



Novedades recientes sobre la química y sus ciencias afines

EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 1996 Una nueva forma cautivadora del carbono

En la mitad de los años ochenta, todos los químicos lo creían saber todo sobre el elemento carbono. Se conocía un buen número de formas alotrópicas: dos del diamante, dos del grafito, la caoita y el carbono (VI) —estas dos últimas descubiertas en 1968 y 1972, basadas en unidades con estructura de carbinos: $-C\equiv C-C\equiv C$.¹

Durante años, numerosos investigadores identificaron que, bajo ciertas condiciones, los átomos de carbono tenían la tendencia a agruparse en cúmulos de sesenta átomos. Pero no se detuvieron a echar una segunda mirada. Finalmente, en septiembre de 1985 un grupo de científicos americanos e ingleses resolvieron el misterio y descubrieron una nueva clase de molécula de carbón, por la que en octubre anterior recibieron el Premio Nobel de Química.

Robert F. Curl Jr., Harold W. Kroto y Richard E. Smalley han sido los premiados, por identificar la estructura del denominado fullereno C_{60} (figura 1), viejo amigo de nuestra revista,² nombrado así en honor del arquitecto Buckminster-Fuller, quien ideó el domo geodésico, precisamente con esa estructura.

Los fullerenos se forman cuando el carbono

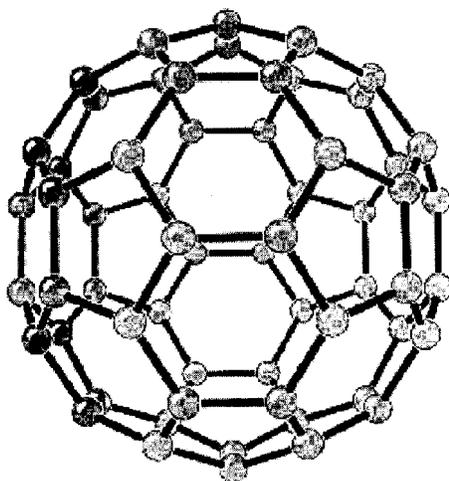
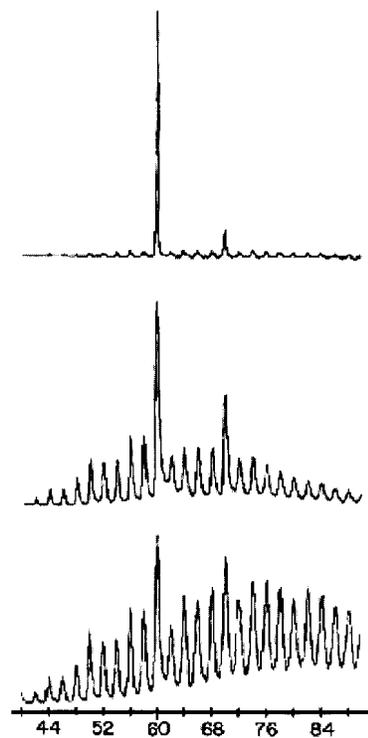


Figura 1. Modelo de la estructura del C_{60} , tomado de *Acc. Chem. Res.* 25[3], 1992.



Átomos de carbono por cúmulo.

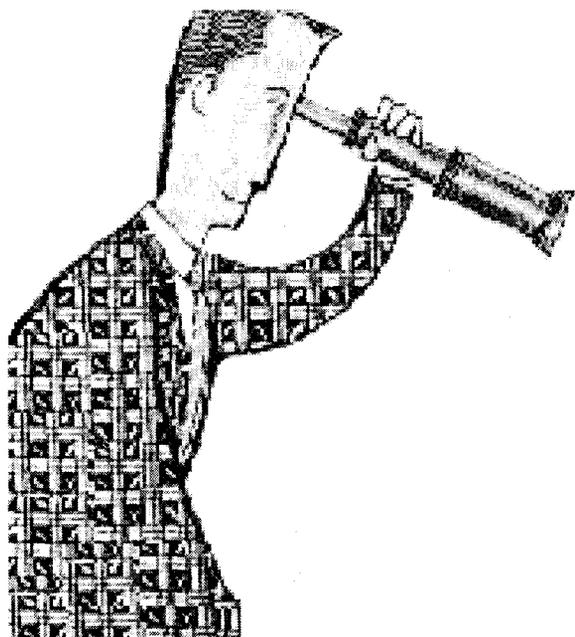
Figura 2. La distribución del tamaño de los diversos fullerenos puede afectarse notablemente en función de la operación de la boquilla de la cámara de vacío. Siempre las especies que aparecen con más frecuencia tienen 60 y 70 átomos de carbono.

vaporizado se condensa en una atmósfera de gas inerte. El carbono gaseoso se obtiene, por ejemplo, dirigiendo un pulso intenso de luz láser sobre una superficie de carbono grafito. Los cúmulos se forman en una atmósfera de helio que luego se somete al vacío, expansión que lleva su temperatura hasta pocos grados por encima del cero absoluto. Algunos resultados de la espectrometría de masas de esas primeras muestras se incluyen en la figura 2.

La estructura de la figura 1 fue confirmada en 1990, cuando un grupo de alemanes lograron sintetizar cantidades apreciables del fullereno C_{60} y las sometieron al análisis por rayos-X. Desde entonces, la investigación sobre la reactividad química y las propiedades de los fullerenos ha ido *in crescendo*.

EL PREMIO NOBEL DE FÍSICA 1996

El helio-3, un líquido cuántico superfluido formado de fermiones



En la investigación del helio a bajas temperaturas Heike Kamerlingh-Onnes (premio Nobel en 1913) encontró un extraño cambio de fase del helio líquido a una temperatura de alrededor de 2 grados Kelvin.

La explicación de dicho cambio se alcanzó al final de la década de 1930 por Pjotr Kapitza (premio Nobel en 1978) y además el descubrimiento de una nueva propiedad extraordinaria: la superfluidez, que recibió una explicación esquemática posterior por Fritz London y Lev Landau (premio Nobel en 1962) y otra más formal por Onsager y Feynman (también premios Nobel de Física).

En el estado superfluido, la viscosidad del helio se vuelve cero, por lo que fluye absolutamente sin resistencia. Puede fluir por las paredes de una taza y salirse de la misma, atravesar agujeros extremadamente pequeños y mostrar toda una serie de propiedades no existentes en los fluidos clásicos. Se trata de un fluido cuántico, debido a que los átomos del isótopo de helio-4 tienen un espín entero, por lo que se conocen como bosones.

Los bosones ocupan los estados cuánticos disponibles de diferente manera que las partículas con

espín semientero ($1/2$, $3/2$, etcétera), llamadas fermiones. Los bosones, como el helio-4, siguen la estadística de Bose-Einstein lo que, entre otras cosas, implica que bajo ciertas circunstancias un conjunto de bosones se condensa como grupo en el estado cuántico de la menor energía. Los fermiones, por su parte, siguen la estadística de Fermi-Dirac, y ocupan siempre los niveles energéticos en forma de pares de partículas, con espines opuestos. Sólo dos de ellos, por lo tanto, ocupan el estado de más baja energía.

El descubrimiento de Kapitza de 1938 fue que a 2.17 Kelvin ocurría la condensación de los bosones del helio-4 y que ello le daba la característica de superfluidez. Se pensaba que dicho fenómeno no podía ocurrir en el helio-3, ya que está compuesto por fermiones (tiene dos protones en el núcleo pero sólo un neutrón, por lo que el espín total del núcleo es un semientero). No obstante, el premio Nobel de Física-1996 se otorgó a quienes, a principio de los años setenta lograron obtener el helio-3 superfluido, a una espeluznante temperatura de 0.002 Kelvin: David M. Lee, Douglas D. Osheroff y Robert C. Richardson, científicos estadounidenses.⁴

La idea de que una sustancia con fermiones pudiera sufrir una condensación similar se basó en los trabajos de los ganadores del premio Nobel de 1972, Bardeen, Cooper y Schrieffer, quienes explicaron que la superconductividad de los metales a baja temperatura podría explicarse por el acoplamiento de parejas de electrones (pares de Cooper). Dos fermiones aparejados, cada uno con espín semientero, forman un sistema de espín entero, es decir, un bosón.

El trabajo de Lee, Osheroff y Richardson consistió en demostrar que algo similar ocurre en el helio-3, es decir, que a muy baja temperatura los fermiones se acoplarían dando lugar a bosones que sí pudieran mostrar el fenómeno de condensación y, por lo tanto, la superfluidez. ¡Apasionante el mundo de las bajas temperaturas!, ¿o no lo cree el lector? ■

Referencias

1. Whittaker, A.G., Carbon: a new view of its high temperature behaviour, *Science* 200, 763-4, 1978.
2. Pisanty, A., Futboleno- C_{60} , *Educ. quím.* 2[3], 140-145, 1991.
3. *Acc. Chem. Res.* 25[3], 1992.
4. Nobel Prizes, *Science* 274, 345-6, 1996.