

I-2

BIOELEMENTOS Y BIOMOLÉCULAS

LOS BIOELEMENTOS: CONCEPTO Y CLASES

Los **bioelementos** son los elementos químicos que constituyen los seres vivos.

De los aproximadamente 100 elementos químicos que existen en la naturaleza, unos 70 se encuentran en los seres vivos. De estos sólo unos 22 se encuentran en todos en cierta abundancia y cumplen una cierta función.

Clasificaremos los bioelementos en:

> **Bioelementos primarios:** O, C, H, N, P y S. Representan en su conjunto el 96,2% del total.

> **Bioelementos secundarios:** Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻. Aunque se encuentran en menor proporción que los primarios, son también imprescindibles para los seres vivos. En medio acuoso se encuentran siempre ionizados.

Oligoelementos o elementos vestigiales: Son aquellos bioelementos que se encuentran en los seres vivos en un porcentaje menor del 0.1%. Algunos, los **indispensables**, se encuentran en todos los seres vivos, mientras que otros, **variables**, solamente los necesitan algunos organismos.

TABLA

BIOELEMENTOS		OLIGOELEMENTOS	
Primarios	Secundarios	Indispensables	Variables
O	Na ⁺	Mn	B
C	K ⁺	Fe	Al
H	Mg ²⁺	Co	V
N	Ca ²⁺	Cu	Mo
P	Cl ⁻	Zn	I
S			Si

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS BIOELEMENTOS PRIMARIOS

El hecho de que los bioelementos primarios sean tan abundantes en los seres vivos se debe a que presentan ciertas características que los hacen idóneos para formar las moléculas de los seres vivos. Así:

- * Aunque no son de los más abundantes, todos ellos se encuentran con cierta facilidad en las capas más externas de la Tierra (corteza, atmósfera e hidrosfera).

TABLA

Los elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre y en los seres vivos (en % en peso).			
Elementos	Corteza (%)	Elementos	Seres vivos (%)
Oxígeno	47	Oxígeno	63
Silicio	28	Carbono	20
Aluminio	8	Hidrógeno	9,5
Hierro	5	Nitrógeno	3

- * Sus compuestos presentan polaridad por lo que fácilmente se disuelven en el agua, lo que facilita su incorporación y eliminación.

Tabla de los Bioelementos

H																		He
Li	Be											B	C	N	O	F		Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl		Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn
Fr	Ra	Ac																
			Cs	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw		

Bioelementos { ■ Primarios ■ Secundarios }
 Oligoelementos { ■ Indispensables ■ Variables }

15

- * El C y el N presentan la misma afinidad para unirse al oxígeno o al hidrógeno, por lo que pasan con la misma facilidad del estado oxidado al reducido. Esto es de gran importancia, pues los procesos de oxidación-reducción son la base de muchos procesos químicos muy importantes y en particular de los relacionados con la obtención de energía como la fotosíntesis y la respiración celular.

* El C, el H, el O y el N son elementos de pequeña masa atómica y tienen variabilidad de valencias, por lo que pueden formar entre sí enlaces covalentes fuertes y estables. Debido a esto dan lugar a una gran variedad de moléculas y de gran tamaño. De todos ellos el carbono es el más importante. Este átomo es la base de la química orgánica y de la química de los seres vivos.

LAS BIOMOLÉCULAS: CLASIFICACIÓN

Los bioelementos se unen entre sí para formar moléculas que llamaremos **biomoléculas: Las moléculas que constituyen los seres vivos**. Estas moléculas se han clasificado tradicionalmente en los diferentes **principios inmediatos**, llamados así porque podían extraerse de la materia viva con cierta facilidad, inmediatamente, por métodos físicos sencillos, como : evaporación, filtración, destilación, disolución, etc.

Los diferentes grupos de principios inmediatos son:

Inorgánicos	Orgánicos
-Agua	-Glúcidos
-CO ₂	-Lípidos
-Sales minerales	-Prótidos o proteínas
	-Ácidos nucleicos

LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS DE LOS SERES VIVOS.

Son compuestos orgánicos los compuestos de carbono. Esto es, aquellos en los que el átomo de carbono es un elemento esencial en la molécula y forma en ella la cadena básica a la que están unidos los demás elementos químicos.

Los seres vivos contienen compuestos orgánicos. Son éstos los que caracterizan a la materia viva y la causa de las peculiares funciones que realiza. La gran variedad de compuestos orgánicos que contienen los seres vivos no se clasifican desde un punto de vista químico, sino a partir de criterios muy simples, tales como su solubilidad o no en agua, u otros. Siguiendo estos criterios se clasifican en :

- Glúcidos o hidratos de carbono
- Lípidos
- Prótidos (proteínas)
- Ácidos nucleicos

Las funciones que cumplen estos compuestos en los seres vivos son muy variadas,

así:

- Glúcidos y lípidos tienen esencialmente funciones energéticas y estructurales.
- Las proteínas: enzimáticas y estructurales.
- Los ácidos nucleicos son los responsables de la información genética.

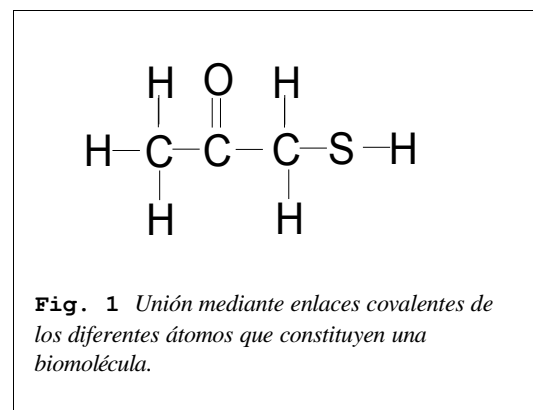
Algunas sustancias son de gran importancia para los seres vivos pero estos las necesitan en muy pequeña cantidad y nunca tienen funciones energéticas ni estructurales. Por esta causa reciben el nombre de **biocatalizadores**. Son biocatalizadores las **vitaminas**, las **enzimas** y las **hormonas**.

REPARTICIÓN DE LOS COMPONENTES MOLECULARES DE LA CÉLULA (en % sobre masa total)		
Principios inmediatos	PROCARIOTAS	EUCARIOTAS
Glúcidos	3	3
Lípidos	2	4,5
Prótidos	15	18
Ácidos Nucleicos		
ARN	6	1,25
ADN	2	0,25
Precursores	1	2
Agua	70	70
Sales minerales	1	1

EL ENLACE COVALENTE

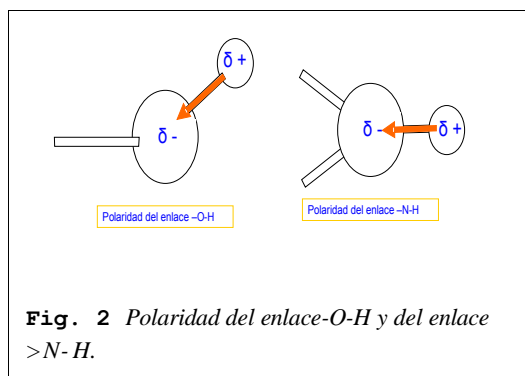
Los átomos que forman las moléculas orgánicas están unidos mediante enlaces covalentes. Se trata de un enlace muy resistente cuando la molécula está en disolución acuosa, lo que es el caso de los seres vivos.

Este tipo de enlace se forma cuando dos átomos comparten uno o más pares de electrones. Si comparten 2 electrones, uno cada átomo, diremos que ambos están unidos mediante un enlace simple; si comparten 4, aportando dos cada uno, el enlace será doble, y si son seis tendremos un enlace triple. Los enlaces se representan mediante trazo entre los átomos a los que une. Así, por



ejemplo: $-C-C-$, para el enlace simple carbono-carbono o $-C=C-$, para el doble. Es de destacar que el enlace simple permite el giro, lo que no sucede con los enlaces doble y el triple.

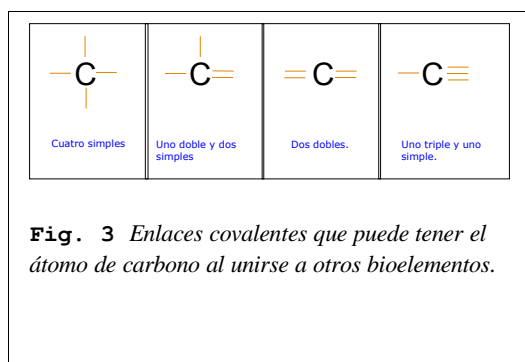
El enlace covalente se da entre elementos no metálicos de electronegatividad similar: C-C, C-O, C-N, C-H. Si existe una mayor diferencia de electronegatividad, como ocurre entre el oxígeno y el nitrógeno con el hidrógeno, el elemento más electronegativo (el oxígeno y el nitrógeno, respectivamente) atrae hacia sí los electrones creándose una **polaridad**. Esto es, la molécula tendrá zonas con carga eléctrica positiva y otras con carga negativa.



CARACTERÍSTICAS DEL ÁTOMO DE CARBONO

El carbono es el elemento número 6 de la tabla periódica ($Z=6$ y $A=12$). Su estructura electrónica es $1s^2 2s^2 2p^2$.

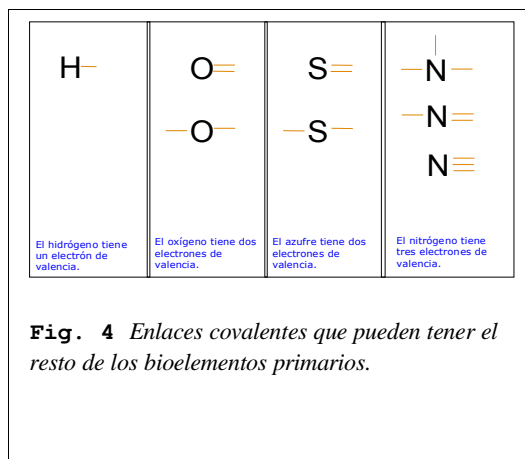
Como ya se ha dicho, es el elemento más importante de los seres vivos, aunque no sea el que se encuentra en más abundancia. En la corteza terrestre es un elemento relativamente raro. Lo encontramos en la atmósfera en forma de CO_2 , disuelto en las aguas formando carbonatos y en la corteza constituyendo las rocas calizas (CO_3Ca) el carbón y el petróleo.



LOS ENLACES COVALENTES DEL CARBONO Y DE OTROS BIOELEMENTOS

El átomo de carbono tiene 4 electrones en la última capa. Esto hace que pueda unirse a otros átomos mediante cuatro enlaces covalentes pudiéndose formar tres estructuras distintas. Estas son:

-La hibridación tetraédrica. En la que el átomo de carbono está unido mediante cuatro enlaces covalentes simples a otros cuatro átomos. En este tipo de hibridación el átomo de carbono ocupa el centro de un tetraedro y los cuatro enlaces simples se dirigen hacia sus vértices.



-La hibridación trigonal. En la que el átomo de carbono se une a otros tres átomos mediante dos enlaces simples y uno doble. En este caso los cuatro átomos forman un triángulo con el átomo de carbono situado en el centro. Debe tenerse en cuenta que el enlace doble es algo más corto que los enlaces simples, por lo que el triángulo no será equilátero sino isósceles.

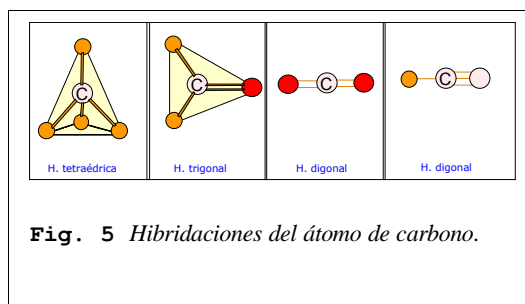


Fig. 5 Hibridaciones del átomo de carbono.

-La hibridación digonal. Cuando el átomo de carbono está unido a otros dos átomos mediante un enlace simple y uno triple o mediante dos dobles.

Los demás bioelementos van a poder formar, bien con el carbono o entre sí, los enlaces covalentes que pueden verse en el recuadro.

LOS ESQUELETOS DE LAS MOLÉCULAS ORGÁNICAS

Las diferentes biomoléculas van a estar constituidas básicamente por átomos de carbono unidos entre sí mediante enlaces covalentes. La resistencia y versatilidad de los enlaces carbono-carbono y del carbono con otros elementos: oxígeno, nitrógeno o azufre, va a posibilitar el que se puedan formar estructuras que serán el esqueleto de las principales moléculas orgánicas.

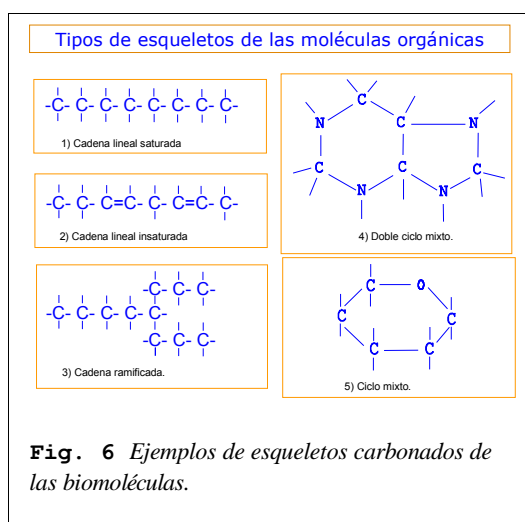


Fig. 6 Ejemplos de esqueletos carbonados de las biomoléculas.

FUNCIONES ORGÁNICAS

Las moléculas orgánicas van a tener determinadas agrupaciones características de átomos que reciben el nombre de **funciones o grupos funcionales**. Las principales funciones son:

- Alcohol o hidroxilo
- Aldehído
- Cetona
- Ácido orgánico o carboxilo
- Amina
- Amida
- Tiol o sulfidril

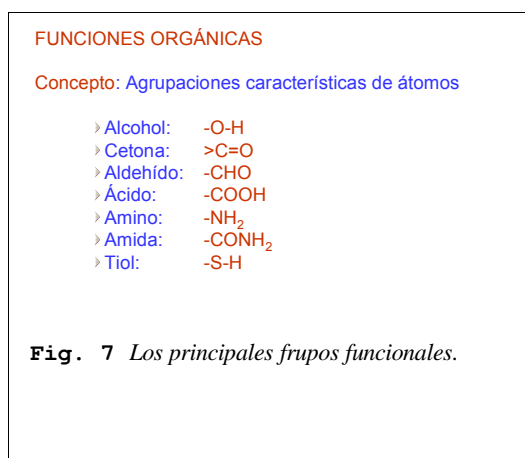


Fig. 7 Los principales grupos funcionales.

Las cuatro primeras están formadas por C, H, y O (funciones oxigenadas); las dos siguientes, por tener nitrógeno, se denominan funciones nitrogenadas.

Los aldehídos se diferencian de las cetonas por estar siempre en un carbono situado en el extremo de la molécula; esto es, el carbono que lleva una función aldehído se encuentra unido a otro carbono o a un hidrógeno.

Entre las funciones con azufre la más importante en los compuestos de los seres vivos es la función tiol (-SH). Encontraremos esta función en algunos aminoácidos. El fósforo se encuentra sobre todo en los ácidos nucleicos y sus derivados en forma de ácido fosfórico (H_3PO_4) o sus iones (iones fosfato).

Las diferentes funciones pueden representarse de una manera simplificada tal y como se indica en la figura.

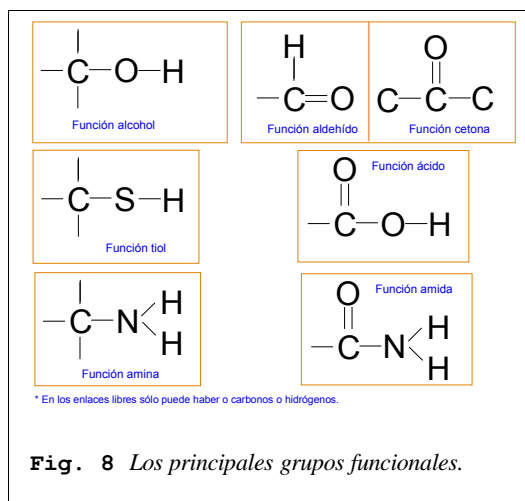


Fig. 8 Los principales grupos funcionales.

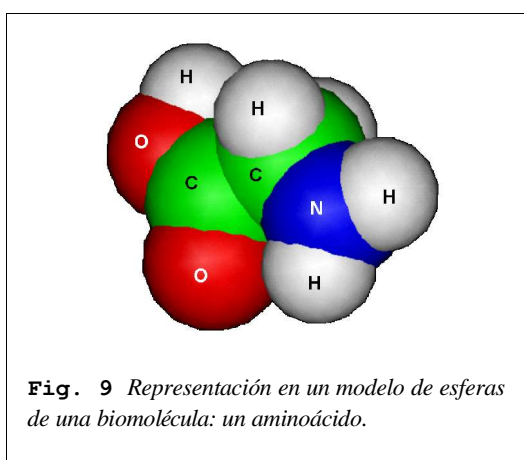


Fig. 9 Representación en un modelo de esferas de una biomolécula: un aminoácido.

ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE LAS FUNCIONES ORGÁNICAS

Los alcoholes por deshidrogenación (oxidación) se transforman en aldehídos o cetonas y estos por una nueva oxidación dan ácidos. Por el contrario, los ácidos por reducción dan aldehídos y estos a su vez dan alcoholes. Estos procesos son de gran importancia en el metabolismo de los seres vivos, en particular en los procesos de obtención de energía.

FORMULACIÓN DE LAS BIOMOLÉCULAS

Las sustancias orgánicas pueden representarse mediante diferentes tipos de fórmulas. Estas pueden ser:

a) **Fórmulas desarrolladas o estructurales:** En ellas se indican todos los átomos que forman la molécula y todos los enlaces covalentes los unen. Este tipo de fórmulas da la máxima información pero las moléculas complejas es laborioso representarlas.

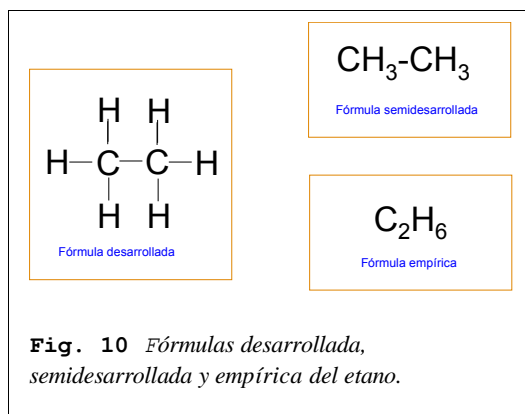


Fig. 10 Fórmulas desarrollada, semidesarrollada y empírica del etano.

b) **Fórmulas semidesarrolladas:** en las que se indican únicamente los enlaces de la cadena

carbonada. El resto de los átomos que están unidos a un determinado carbono se agrupan según ciertas normas (ejemplo: CH_3- , $-\text{CH}_2-$, $\text{CH}_2\text{OH}-$, $-\text{CHOH}-$, $\text{CHO}-$, $-\text{CO}-$, $-\text{COOH}$, $-\text{CHNH}_2-$).

c) **Fórmulas empíricas:** En ellas se indican únicamente el número de átomos de cada elemento que hay en la molécula; así, fórmula empírica de la glucosa: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Es de destacar que las fórmulas empíricas no dan una idea de la estructura de la molécula y que puede haber muchos compuestos que, siendo diferentes, tengan la misma fórmula empírica y diferente fórmula estructural.

En ciertos casos, por ejemplo, si la molécula es muy compleja, se recurre a determinadas simplificaciones. Así, las largas cadenas carbonadas de los ácidos grasos pueden representarse mediante una línea quebrada en la que no se indican ni los carbonos ni los hidrógenos pero sí se indican las funciones, los dobles enlaces u otras variaciones que posea la molécula. También se simplifican las cadenas cíclicas, en las que a veces tampoco se indican ni los carbonos ni los hidrógenos.

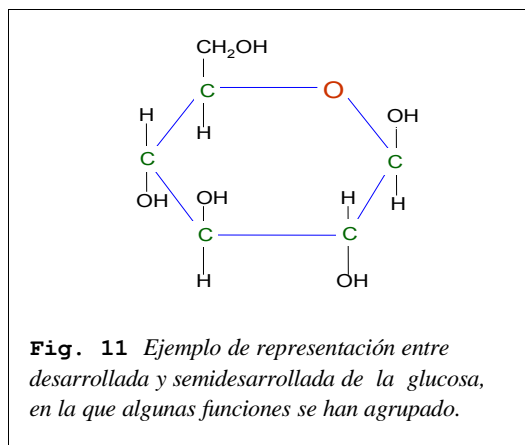


Fig. 11 Ejemplo de representación entre desarrollada y semidesarrollada de la glucosa, en la que algunas funciones se han agrupado.

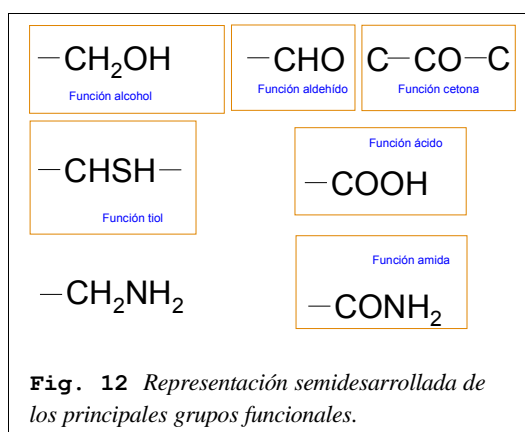


Fig. 12 Representación semidesarrollada de los principales grupos funcionales.

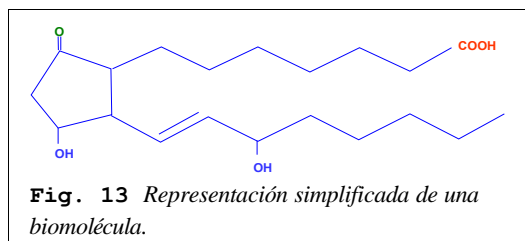


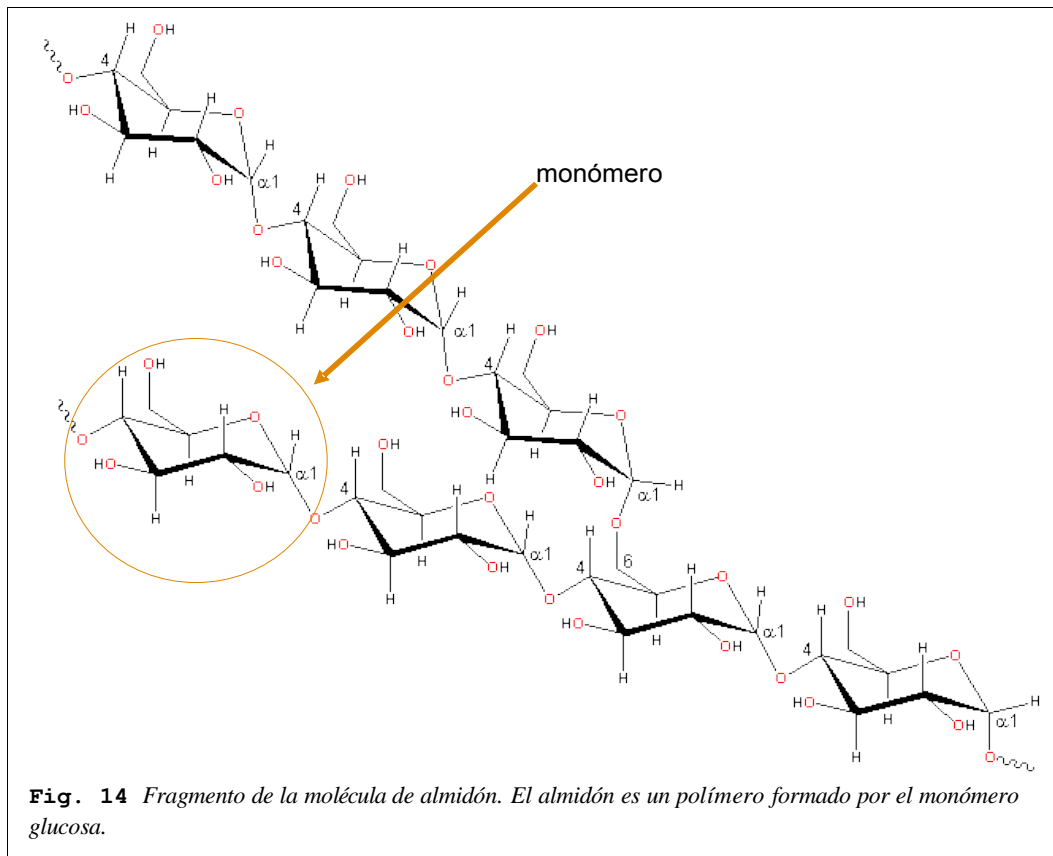
Fig. 13 Representación simplificada de una biomolécula.

CONCEPTOS DE POLÍMERO Y MONÓMERO

Frecuentemente los compuestos que constituyen los seres vivos están formados por la unión más o menos repetitiva de moléculas menores. Por ejemplo, el almidón y la celulosa están formados por la unión de miles de moléculas de glucosa. Las proteínas por decenas, centenares o miles de aminoácidos, y la unión de miles o millones de nucleótidos forma los ácidos nucleicos. Cada una de las unidades menores que forman estas grandes moléculas es un **monómero** y el compuesto que resulta de la unión se llama **polímero**. Los polímeros son, a su vez, **macromoléculas**, moléculas de elevado peso molecular.

Pequeñas moléculas.....de 100 u a 1000 u
Grandes moléculas (**macromoléculas**)..... de 10^4 u a más de 10^6 u

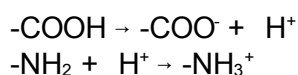
Unidad de masa molecular: unidad de masa atómica (u) o dalton (da).
 $1\text{u} = 1\text{da} = 1,660 \cdot 10^{-24} \text{g}$



ENLACES INTRA E INTERMOLECULARES

Los medios biológicos son una mezcla compleja de compuestos químicos, tanto orgánicos como inorgánicos. Unos son de pequeño tamaño: como el ión H^+ (1da). Otros, como los ácidos nucleicos, pueden tener 10^8 da o incluso más. Todas estas moléculas van a interactuar entre sí. La principal de estas interacciones es la reacción química en la que se produce una transformación química de las sustancias que intervienen en ella. Otros tipos de interacción son los diferentes enlaces que pueden darse entre moléculas o entre partes de una misma molécula. Estos enlaces van a dar una mayor estabilidad a las macromoléculas por la formación de agregados o de moléculas de mayor tamaño. Estas uniones pueden ser, entre otras:

1-Enlaces iónicos. Se suelen dar preferentemente en moléculas que contienen grupos $-COOH$ y $-NH_2$. Estos grupos en agua se encuentran ionizados:



El enlace se debe a las fuerzas de carácter eléctrico que se establecen entre las cargas negativas de los grupos $-COO^-$ y las positivas de los grupos $-NH_3^+$, bien dentro de una misma molécula o entre moléculas próximas. Estos enlaces en medio acuoso son muy débiles.

2- Los puentes disulfuro. Se llama así a los enlaces covalentes que se forman al reaccionar entre sí dos grupos $-S-H$ para dar $-S-S-$. Este tipo de enlaces son extraordinariamente resistentes. Los encontraremos en las proteínas uniendo las subunidades

que componen algunas moléculas proteicas.

3-Enlaces o puentes de hidrógeno. Se trata de enlaces débiles pero que si se dan en gran número pueden llegar a dar una gran estabilidad a las moléculas.

Los enlaces de hidrógeno se deben a la mayor o menor electronegatividad de los elementos que participan en un enlace covalente. Así, por ejemplo, en los grupos $-C-O-H$, el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno y atrae hacia sí el par de electrones que forma el enlace covalente. En las proximidades del oxígeno habrá un exceso de carga negativa y, por el contrario, el hidrógeno estará cargado positivamente. Lo mismo sucede con los grupos $-C-N-H$, u otros, en los que también se produce una diferencia de electronegatividad. Como consecuencia se generarán fuerzas eléctricas entre átomos que presentan un exceso de carga positiva (H) y otros con exceso de carga negativa (O, por ejemplo). Estos enlaces son de gran importancia en determinados compuestos y, en particular, en las proteínas y en los ácidos nucleicos.

4-Fuerzas de Van der Waals. Se trata de fuerzas de carácter eléctrico debidas a pequeñas fluctuaciones en la carga de los átomos. Actúan cuando las moléculas se encuentran muy próximas unas a otras.

5- Uniones hidrofóbicas. Ciertas sustancias insolubles en agua cuando están en un medio acuoso van a mantenerse unidas entre sí por su repulsión al medio en el que se encuentran. Estas uniones, aunque son muy débiles, van a ser de gran importancia en el mantenimiento de los componentes lipídicos de la membranas celulares y en la configuración de muchas proteínas.

Es de destacar que los enlaces más débiles, iónicos y de hidrógeno, particularmente, pueden contribuir en gran manera a la estabilidad de la configuración de una molécula cuando se dan en gran número.

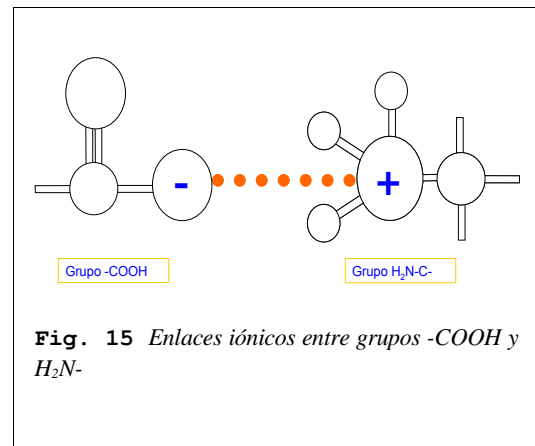


Fig. 15 Enlaces iónicos entre grupos $-COOH$ y H_2N-

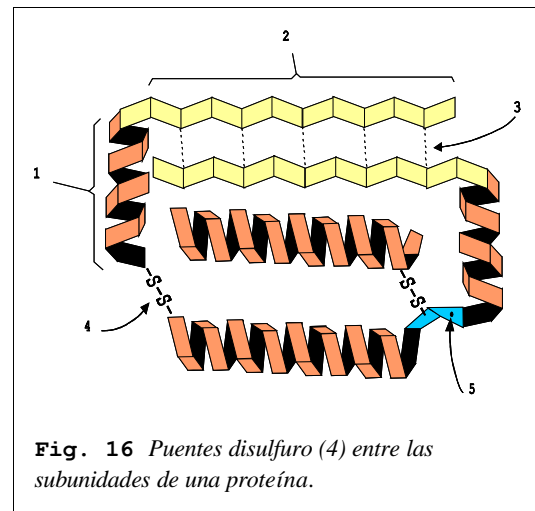


Fig. 16 Puentes disulfuro (4) entre las subunidades de una proteína.

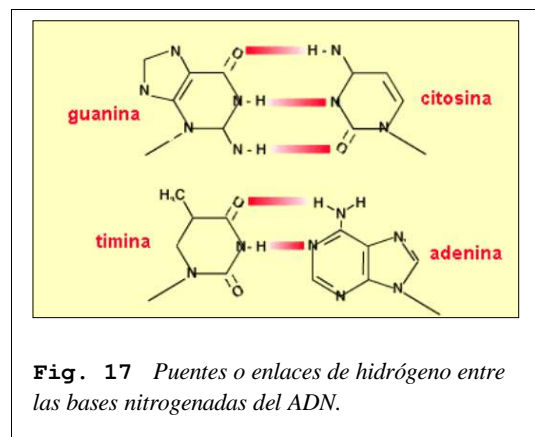


Fig. 17 Puentes o enlaces de hidrógeno entre las bases nitrogenadas del ADN.