

# El carbono nos tenía guardada otras sorpresa

Teodomiro Moreno Jiménez / Nicolás Elortegui Escartín  
José Fernando Rodríguez García / José Fernández González

Componentes del grupo G.I.T.E.P. departamento de didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de la Laguna, Tenerife.

Los Premios Nobel son el escaparate social de la ciencia más conocido por el gran público. Algo así como los Oscar, pero con “estrellas” que casi nadie conoce trabajando sobre “películas” que casi nadie ha visto, por lo que no deja de ser curiosa la repercusión que tienen en los medios de comunicación del gran público. Y, como en los Oscar, a veces el premio recae sobre temas en los que ya casi nadie tiene interés. Así ocurrió en 1996, cuando el Premio Nobel de Química fue a parar a un grupo de investigadores que trabajaban sobre una parte de la química que se creía cerrada: la química del carbono puro. Nadie contaba con que el carbono nos tuviera guardada una sorpresa.

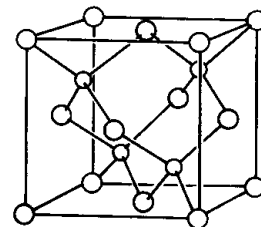
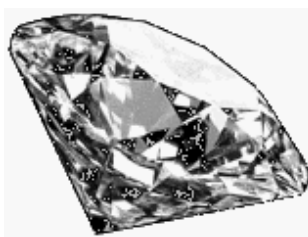
## PREMIOS NOBEL DE QUÍMICA DE 1996

ROBERT F. CURL, Jr.: Universidad de Rice, Estados Unidos  
Sir HAROLD W. KROTO, Universidad de Sussex, Inglaterra  
RICHARD E. SMALLEY, Universidad de Rice, Estados Unidos

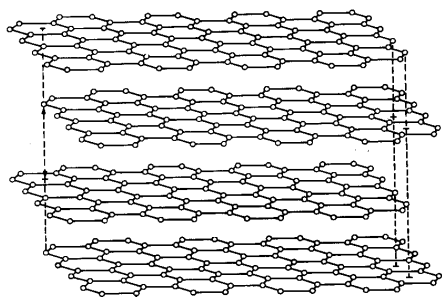
*Por sus trabajos sobre los fullerenos.*

El carbono es un elemento químico que todos conocemos. Existe en la naturaleza en dos formas cristalinas, **diamante y grafito**. Ambos materiales son carbono puro y la diferencia está en su forma de cristalización.

En el **diamante**, cada átomo de carbono se encuentra enlazado a otros cuatro átomos de carbono distribuidos con forma de tetraedros insertados en una estructura cúbica. La extraordinaria dureza del diamante es consecuencia directa de esta estructura.



En el cristal de **grafito** (la mina del lápiz es grafito), los átomos de carbono están ordenados en láminas de hexágonos regulares superpuestas. Cada lámina es una gigantesca molécula bidimensional.



Las propiedades del grafito se encuentran de acuerdo con esta estructura. El grafito posee menos densidad que el diamante debido a la mayor separación entre las hojas adyacentes. La falta de enlaces fuertes entre estas capas hace posible que éstas resbalen unas sobre otras (de ahí la sensación que percibimos cuando escribimos con lápiz), y comunica el tacto grasiento y el carácter lubricante del grafito.

Las muchas formas del carbón amorfo (p. ej. carbón vegetal, negro de humo, etc.) son todas de carácter microcristalino y están formadas por cristalitas con la estructura del grafito, orientados al azar. Desde hace siglos, estas han sido las únicas formas de carbono conocidas hasta que el carbono nos dio la sorpresa que nos tenía guardada.

En 1985, el equipo científico británico-americano de Robert Curl (Universidad de Rice), Harold Kroto (Universidad de Sussex) y Richard Smalley (Universidad de Rice) lograba producir una nueva forma de carbono que abre todo un campo de la química de los nuevos materiales.

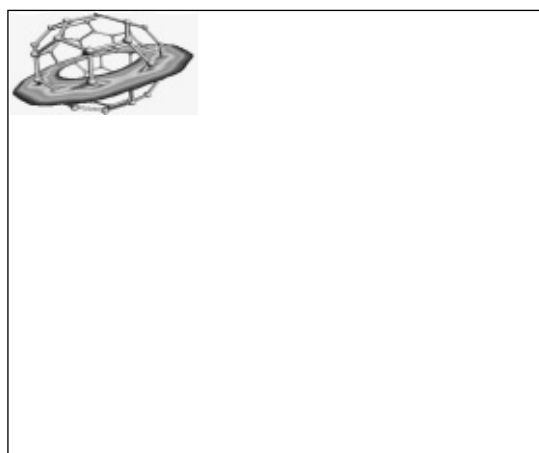
La forma en que se obtuvieron estas moléculas es una buena muestra de trabajo en colaboración entre científicos de varias especialidades.

En la Universidad de Sussex, Kroto se ocupaba del estudio de las atmósferas ricas en carbono de las estrellas gigantes rojas. Mediante espectroscopía observó que contenían largas cadenas de moléculas de carbono y nitrógeno con una estructura que le era desconocida.

Kroto pidió ayuda a sus colegas de la Universidad de Rice para desentrañar el mecanismo de formación de tales moléculas en las atmósferas estelares. Entró en contacto con Smalley, que trabajaba en análisis de materiales mediante un aparato que había construido con el que, mediante

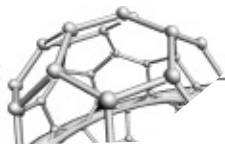
un láser, vaporizaba una pequeña porción de material y lo analizaba en fase gaseosa.

Smalley y Curl habían empleado el aparato para examinar agregados metálicos que podrían ser útiles en semiconductores. El material sujeto a ensayo se cambió por carbono el 1 de septiembre de 1985, cuando Kroto llegó para hacer una visita. Con el aparato, hallaron que el carbono se unía en pequeños grupos de átomos, con mucha tendencia a formar agrupaciones de 60 átomos sumamente estables. Tras días de discusión llegaron a la conclusión de que los 60 átomos de carbono debían de estar dispuestos en forma de un icosaedro truncado que constaría de 12 pentágonos y 20 hexágonos: en otras palabras, algo muy parecido a un balón de fútbol.



*El domo de la cúpula de la Expo '67 en Montreal*

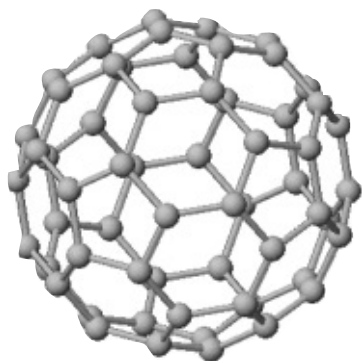
Como es costumbre, había que bautizar al recién llegado y hubo consenso en que la especial



forma de la molécula debía estar presente en el nombre. Al fin y al cabo, el carbono nos había dado la sorpresa de que, además de existir en una nueva forma, ésta resultó ser algo que creíamos haber inventado los humanos, algo artificial, para demostrarnos que, de nuevo, la Naturaleza se nos había adelantado.

Entonces alguien cayó en la cuenta de que esa forma existía en otro lugar diferente de los balones de fútbol; el trabajo del arquitecto Richard Buckminster Fuller desde los años 50 se caracterizaba por las cúpulas de grandes pabellones que construía con pentágonos y hexágonos con la misma estructura que la nueva molécula. Así que se bautizó a la molécula “fullereno” como nombre oficial y “buckybolas” como nombre familiar.

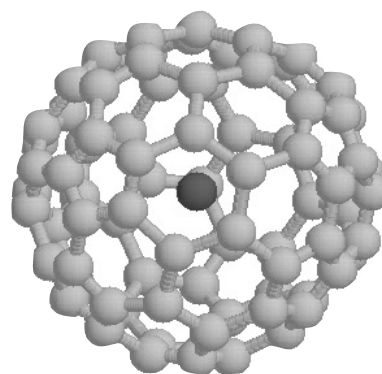
El prototipo de la familia del fullereno es la molécula  $C_{60}$ , formada por 60 átomos de carbono, situados en los vértices de una estructura formada por doce pentágonos y veinte hexágonos, análoga a un balón de fútbol.



Inmediatamente las especiales características de estas macromoléculas levantaron todo tipo de expectativas entre los científicos. Para seguir las investigaciones se necesitaban cantidades suficientes de sustancias y un método simple para obtenerlas. Pero el aparato de Smalley tenía un inconveniente: no estaba diseñado para síntesis, y únicamente podía crear cantidades microscópicas de fullerenos. En 1990, los grupos de Wolfgang Kratschmer y Donald Huffman, del Instituto Max-Planck de Heidelberg y de la Universidad de Arizona, dieron con un procedimiento muy simple de fabricar fullerenos en cantidades del orden del gramo. Mostraron que un arco eléctrico entre dos electrodos de grafito vaporizaba algo de carbono, que después se recondensaba en fullerenos.

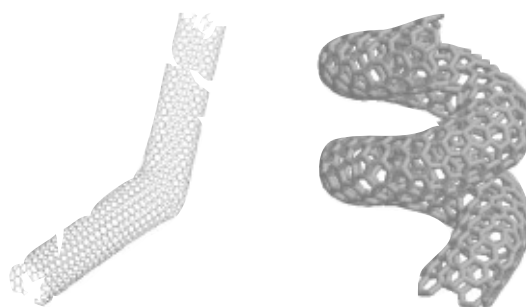
Curl, Kroto y Smalley, junto con varios alumnos de segundo ciclo de la universidad de Rice, hallaron las “buckybolas” por carambola: desde las atmósferas de las protoestrellas hasta los residuos del arco voltaico.

Con esta técnica, la investigación de los fullerenos se disparó. Los expertos hallaron que podían encerrar otros átomos dentro de una buckybola (el  $C_{60}$  tiene un diámetro de alrededor un nanómetro =  $10^{-9}$  m).



Al encerrar los átomos metálicos en la estructura del fullereno, las propiedades que se obtienen son sorprendentes. La “coraza” de carbonos modifica completamente el material. Por ejemplo, agregando rubidio y cesio al  $C_{60}$ , este se transformaba en una sustancia superconductor a 33 Kelvin.

Las estructuras de las buckybolas también se pueden estirar para formar nanotubos huecos, es decir, tubos de tamaño molecular con la superficie formada por pentágonos y hexágonos de átomos de carbono.



La gama de utilidades de este tipo de estructuras parece expandirse ilimitadamente. Se han propuesto fullerenos como lubricantes, catalizadores y vehículos para la administración de fármacos. Si los

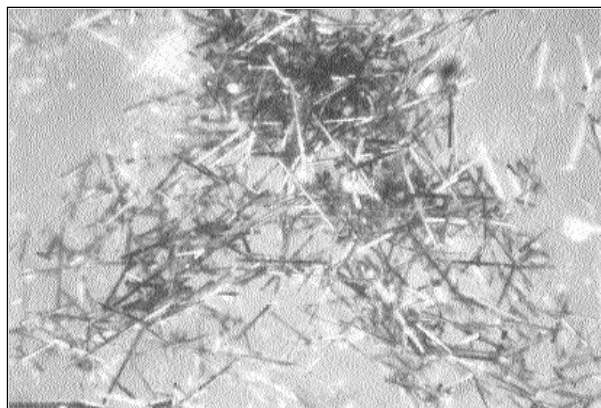


nanotubos de carbono se pueden alargar hasta longitudes convenientes sin defectos, podrían servir de cables bidimensionales más resistentes que el acero y con la ligereza del carbono.

Uno de los últimos resultados acerca de estos materiales es el obtenido recientemente en el Centro de Investigaciones sobre Muy Bajas Temperaturas de Grenoble, donde han transformado moléculas de  $C_{60}$  en diamante a temperatura ambiente.

Hasta ahora la imaginación de los investigadores ha ido por delante de las esquivas aplicaciones prácticas. Sin embargo, al ponerse a punto nuevas técnicas de trabajo se va abriendo un amplio campo asociado a este tipo de materiales. En cualquier caso, los fullerenos han alterado para

siempre los fundamentos teóricos de la química y de la ciencia de los materiales.



*Cristales de fullereno*