys_2d.pdf
- <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jz201000a>
- <http://www.pnas.org/content/112/43/13128.extract.html?etoc>
- <http://www.nature.com/news/the-super-materials-that-could-trump-graphene-1.17775>
- <http://scitechdaily.com/new-graphene-based-catalyst-shows-promise-for-clean-inexpensive->