

Química II

Unidad 2. Alimento de sustancias esenciales para la vida

OA3 ¿Por qué el carbono es el alimento predominante en los alimentos?

El elemento con múltiples personalidades*

Laura Gasque Silva

Posee características contrastantes: puede ser el más duro o uno de los más blandos; negro y opaco o incoloro y transparente; el más caro o el más barato; el más antiguo o el más moderno. Es un elemento que se encuentra en todos los seres vivos y forma una cantidad tan enorme de moléculas que tal vez nunca se conozcan todas. Está constituido únicamente por átomos con seis protones y seis electrones.

Como todos los elementos que conforman la materia del Universo, el carbono se originó en las estrellas, mediante reacciones de fusión nuclear. El carbono es un elemento relativamente abundante en nuestro planeta; sus átomos se encuentran casi en su totalidad combinados con otros elementos, formando una gigantesca variedad de compuestos. Se piensa que la primera forma en que existió el carbono en nuestro planeta fue como dióxido de carbono (CO_2) que pudo haberse fijado en la corteza terrestre de diversas maneras, por ejemplo al combinarse con algunos óxidos metálicos, formando carbonatos como el mármol, (CaCO_3).

Al aparecer y proliferar los seres vivos y realizarse la fotosíntesis, con la cual se producen carbohidratos a partir de agua y dióxido de carbono, la cantidad de este último en la atmósfera fue disminuyendo y aumentó la cantidad de carbono sobre la superficie de la Tierra y dentro de los océanos, como constituyente de toda la materia orgánica de plantas y animales, vivos y muertos.

Se piensa que el carbono elemental se originó en el planeta como resultado de la sedimentación de enormes cantidades de plantas bajo el agua, que fueron descomponiéndose por la acción de diversos microorganismos en un ambiente escaso en oxígeno.

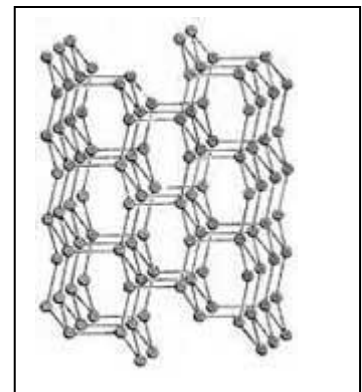
Formas cristalinas

Parte de ese carbono "primitivo", originado por los bosques de hace más de 300 millones de años, opaco, ligero y quebradizo, semejante al que se utiliza en un

asador, cristalizó creando otras formas de carbono, con distintos grados de dureza. Esto ocurrió gracias a las enormes variaciones en la presión y temperatura de la Tierra durante los terremotos y las erupciones volcánicas.

La dureza de un material se determina por la capacidad que tiene éste de rayar a otros, y se mide en una escala arbitraria llamada de Mohs, por el mineralogista alemán que la inventó. La escala de Mohs va del 1 al 10; el valor máximo de 10 corresponde al diamante, que no puede ser rayado por ningún otro material de origen natural, mientras que el uno corresponde al talco. La palabra diamante hace honor a esta característica pues proviene del griego *admantos*, que significa invencible. Sin embargo, los preciadísimos diamantes no son más que átomos de carbono que forman una estructura tetraédrica: a cada átomo se unen otros cuatro átomos y el resultado es una red tridimensional extraordinariamente rígida, la cual da al diamante su dureza.

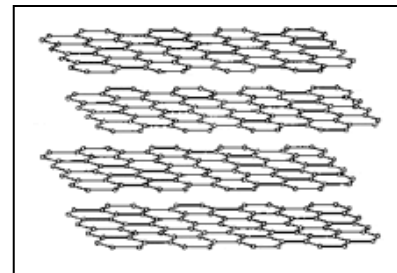
Cuando los átomos de carbono se acomodan en este arreglo cristalino, es el elemento puro más caro que existe, debido principalmente a su belleza. Sin embargo, su precio no está sujeto a controles internacionales (lo que sí ocurre con el oro), ya que éste puede variar enormemente de un diamante a otro del mismo peso (un "quilate" equivale a 0.2 g). Son muy importantes su brillo y su color, determinados por las pequeñas cantidades de impurezas que contenga. Por otro lado, el precio de un diamante no es proporcional a su masa, ya que mientras uno pequeño, digamos de 1/4 de quilate, como el de un anillo de compromiso, cuesta unos cuantos cientos de dólares, en 1995, la famosa casa de subastas Sotheby's vendió un diamante de 100.1 quilates por 16 548 750 dólares, el mayor precio pagado hasta la fecha por una gema de esta clase. Si bien sólo una fracción de todos los diamantes tienen calidad de gemas, los restantes se valoran por sus aplicaciones industriales y tecnológicas, relacionadas generalmente con su dureza y resistencia



En el **diamante**, cada átomo está unido a otros cuatro átomos equivalentes. Cada uno de estos cuatro átomos se ubica en los vértices de un tetraedro, y la red se extiende en tres dimensiones brindándole al material una dureza casi insuperable.

Negro, opaco y blando

Si en lugar de estar acomodados tetraédricamente, los átomos de carbono se disponen en el espacio de manera diferente unos con respecto a otros, este material pierde toda su fuerza y belleza. El grafito es otra forma cristalina del carbono, en la que los átomos se encuentran en los vértices de hexágonos que tapizan un plano, de modo que cada átomo se encuentra unido a otros tres, como si fuera un piso formado de azulejos hexagonales; paralelo a cada plano de hexágonos, se encuentra otro idéntico. La distancia entre planos de hexágonos es grande, más del doble de la distancia entre dos átomos de carbono vecinos en un hexágono. Así, las interacciones entre planos adyacentes de átomos de carbono son muy débiles, por lo que se dice que la estructura del grafito es bidimensional.



En el **grafito**, los átomos forman planchas que pueden deslizarse entre sí, lo cual permite entre otras cosas que podamos escribir con un lápiz. En cada lámina los átomos forman hexágonos fusionados, como en un panal de abejas.

En las estrellas

El carbono, como todos los elementos químicos, se originó en las estrellas. En sus inicios y durante buena parte de su vida, las estrellas producen energía por reacciones de fusión nuclear en las que cuatro núcleos de átomos de hidrógeno se combinan para formar un núcleo de átomo de helio.

Dependiendo de la masa de la estrella, antes o después el hidrógeno se convertirá casi en su totalidad en helio. En las estrellas como el Sol, cuando esto sucede, la región central de la estrella empieza a contraerse porque la energía que produce ya es insuficiente para contrarrestar la fuerza de gravedad. Al mismo tiempo, la envoltura de la estrella se expande y el astro toma una apariencia rojiza y su luminosidad aumenta. Hacia el final de este proceso, la temperatura en la región central alcanza 100 millones de grados kelvin y se desencadena una explosión que inicia una reacción nuclear conocida como triple-alfa, en la que tres núcleos de átomos de helio se combinan para formar un núcleo de átomo de carbono: cuando se agota el helio, la región central de la estrella queda compuesta casi en su totalidad por carbono.

Después de varios procesos en los que el carbono se transforma en otros elementos, la estrella pierde su envoltura y se convierte en un cuerpo denso y muy brillante al que se denomina enana blanca. En las estrellas mucho más masivas que el Sol, la reacción triple-alfa también se presenta, pero su evolución posterior es muy diferente. Es en ellas donde se producen los elementos más pesados que el hierro.

Nombre:	carbono, de latín <i>carbo</i> , carbón
Símbolo:	C
Número atómico:	6
Masa atómica:	12.011
Densidad:	
Amorfo	1.9g/cm ³
Grafito	2.25g/cm ³
Diamante	3.52g/cm ³
Fullerenos	1.72g/cm ³
Abundancia	17° lugar (aprox. la mitad de lo que hay de azufre y 1/60 de lo que hay de fósforo)
Principal productor:	
Amorfo	Estados unidos
Grafito	China
Diamante	Sudáfrica
Fullerenos	Estados Unidos
Usos:	
Amorfo	combustible
Grafito	lubricante, lápices, electrodos
Diamante	joyas, instrumentos de corte y abrasión
Fullerenos	se están investigando

El grafito es completamente distinto al diamante: negro, opaco y blando. Tan blando que en la escala de Mohs alcanza apenas 0.5. Con una ligerísima presión, los planos de átomos de carbono se deslizan unos sobre otros, por eso al contacto con nuestros dedos queda como una mancha negra sobre ellos. Gracias a esta propiedad es que podemos usar el grafito para escribir, dentro de nuestros lápices o lapiceros; al presionar sobre el papel, depositamos sobre éste capas de átomos de carbono. De hecho, la palabra grafito proviene precisamente del latín *graphein*, que significa escritura, ya que desde tiempos muy remotos se utiliza para escribir.

El diamante y el grafito son lo que se conoce como alótropos, es decir, las distintas formas físicas en las que puede existir un elemento, ya sea en el arreglo tridimensional de sus átomos o en el número de átomos que forman sus moléculas. Las diferentes formas alotrópicas de un elemento tienen, en general, diferentes propiedades físicas y químicas. Entre los elementos que tienen formas alotrópicas se encuentran, además del carbono, el oxígeno (O₂, oxígeno diatómico y O₃ ozono), el fósforo (rojo, blanco, negro) y el estaño (blanco, gris).

¿Diamantes sintéticos?

Si el grafito, que es tan barato, y el diamante, que es tan caro, están hechos de átomos de carbono, ¿será posible fabricar diamantes a partir de grafito? Esta pregunta se la hicieron seriamente por primera vez los científicos de la *General Electric* en los años cincuenta. Inicialmente pensaron que sólo era cuestión de reproducir las tremendas presiones y temperaturas a las que se producen estas bellas gemas bajo la Tierra, a profundidades cercanas a los 400 kilómetros. Pero esto no fue suficiente. Hacía falta poner al grafito en contacto con un mineral fundido, idea inspirada por el descubrimiento de diamantes dentro de algunos meteoritos de composición mineral. El problema es que las trazas de mineral y el nitrógeno del aire que se introducen en el seno del diamante, le dan una coloración oscura o amarillenta, que los aleja mucho del aspecto deseado para una gema. En la actualidad existe un proyecto ruso-estadounidense para producir en el laboratorio diamantes tan bellos como los que se sacan de las profundas minas sudafricanas y se asegura que esto sucederá muy pronto. La duda es si serán igual de apreciados.

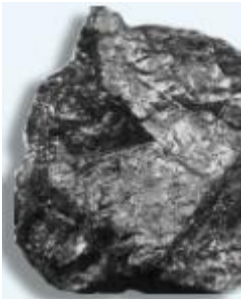
El carbón simple

Además de las formas cristalinas, existe el carbono amorfo, o simple carbón, en el que los átomos se encuentran "desordenados". Por su abundancia, esta forma es la que se ha usado como combustible desde la prehistoria. Hoy en día aproximadamente el 25% de la energía que se produce en el mundo proviene de quemar carbón, principalmente en las plantas termoeléctricas; las reservas de carbón son más del doble de las del petróleo y casi el triple de las del gas natural.

El precio de la tonelada métrica de carbón amorfo en la actualidad es de aproximadamente 50 dólares, mientras que el del grafito oscila entre los 500 y los 1 500 dólares, dependiendo de la calidad cristalina. También es posible obtener grafito a partir de carbono amorfo, calentándolo a 2 500°C en presencia de sílice (SiO₂) y en ausencia de oxígeno. En los Estados Unidos, donde abunda el

carbón amorfo y escasea el grafito, se producen de esta manera más de 300 000 toneladas anuales de grafito, que se utilizan principalmente en la fabricación de artículos de uso industrial.

Fibra de grafito

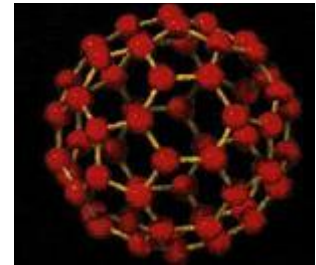


Cuando pensamos en la facilidad con la que se quiebra la punta de un lápiz, nos sorprende que en la actualidad se hable de "fibra de grafito", un material de alta resistencia, empleado para fabricar artículos deportivos como raquetas de tenis y palos de golf. El nombre correcto de este material es "fibra de carbono" y se obtiene mediante el tratamiento a muy altas temperaturas de ciertos polímeros. (Estos polímeros son moléculas gigantes formadas por cadenas de átomos de carbono enlazados entre sí y combinados con otros elementos, como el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno). El producto final está compuesto de aproximadamente 92% de átomos de carbono. Las fibras, que son aproximadamente cinco veces más delgadas que un cabello humano, se entretejen y se pegan mediante resinas, dando como resultado un material altamente resistente.

Todavía no se ha logrado establecer con certeza la estructura –es decir, el arreglo de los átomos- de las fibras de carbono, pues éstas son materiales amorfos, a los cuales no pueden aplicarse las técnicas comunes de dilucidación de estructuras (como la difracción de rayos X). Se cree que en una pequeñísima muestra -de unas decenas o centenas de átomos-, la fibra de carbono y el grafito tienen la misma estructura, pero al aumentar su tamaño, encontraríamos que la fibra pierde ordenamiento con respecto al grafito. Se ha propuesto que las fibras de carbono consisten en "listones" de hexágonos de átomos de carbono que se doblan, a diferencia del grafito, donde la estructura permanece plana independientemente del tamaño de la muestra. Estos doblamientos de los listones evitan que se deslicen unos sobre otros, como los planos del grafito, lo que resulta en un notable incremento en la resistencia del material.

Los fullerenos

Mientras en su forma alotrópica amorfa el carbono es posiblemente la sustancia elemental más antigua reconocida por el hombre, existen otros alótropos descubiertos hace apenas 15 años, cuando ya se pensaba que el carbono no daría más sorpresas. En 1985 los investigadores Harold Kroto, británico, y Richard Smalley, estadounidense, encontraron que al bombardear el grafito con un láser a temperaturas por encima de los 10 000°C, se formaban moléculas integradas por un alto número de átomos de carbono, desde 44 hasta 90, con un marcado predominio de las de 60 átomos (C₆₀) y las de 70 en segundo lugar. Estos investigadores conjeturaron que la mayor estabilidad del C₆₀ se debía a que formaba un poliedro "pseudoesférico" de 60 vértices, con caras hexagonales y pentagonales, muy semejante a la figura de un balón de fútbol. A estas formas cristalinas del carbono se les ha llamado fullerenos, en honor al célebre arquitecto R. Buckminster Fuller, diseñador de domos geodésicos. Aún no existen aplicaciones prácticas de los fullerenos que incidan en nuestra vida cotidiana; sin embargo, en los primeros cinco años de su existencia se registraron, tan sólo en los Estados Unidos, 149 patentes relacionados con ellos. Ya existen varias compañías que venden fullerenos y el precio de un gramo de C₆₀ ha bajado de 250 dólares en 1994 a sólo 45 en la actualidad.



Fullereno

En la búsqueda de posibles aplicaciones de este fascinante material, destaca lo realizado en el campo de la medicina. Se ha probado que un derivado soluble en agua del C₆₀ inhibe a los virus de inmunodeficiencia humana VIH-1 y VIH-2, causantes del sida. Mediante estudios de simulación por computadora se ha visto que una molécula de C₆₀ puede acomodarse perfectamente en el sitio activo de ciertas enzimas vitales para el virus (el sitio activo es la parte de la molécula de la enzima donde se lleva a cabo la reacción para la cual la enzima es un catalizador), lo que podría explicar el mecanismo de inhibición del virus. Desafortunadamente, la potencia de estos fullerenos es muy baja comparada con la de los fármacos empleados hoy en día contra el VIH.

De colores

A diferencia tanto del translúcido diamante como del negro grafito, los fullerenos poseen atractivos y variados colores. El C₆₀ en películas delgadas es de color mostaza, mientras que en trozo es café oscuro y sus disoluciones en hidrocarburos aromáticos (como el benceno) son de un hermoso color magenta. El C₇₀ en trozo es gris oscuro, pero sus películas delgadas son café-rojizo y sus disoluciones tienen un intenso color rojo vino. Por su parte, el C₇₆, el C₇₈ y el C₈₄ son amarillos.

Cuando vemos la gran versatilidad en la estructura y las propiedades del simple carbono elemental, que se produce con sólo cambiar la orientación de sus átomos, no nos sorprende que la química de este elemento sea lo suficientemente amplia y variada como para ser la base sobre la cual se ha desarrollado la vida en nuestro planeta.

*Gasque, L. (2001) Elementos con múltiples personalidades ¿Cómo ves? Revista de divulgación científica de la UNAM, (31), 28. Recuperado de http://sepiensa.org.mx/sepiensa2009/docentes/dominio_contenido/ciencias/quimica/diamante/diamante-5.html