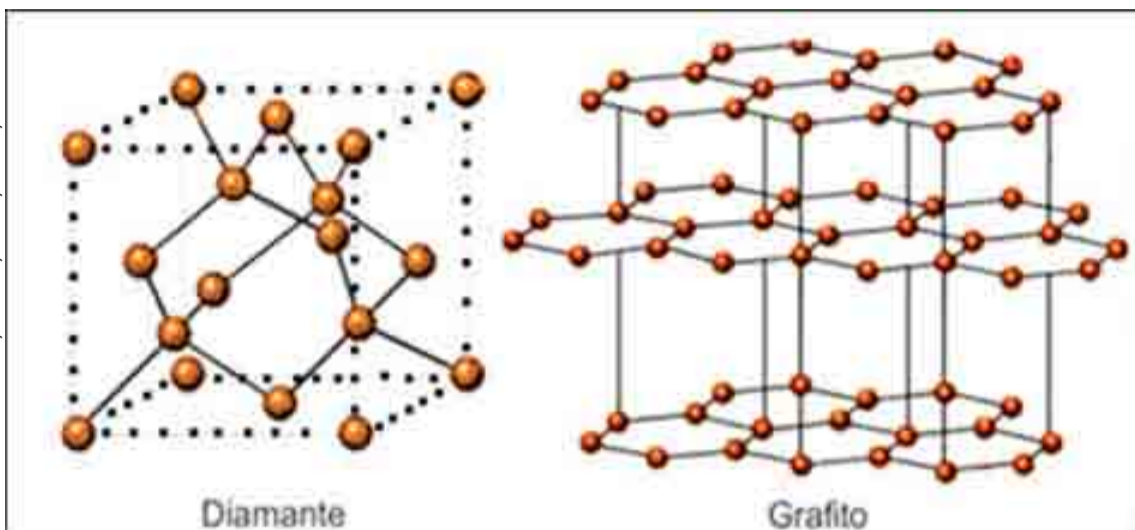


# Balones moleculares interestelares

TOMADO DE HTTP://WWW.REVISTA.UNAM.MX/VOL.11/NUM3/ART26/INT26.HTM



**Figura 1.- Representación esquemática de las estructuras moleculares del diamante y del grafito. Ambos están formados exclusivamente por átomos de carbono pero unidos de manera distinta.**

**Edgar Vargas Frías**

*De las cosas menos importantes, el fútbol es la más importante.*

Jorge Valdano

Presentación: Agustín López Munguía, miembro de la Academia de Ciencias de Morelos. Edgar Vargas Frías forma parte del Taller y Portal de escritura creativa *Cienciorama*

<http://www.cienciorama.unam.mx>. Es Licenciado en Química, Maestro en Ciencias Químicas y candidato a doctor en Ciencias Químicas por la UNAM. Es miembro del Laboratorio de Química de Plasmas y Estudios Planetarios del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM y forma parte del grupo de trabajo del Dr. Rafael Navarro González, colaborador de la NASA en la investigación sobre Marte. Es miembro fundador del grupo de *Bohrium*, Comunidad de Ciencias del Espacio, y participante frecuente en eventos de divulgación de la ciencia. La ACMor agradece a *Cienciorama* que nos comparta este texto.

**Resumen**

Pese a que el espacio entre las estrellas podría considerarse

un medio hostil para muchos compuestos químicos debido a las distintas formas de radiación que hay en él, los científicos han encontrado decenas de moléculas sencillas y/o muy complejas, orgánicas e inorgánicas. Las moléculas orgánicas son importantes porque pueden estar relacionadas con procesos que tienen que ver con la vida y entre ellas hay algunas basadas sólo en átomos de carbono y que son en sí mismas muy interesantes: se trata de los fulerenos o *buckybolas*. La presencia de estos compuestos interestelares ha cambiado la idea de que los fulerenos sólo se producían en los laboratorios.

**El modelo que más le guste**

El carbono es un elemento bastante versátil y lejos está la idea de que sólo se presentaba bajo las formas naturales de grafito o diamante como se muestra en la figura 1 (Vargas 2014). Es claro que aunque ambas presentaciones son de utilidad en nuestra vida, pero su valor comercial y emocional es evidentemente muy distinto debido a nimiedades estructurales que tienen que ver con su apariencia, pero que resultan ser de gran rele-

vancia. Las propiedades de cada compuesto dependen de su estructura molecular, no olviden ese principio químico.

La reacción de una chica ante un anillo con un diamante bien pulido nunca será la misma que ante un anillo con un mazacote negro –grafito– que se deteriora rápidamente. Pero los chantajes económico-sentimentales no son tema de esta disertación, para eso están películas como *Desayuno en Tiffany's*. De lo que quiero hablar es de que recientemente se ha confirmado la existencia natural de otra forma molecular formada únicamente de carbono: los fulerenos o *buckybolas*, que acá entre la banda llamamos *futboleros*, ¿la razón?: échale un vistazo a la figura 2.

Estas tres formas de encontrar un mismo elemento en distintas estructuras moleculares: grafito, diamante y fulereno, son conocidas entre las personas que se dedican a la química como *alótopos* y cada elemento de la tabla periódica tiene distinto número de *alótopos*. Pero cuidado, no te confundas con los *isótopos*, que son variaciones de un mismo elemento que se distinguen por su masa atómica



TOMADO Y ADAPTADO DE: HTTP://GOO.GL/XMCNQL

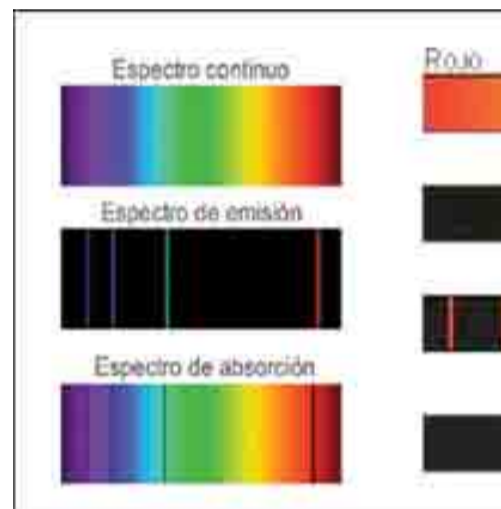
–mismo contenido de protones pero distinto número neutrones en su núcleo– y aunque eso les otorga distintas propiedades, éstas no tienen nada que ver con la estructura geométrica que adoptan sus moléculas.

El arquitecto futurista Richard Buckminster Fuller fue un arquitecto estadounidense en cuyo honor se nombraron estas estructuras moleculares de carbono; y las nombraron así porque este señor desarrolló construcciones con la idea de maximizar el uso de recursos y de espacio, al mismo tiempo que reducía la energía para construirlas o sostenerlas. La más conocida es la cúpula geodésica construida para la exposición internacional de Montreal, Canadá de 1967 (figura 2). Como ven, son estructuras muy parecidas.

Pero ¿qué tal si pasamos a la cancha de la química para conocer la importancia de los fulerenos.

**No es tan vacío el vacío**

El espacio interestelar es casi vacío, pero en ese *casi* hay materia: las galaxias, las estrellas, los planetas, el polvo, las nubes moleculares, etcétera. Nosotros mismos estamos en este inmenso vacío. Y bueno, como ustedes sabrán, los astrónomos se dedican a *explorar* y a estudiar todo lo que encuentran allá afuera, y lo hacen con telescopios o radiotelescopios, pero también con instrumentos que usan una técnica conocida como espec-



**Figura 3. En la figura de lado izquierdo vemos la diferencia entre un espectro de emisión y absorción. En el lado derecho se observan las diferencias entre espectros de emisión de varios elementos químicos.**

troscopía, que no es otra cosa que ver en qué longitudes de onda del espectro electromagnético emiten o absorben ondas de radiación los cuerpos que se encuentran en el espacio (Velázquez Olivera, 2014) El resultado son gráficas con líneas ubicadas a ciertas longitudes de onda, a esto se le llama *espectro* (figura 3). Entonces lo que hacen es comparar los espectros y ver si son idénticos a los de las sustancias que conocemos, ya que cada molécula o átomo particular nos da registros únicos y así se puede saber de qué están hechas las estrellas o cuántas.



**Figura 2.- De izquierda a derecha: Fulerenos, cúpula geodésica, balón de fútbol. Como puedes ver los fulerenos o buckyballs se parecen a los balones de fútbol, de ahí el apodo de futboleros.**

## ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



les son las moléculas o átomos que están en las nubes moleculares o en el polvo interestelar e incluso ya podemos verificar qué hay en algunas atmósferas de los planetas que están fuera de nuestro Sistema Solar.

### Las buckybolos son del espacio exterior

Como siempre, lo interesante no es lo que ya sabemos, sino lo que desconocemos. La historia nos dice que en 1919 Mary Lea Heger, una chica de posgrado

se han contabilizado cerca de 400 distintas— que absorben en ese montón de longitudes de onda, como se observa en la figura 4. Pero este año por lo menos dos de esas longitudes de onda están casi confirmadas y corresponden a estos alótopos de carbono, es decir, a las *buckybolos* o fulerenos.

### Del espacio interestelar al laboratorio

Originalmente creíamos que los fulerenos eran una creación humana, ya que fueron sintetizados en 1985 por los investigadores estadounidenses Rick Smalley, Robert Curl y Harold Kroto de la Universidad Rice de Houston, Texas. Ese trabajo les valió el premio Nobel de química en 1996. Aunque cabe mencionar que desde 1970 habían sido predichos por el investigador japonés Eiji Osawa.

Los químicos estadounidenses simularon experimentalmente las condiciones que existen en estrellas ricas en carbono y cuando sometieron cierta cantidad de grafito a un potente láser, se produjo una molécula tan grande y pesada, que sus características coincidían con una molécula de ¡60 átomos de carbono! y con la geometría de una estructura cerrada, casi esférica, formada por pentágonos y hexágonos en cuyos puntos de unión estaban los átomos de carbono.

Esta estructura geométrica por supuesto se parecía a un balón de fútbol, pero también a esas bellas construcciones concebidas por el arquitecto Buckminster Fuller (figura 2). Se había creado en el laboratorio una nueva forma alotrópica de carbono.

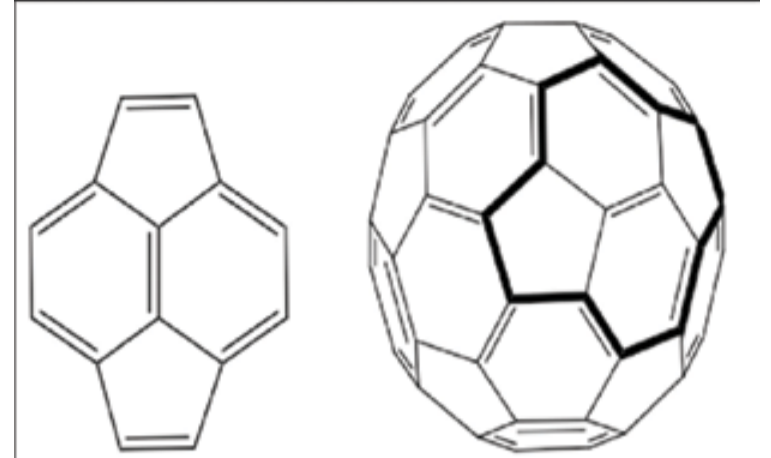
### Del laboratorio al espacio

En una investigación reciente realizada por científicos de la Universidad de Basilea, Suiza, se reportó que si se logran en el laboratorio condiciones simi-

lares a las que hay en el medio interestelar, es decir, casi cero absoluto de temperatura y un vacío considerable, al ionizar moléculas del fulereno con 60 átomos de carbono, se obtiene un espectro que es casi idéntico al que obtienen los astrónomos de las llamadas DIB. Esta fuerte evidencia sugiere que los fulerenos pueden ser responsables de esas bandas difusas y, por tanto, entrar por la puerta grande a ese gran catálogo de moléculas interestelares que estamos descubriendo. Esto también refuerza el hecho de que los compuestos de carbono están ampliamente distribuidos en el espacio, pues como recordarán, la vida tal y como la conocemos funciona con base en compuestos basados en este elemento. Estos hallazgos pueden quitarle la categoría de sintético a nuestro alótopo. En realidad descubrimos algo que la naturaleza ya había hecho, sólo que no en nuestro planeta. ¡Genial!

### Deja tú lo bonito, es bastante útil

La cantidad de átomos de carbono que conforman los fulerenos puede variar. Los hay de 32, 44, 60, pero también de 70, 76, 84, 90, etc. Incluso puede haber fulerenos de hasta 540 átomos de carbono. Centrémonos en el más común y que al parecer se identificó en el espacio interestelar: el de 60 átomos de carbono. Si observan la figura 2, verán que en la superficie se forman pentágonos y hexágonos. En total son 12 pentágonos—cada uno rodeado por cinco hexágonos— y 20 hexágonos—cada uno rodeado por 3 pentágonos y 3 hexágonos—. Cada átomo de carbono está unido a otros tres y si recordamos que debe tener cuatro enlaces, quiere decir que ese átomo participa en dos enlaces sencillos y un enlace doble; éste se localiza en la esquina común de un pentágono y un hexágono. En total son 90



Del lado izquierdo vemos la unidad básica que se puede repetir para formar el fulereno C60, se llama piraliceno. Del lado derecho observamos la enorme cantidad de dobles enlaces, así como la forma en que se rodean los pentágonos de hexágonos y viceversa (Arciniega, A. Tesis de Maestría, UNAM 2013).

enlaces, 30 sencillos y 60 dobles; químicamente esto es lo importante porque es sobre estos enlaces dobles que una molécula puede modificarse para adquirir nuevas funciones.

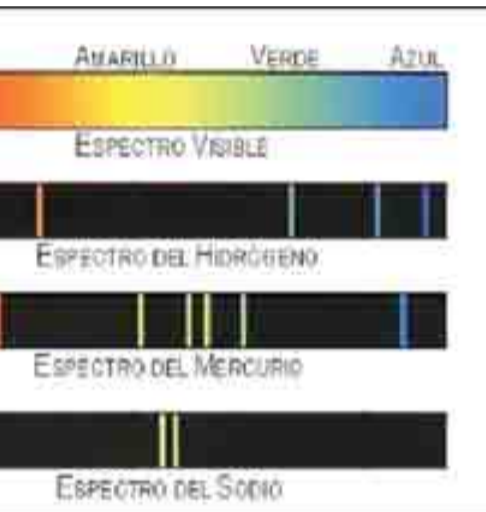
Analicemos nuevamente la figura 5. En realidad es el esquema de una imagen de un *fulereno* en un momento dado, ya que por definición sólo podemos establecer probabilísticamente dónde están los electrones (carga negativa) responsables de los enlaces en una molécula. Podemos ver localizada la multitud de dobles enlaces representados por líneas dobles en los hexágonos, pero no en los pentágonos. Eso quiere decir que esas zonas—los hexágonos—pueden albergar más carga negativa, por tanto generan una deficiencia de carga negativa en los pentágonos; por eso, al tener cerca un reactivo químico con carga negativa, el fulereno reaccionará rápidamente y generará una nueva sustancia. De manera general se dice que un *fulereno* es electroattractor, es decir, atrae electrones (carga negativa). Este es un ejemplo de las muchas reacciones en las que podrían participar las *buckybolos* ya que puede haber otras maneras—reacciones químicas— de hacer nuevas moléculas.

Esto es interesante porque como mencioné antes, los químicos se han dedicado a modificar las estructuras de los fulerenos con intención de que funcionen o se usen de diversas formas: desde lubricantes hasta transportadores de medicamentos. Pueden ser catalizadores o ser parte de celdas de combustible debido a que pueden tener propiedades eléctricas y ópticas o conformar polímeros en nuevos materiales. Las aplicaciones y nuevos usos no tienen límites. Debemos recordar que muchas sustancias químicas representan cierto peligro para los seres vivos, así que también se hacen estudios sobre su toxicidad o efectos en el medio ambiente. Debido a las dimensiones de las *buckybolos*,

este alótopo de carbono junto con el grafeno y los nanotubos, forma un conjunto enorme de nuevas sustancias que pronto serán parte de nuestra vida diaria. Mientras leen esto, diversos investigadores encuentran nuevos usos, aplicaciones y por supuesto, a su debido tiempo, se comercializarán y llegarán a nuestras manos y cuando suceda no dejen de pensar que son moléculas hechas de lo mismo que los diamantes y mejor aún, que son copias de lo que la naturaleza hizo hace cientos de millones de años en el espacio interestelar.

### Bibliografía

Edgar Vargas, "La raya por las que se intuyeron las moléculas", *Cienciorama*, 2014. (<http://www.cienciorama.unam.mx/#!titulo/360/?la-rama-por-la-que-se-intuyeron-las-moleculas>)  
 Velázquez Olivera C.A. "Los nuevos elementos... y sus arcoiris", *Cienciorama*, 2014. (<http://www.cienciorama.unam.mx/#!titulo/358/?los-nuevos-elementos-y-sus-arcoiris>)  
 E. K. Campbell, M. Holz, D. Gerlich y J. P. Maier, "Laboratory confirmation of  $C_{60}^+$  as the carrier of two diffuse interstellar bands", *Nature* 523, 322–323, 16 de julio de 2015.  
 Elizabeth Gibney, "Buckyballs in space solve 100-year-old riddle. Spheres of carbon-60 responsible for mysterious cosmic-light features", *Nature news*, 15 de julio de 2015.  
 Charles E. Hecht, "Some Questions on Buckminsterfullerene,  $C_{60}$  for General and Inorganic Chemistry Students", *Journal of Chemical Education*, volumen 69, número 8, agosto de 1992.  
 Armando Arciniega Corona, *Síntesis y caracterización de nuevos materiales compuestos preparados por dispersión de fulerenos funcionalizados en una matriz polimérica vía polimerización frontal*, tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias Químicas, UNAM, 2013.



que trabajaba en el Observatorio Lyck de la Universidad de California, observó la disminución de emisión de ciertas longitudes de onda específicas cerca de estrellas ricas en carbono, pero que no parecían ser de la estrella misma; al no estar identificadas, las llamaron bandas difusas interestelares (DIB, por sus siglas en inglés). Obviamente trataron de explicar esa disminución mencionando interferencias debidas a nuestro planeta o de moléculas en el espacio que se interponían entre las estrellas y sus detectores. Hablaron de polvo interestelar, de cadenas de carbono e incluso de bacterias "flotando" en el Universo. Pero surgían objeciones a estas explicaciones; es decir, no se encontró cuáles eran esas moléculas—hasta la fecha

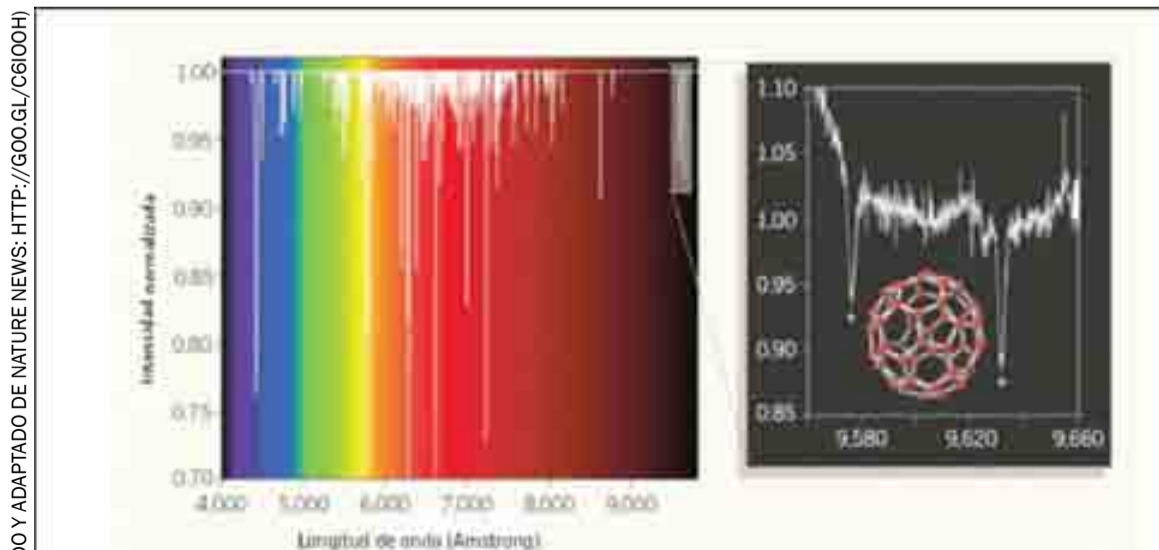


Figura 4.- Las líneas blancas representan todas esas longitudes de onda que llaman bandas interestelares difusas (DIB). Las del extremo derecho son las que corresponden a un *fulereno* de 60 átomos de carbono