

Recibido: 02.03.2022 • Aceptado: 06.03.2023

Palabras clave: Alótropos, carbono, fullerenos, nanomateriales, nanotecnología.

Fullerenos, asombrosas estructuras parecidas a un balón de futbol

CASANDRA PESADO GÓMEZ

capgo08@hotmail.com

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD VERACRUZANA

JESÚS CARRILLO AHUMADA

jesuscarrillo18@yahoo.com

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA, UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

RAÚL COLORADO PERALTA

racolorado@uv.mx

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD VERACRUZANA

El carbono es un elemento que juega un papel importante en la naturaleza y en la vida humana; mantiene un rol fundamental en diversas áreas del ámbito científico, tales como el área biológica y la ciencia de los materiales. Lo anterior gracias a las diferentes propiedades físicas y químicas que puede presentar dicho elemento en sus diferentes formas. Estas representaciones son el resultado de un fenómeno llamado alotropía, el cual consiste en que el carbono puede presentarse en diferentes estructuras a nivel molecular sin cambiar su composición elemental, claro ejemplo de ello son el diamante y el grafito. Ambos son materiales sólidos y están constituidos únicamente por átomos de carbono; no obstante, su apariencia es muy diferente, lo cual es resultado de su geometría molecular. El diamante está constituido por átomos de carbono distribuidos de forma tetraédrica, mientras que los átomos de carbono en el grafito están distribuidos de forma hexagonal mostrando láminas planas que se van apilando una tras otra (Patil *et al.*, 2021).

Podríamos hablar de otras formas alotrópicas interesantes, como los nanotubos y el grafeno; sin embargo, existe una forma alotrópica en específico que ha llamado mucho la atención debido a su geometría molecular exótica, la cual es asociada a un balón de fútbol, gracias a la distribución que poseen sus 60 carbonos. Este alotropo fue nombrado Buckminsterfullereno, pero, dado que el nombre era muy largo, la comunidad científica decidió llamarlo únicamente fullereno o C_{60} (Cataldo, 2020), (figura 1).

Descubrimiento y obtención

Esta estructura maravillosa fue descubierta por Harol Walter Kroto, un químico de la Universidad de Sussex (Inglaterra), junto con Robert Curl, James Heath, Sean O'Brien, Richard Smalley de la Universidad de Rice en Estados Unidos de América (EUA). Su trabajo fue publicado en el volumen 318 de la revista *Nature* 85, y esto les valió el Premio Nobel de Química en el año 1996. El nombre Buckminsterfullereno se lo dieron en honor al arquitecto e inventor de las cúpulas geodésicas R. Buckminster-Fuller, debido a la compleja geometría icosaédrica que posee este balón molecular de fútbol (Lai, Cheng y Hsu., 2014), (foto 1).

Kroto y colaboradores detectaron por primera vez al fullereno C_{60} y otras estructuras análogas de mayor y menor tamaño mientras llevaban a cabo experimentos para replicar la química de la atmósfera rica en carbono de las estrellas que se encuentran en su última etapa de evolución estelar llamadas gigantes rojas para producir polímeros de largas cadenas de carbono conocidos como cianopolinos, detectados a través de una técnica analítica llamada espectrometría de masas de tiempo de vuelo. El experimento consistía en la vaporización de grafito a través de un láser en condiciones óptimas revelando la existencia de una molécula de geometría desconocida conformada por 60 átomos de carbono. En el año 1991 esta estructura fue asociada a geometrías geodésicas gracias a un análisis de difracción de rayos-X, obteniendo la fotografía 3D que reveló la geometría molecular del fullereno C_{60} . Otros métodos por los cuales actualmente puede obtenerse fullerenos son descarga de arco eléctrico (descarga eléctrica entre dos electrodos de grafito colocados en atmósfera inerte), pirolisis de naftaleno (descomposición química del naftaleno a altas temperaturas en ausencia de oxígeno), calentamiento inductivo de grafito (calentamiento de grafito por transferencia de calor a través de una bobina que crea un campo electromagnético), calentamiento resistivo

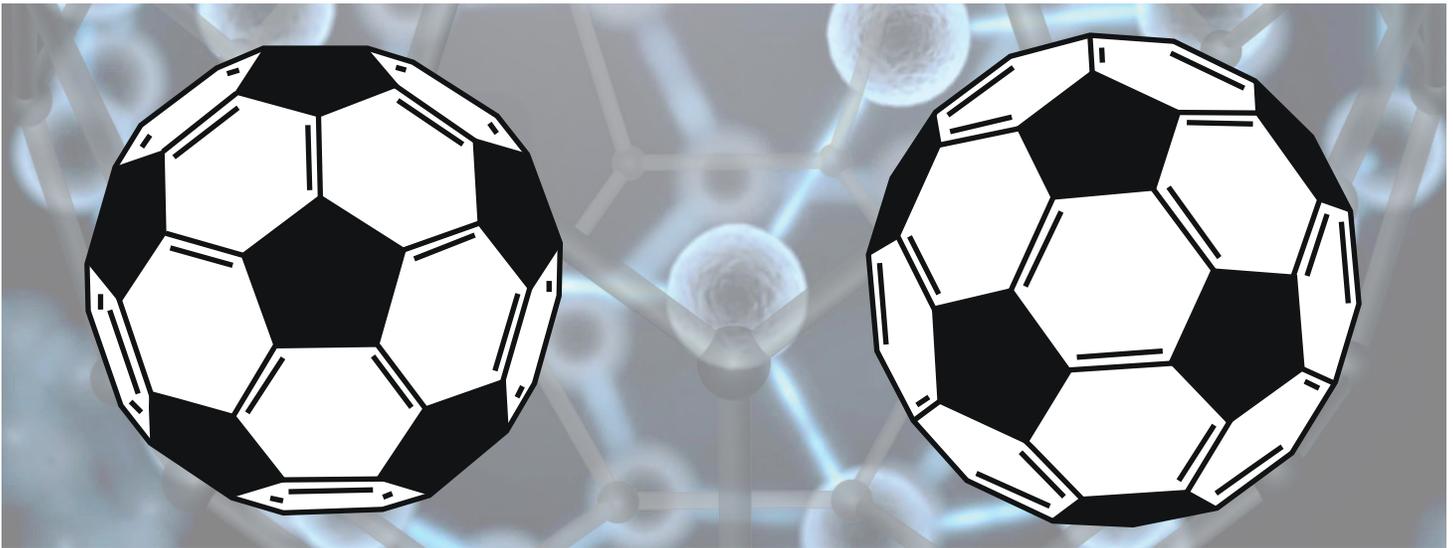


Figura 1.
Fullereno C_{60} y su analogía con el balón Adidas Telstar Duslast 1974



Foto 1.
El Museo del Medio Ambiente de la Biosfera en Canadá presenta una cúpula geodésica diseñada por R. Buckminster-Fuller.

162 LETTERS TO NATURE NATURE VOL. 318 14 NOVEMBER 1985

C_{60} : Buckminsterfullerene

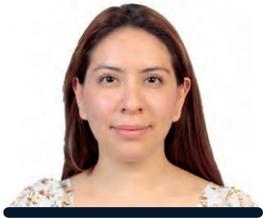
H. W. Kroto*, J. R. Heath, S. C. O'Brien, R. F. Curl & R. E. Smalley

Rice Quantum Institute and Departments of Chemistry and Electrical Engineering, Rice University, Houston, Texas 77251, USA

Fig. 1 A football (in the United States, a soccerball) on Texas grass. The C_{60} molecule featured in this letter is suggested to have the truncated icosahedral structure formed by replacing each vertex on the seams of such a ball by a carbon atom.




Foto 2.
Aplicación de los fullerenos en el aceite Bardahl XTC C_{60} a casi cinco décadas de su descubrimiento



CASANDRA PESADO GÓMEZ

Es estudiante de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana y desarrolla el proyecto "Fullerenos con potencial actividad biológica".

de grafito (calentamiento mediante una corriente eléctrica que se hace pasar a través del grafito), procesos de combustión de hidrocarburos aromáticos en presencia de oxígeno, entre otros (Mojica *et al.*, 2013).

Características físicas y químicas

A simple vista, el fullereno C_{60} se aprecia como un polvo fino oscuro que es muy similar al hollín y presenta una alta solubilidad en diversos disolventes aromáticos como benceno, tolueno, xileno, o-clorobenceno y 1-cloronaftaleno. El fullereno C_{60} forma un esferoide con 20 caras hexagonales y 12 caras pentagonales con 60 enlaces que conectan a un pentágono y un hexágono, y 30 enlaces que conectan a dos hexágonos. Existen otros fullerenos de mayor y menor cantidad de carbonos, como: C_{20} , C_{24} , C_{28} , C_{32} , C_{36} , C_{50} , C_{70} , C_{76} , C_{78} , C_{80} , C_{82} , C_{84} , incluso C_{540} (aunque solo existen de forma teórica). El fullereno C_{70} es el segundo fullereno de mayor estabilidad y posee una geometría ovalada asociada a un balón de rugby, dicha configuración repercute directamente en su reactividad química; por lo cual, tanto C_{60} (Ih) como C_{70} (D5h) poseen una excelente conductividad, ya que son buenos sistemas aceptores de electrones. Por último, el fullereno C_{60} no es tan aromático como se piensa, las moléculas aromáticas son planas y esta molécula no lo es, incluso presenta curvatura, por lo que su reactividad y propiedades son diferentes a las de otros nanomateriales basados en carbono como los nanotubos o el grafeno (Khamitova *et al.*, 2019).

Aplicaciones relevantes

En la actualidad existe una gran variedad de productos que hacen uso del C_{60} , tales como baterías electrónicas, aceites para automóviles, pintura resistentes al calor y al fuego, materiales para tecnología semiconductora y diversas aplicaciones médicas (foto 2). Adicionalmente, el C_{60} se ha sometido a diversas derivaciones químicas, buscando que sus aductos presenten actividad antiviral, analgésica, antibiótica y como agente de contraste en terapia fotodinámica, aunque cabe mencionar que su

poca solubilidad en agua ha sido un impedimento para estudios más completos. No obstante, una de las aplicaciones que más sobresale en los fullerenos es su uso en la síntesis de materiales conductores y semiconductores, así como en la construcción de placas fotovoltaicas (Montellano *et al.*, 2011). Por último, es importante mencionar que existe un largo camino en el estudio de estas fascinantes estructuras alotrópicas del carbono, las cuales, por sus características físicas y químicas, parecen seguir siendo prometedoras y tener un amplio uso a futuro. **UP**

Referencias bibliográficas:

- Cataldo, F. (2020) Fullerenes. En Mihai Putz (Ed.) *New Frontiers in Nanochemistry. Concepts, Theories and Trends*, (pp. 219-225). Apple Academic Press.
- Khamitova, K. K., Kayupov, B. A., Yegemova, S. S., Gabdullin, M. T., Abdullin, K. A., Ismailov, D. V. y Kerimbekov, D. S. (2019). The use of fullerenes as a biologically active molecule, *International Journal of Nanotechnology*. 16(1-3), pp.100-108.
- Lai, Y.-Y., Cheng Y.-J. y Hsu, C.-S. (2014) Applications of functional fullerene materials in polymer solar cells, *Energy and Environmental Science*. 7(6), pp. 1866-1883.
- Mojica, M., Alonso, J. A. y Méndez, F. (2013), Synthesis of fullerenes, *Journal of Physical Organic Chemistry*. 26(7) pp. 526-539.
- Montellano, A., Da Ros, T., Bianco, A. y Prato, M. (2011) Fullerene C_{60} as a multifunctional system for drug and gene delivery, *Nanoscale*. (2011) 3(10), pp. 4035-4041.
- Patil, D. T., Chikhale H. U. y Amrutkar, S. V. (2021) Fullerenes a dynamic organic ball and its medicinal application, *Journal of Chemical Pharmaceutical Reserch*. 13(1), pp. 1-5.

