

Capítulo 1. Átomos y moléculas

La materia, incluso la que constituye los organismos más complejos, está constituida por combinaciones de elementos. En la Tierra, existen unos 92 elementos. Muchos son muy conocidos, como el carbono, que se encuentra en forma pura en el diamante y en el grafito; el oxígeno, abundante en el aire que respiramos; el calcio, que utilizan muchos organismos para construir conchas, cáscaras de huevo, huesos y dientes, y el hierro, que es el metal responsable del color rojo de nuestra sangre. La partícula más pequeña de un elemento es el átomo. Los átomos, a su vez, están constituidos por partículas más pequeñas: protones, neutrones y electrones.

En la actualidad, los físicos explican la estructura del átomo por medio del modelo orbital. Los átomos son las piezas fundamentales de toda la materia viva y no viva. Aun así, son muy pequeños y constituyen un espacio eminentemente vacío. Los electrones se mueven alrededor del núcleo a una gran velocidad -una fracción de la velocidad de la luz- siendo la distancia entre el electrón y el núcleo, en promedio, unas 1.000 veces el diámetro del núcleo.

En un átomo, existe una íntima relación entre los electrones y la energía. En un modelo simplificado, la distancia de un electrón al núcleo está determinada por la cantidad de energía potencial -o "energía de posición"- que posee el electrón. Así, los electrones tienen diferentes cantidades de energía de acuerdo a su ubicación con respecto al núcleo y, a su vez, su número y distribución determina el comportamiento químico de un átomo.

Las partículas formadas por dos o más átomos se conocen como moléculas que se mantienen juntas por medio de enlaces químicos. Dos tipos comunes son los enlaces iónicos y los enlaces covalentes.

Las reacciones químicas involucran el intercambio de electrones entre los átomos y pueden representarse con ecuaciones químicas. Tres tipos generales de reacciones químicas son:

- la combinación de dos o más sustancias para formar una sustancia diferente,
- la disociación de una sustancia en dos o más, y
- el intercambio de átomos entre dos o más sustancias.

Las sustancias formadas por átomos de dos o más elementos diferentes, en proporciones definidas y constantes, se conocen como compuestos químicos.

Los seres vivos están constituidos por los mismos componentes químicos y físicos que las cosas sin vida, y obedecen a las mismas leyes físicas y químicas. Seis elementos (C, H, N, O, P y S) constituyen el 99% de toda la materia viva. Los átomos de estos elementos son pequeños y forman enlaces covalentes estables y fuertes. Con excepción del hidrógeno, todos pueden formar enlaces covalentes con dos o más átomos, dando lugar a las moléculas complejas que caracterizan a los sistemas vivos.

En los seres vivos la materia se ordena en los llamados niveles de organización biológica. Cada nivel, desde el subatómico hasta el de la biosfera, tiene propiedades particulares -o emergentes- que surgen de la interacción entre sus componentes.

Los átomos

El núcleo de un átomo contiene protones cargados positivamente y -a excepción del hidrógeno, (1H)- neutrones, que no tienen carga. El número atómico es igual al número de protones en el núcleo de un átomo. El peso atómico de un átomo es, aproximadamente, la suma del número de protones y neutrones existentes en su núcleo. Las propiedades químicas de un átomo están determinadas por sus electrones (partículas pequeñas, cargadas negativamente), que se encuentran fuera del núcleo. El número de electrones en un átomo es igual al número de protones y determina el número atómico.

Todos los átomos de un elemento determinado tienen el mismo número de protones en su núcleo. En algunas ocasiones, sin embargo, diferentes átomos del mismo elemento contienen diferentes números de neutrones. Estos átomos que, por lo tanto, difieren entre sí en sus pesos atómicos, pero no en sus números atómicos, se conocen como isótopos del elemento.

Los núcleos de los diferentes isótopos de un mismo elemento contienen el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones. Así, los isótopos de un elemento tienen el mismo número atómico, pero difieren en sus pesos atómicos.

La mayoría de los elementos tienen varias formas isotópicas. Las diferencias en peso, aunque son muy pequeñas, son lo suficientemente grandes como para ser detectadas por los aparatos modernos de laboratorio. Además, si bien no todos, muchos de los isótopos menos comunes son radiactivos. Esto significa que el núcleo del átomo es inestable y emite energía cuando cambia a una forma más estable. La energía liberada por el núcleo de un isótopo radiactivo puede estar en forma de partículas subatómicas que se mueven rápidamente, de radiación electromagnética o en ambas formas. Pueden detectarse con un contador Geiger o con una película fotográfica

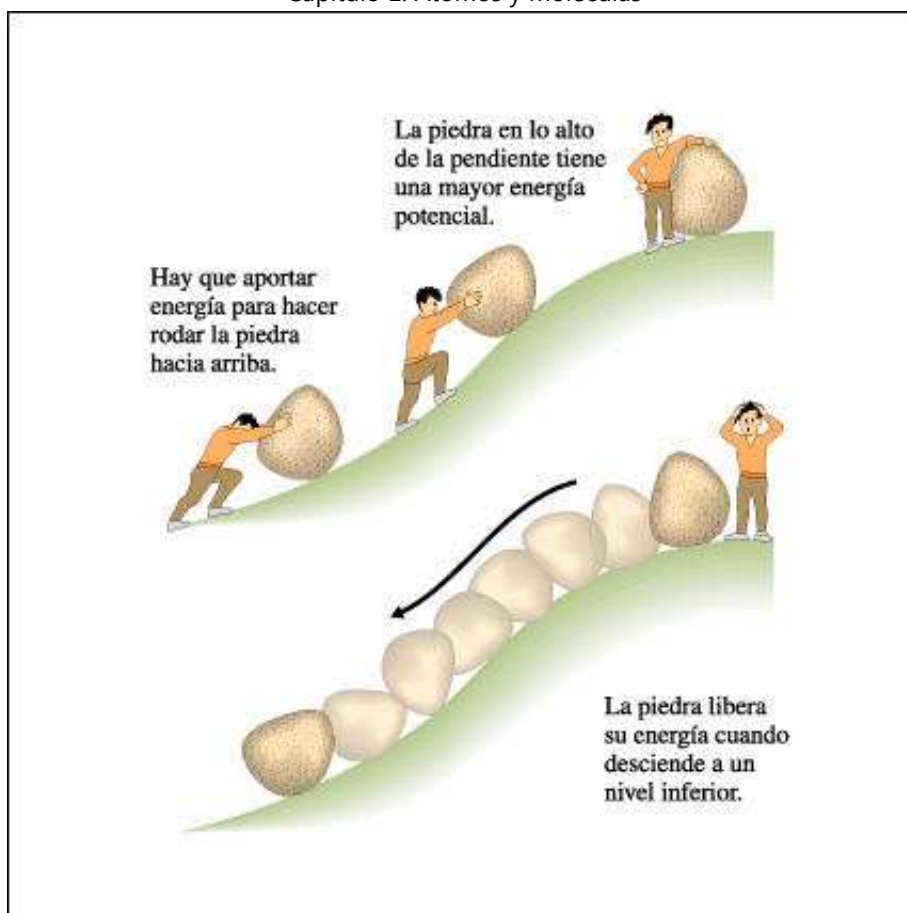
Elemento	Símbolo	Núcleo		Nº de electrones
		Nº de protones	Nº de neutrones*	
Hidrógeno	H	1	0	1
Helio	He	2	2	2
Carbono	C	6	6	6
Nitrógeno	N	7	7	7
Oxígeno	O	8	8	8
Sodio	Na	11	12	11
Fósforo	P	15	16	15
Azufre	S	16	16	16
Cloro	Cl	17	18	17
Potasio	K	19	20	19
Calcio	Ca	20	20	20

Electrones y energía

Los electrones más próximos al núcleo tienen menos energía que los más alejados y, de esta manera, se encuentran en un nivel energético más bajo. Un electrón tiende a ocupar el nivel energético más bajo disponible, pero con el ingreso de energía puede ser lanzado a un nivel energético más alto. Cuando el electrón regresa a un nivel de energía más bajo, se libera energía.

En un modelo simplificado, la distancia de un electrón al núcleo está determinada por la cantidad de energía potencial (llamada frecuentemente "energía de posición") que posee el electrón.

La siguiente analogía puede ser útil. Una roca que descansa en un terreno plano no gana ni pierde energía potencial. La energía usada para empujar la roca hasta la cima de una colina se transforma en energía potencial, almacenada en la roca cuando reposa en la cima de la colina. Esta energía potencial se convierte en energía cinética (o energía de movimiento) cuando la roca rueda cuesta abajo. Parte de la energía se pierde en forma de energía térmica, producida por la fricción entre la roca y la colina.



Variación en la energía potencial de un objeto según su altura.

Enlaces y moléculas

Cuando los átomos entran en interacción mutua, de modo que se completan sus niveles energéticos exteriores, se forman partículas nuevas más grandes. Estas partículas constituidas por dos o más átomos se conocen como moléculas y las fuerzas que las mantienen unidas se conocen como enlaces. Hay dos tipos principales de enlaces: iónico y covalente.

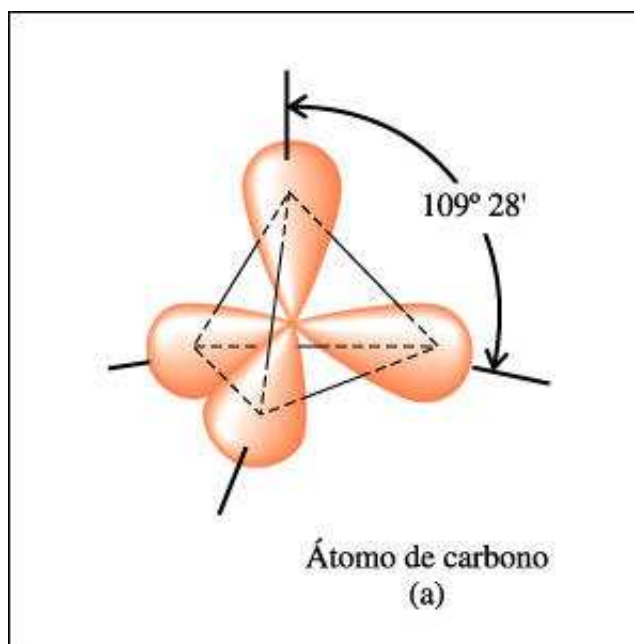
Los enlaces iónicos se forman por la atracción mutua de partículas de carga eléctrica opuesta; esas partículas, formadas cuando un electrón salta de un átomo a otro, se conocen como iones. Para muchos átomos, la manera más simple de completar el nivel energético exterior consiste en ganar o bien perder uno o dos electrones. Este es el caso de la interacción del sodio con el cloro que forma cloruro de sodio a través de un enlace iónico. Estos enlaces pueden ser bastante fuertes pero muchas sustancias iónicas se separan fácilmente en agua, produciendo iones libres. Muchos iones constituyen un porcentaje ínfimo del peso vivo, pero desempeñan papeles centrales. El ion potasio (K^+) es el principal ion con carga positiva en la mayoría de los organismos, y en su presencia puede ocurrir la mayoría de los procesos biológicos esenciales. Los iones calcio (Ca^{2+}), potasio (K^+) y sodio (Na^+) están implicados todos en la producción y propagación del impulso nervioso. Además, el Ca^{2+} es necesario para la contracción de los músculos y para el mantenimiento de un latido cardíaco normal. El ion magnesio (Mg^{2+}) forma parte de la molécula de clorofila, la cual atrapa la energía radiante del Sol en algunas algas y en las plantas verdes.

Los enlaces covalentes están formados por pares de electrones compartidos. Un átomo puede completar su nivel de energía exterior compartiendo electrones con otro átomo. En los enlaces covalentes, el par de electrones compartidos forma un orbital nuevo (llamado orbital molecular) que envuelve a los núcleos de ambos átomos. En un enlace de este tipo, cada electrón pasa parte de su tiempo alrededor de un núcleo y el resto alrededor del otro. Así, al compartir los electrones, ambos completan su nivel de energía exterior y neutralizan la carga nuclear.

Los átomos que necesitan ganar electrones para tener un nivel energético exterior completo y por lo tanto estable, tienen una fuerte tendencia a formar enlaces covalentes. Así, por ejemplo, un átomo de hidrógeno forma un enlace covalente simple con otro átomo de hidrógeno. También

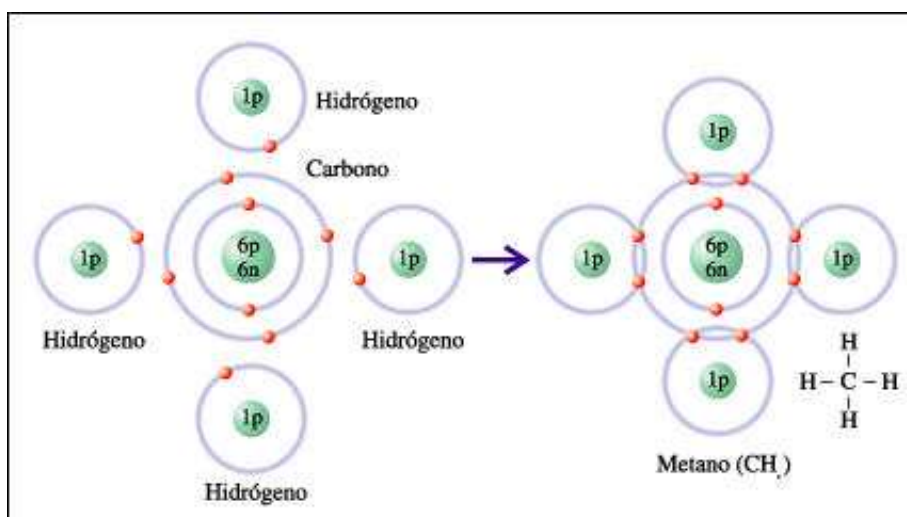
puede formar un enlace covalente con cualquier otro átomo que necesite ganar un electrón para completar su nivel de energía exterior.

La capacidad de los átomos de carbono para formar enlaces covalentes es de extraordinaria importancia en los sistemas vivos. Un átomo de carbono tiene cuatro electrones en su nivel energético exterior. Puede compartir cada uno de estos electrones con otro átomo, formando enlaces covalentes hasta con cuatro átomos. Los enlaces covalentes formados por un átomo de carbono pueden hacerse con cuatro átomos diferentes (los más frecuentes son hidrógeno, oxígeno y nitrógeno) o con otros átomos de carbono.

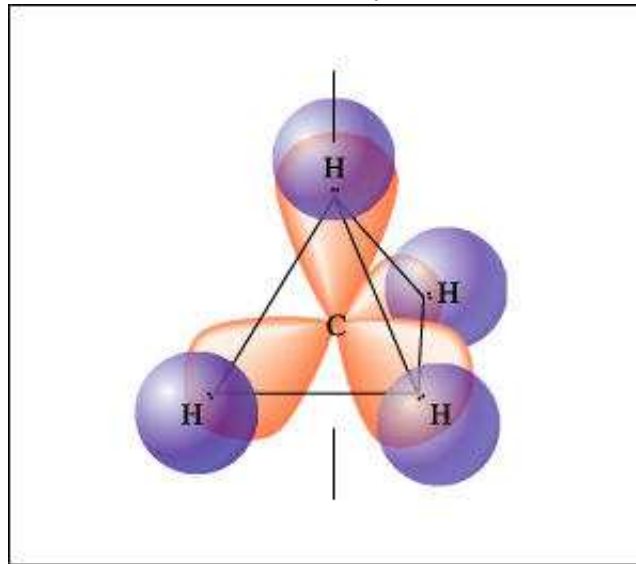


Orbitales del átomo de carbono

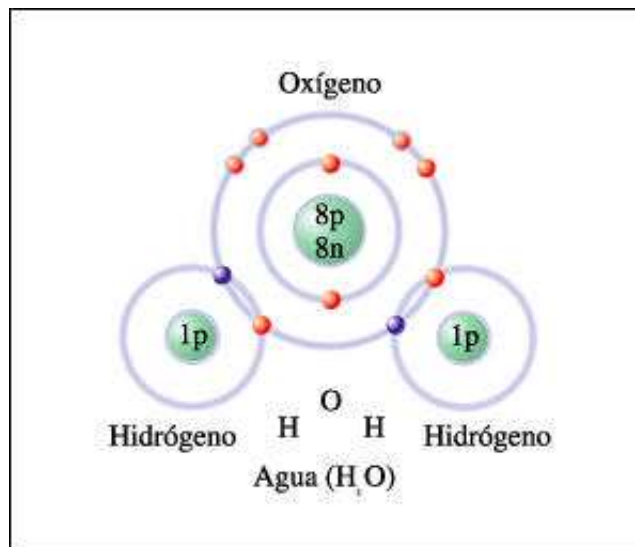
Cuando un átomo de carbono forma enlaces covalentes con otros cuatro átomos, los electrones de su nivel de energía exterior forman nuevos orbitales. Estos nuevos orbitales, todos con una misma configuración, se orientan hacia los cuatro vértices de un tetraedro. Así, los cuatro orbitales se encuentran separados tanto como es posible.



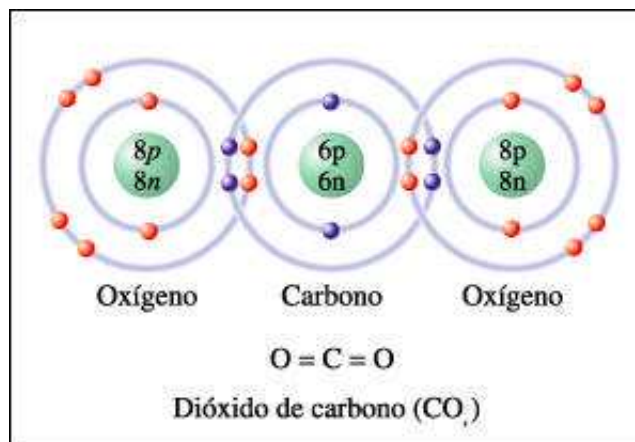
Reacción C-O.



Representación tridimensional de la molécula de metano.

Dibujo esquemático de una molécula de agua (H_2O).

Cada uno de los dos enlaces covalentes sencillos de esta molécula están formados por un electrón compartido del oxígeno y un electrón compartido del hidrógeno.

Esquema de la molécula de dióxido de carbono (CO_2).

El átomo de carbono en el centro de la molécula participa con dos enlaces covalentes dobles, uno con cada átomo de oxígeno. Cada enlace doble está formado por dos pares de electrones compartidos por los dos átomos que participan en el enlace. En las fórmulas estructurales el enlace doble se representa por dos guiones paralelos: =.

Reacciones químicas

Los enlaces iónicos, covalentes polares y covalentes en realidad pueden ser considerados como versiones diferentes del mismo tipo de enlace. Las diferencias dependen de los diferentes grados de atracción que los átomos que se combinan ejercen sobre los electrones. En un enlace covalente completamente no polar, los electrones se comparten por igual. Esos enlaces pueden existir sólo entre átomos idénticos: H₂, Cl₂, O₂ y N₂, por ejemplo. En los enlaces covalentes polares, los electrones se comparten de modo desigual, y en los enlaces iónicos hay una atracción electrostática entre los iones negativa y positivamente cargados, como resultado de que han ganado o perdido previamente electrones.

La multitud de reacciones químicas que ocurren tanto en el mundo animado como en el inanimado pueden clasificarse en unos pocos tipos generales. Un tipo de reacción puede ser una combinación simple representada por la expresión:



Ejemplos de este tipo de reacción son la combinación de los iones sodio y los iones cloruro para formar cloruro de sodio, y la combinación del gas hidrógeno con el gas oxígeno para producir agua.

Una reacción también puede ser de disociación:



Por ejemplo, la ecuación anterior, que muestra la formación del agua, puede ocurrir en sentido inverso.



Esto significa que las moléculas de agua producen los gases hidrógeno y oxígeno.

Una reacción también puede implicar un intercambio, tomando la forma:



Un ejemplo de dicho intercambio ocurre cuando los compuestos químicos hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl) reaccionan, produciendo sal de mesa y agua:



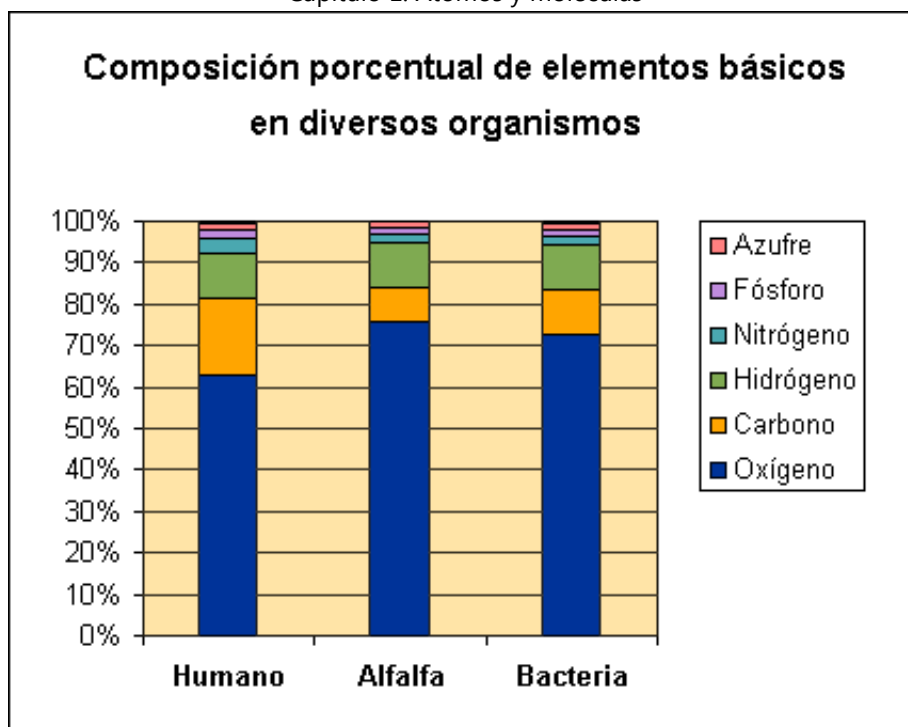
Disposición de los electrones en algunos elementos familiares

Elemento	Símbolo	Nº atómico	Nº de electrones en cada nivel de energía			
			1º	2º	3º	4º
Hidrógeno (H)		1	1	—	—	—
Helio (He)		2	2	—	—	—
Carbono (C)		6	2	4	—	—
Nitrógeno (N)		7	2	5	—	—
Oxígeno (O)		8	2	6	—	—
Neón (Ne)		10	2	8	—	—
Sodio (Na)		11	2	8	1	—
Fósforo (P)		15	2	8	5	—
Azufre (S)		16	2	8	6	—
Cloro (Cl)		17	2	8	7	—
Argón (Ar)		18	2	8	8	—
Potasio (K)		19	2	8	8	1
Calcio (Ca)		20	2	8	8	2

El primer nivel de energía puede contener un máximo de dos electrones, el segundo nivel un máximo de ocho, al igual que el tercer nivel energético de los elementos, hasta el Número Atómico 20 (calcio). En los elementos de mayor Número Atómico, el tercer nivel energético tiene orbitales internos adicionales, que pueden tener un máximo de diez electrones más. Como se puede observar, el cuarto nivel de electrones se empieza a llenar antes de completarse el tercero.

Elementos biológicamente importantes

Los elementos son, por definición, sustancias que no pueden ser desintegradas en otras sustancias por medios químicos ordinarios. De los 92 elementos naturales de la Tierra, sólo seis constituyen aproximadamente el 99% de todos los tejidos vivos. Estos seis elementos son el carbono, el hidrógeno, el nitrógeno, el oxígeno, el fósforo y el azufre, a los cuales se los conoce con la sigla CHNOPS. Sin embargo, no son los elementos más abundantes en la superficie de la Tierra.



Composición atómica de tres organismos representativos

Elemento	Humano	Alfalfa	Bacteria
Carbono	19,37%	11,34%	12,14%
Hidrógeno	9,31%	8,72%	9,94%
Nitrógeno	5,14%	0,83%	3,04%
Oxígeno	62,81%	77,90%	73,68%
Fósforo	0,63%	0,71%	0,60%
Azufre	0,64%	0,10%	0,32%
CHNOPS			
Total:	97,90%	99,60%	99,72%

¿Por qué, cuando la vida se organizó y evolucionó, fueron estos elementos tan importantes? Una clave es que los átomos de todos estos elementos necesitan ganar electrones para completar sus niveles de energía exteriores. Así, generalmente forman enlaces covalentes. Dado que estos átomos son pequeños, los electrones compartidos en los enlaces se mantienen próximos a los núcleos, produciendo moléculas muy estables. Más aun, con excepción del hidrógeno, los átomos de todos estos elementos pueden formar enlaces con dos o más átomos, haciendo posible la constitución de las moléculas grandes y complejas esenciales para las estructuras y funciones de los sistemas vivos.

Niveles de organización biológica

Uno de los principios fundamentales de la biología es que los seres vivos obedecen a las leyes de la física y la química. Los organismos están constituidos por los mismos componentes químicos - átomos y moléculas- que las cosas inanimadas. Esto no significa, sin embargo, que los organismos sean "solamente" los átomos y moléculas de los cuales están compuestos; hay diferencias reconocibles entre los sistemas vivos y los no vivos.

En cualquier organismo, como la bacteria *Escherichia coli*, los átomos que lo constituyen se combinan entre sí de forma muy específica. Gran parte del hidrógeno y del oxígeno está presente en forma de agua, lo cual da cuenta de la mayor parte del peso de la *E. coli*. Además del agua, cada bacteria contiene aproximadamente 5.000 clases de macromoléculas diferentes. Algunas de

ellas desempeñan funciones estructurales, otras regulan la función celular y casi 1.000 están relacionadas con la información genética. Algunas de las macromoléculas actúan recíprocamente con el agua para formar una película delicada y flexible, una membrana, que encierra a todos los otros átomos y moléculas que componen la E. coli. Así encerrados, constituyen, notablemente, una célula, una entidad viva.

Al igual que otros organismos vivos, puede transformar la energía tomando moléculas del medio y utilizarlas para sus procesos de crecimiento y reproducción. Puede intercambiar información genética con otras células de E. coli. Puede moverse impulsándose con la rotación de fibras delgadas y flexibles unidas a una estructura que se asemeja a la caja de cambios de un automóvil, pero es mucho más antigua. La dirección del movimiento no es al azar; la E. coli, pequeña como es, tiene un número de distintos sensores que la capacitan para detectar y moverse hacia los alimentos y alejarse de las sustancias nocivas.

La E. coli es uno de los organismos microscópicos más conocidos. Su residencia preferida es el tracto intestinal del ser humano, donde vive en íntima asociación con las células que forman el tapiz de ese tracto. Estas células humanas se asemejan a la E. coli en muchos aspectos importantes: contienen aproximadamente la misma proporción de las mismas seis clases de átomos y, como en la E. coli, estos átomos están organizados en macromoléculas. Sin embargo, las células humanas también son muy distintas de la E. coli. Por un lado, son de tamaño mucho mayor; por otro, mucho más complejas. Lo más importante es que no son entidades independientes como las células de E. coli, pues cada una forma parte de un organismo pluricelular. En éstos, las células individuales están especializadas en cumplir funciones particulares, que ayudan a la función del organismo en conjunto. Cada célula del tapiz intestinal vive durante unos pocos días; el organismo, con suerte, vivirá varias décadas. La E. coli, las células de su huésped humano y otros microorganismos que viven en el tracto intestinal interactúan unos con otros. Habitualmente esto ocurre sin consecuencias, de modo que no nos damos cuenta de estas interacciones, pero ocasionalmente tomamos conciencia del delicado equilibrio que existe. Por ejemplo, muchos de nosotros hemos tenido la experiencia de tomar un antibiótico para curar un tipo de infección para finalmente adquirir otro tipo de infección, causado en general por un tipo de levadura. Lo que ocurre es que el antibiótico mata no sólo a las bacterias que causan la infección inicial, sino también a las E. coli y a los otros habitantes normales de nuestro tracto intestinal. Las células de levadura no son susceptibles al antibiótico y, por lo tanto, se apoderan del territorio, del mismo modo que ciertas especies de plantas se apoderarán rápidamente de cualquier pedazo de terreno del que se elimine la vegetación original.

Las E. coli y otras células con las que interactúan ilustran lo que conocemos como niveles de organización biológica. En cada nivel, la interacción entre sus componentes determina las propiedades de ese nivel. Así, desde el primer nivel de organización con el cual los biólogos habitualmente se relacionan, el nivel subatómico, hasta el nivel de la biosfera, se producen interacciones permanentes. Durante un largo espacio de tiempo estas interacciones dieron lugar al cambio evolutivo. En una escala de tiempo más corta, estas interacciones determinan la organización de la materia viva

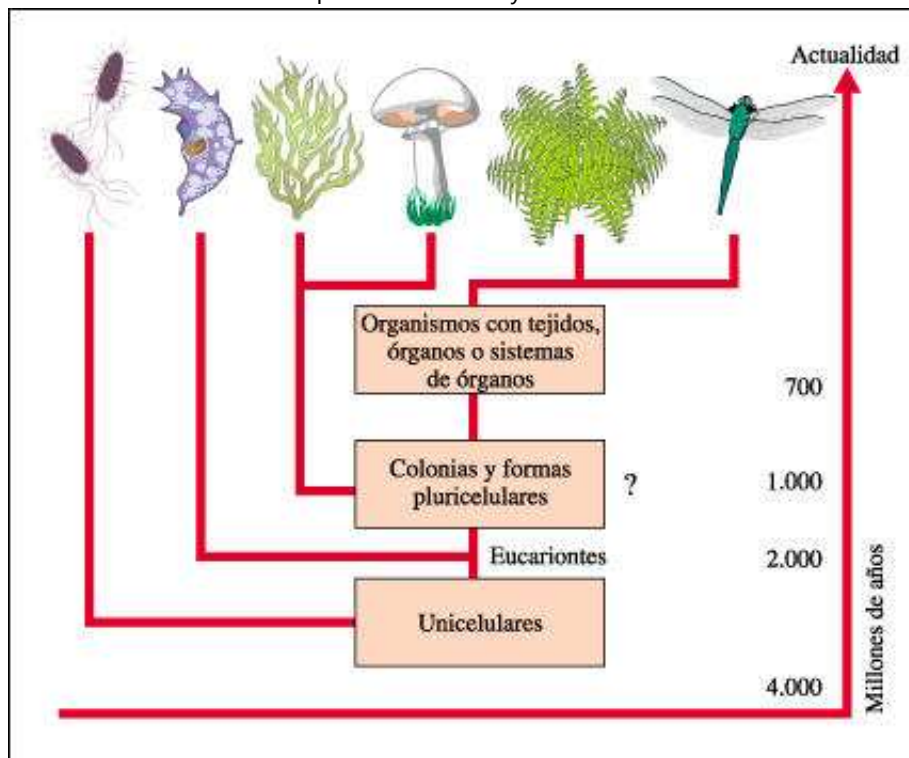


Gráfico que representa la aparición de distintos niveles de complejidad.

A medida que la vida fue evolucionando, aparecieron formas de organización más complejas. Sin embargo, los niveles más simples de organización persistieron en especies que también fueron evolucionando, muchas de las cuales sobrevivieron hasta la actualidad. Las formas de vida con niveles de organización tisular, de órganos y de sistemas aparecen en el registro fósil en el mismo período geológico. En el diagrama anterior no se representan los numerosos tipos de organismos que se extinguieron a lo largo de la historia de la vida.



El cuarto Blanco - Biblioteca Web