

---

# Biología de 2º de bachillerato



Robert Hooke

**José Luis Sánchez Guillén  
IES PANDO**

**Oviedo 2010**

---

## 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<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>. 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 <sup>+</sup>	Mn	B
C	K <sup>+</sup>	Fe	Al
H	Mg <sup>2+</sup>	Co	V
N	Ca <sup>2+</sup>	Cu	Mo
P	Cl <sup>-</sup>	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 <sub>2</sub>	-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.

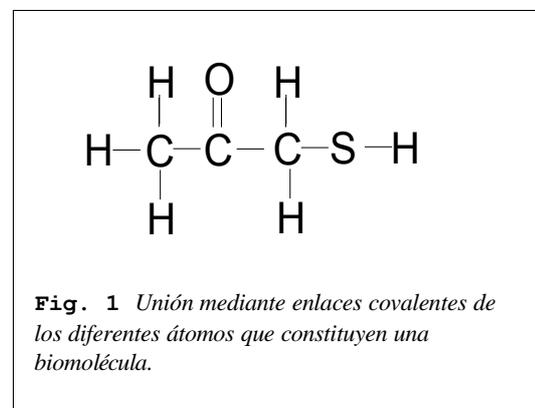
Algunas sustancias son de gran importancia para los seres vivos pero estos las necesitan en muy pequeña cantidad y nunca tienen funciones energéticas ni estructurales. Por esta causa reciben el nombre de **biocatalizadores**. Son biocatalizadores las **vitaminas**, las **enzimas** y las **hormonas**.

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.

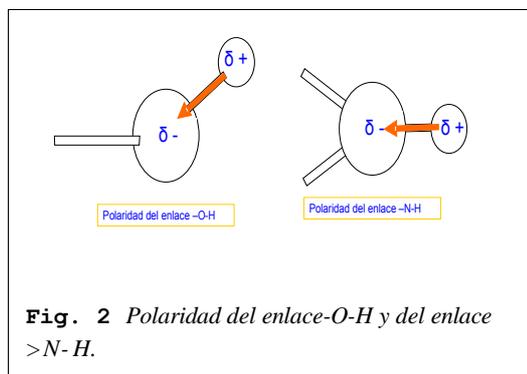
Este tipo de enlace se forma cuando dos átomos comparten uno o más pares de electrones. Si comparten 2 electrones, uno cada átomo, diremos que ambos están unidos mediante un enlace simple; si comparten 4, aportando dos cada uno, el enlace será doble, y si son seis tendremos un enlace triple. Los enlaces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



**Fig. 1** Unión mediante enlaces covalentes de los diferentes átomos que constituyen una biomolécula.

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.

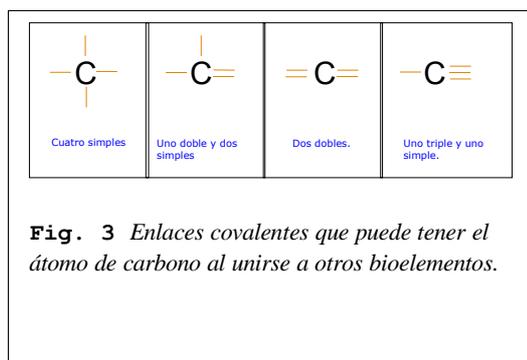
El enlace covalente se da entre elementos no metálicos de electronegatividad similar: C-C, C-O, C-N, C-H. Si existe una mayor diferencia de electronegatividad, como ocurre entre el oxígeno y el nitrógeno con el hidrógeno, el elemento más electronegativo (el oxígeno y el nitrógeno, respectivamente) atrae 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  $1s^2 2s^2 2p^2$ .

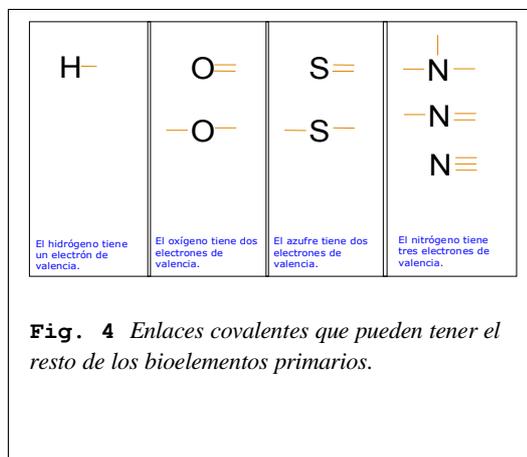
Como ya se ha dicho, es el elemento más importante de los seres vivos, aunque no sea el que se encuentra en más abundancia. En la corteza terrestre es un elemento relativamente raro. Lo encontramos en la atmósfera en forma de  $CO_2$ , disuelto en las aguas formando carbonatos y en la corteza constituyendo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



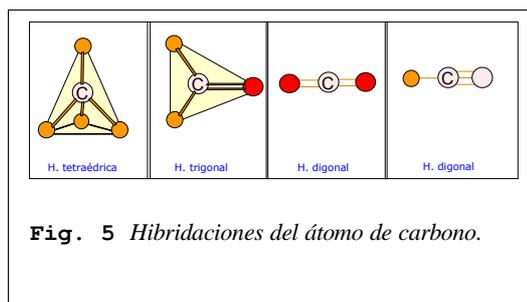
## LOS ENLACES COVALENTES DEL CARBONO Y DE OTROS BIOELEMENTOS

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.

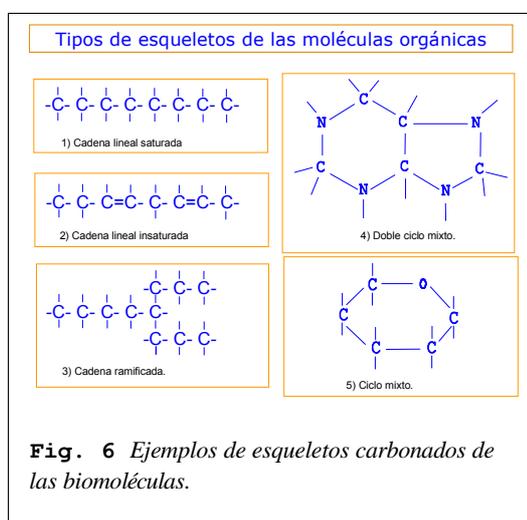


-La hibridación digonal. Cuando el átomo de carbono está unido a otros dos átomos mediante un enlace simple y uno triple o mediante dos dobles.

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

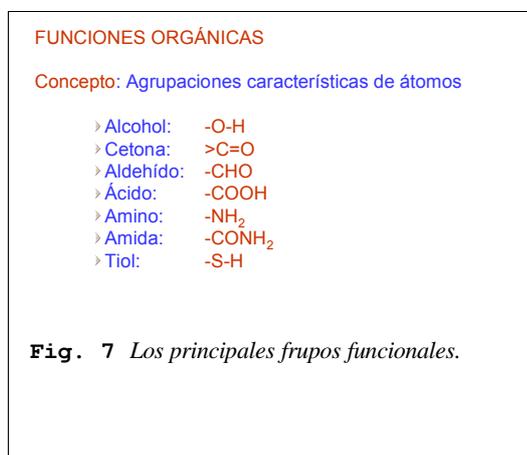
Las diferentes biomoléculas van a estar constituidas básicamente por átomos de carbono unidos entre sí mediante enlaces covalentes. La resistencia y versatilidad de los enlaces carbono-carbono y del carbono con otros elementos: oxígeno, nitrógeno o azufre, va a posibilitar el que se puedan formar estructuras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



## 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 sulfidrido



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.

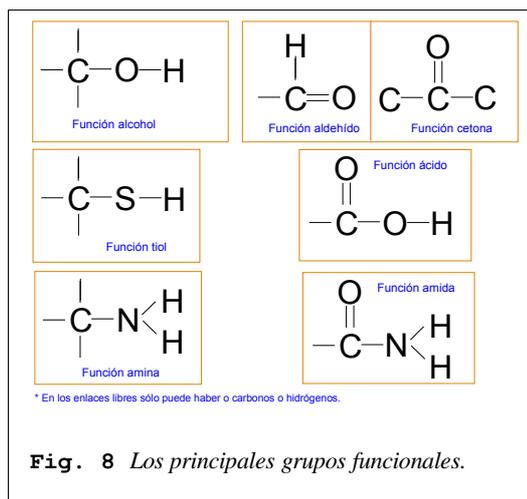


Fig. 8 Los principales grupos funcionales.

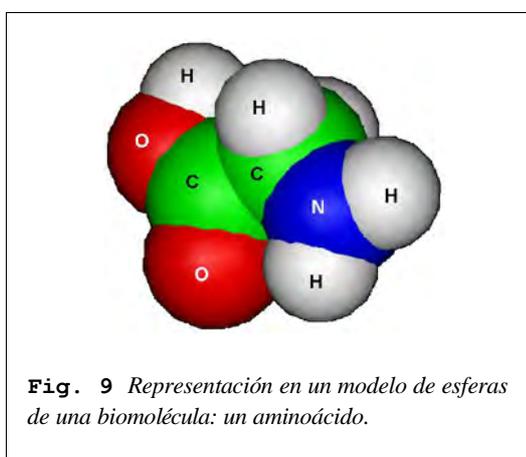


Fig. 9 Representación en un modelo de esferas de una biomolécula: un aminoácido.

## 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.

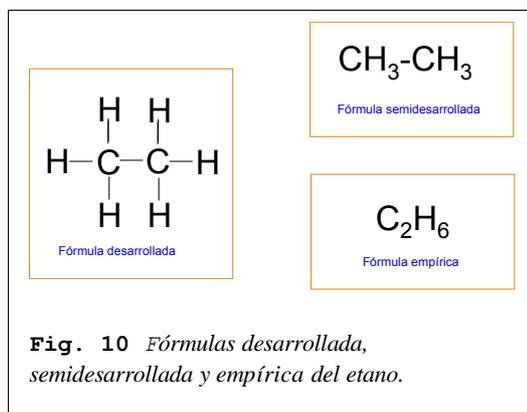


Fig. 10 Fórmulas desarrollada, semidesarrollada y empírica del etano.

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<sub>3</sub>-, -CH<sub>2</sub>-, CH<sub>2</sub>OH-, -CHOH-, CHO-, -CO-, -COOH, -CHNH<sub>2</sub>-).

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: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>.

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.

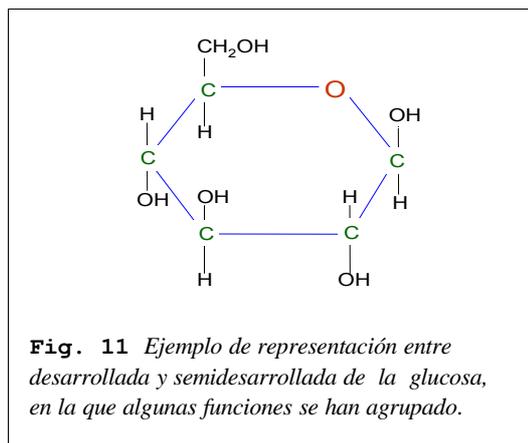


Fig. 11 Ejemplo de representación entre desarrollada y semidesarrollada de la glucosa, en la que algunas funciones se han agrupado.

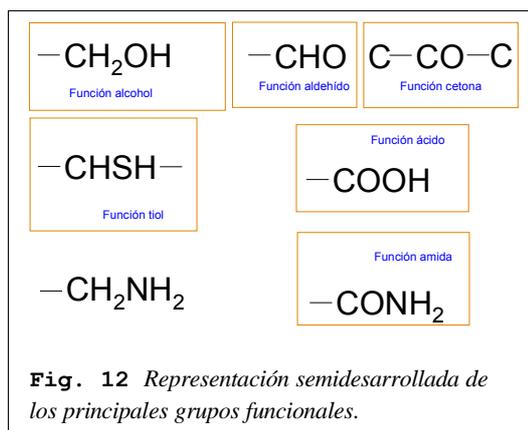


Fig. 12 Representación semidesarrollada de los principales grupos funcionales.

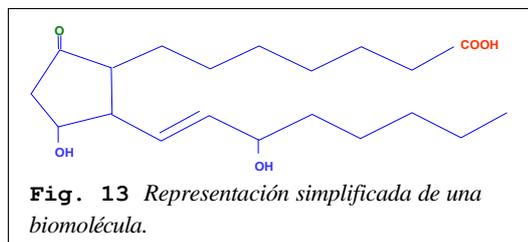


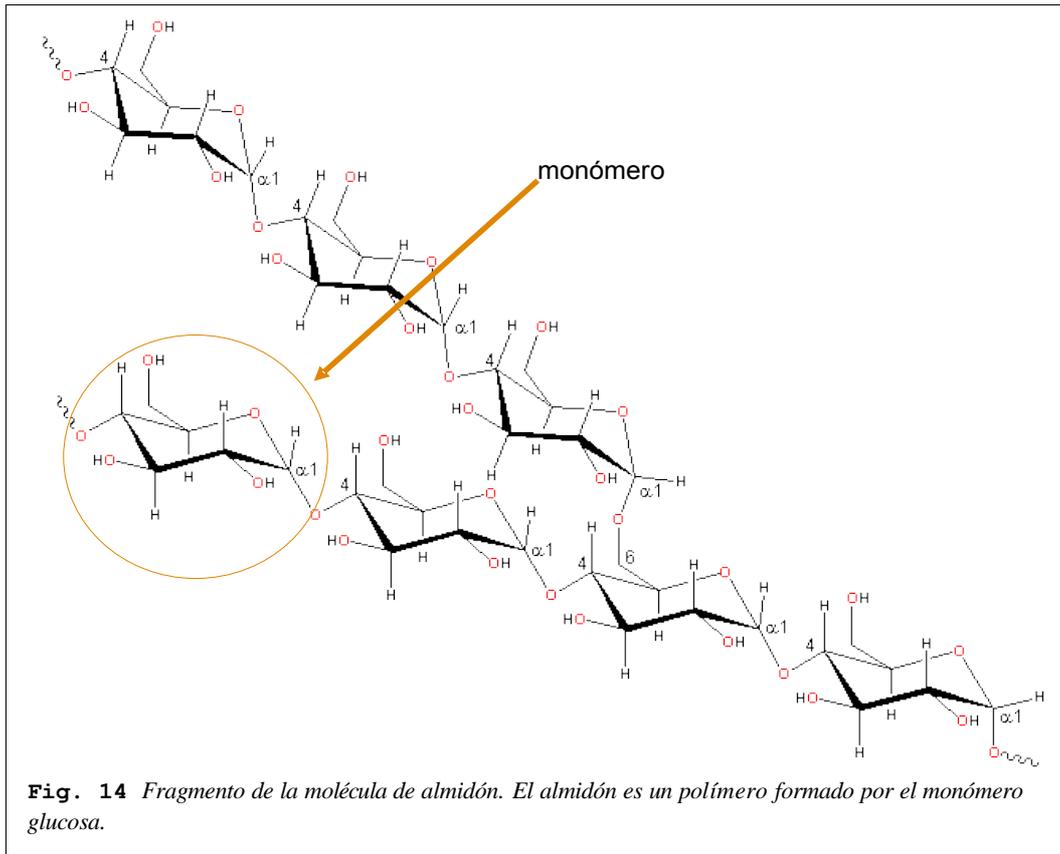
Fig. 13 Representación simplificada de una biomolécula.

### 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<sup>4</sup> u a más de 10<sup>6</sup> u

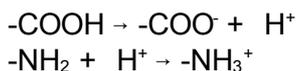
Unidad de masa molecular: unidad de masa atómica (u) o dalton (da).  
1u = 1da = 1,660\*10<sup>-24</sup> g



## 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.

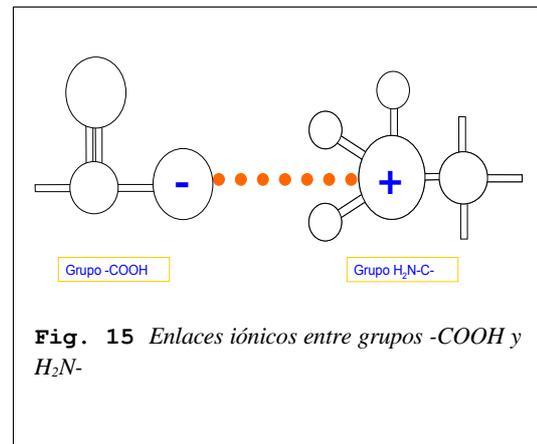
**3-Enlaces o puentes de hidrógeno.** Se trata de enlaces débiles pero que si se dan en gran número pueden llegar a dar una gran estabilidad a las moléculas.

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.

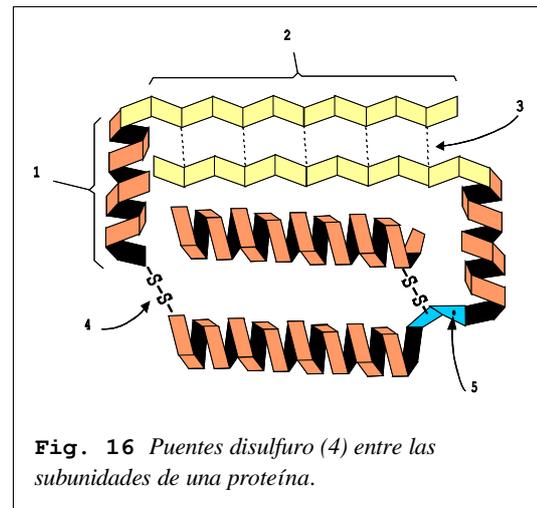
**4-Fuerzas de Van der Waals.** Se trata de fuerzas de carácter eléctrico debidas a pequeñas fluctuaciones en la carga de los átomos. Actúan cuando las moléculas se encuentran muy próximas unas a otras.

**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.

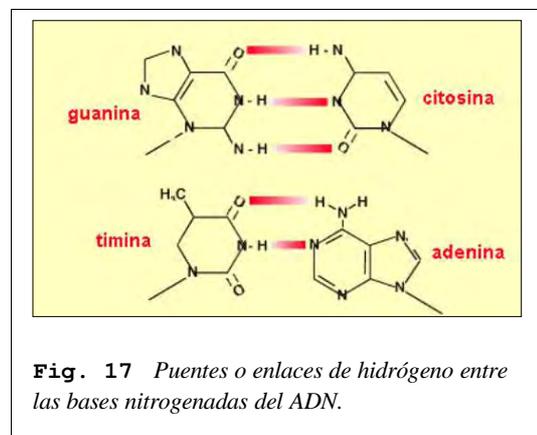
Es de destacar que los enlaces más débiles, iónicos y de hidrógeno, particularmente, pueden contribuir en gran manera a la estabilidad de la configuración de una molécula cuando se dan en gran número.



**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.

## I-3

# EL AGUA

### IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LOS SERES VIVOS

El agua es el líquido más abundante de la corteza y uno de los pocos líquidos naturales. No es de extrañar entonces que el agua sea una sustancia esencial en los seres vivos. El agua es el componente más abundante en los medios orgánicos, los seres vivos contienen por término medio un 70% de agua. No todos tienen la misma cantidad, los vegetales tienen más agua que los animales y ciertos tejidos (por ejemplo: el tejido graso) contienen menos agua -tiene entre un 10% a un 20% de agua- que otros como, por ejemplo: el nervioso, con un 90% de agua. También varía con la edad, así, los individuos jóvenes tienen más agua que los adultos (la carne de ternera es más tierna que la de vaca).

El agua en los seres vivos se encuentra tanto intra como extracelularmente. El agua intracelular, la que está en el interior de las células, representa  $\frac{2}{3}$ , aproximadamente, del agua que contiene un ser vivo y el agua extracelular representa el tercio restante. Esta última se encuentra bañando las células o circulando en forma de sangre, linfa, savia, etc.

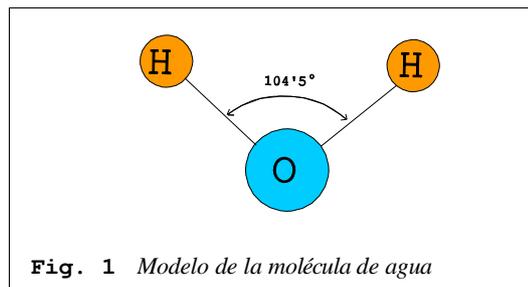
En los seres unicelulares y en los organismos acuáticos el agua es además su medio ambiente.

El agua no es un simple medio ni una mera fase inerte, es un líquido muy reaccionable. Interviene en muchas reacciones químicas, bien como reactivo o como producto de la reacción, y resulta imprescindible para la estabilidad de muchas sustancias biológicas, por ejemplo, las proteínas.

Por último diremos que la vida se originó hace más de 3500 millones de años en el medio acuático y las condiciones de aquel ambiente primitivo imprimieron un sello permanente en la química de los seres vivos. Todos los seres vivos han sido diseñados alrededor de las propiedades características del agua, tales como su carácter polar, sus enlaces de hidrógeno y sus elevados puntos de fusión, ebullición, calor específico y tensión superficial.

## ALGUNAS PROPIEDADES DEL AGUA

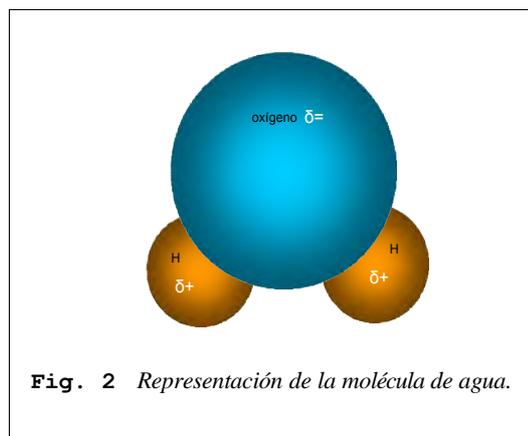
Masa molecular.....	18 da
Punto de fusión.....	0°C (a 1 atm)
Punto de ebullición ....	100°C (a 1 atm)
Densidad (a 4°C).....	1g/cm <sup>3</sup>
Densidad (0°C).....	0'97g/cm <sup>3</sup>



## ESTRUCTURA QUÍMICA DEL AGUA

La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En el agua existen también los productos resultantes de la disociación de algunas de sus moléculas: el ión  $\text{H}_3\text{O}^+$  y el  $\text{OH}^-$ .

En la molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  los enlaces covalentes entre el oxígeno y los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de  $104'5^\circ$ . Además, el átomo de oxígeno atrae hacia sí los electrones del enlace covalente. Esto hace que la molécula

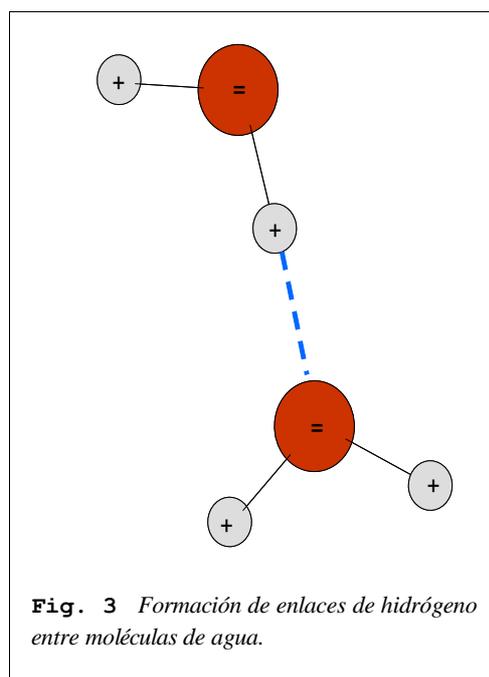


presente un exceso de carga negativa en las proximidades del átomo de oxígeno y un exceso de carga positiva en los átomos de hidrógeno. Por lo tanto, cada molécula de agua es un dipolo eléctrico.

## ESTRUCTURA QUÍMICA DEL AGUA COMO SUBSTANCIA

Al ser las moléculas de agua dipolos eléctricos se establecen enlaces de hidrógeno entre el átomo de oxígeno de una molécula y los átomos de hidrógeno de las moléculas vecinas. Estos enlaces de hidrógeno se forman y se escinden a gran velocidad, aunque su estabilidad disminuye al elevarse la temperatura.

Debido a estos enlaces las moléculas de agua se mantienen unidas - **cohesividad** - y el agua es líquida a temperaturas a las que otras sustancias de masas moleculares similares como el  $\text{CH}_4$  y el  $\text{H}_2\text{S}$  son gaseosas. De la cohesividad dependen también una serie de propiedades del agua de gran importancia para los seres vivos.



## COHESIVIDAD DEL AGUA

La **cohesividad**, debida a los puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua, es responsable de importantes características del agua y de muchas de las funciones que el agua cumple en los seres vivos. Así, son debidas a la cohesividad:

- Fenómenos como el de la **capilaridad**, que permite la ascensión de la savia a través de los finísimos conductos que forman los vasos leñosos en las plantas.

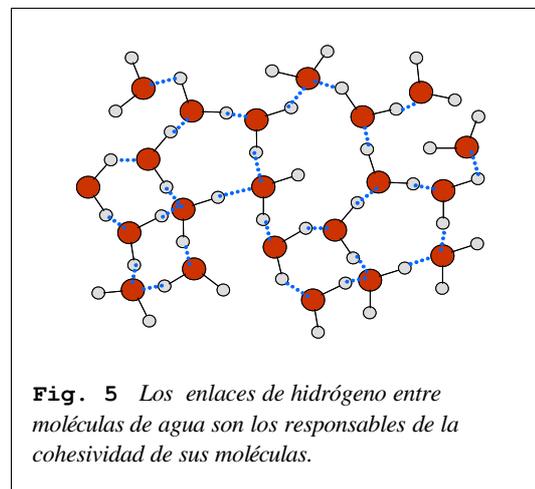
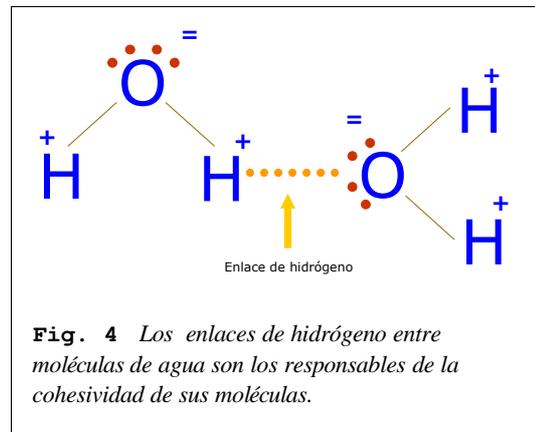
- Es también responsable de que el agua sea un líquido prácticamente incompresible capaz de dar volumen y turgencia a muchos seres vivos (p.e.:gusanos) y por ejemplo, es la responsable del esqueleto hidrostático de las plantas.

- También es responsable de la elevada tensión superficial del agua; propiedad que permite las deformaciones del citoplasma celular y los movimientos internos en la célula.

- Como ya se ha dicho es la responsable de los elevados puntos de fusión y ebullición del agua. Otras sustancias de masas moleculares parecidas son gaseosas a temperaturas en las que el agua es líquida. El hecho de que el agua sea líquida en su mayor parte a las temperaturas que se dan en la Tierra ha posibilitado el desarrollo de la vida en nuestro planeta.

- De su elevado calor específico: cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una cierta masa de agua. Esto hace que el agua almacene o libere una gran cantidad de calor al calentarse o al enfriarse; lo que permite que el agua actúe como amortiguador térmico, evitando bruscas alteraciones de la temperatura y evitando de esta forma que, por ejemplo, algunas moléculas como las proteínas, muy sensibles a los cambios térmicos, se alteren.

- Su elevado calor de vaporización: cantidad de calor necesario para evaporar un gramo de agua es también debido a la cohesividad, pues para pasar del estado líquido al



gaseoso es necesario romper los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua.

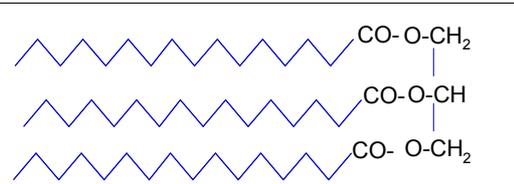
Estas dos últimas propiedades son de gran importancia a la hora de regular la temperatura en muchos seres vivos, por ejemplo: la sudoración.

**SOLUBILIDAD**

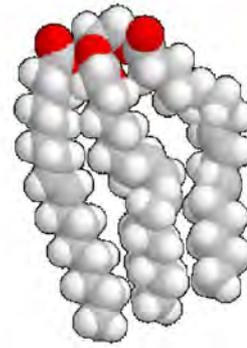
El agua es un buen disolvente de los compuestos iónicos. Esto es debido a que el agua es una sustancia polar. Las moléculas de agua se disponen alrededor de los iones positivos con la parte negativa de su molécula hacia ellos y en el caso de los iones negativos les enfrentan la parte positiva. También son solubles en agua las sustancias polares, por ejemplo: los glúcidos; normalmente, estas sustancias tienen una elevada proporción de oxígeno. Por el contrario, aquellas sustancias orgánicas que presentan una elevada proporción de hidrógeno y pocos átomos de oxígeno son poco solubles en agua; por ejemplo: los lípidos.

Algunas sustancias tienen una parte de su molécula que es soluble en agua (hidrófila) y otra parte insoluble (hidrófoba). Estas sustancias se dice que son **anfipáticas**. Las sustancias anfipáticas, cuando están en un medio acuoso, orientan su molécula y dan lugar a la formación de micelas, monocapas o bicapas.

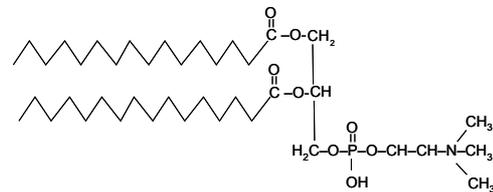
Las grandes moléculas, como las proteínas, si son solubles en agua, forman un tipo especial de disoluciones denominadas disoluciones **coloidales**. Las disoluciones coloidales van a poder estar en dos estados: **sol** y **gel**. En el estado de sol predomina la fase dispersante, el agua, por ejemplo, sobre la fase dispersa y la solución es más fluida. En estado de gel predomina la fase dispersa, por ejemplo: la proteína, sobre la fase dispersante, y la solución es más viscosa. El paso de un estado a



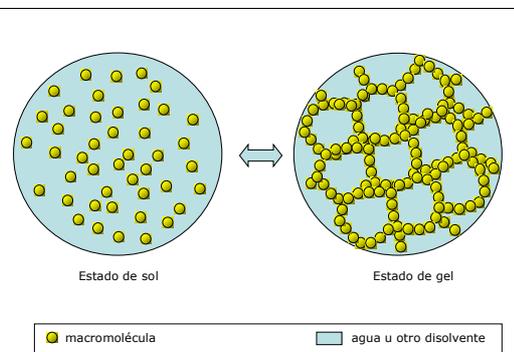
**Fig. 6** Los triacilglicéridos (grasas neutras) son sustancias muy insolubles en agua.



**Fig. 7** Modelo de triacilglicérido (grasa neutra). Estas sustancias tienen pocos grupos polares y una gran proporción de -CH- y poco oxígeno.



**Fig. 8** Los fosfoglicéridos son sustancias anfipáticas.



**Fig. 9** Estados de sol y de gel de una disolución coloidal.

otro es reversible y diversos factores físicos y químicos pueden hacer que una solución pase de un estado a otro sin necesidad de variar la concentración de soluto. Estos factores pueden ser: el pH, la temperatura o una alteración en la concentración de determinados iones presentes en el medio. Los soluciones coloidales pueden separarse por **diálisis** por medio de membranas cuyos poros sólo permiten pasar las moléculas de pequeño tamaño y no las partículas coloidales.

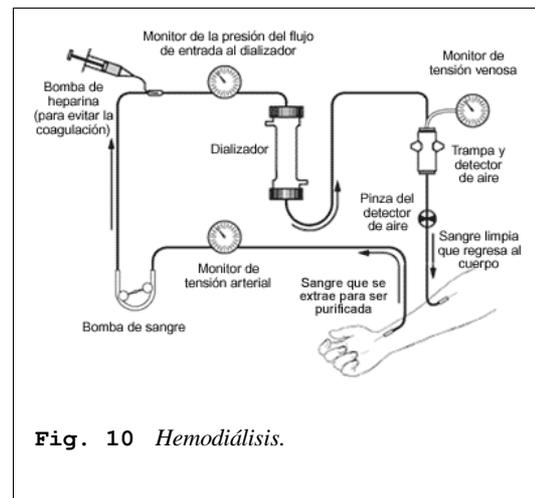


Fig. 10 Hemodiálisis.

### IONIZACIÓN Y pH

Parte de las moléculas ( $10^{-7}$  moles por litro de agua,  $1 \text{ mol} = 6.023 \times 10^{23}$  moléculas) están disociadas (ver en la figura 13 la ecuación de ionización del agua).

Las sustancias ácidas al disolverse en agua se disocian y producen iones  $H^+$  que aumentan la concentración de iones  $H_3O^+$  del medio. Las sustancias básicas se disocian también produciendo iones  $OH^-$  que se unen a los iones  $H_3O^+$  formándose dos moléculas de agua, por lo que la concentración de iones  $H_3O^+$  del agua disminuye.

La concentración de iones  $H_3O^+$  del agua se puede tomar, por lo tanto, como una medida de su acidez, si es alta, o de su basicidad, si es baja. El pH se define como el logaritmo decimal negativo de la concentración de iones  $H_3O^+$  de una disolución. En el agua pura (neutra) la concentración de protones es de  $10^{-7}$  moles por litro ( $pH=7$ ). Por lo tanto:

- si el  $pH < 7$ , la disolución será **ácida**;
- si el  $pH = 7$ , será **neutra**;
- si el  $pH > 7$ , será **básica**.

Puede decirse, a modo de ejemplo, que el pH de la sangre es ligeramente básico ( $pH=7.37$ ) mientras que el del estómago es fuertemente ácido ( $pH=1$ ).

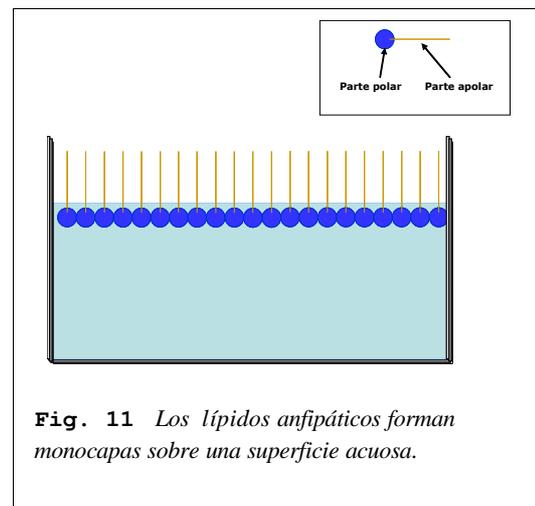


Fig. 11 Los lípidos anfipáticos forman monocapas sobre una superficie acuosa.

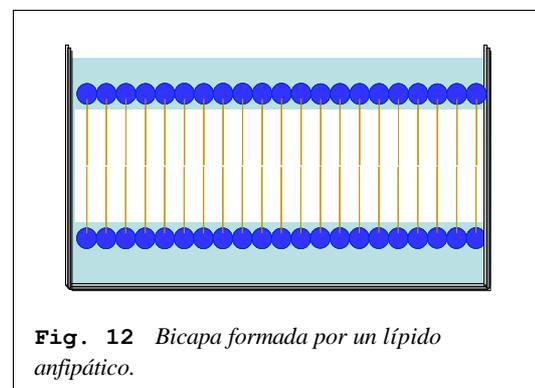


Fig. 12 Bicapa formada por un lípido anfipático.

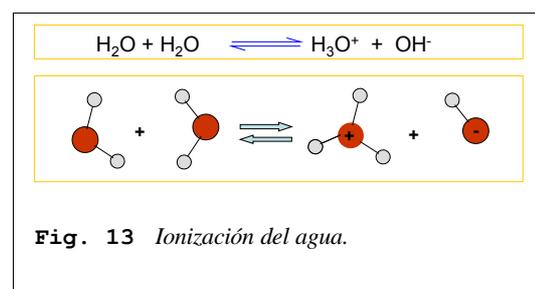


Fig. 13 Ionización del agua.

Las variaciones del pH son de gran importancia en muchos procesos biológicos de la célula. Así, por ejemplo, en los procesos de acumulación de energía en el ATP o en la activación de las enzimas de los lisosomas.

### EL AGUA COMO SUSTANCIA REACCIONABLE

El agua participa activamente en los procesos químicos que se dan en la célula, pues es en sí misma una sustancia muy reaccionable. Así:

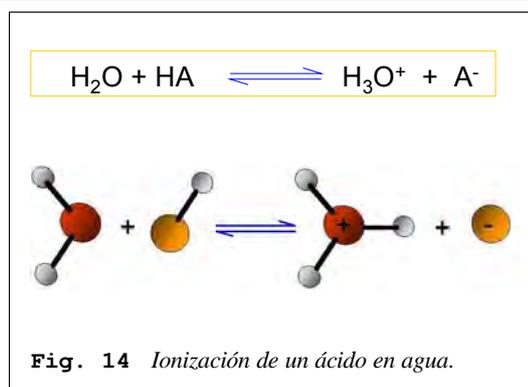


Fig. 14 Ionización de un ácido en agua.

- En las reacciones de **hidrólisis**. Se trata de la rotura de un enlace covalente por la adición de H y OH a los átomos que están unidos entre sí. De esta manera se separan, por ejemplo, los aminoácidos que forman las proteínas cuando estas se hidrolizan; el H y el OH se unen al nitrógeno y al carbono que forman el enlace peptídico en un proceso similar, pero inverso, al de la formación del enlace. Algo parecido ocurre con otros enlaces como con el glicosídico o con el enlace éster.
- El agua puede ser adicionada a un doble enlace formándose una función alcohol.
- El agua tiene también una gran importancia en la fotosíntesis por ser la sustancia que repone los electrones que se utilizan en los procesos de síntesis de sustancias orgánicas.

### SOLUCIONES AMORTIGUADORAS<sup>1</sup>

*Los procesos químicos que se dan en la célula producen sustancias que alteran el pH del medio celular. Ciertas sustancias actúan como **amortiguadores** del pH o **tampones** evitando que éste sufra grandes variaciones. Así, por ejemplo, el ión bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) actúa como tampón en los medios orgánicos. Si el pH es ácido habrá un exceso de iones  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Estos serán captados por el ión  $\text{HCO}_3^-$  que se transformará en  $\text{H}_2\text{CO}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , con lo que el pH aumentará. El  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , a su vez, se descompondrá en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . El proceso se desarrolla a la inversa si hay pocos iones  $\text{H}_3\text{O}^+$ . El ión bicarbonato actúa como un tampón eficaz para valores de pH en las proximidades de 7, que es el pH de la sangre. En los medios intracelulares el tampón más frecuente es el ión fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ).*

<sup>1</sup> Los textos en letra itálica suelen ser textos de ampliación o de aclaración y no entran en los exámenes.

## LAS SALES MINERALES

Podemos encontrarlas disueltas en los medios celulares internos o externos, o precipitadas en huesos y caparazones. Cuando están disueltas se encuentran disociadas en cationes y aniones. Los principales cationes y aniones presentes en los medios orgánicos son:

- Cationes:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ .
- Aniones:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{NO}_3^-$

La proporción de iones, y sobre todo de cationes, debe mantenerse constante en los medios orgánicos pues ciertos cationes tienen efectos antagónicos. Por ejemplo, el  $\text{Ca}^{++}$  y el  $\text{K}^+$  tienen funciones antagónicas en el funcionamiento del músculo cardíaco.

## PRINCIPALES FUNCIONES DE LAS SALES MINERALES

- Esqueletos y caparazones.
- Mantener la salinidad.
- Estabilizar las disoluciones. Por ejemplo, los amortiguadores del pH.
- Específicas: Movimiento muscular, impulso nervioso etc.

gramos/litro	
Cloruro de sodio	8,0
Cloruro de potasio	0,2
Cloruro de calcio	0,2
Cloruro magnésico	0,1
Bicarbonato de sodio	1,0
Fosfato monosódico	0,05
Glucosa	1,0
Agua destilada	Hasta 1000 cm <sup>3</sup>

**Fig. 15** Solución de Tyrode, utilizada para cultivos de tejidos, preservado de órganos e irrigaciones de la cavidad peritoneal.



**Fig. 16** Las conchas de los moluscos están formadas por una matriz orgánica de naturaleza fundamentalmente proteínica (conquiolina) y un depósito inorgánico de carbonato cálcico.

## I-4

## GLÚCIDOS

## CONCEPTO, CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES GENERALES DE LOS GLÚCIDOS

Los glúcidos son compuestos orgánicos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno; en algunos casos pueden tener además otros elementos químicos como nitrógeno o azufre.

Se les ha llamado hidratos de carbono porque algunos responden a la fórmula general  $C_n(H_2O)_m$  y azúcares por su sabor dulce, aunque sólo los de baja masa molecular lo tienen.

**Concepto:** Químicamente son polihidroxialdehídos, polihidroxicetonas, sus derivados o sus polímeros (más adelante se explicarán estos conceptos).

Algunos son moléculas de relativamente baja masa molecular; la glucosa tiene una  $M_m=180$  da. Otros, como el almidón, tienen masas moleculares de más de 100000 da y son grandes moléculas, **macromoléculas**.

Sus propiedades físicas y químicas son muy variadas. Y en cuanto a sus funciones biológicas:

- La glucosa, sacarosa, glucógeno y almidón son sustancias energéticas. Los seres vivos obtienen energía de ellas o las usan para almacenar energía. Esta energía está contenida en determinados enlaces que unen los átomos de estas moléculas.
- Celulosa y quitina son estructurales. Forman parte de las paredes de las células vegetales (celulosa) o de las cubiertas de ciertos animales (quitina).
- Ribosa y desoxirribosa forman parte de los ácidos nucleicos.

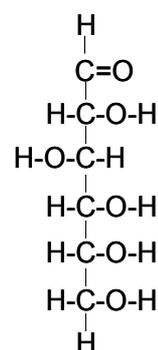


Fig. 1 Fórmula lineal de la D-glucosa.

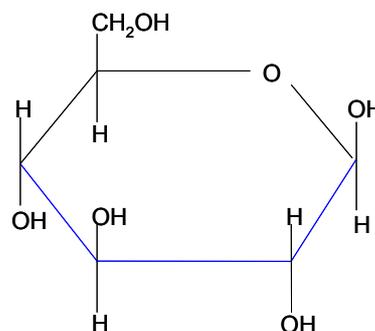


Fig. 2 Fórmula cíclica de la D-glucosa.

Estos son sólo algunos ejemplos que nos pueden ilustrar sobre las funciones que cumplen los glúcidos.

## CLASIFICACIÓN DE LOS GLÚCIDOS

Atendiendo a su complejidad se clasifican en:

- A) **Monosacáridos u osas:** Son los más sencillos. No son hidrolizables; esto es, no se pueden descomponer por hidrólisis en otros glúcidos más simples. Constituyen los monómeros a partir de los cuales se forman los demás glúcidos.
- B) **Ósidos:** Formados por la unión de varios monosacáridos mediante enlaces "O-glicosídicos", pudiendo poseer en su molécula otros compuestos diferentes de los glúcidos. Son hidrolizables, descomponiéndose en los monosacáridos y demás compuestos que los constituyen. Se dividen en:
- \* **Holósidos.** Son aquellos que están constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno, exclusivamente. A su vez se subclasifican en:
    - Oligosacáridos, formados por entre 2 y 10 monosacáridos unidos.
    - Polisacáridos, formados por un gran número de monosacáridos.
  - \* **Heterósidos.** Formados por osas y otros compuestos que no son glúcidos. Por lo tanto, además de carbono, hidrógeno y oxígeno, contienen otros elementos químicos.

## LOS MONOSACÁRIDOS

### CONCEPTO Y NATURALEZA QUÍMICA

**Concepto:** Químicamente son polihidroxialdehídos, polihidroxicetonas o sus derivados. Se caracterizan por no ser hidrolizables.

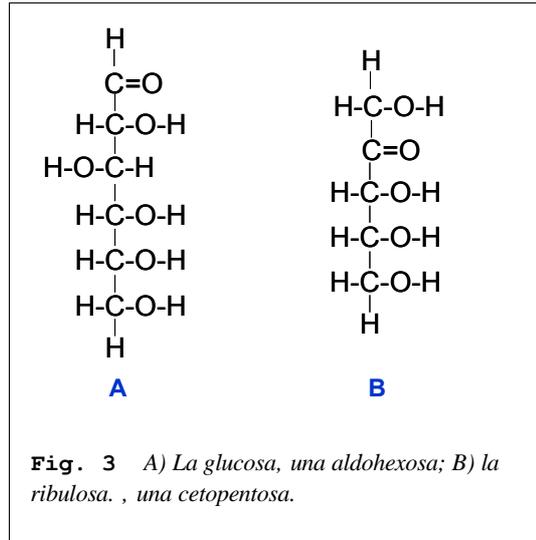
Un polihidroxialdehído es un compuesto orgánico que tiene una función aldehído en el primer carbono y en los restantes carbonos una función alcohol. Las polihidroxicetonas en lugar de una función aldehído tienen una función cetona, normalmente en el carbono 2. Los monosacáridos que tienen función aldehído se llaman **aldosas** y **cetosas** los que tienen una función cetona.

Los monosacáridos responden a la fórmula empírica  $C_n(H_2O)_n$ , de aquí proviene el nombre de hidratos de carbono. El valor de n normalmente está comprendido entre 3 y 7.

Según el número de átomos de carbono se clasifican en :

- Triosas.....n=3
- Tetrosas.....n=4
- Pentosas.....n=5
- Hexosas.....n=6
- Heptosas.....n=7

Así, un monosacárido con 6 átomos de carbono y con la función aldehído será una **aldohexosa**; si tiene cuatro átomos de carbono y una función cetona, será una **cetotetrosa**, y así sucesivamente.



**PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS MONOSACÁRIDOS**

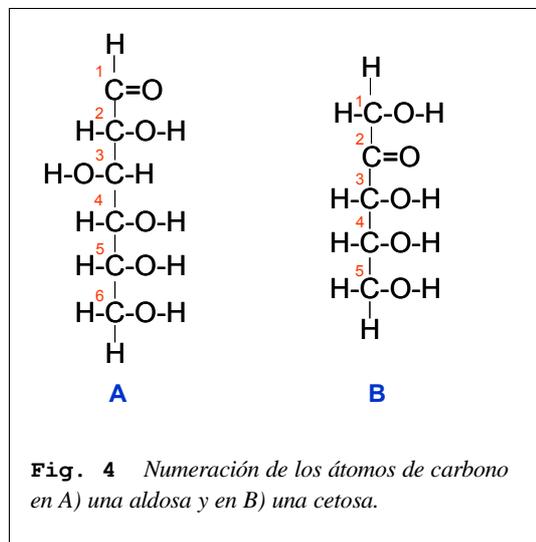
- **Propiedades físicas:** Los monosacáridos son sólidos, cristalinos, incoloros o blancos, de sabor dulce. Como los grupos hidroxilo son polares, los monosacáridos son muy solubles en agua, pues se establecen enlaces polares con las moléculas de agua.
- **Propiedades químicas:** El grupo carbonilo reduce fácilmente los compuestos de cobre (licor Fehling) y de plata oxidándose y pasando a grupo ácido. Esta propiedad es característica de estas sustancias y permite reconocer su presencia, pues la reducción de las sales cúpricas del licor de Fehling a cuprosas hace virar el reactivo del azul al rojo ladrillo.



**FÓRMULA LINEAL DE LOS MONOSACÁRIDOS**

**DIASTEREOISOMERÍA**

Las fórmulas lineales de los monosacáridos se escriben con el carbono 1, el carbono que lleva la función aldehído o el carbono más próximo a la función cetona, en la parte superior y el resto



de los carbonos en orden descendente.

Los monosacáridos tienen átomos de carbono asimétricos (carbonos que tienen 4 sustituyentes diferentes) por lo que presentan **diastereoisomería** (isómeros ópticos). Los diastereoisómeros se diferencian en su formulación en la colocación de los H y OH de cada carbono asimétrico a un lado u otro del esqueleto carbonado de la molécula.

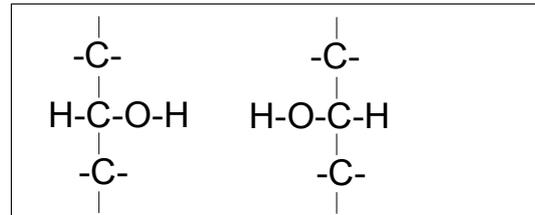


Fig. 5 Diferenciación en la posición de los -OH en los carbonos asimétricos de los monosacáridos.

El número de isómeros ópticos, para un monosacárido dado, es de  $2^n$ , siendo n el número de átomos de carbono asimétricos que tenga. La glucosa con cuatro átomos de carbono asimétricos tendrá  $2^4=16$  isómeros ópticos. De los  $2^n$  isómeros posibles de un monosacárido, la mitad pertenecen a la serie D, y la otra mitad son sus imágenes especulares y pertenecen a la serie L.

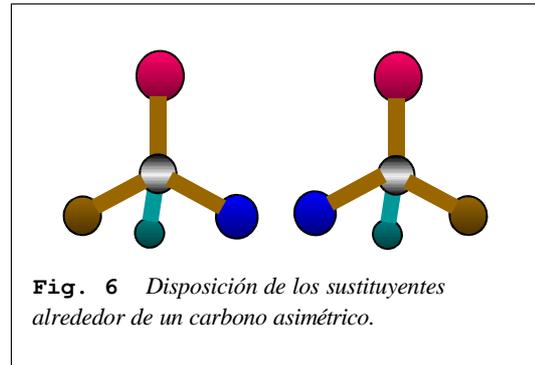


Fig. 6 Disposición de los sustituyentes alrededor de un carbono asimétrico.

Los monosacáridos que tienen el OH del último átomo de carbono asimétrico a la derecha pertenecen a la serie D, los de la serie L lo tienen a la izquierda. En los seres vivos normalmente sólo aparece una de las formas. Por convenio, se ha decidido que esta forma es la D.

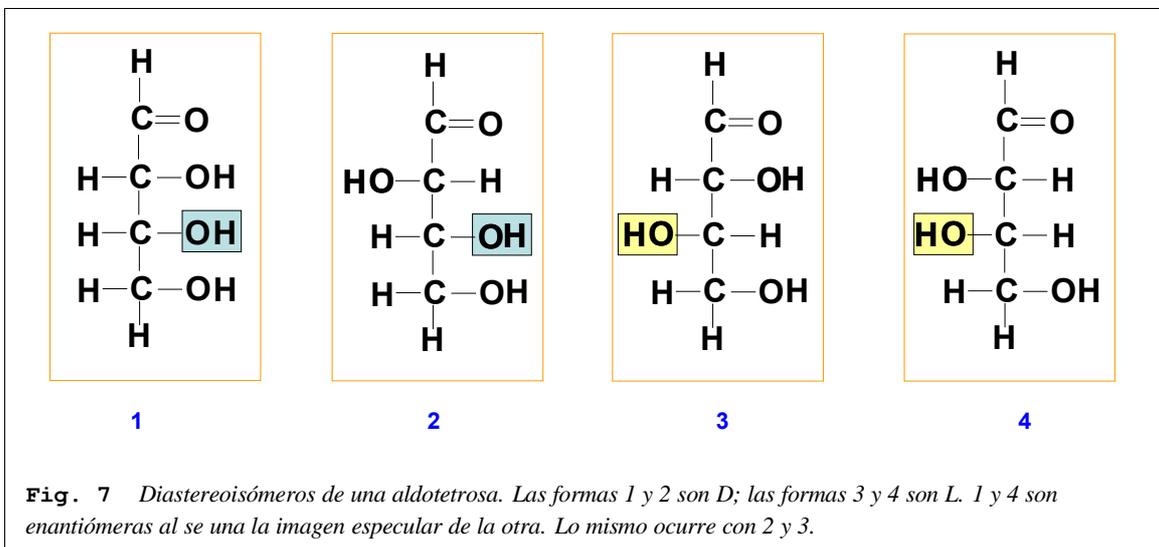


Fig. 7 Diastereoisómeros de una aldotetrosa. Las formas 1 y 2 son D; las formas 3 y 4 son L. 1 y 4 son enantiómeras al ser una la imagen especular de la otra. Lo mismo ocurre con 2 y 3.

**EL HEMIA CETAL INTRAMOLECULAR.  
CICLACIÓN DE LA MOLÉCULA**

Si las aldopentosas y las hexosas se disuelven en agua, o si forman parte de los disacáridos o polisacáridos, el grupo carbonilo (-C=O) reacciona con el grupo hidroxilo (-C-O-H) del carbono 4, en las aldopentosas, o del carbono 5, en las hexosas, formándose un **hemiacetal** (reacción entre un alcohol y un aldehído) o un **hemicetal** (reacción entre un alcohol y una cetona) y la molécula forma un ciclo.

Las fórmulas cíclicas de la hexosas se representan, según la **proyección de Haworth**, con el plano del anillo perpendicular al plano de escritura, los carbonos 2 y 3 dirigidos hacia delante, el carbono 5 y el oxígeno del anillo hacia detrás.

Los OH que en la fórmula lineal estaban a la derecha se ponen por debajo del plano y los que estaban a la izquierda se ponen hacia arriba. En la formas D el -CH<sub>2</sub>OH se pone por encima y en las L por debajo.

Si las fórmulas cíclicas forman un anillo pentagonal reciben el nombre de **furanosas**, mientras que si éste es hexagonal se denominan **piranosas**. En éstas últimas, a su vez, el anillo puede adoptar dos disposiciones diferentes: de **silla**, si el carbono 1 y el 4 están a ambos lados del plano formado por los carbonos 2, 3 y 5, y de **bote** o **nave** si están a un mismo lado.

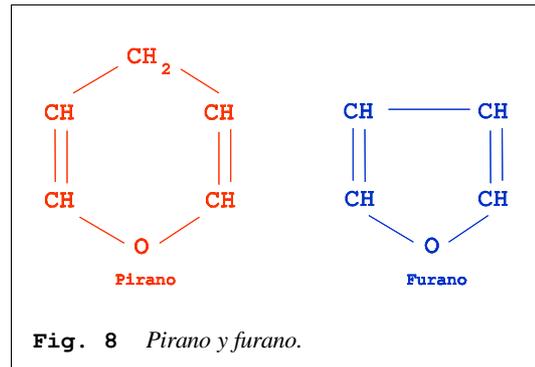


Fig. 8 Pirano y furano.

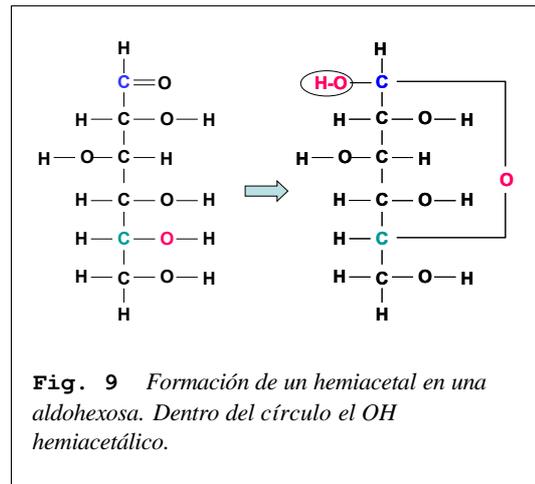


Fig. 9 Formación de un hemiacetal en una aldohexosa. Dentro del círculo el OH hemiacetálico.

**FORMAS  $\alpha$  y  $\beta$**

Cuando se produce la ciclación de la molécula aparece un nuevo átomo de carbono asimétrico, el carbono 1 en las aldosas o el 2 en las cetosas. Este carbono recibe el nombre de carbono **anomérico**. El OH de este carbono, -OH **hemiacetálico**, puede estar a uno u otro lado del plano de la molécula originándose dos nuevos isómeros ópticos. Cada uno de estos isómeros se distingue mediante los símbolos  $\alpha$  y  $\beta$  (formas  $\alpha$  y  $\beta$ ).

La forma  $\alpha$  se representa situando el OH hemiacetálico por debajo del plano de la molécula; en la forma  $\beta$  se sitúa por encima. Las formas  $\alpha$  y  $\beta$  de un monosacárido reciben el nombre de formas **anómeras**<sup>1</sup>.

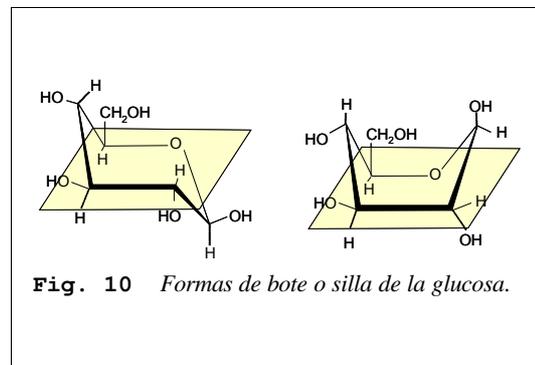


Fig. 10 Formas de bote o silla de la glucosa.

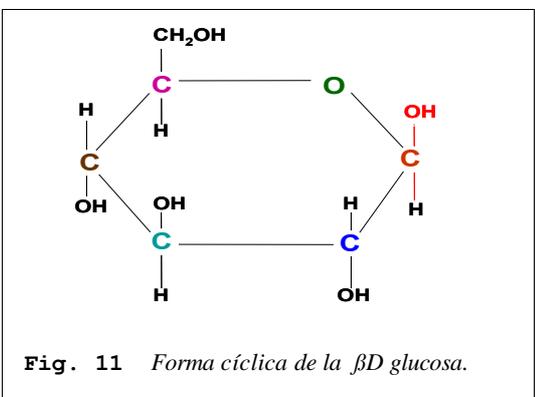


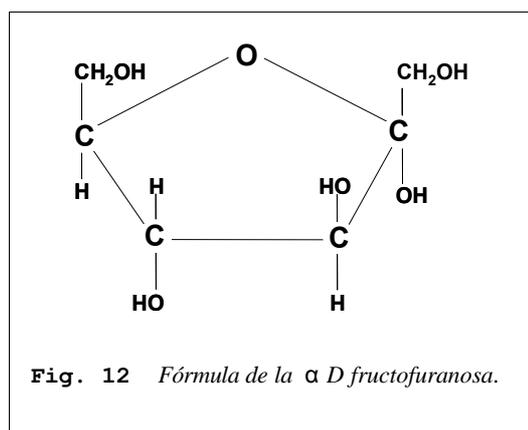
Fig. 11 Forma cíclica de la  $\beta$ D glucosa.

<sup>1</sup> *Curiosidad:* Al aparecer un nuevo átomo de carbono asimétrico cambia el ángulo con el que el monosacárido desvía el plano de la luz polarizada. Por ejemplo:

$\alpha$ D-glucosa a 20°C desvía el plano +112.2°  
 $\beta$ D-glucosa a 20°C " " +18.7°

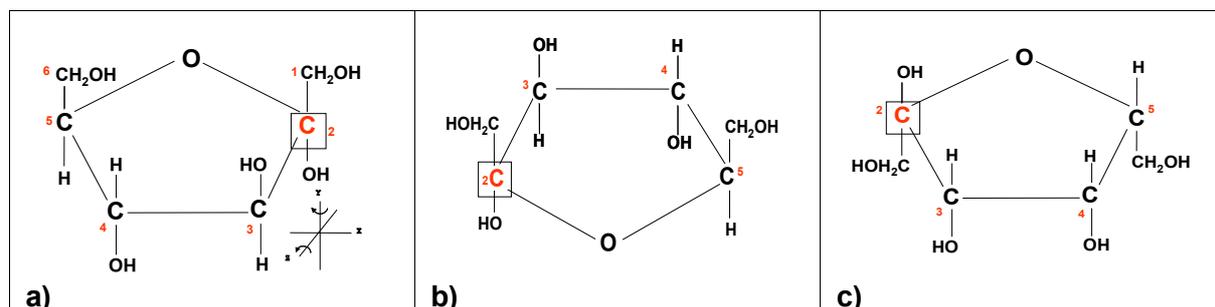
## NOMENCLATURA DE LAS FORMAS CÍCLICAS

Para nombrar la forma cíclica de un monosacárido, se indica en primer lugar si es  $\alpha$  o  $\beta$ , a continuación, si es D o L y, por último, el nombre del monosacárido y el tipo de anillo. Por ejemplo:  $\alpha$ -D-glucopiranososa,  $\beta$ -D-fructofuranosa



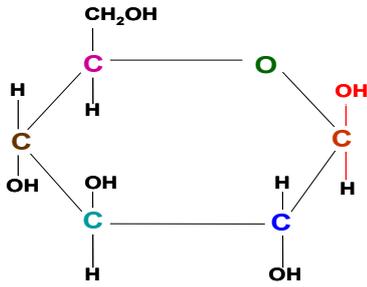
## ORIENTACIÓN DE LAS FÓRMULAS CÍCLICAS DE LOS MONOSACÁRIDOS

Normalmente, las fórmulas cíclicas de los monosacáridos se representan con el carbono anomérico hacia la derecha, el resto de los carbonos del ciclo por orden en el sentido de las agujas del reloj. No obstante, la molécula puede representarse bien **girada** (giro de  $180^\circ$  según el eje Y) o **volteada** (giro de  $180^\circ$  según el eje Z). En los esquemas se ha representado la  $\alpha$ -D-fructofuranosa en posición normal (**a**), girada (**b**) y volteada (**c**).

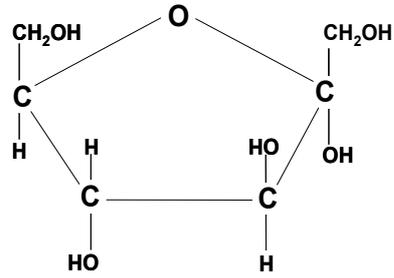


La mezcla de  $\alpha$  y  $\beta$  " " +52.7°

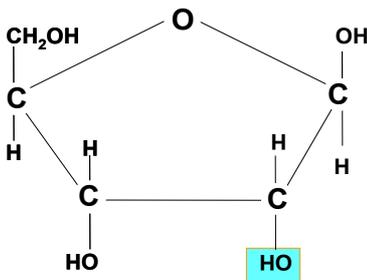
EJEMPLOS DE MONOSACÁRIDOS DE INTERÉSBIOLÓGICO



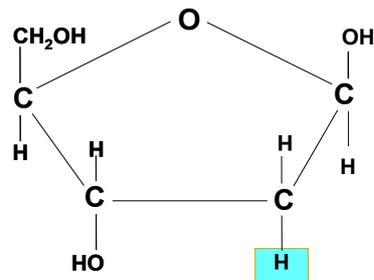
**Glucosa:** Sustancia muy difundida tanto entre los vegetales (uvas) como entre los animales. Forma parte de muchos disacáridos y polisacáridos. Importante fuente de energía de las células. En la sangre hay un uno por mil de glucosa procedente de la digestión.



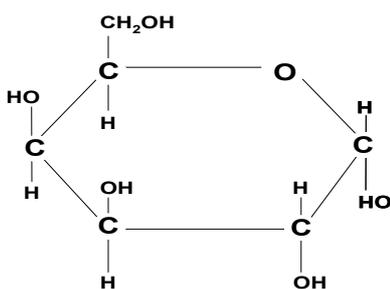
**Fructosa:** Cetohehexosa. Sustancia muy difundida entre las plantas, sobre todo en sus frutos, y en la miel. En el hígado se transforma en glucosa. Junto con la glucosa forma el disacárido sacarosa.



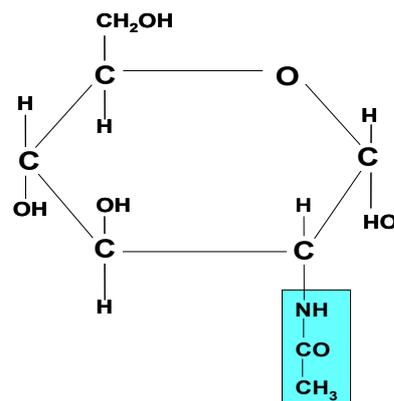
**Ribosa:** Aldopentosa. Forma parte de muchas sustancias orgánicas de gran interés biológico, como el ATP o el ARN.



**Desoxirribosa:** Derivada de la ribosa. Le falta el grupo alcohol en el carbono 2. Forma parte del ADN.



**Galactosa:** Junto con la glucosa forma la lactosa, disacárido de la leche.

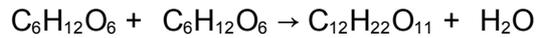


**N-acetilglucosamina:** Derivado de la glucosa. Se encuentra en las paredes de las bacterias y es también el monómero que forma el polisacárido quitina presente en el exoesqueleto de los insectos y las paredes celulares de muchos hongos.

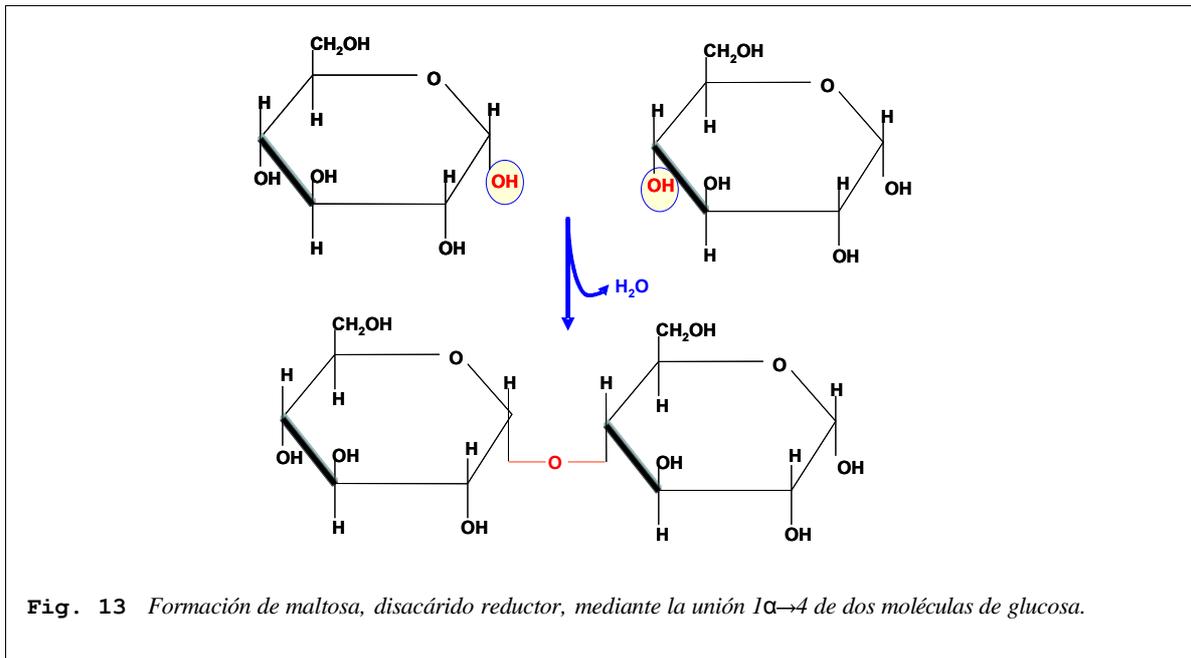
## LOS OLIGOSACÁRIDOS. EL ENLACE O-GLICOSÍDICO.

Los oligosacáridos están formados por la unión de 10 o menos de 10 monosacáridos mediante un enlace **O-glicosídico**.

Así, si reaccionan el -OH del carbono anomérico de un monosacárido con otro -OH de otro monosacárido, ambas sustancias quedarán unidas mediante un enlace **O-glicosídico**. Como consecuencia de la unión se forman un **disacárido** y una molécula de agua.

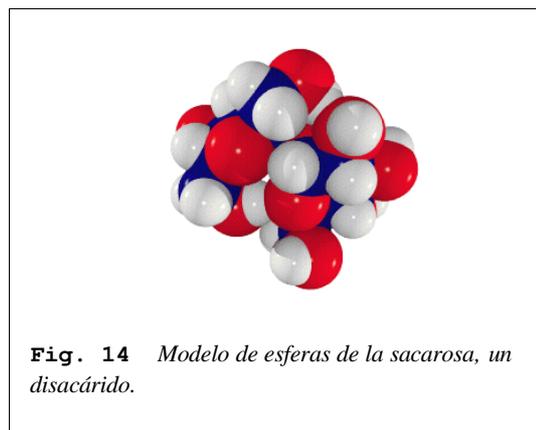


El -OH o los -OHs que intervienen en la unión pueden encontrarse bien en forma  $\alpha$  o  $\beta$ , lo que dará lugar a sustancias diferentes.

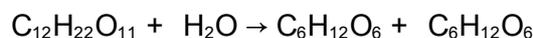


Los disacáridos son sustancias de propiedades similares a las de los monosacáridos. Ahora bien, si los -OH de los carbonos anoméricos de ambos monosacáridos intervienen en el enlace O-glicosídico, **enlace dicarbonílico**, el disacárido no será reductor, pues no tiene ningún OH hemiacetalico/hemiacetalico libre y es este OH el que les da las propiedades reductoras.

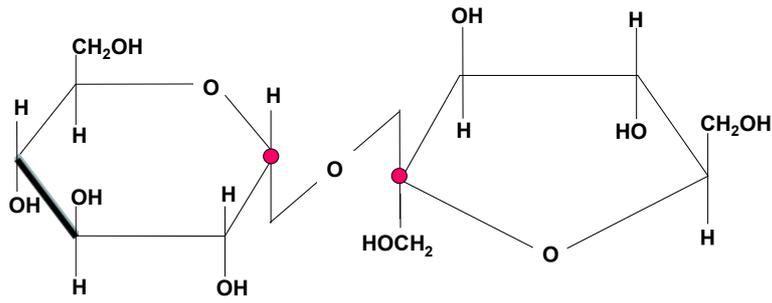
Los oligosacáridos se encuentran, junto a lípidos y proteínas, en la membrana plasmática donde actúan como **receptores** de muchas sustancias y como moléculas que sirven para que las células se reconozcan entre sí.



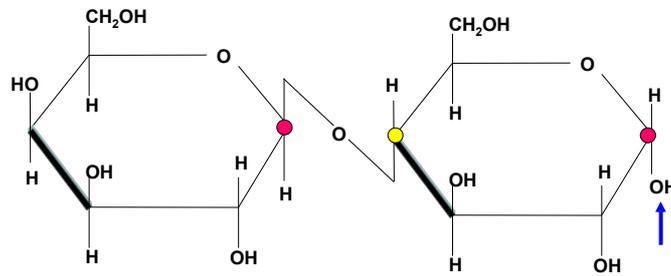
La hidrólisis de los oligosacáridos proporciona los correspondientes monosacáridos:



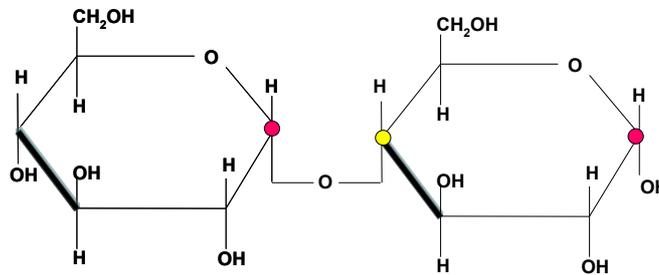
EJEMPLOS DE DISACÁRIDOS DE INTERÉSBIOLÓGICO



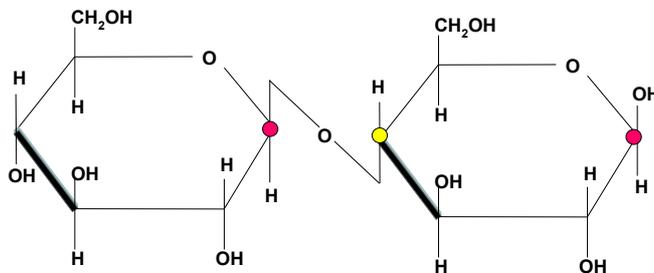
**Sacarosa:** Formada por  $\alpha$ -D-glucosa y  $\beta$ -D-fructosa (enlace  $1\alpha \rightarrow 2\beta$ ), unidas por los OH de los carbonos anoméricos y por lo tanto no reductor. Es el azúcar de mesa. Se encuentra en la caña de azúcar y en la remolacha.



**Lactosa:** Formada por  $\beta$ -D-galactosa y D-glucosa, unidas  $1\beta \rightarrow 4$ . Reductor. Se encuentra en la leche de los mamíferos.



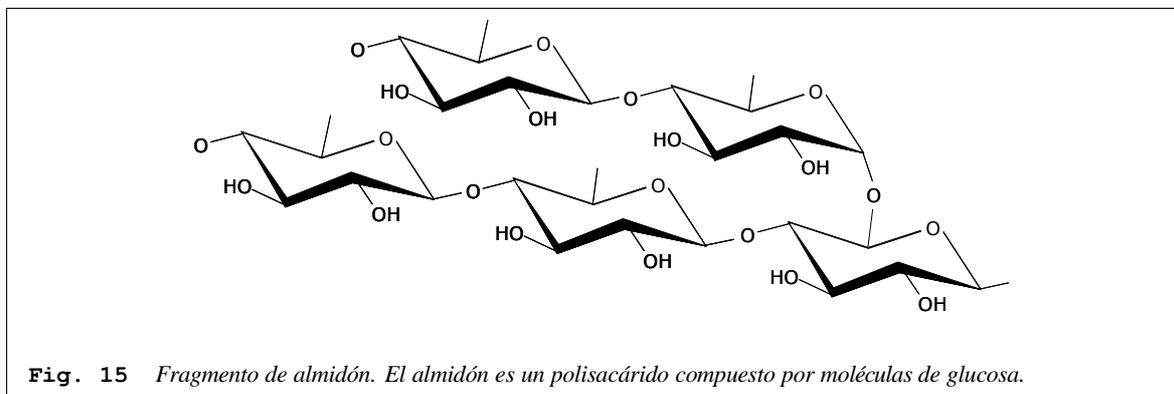
**Maltosa:** Formada por dos D-glucosas unidas por un enlace  $1\alpha \rightarrow 4$ . Reductor. Se obtiene por hidrólisis del almidón y del glucógeno. Aparece en la germinación de la cebada empleada en la fabricación de la cerveza. Tostada se emplea como sucedáneo del café (malta).



**Celobiosia:** Formada por dos D-glucosas unidas por un enlace  $1\beta \rightarrow 4$ . Reductor. Se obtiene por hidrólisis de la celulosa.

## POLISACÁRIDOS

Uno de los monosacáridos de la maltosa presenta libre su OH hemiacetálico y podrá unirse mediante un nuevo enlace O-glicosídico al OH alcoholíco de otro monosacárido. Este proceso puede repetirse y formarse un compuesto constituido por la unión de muchos monosacáridos al que llamaremos **polisacárido**.



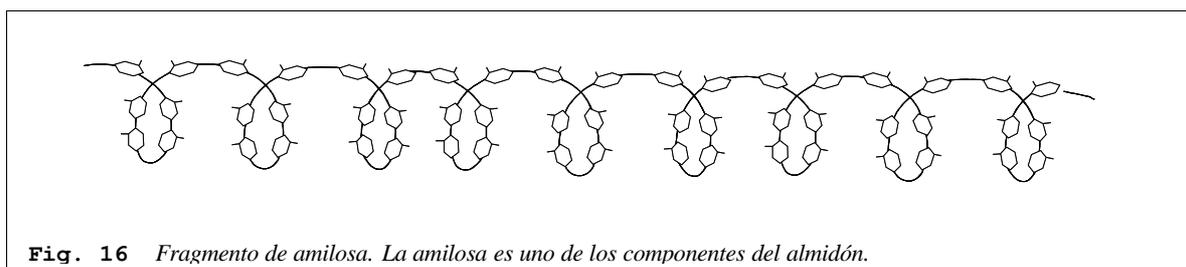
Los polisacáridos son sustancias insípidas, amorfas e insolubles en agua, algunos, como el almidón, pueden formar dispersiones coloidales.

Aunque los polisacáridos podrían estar constituidos por diferentes monosacáridos, lo normal es que sea un sólo monosacárido el que forma la molécula. Los polisacáridos son **macromoléculas**, moléculas de elevada masa molecular, miles o centenares de miles de daltons. Por ejemplo, cada molécula de celulosa, polisacárido vegetal, contiene de 300 a 3 000 moléculas de glucosa y tiene un peso molecular que oscila entre 54 000 y 540 000 da. Algunos polisacáridos presentan ramificaciones.

Es de destacar que los polisacáridos, al tener un sólo -OH hemiacetálico por molécula libre, presentan un carácter reductor tan pequeño que se puede considerar como que no son reductores.

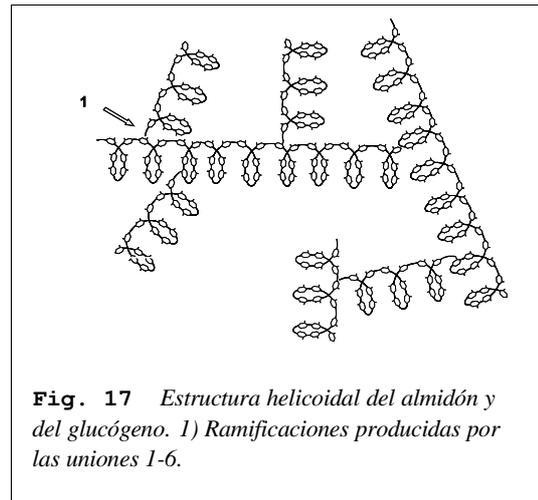
## POLISACÁRIDOS DE INTERÉSBIOLÓGICO

Los polisacáridos de mayor importancia biológica están formados por un sólo tipo de monosacárido. Se trata, por lo tanto de **homopolisacáridos**. Veamos algunos ejemplos:



El **almidón**: polisacárido con función energética. Es sintetizado por los vegetales. Está

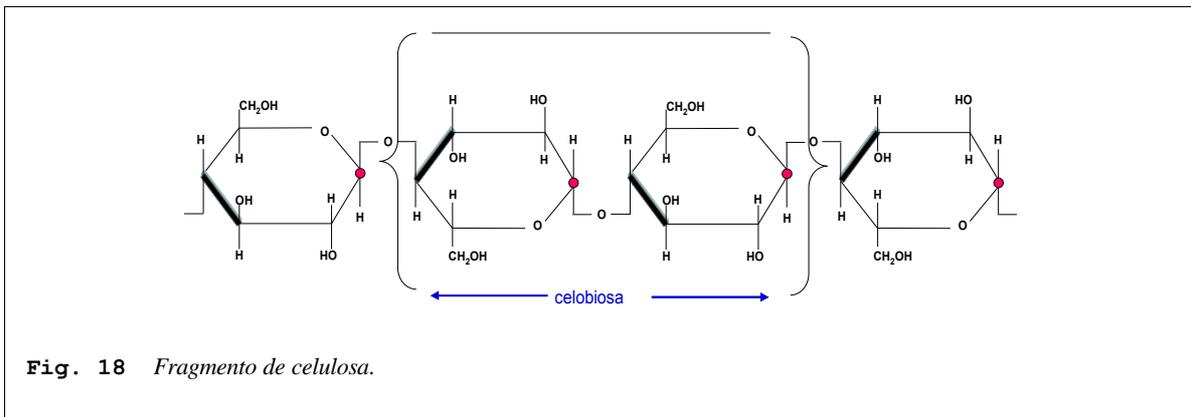
formado por miles de moléculas de glucosa en unión  $1\alpha \rightarrow 4$ . La molécula adopta una disposición en hélice, dando una vuelta por cada 6 moléculas de glucosa, además, cada 12 glucosas, presenta ramificaciones por uniones  $1\alpha \rightarrow 6$ . El almidón se reconoce fácilmente por teñirse de violeta con disoluciones de yodo (solución de Lugol).



**Fig. 17** Estructura helicoidal del almidón y del glucógeno. 1) Ramificaciones producidas por las uniones 1-6.

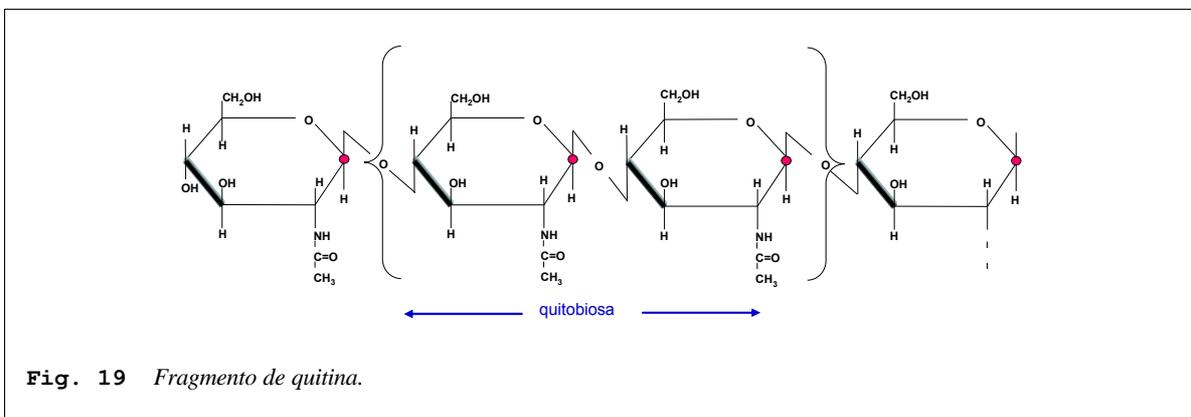
El **glucógeno**: Polisacárido de reserva energética en los animales. Se encuentra en el hígado y en los músculos donde se hidroliza transformándose en glucosa. Su estructura es similar a la del almidón, aunque más ramificado y su masa molecular es mucho mayor.

La **celulosa**: Sintetizada por los vegetales, tiene función estructural, formando parte importante de la pared celular. Está formada por la unión  $1\beta \rightarrow 4$  de varios millares de moléculas de glucosa. Debido al tipo de enlace cada molécula de glucosa está girada  $180^\circ$  respecto a la anterior, lo que le da a la celulosa una estructura lineal pero "retorcida". Esta disposición permite que se formen gran cantidad de puentes de hidrógeno entre cadenas yuxtapuestas, lo que produce muy fibras resistentes.



**Fig. 18** Fragmento de celulosa.

La **quitina**. Formada por un derivado nitrogenado de la glucosa: la N-acetil-glucosamina). Constituye los exoesqueletos de los artrópodos.



**Fig. 19** Fragmento de quitina.

También podemos encontrar en los seres vivos otros polisacáridos más complejos. Por ejemplo:

- Las **pectinas**, de las paredes celulósicas de los vegetales, formadas por la polimerización del ácido galacturónico, un derivado ácido de la galactosa
- Los **péptidoglucanos** de las paredes bacterianas, formados por polisacáridos asociados a cadenas peptídicas.



**Fig. 20** *Los exoesqueletos de los artrópodos están formados por quitina y otras sustancias.*

## I-5

## LÍPIDOS

## CONCEPTO, PROPIEDADES Y FUNCIONES GENERALES

**Concepto:** Los lípidos son sustancias químicamente muy diversas. Sólo tienen en común el ser **insolubles en agua** u otros disolventes polares y solubles en disolventes no polares u orgánicos, como el benceno, el éter, la acetona, el cloroformo, etc

**Propiedades físicas:** Son sustancias untosas al tacto, tienen brillo graso, son menos densas que el agua y malas conductoras del calor.

**Funciones en los seres vivos:** Los lípidos desempeñan importantes funciones en los seres vivos. Estas son, entre otras, las siguientes:

- **Estructural:** Son componentes estructurales fundamentales de las membranas celulares.

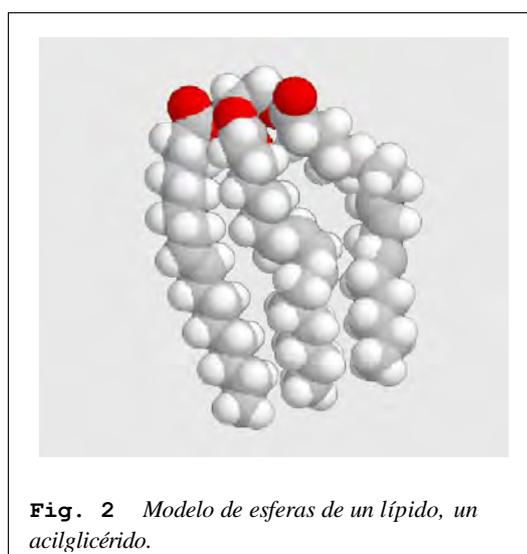
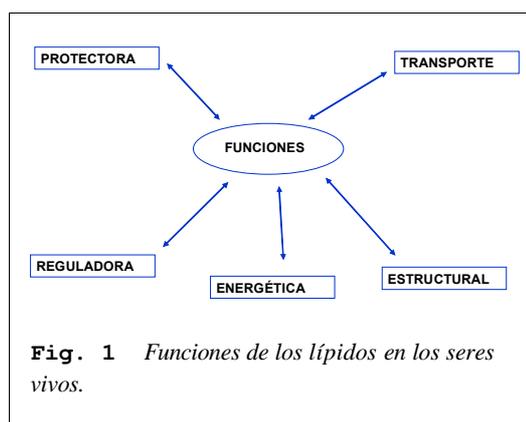
- **Energética:** Al ser moléculas poco oxidadas sirven de reserva energética pues proporcionan una gran cantidad de energía; la oxidación de un gramo de grasa libera 9,4 Kcal, más del doble que la que se consigue con 1 gramo de glúcido o de proteína (4,1 Kcal).

- **Protectora:** Las ceras impermeabilizan las paredes celulares de los vegetales y de las bacterias y tienen también funciones protectoras en los insectos y en los vertebrados.

- **Transportadora:** Sirven de transportadores de sustancias en los medios orgánicos.

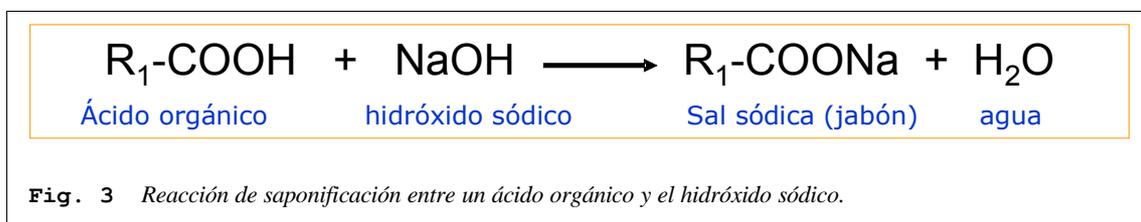
- **Reguladora del metabolismo:** Contribuyen al normal funcionamiento del organismo. Desempeñan esta función las vitaminas (A,D, K y E). Las hormonas sexuales y las de la corteza suprarrenal también son lípidos.

- **Reguladora de la temperatura:** También sirven para regular la temperatura. Por ejemplo, las capas de grasa de los mamíferos acuáticos de los mares de aguas muy frías.



## SAPONIFICACIÓN DE LOS LÍPIDOS

Muchos lípidos, como por ejemplo: los ácidos grasos, reaccionan con bases fuertes, NaOH o KOH, dando sales sódicas o potásicas que reciben el nombre de **jabones**. Esta reacción se denomina de **saponificación**. Son saponificables los ácidos grasos o los lípidos que poseen ácidos grasos en su estructura.



## CLASIFICACIÓN

Según den o no la reacción de saponificación, clasificaremos los lípidos en:

Saponificables	No saponificables
Ácidos grasos Acilglicéridos Ceras Fosfolípidos	Esteroides

Es de destacar que, además de estas, que son las que estudiaremos, existen otras clases de lípidos, como: los carotenoides, los terpenos, las prostaglandinas, etc.

## LOS ÁCIDOS GRASOS

**Concepto.** Son ácidos orgánicos de elevado número de átomos de carbono. Este número es siempre par y oscila, normalmente, entre 12 y 22.

**Descripción:** La cadena carbonada puede o no tener dobles enlaces. En el primer caso, diremos que el ácido graso es **insaturado** y en el segundo, **saturado**. Los ácidos grasos se diferencian por el número de átomos de carbono y por el número y la posición de los dobles enlaces. A veces, por comodidad, representaremos la cadena hidrocarbonada de los ácidos grasos como una simple línea

LOS PRINCIPALES ACIDOS GRASOS

Nombre trivial	Átomos de carbono	Dobles enlaces	Punto de fusión
<b>Saturados</b>			
Láurico	12	-	44,2
Mirístico	14	-	54,0
Palmitico	16	-	63,0
Estearico	18	-	69,6
Araquídico	20	-	76,5
Lignocérico	24	-	86,0
<b>Insaturados</b>			
Palmitoléico	16	1	-0,5
Oleico	18	1	13,4
Linoléico	18	2	-3,0
Linolénico	18	3	-11,0
Araquidónico	20	4	-49,5

**Tabla I:** Los principales ácidos grasos.

quebrada.

La cadena de los ácidos grasos saturado puede disponerse totalmente extendida, mientras que la cadena de los ácidos grasos insaturados al tener dobles enlaces adopta una disposición doblada.

Los ácidos grasos no suelen encontrarse en estado libre y se obtienen por hidrólisis ácida o enzimática de los lípidos saponificables.

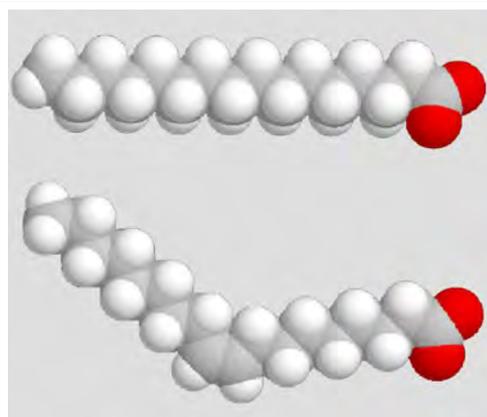


Fig. 4 1) Acido graso saturado (ac. Palmítico) 2) ácido graso insaturado (ac. Oléico).

### Propiedades químicas

a) **Reacción de esterificación:** El grupo ácido de los ácidos grasos va a poder reaccionar con los alcoholes para formar **ésteres** y agua.

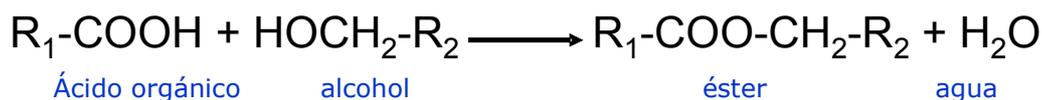


Fig. 5 Reacción de esterificación entre un ácido graso y un alcohol para dar un éster y agua.

b) **Reacción de saponificación:** Como se ha dicho anteriormente, con bases fuertes como la sosa (NaOH) o la potasa (KOH), dan las correspondientes sales sódicas o potásicas del ácido graso que reciben el nombre de **jabones**.

### ACILGLICÉRIDOS O GRASAS

Son ésteres de la glicerina y de ácidos grasos. Si un ácido graso esterifica uno de los grupos alcohol de la glicerina tendremos un **monoacilglicérido**, si son dos, un **diacilglicérido**, y si son tres, un **triacilglicérido**, **triglicérido**, también llamados: **grasas neutras**. Estas sustancias por saponificación dan jabones y glicerina.

Los acilglicéridos **sencillos** contienen un sólo tipo de ácido graso, mientras que los **mixtos** tienen ácidos grasos diferentes.

Los acilglicéridos saponifican dando los correspondientes jabones y glicerina.

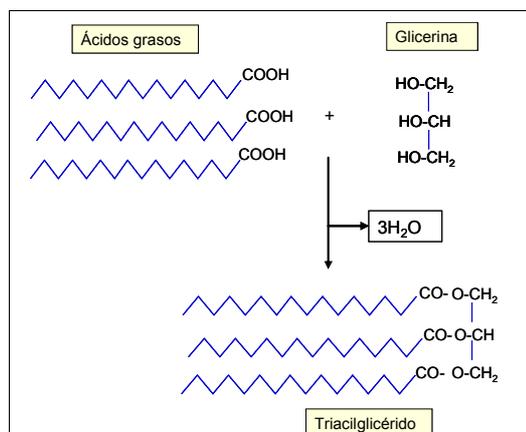


Fig. 6 Reacción de formación de un triacilglicérido.

## PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS GRASAS Y FUNCIÓN BIOLÓGICA

Las propiedades físicas de estas sustancias son de gran importancia pues en cierto modo determinan su función biológica. Estas propiedades se deben, en gran medida, a la longitud y al grado de insaturación de la cadena hidrocarbonada de los ácidos grasos que las forman.

\* **Solubilidad:** Los ácidos grasos son sustancias **anfipáticas** ya que la cadena hidrocarbonada es apolar mientras que el grupo carboxilo es polar. Esta propiedad será más ampliamente tratada más adelante.

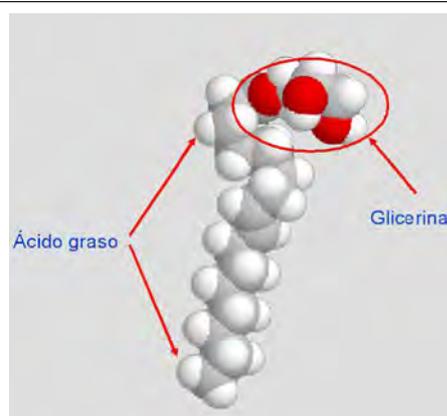
Los triglicéridos son sustancias apolares, prácticamente insolubles en agua. Los monoacilglicéridos y los diacilglicéridos, al tener la glicerina radicales OH- libres, tienen cierta polaridad.

\* **Punto de fusión:** Los ácidos grasos saturados, al poderse disponer la cadena hidrocarbonada totalmente extendida, pueden empaquetarse estrechamente lo que permite que se unan mediante fuerzas de Van der Waals con átomos de cadenas vecinas (el número de enlaces, además, está en relación directa con la longitud de la cadena). Por el contrario, los ácidos grasos insaturados, al tener la cadena doblada por los dobles enlaces no pueden empaquetarse tan fuertemente. Es por esto que los ácidos grasos saturados tienen puntos de fusión más altos que los insaturados y son sólidos (**sebos**) a temperaturas a las que los insaturados son líquidos (**aceites**). En los animales poiquilotermos y en los vegetales hay aceites y en los animales homeotermos hay sebos. Los sebos y los aceites están formados por mezclas más o menos complejas de acilglicéridos.

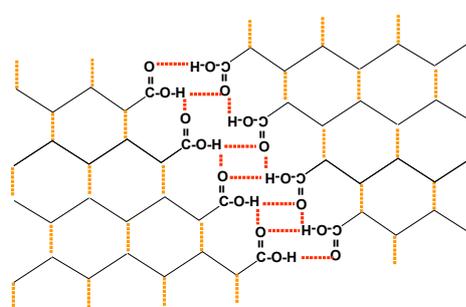
Las grasas tienen sobre todo funciones energéticas. En los vegetales se almacenan en las vacuolas de las células vegetales (las semillas y frutos oleaginosos) y en el tejido graso o adiposo de los animales. Contienen en proporción mucha más energía que otras sustancias orgánicas, como por ejemplo el glucógeno, pues pueden almacenarse en grandes



**Fig. 7** Las grasas animales y los aceites vegetales son mezclas complejas de acilglicéridos y otros lípidos.

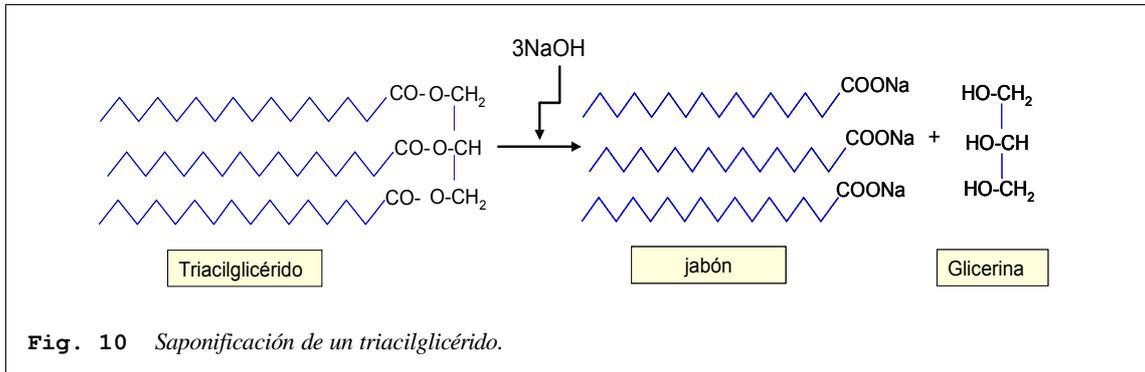


**Fig. 8** Monoacilglicérido.



**Fig. 9** Las grasas que contienen ácidos grasos saturados son sólidas; pues sus componentes pueden empaquetarse más densamente, lo que aumenta el punto de fusión.

cantidades y en forma deshidratada, con lo que ocupan un menor volumen. En el intestino, las **lipasas** hidrolizan los acilglicéridos liberando glicerina y ácidos grasos.

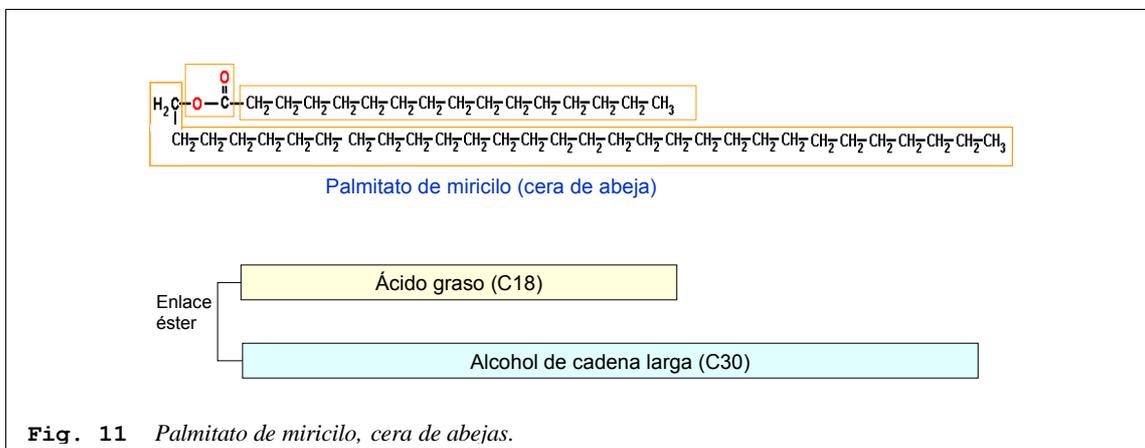


En algunos animales las grasas acumuladas bajo la piel sirven como aislante térmico o para regular la flotabilidad, pues son malas conductoras del calor y menos densas que el agua.

Algunos ácidos grasos de cadena muy larga son esenciales en la dieta y se les conoce bajo el nombre genérico de vitaminas F.

**LAS CERAS**

Son ésteres de un monoalcohol lineal y de un ácido graso, ambos de cadena larga.



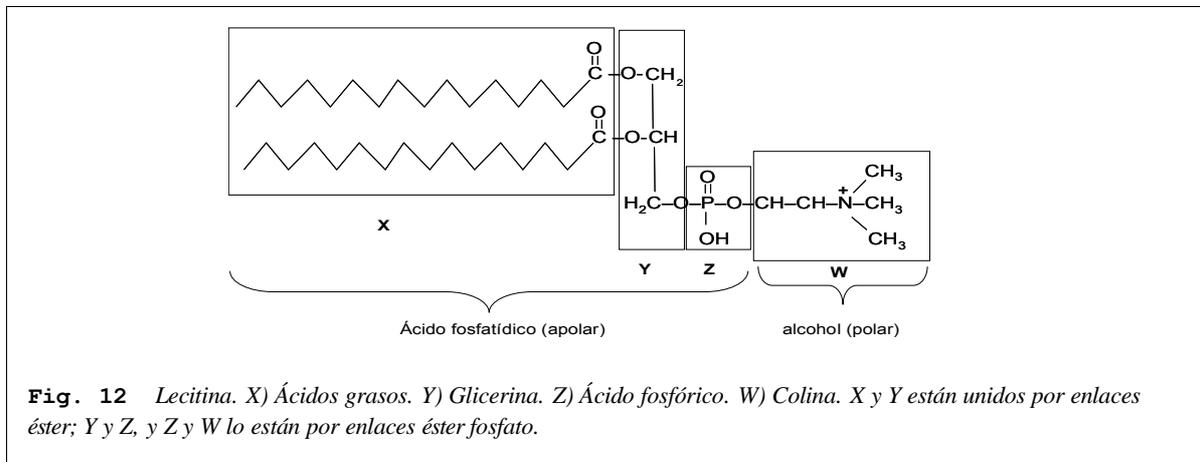
**LOS FOSFOLÍPIDOS**

Son lípidos que forman parte de las membranas celulares. Derivan de la glicerina o de la esfingosina, un alcohol más complejo. Los derivados de la glicerina se llaman **fosfoglicéridos** y los que derivan de la esfingosina: **esfingolípidos**.

**l) FOSFOGLICÉRIDOS**

Se trata de una de las clases de fosfolípidos, lípidos con ácido fosfórico. Químicamente podemos definirlos como ésteres del ácido **fosfatídico** y un compuesto polar, generalmente

un aminoalcohol. El ácido fosfatídico es, a su vez, un éster de un diacilglicérido y del ácido fosfórico. El alcohol es siempre una sustancia polar, soluble en agua, muy variada químicamente (aminoácido, base nitrogenada, etc). Como ejemplo de fosfoglicérido podemos ver en la *Fig. 12* la estructura de la lecitina (fosfatidilcolina).

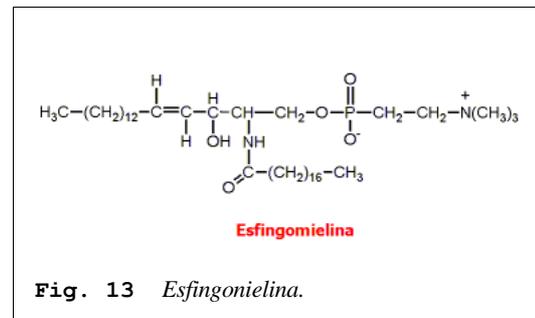


Otros ejemplos de fosfoglicéridos según sea **w** son:

Alcohol (W)	Fosfoglicérido
Colina	Fosfatidilcolina
Serina	Fosfatidilserina

### ESFINGOLÍPIDOS

Su estructura molecular deriva de la unión del alcohol esfingosina y una sustancia polar que puede ser un aminoalcohol o un glúcido. El más conocido es la **esfingomielina**.



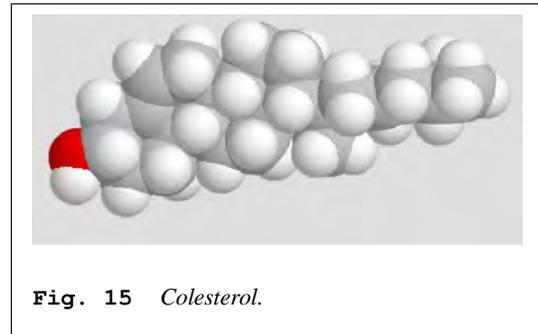
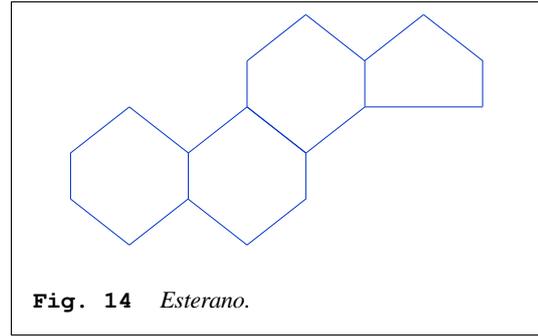
### IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LOS FOSFOLÍPIDOS

Los fosfolípidos compuestos anfipáticos y debido a esto desempeñan un papel estructural de gran importancia en los seres vivos pues constituyen las membranas celulares. Éstas están formadas por una doble capa de fosfolípidos en la que están integrados otros lípidos (colesterol, por ejemplo) y proteínas. En el caso de la membrana plasmática hay también oligosacáridos.

**LOS ESTEROIDES**

Son lípidos no saponificables derivados del ciclo del esterano (ciclopentano-perhidrofenantreno).

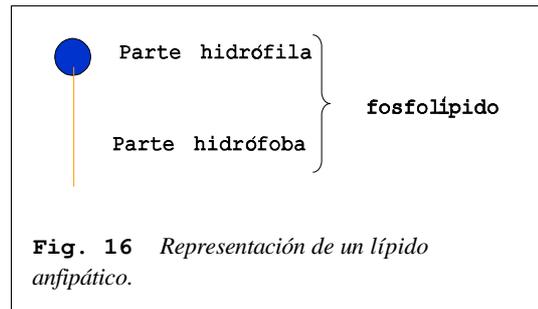
Muchas sustancias importantes en los seres vivos son esteroides o derivados de esteroides. Por ejemplo: el colesterol, los ácidos biliares, las hormonas sexuales, las hormonas de la corteza suprarrenal, muchos alcaloides, etc. En la tabla de la página 9 se dan algunos ejemplos de esteroides presentes en los seres vivos.



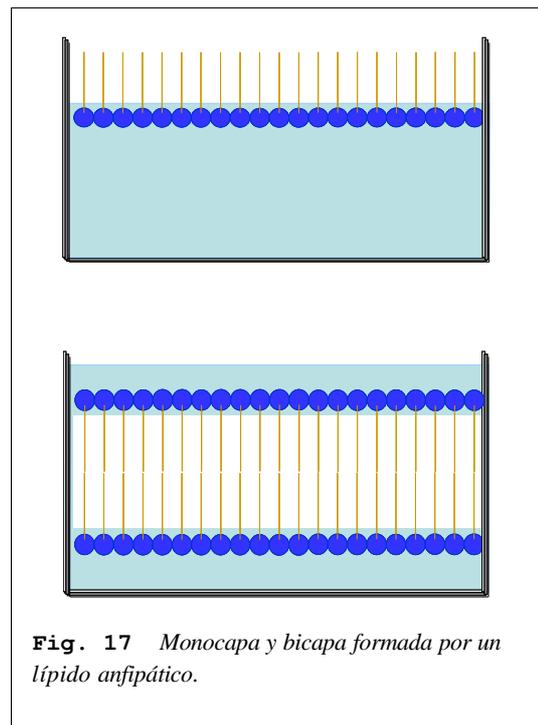
**CARÁCTER ANFIPÁTICO DE LOS LÍPIDOS**

**MICELAS, MONOCAPAS Y BICAPAS**

Ciertos lípidos, y en particular los fosfolípidos, tienen una parte de la molécula que es polar: hidrófila y otra (la correspondiente a los ácidos grasos) que es no polar: hidrófoba. Las moléculas que presentan estas características reciben el nombre de **anfipáticas**. A partir de ahora y por comodidad, representaremos la parte polar (hidrófila) y la no polar (hidrófoba) de un fosfolípido como se indica en la Fig. 16.

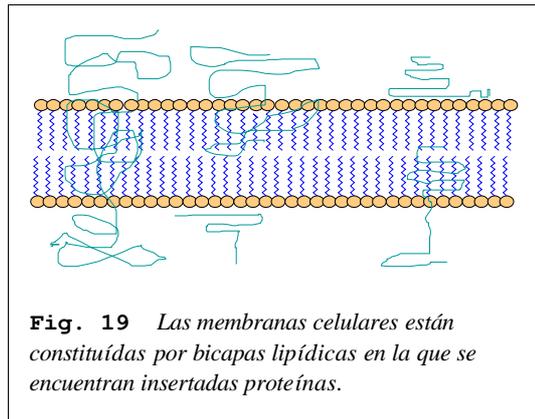
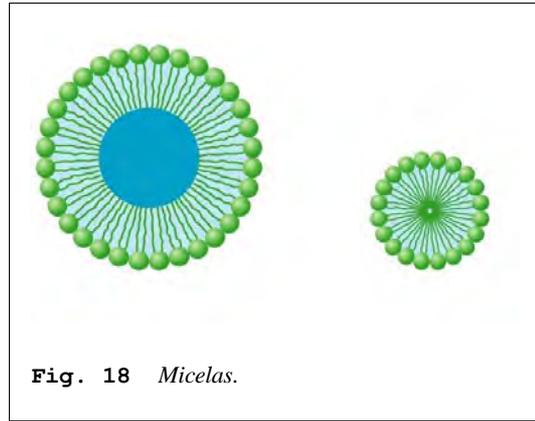


Cuando los fosfolípidos se dispersan en agua forman **micelas**. Los grupos hidrófilos se disponen hacia la parte acuosa y la parte hidrófoba de cada molécula hacia el interior. Las suspensiones que contienen este tipo de micelas son muy estables.

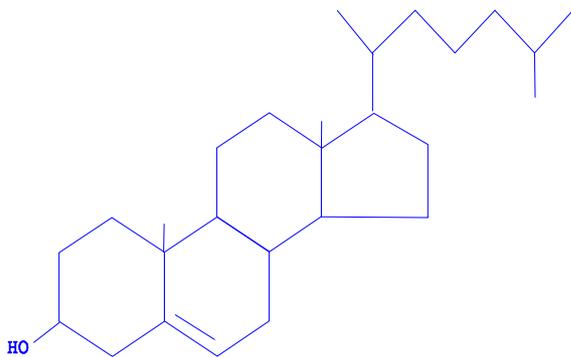


Los lípidos anfipáticos pueden también dispersarse por una superficie acuosa pudiéndose formar, si la cantidad es la adecuada, una capa de una molécula de espesor: **monocapa**. En este caso las partes hidrófilas se disponen hacia el interior y los grupos hidrófobos hacia el exterior de la superficie acuosa. Pueden también formarse **bicapas**, en particular entre dos

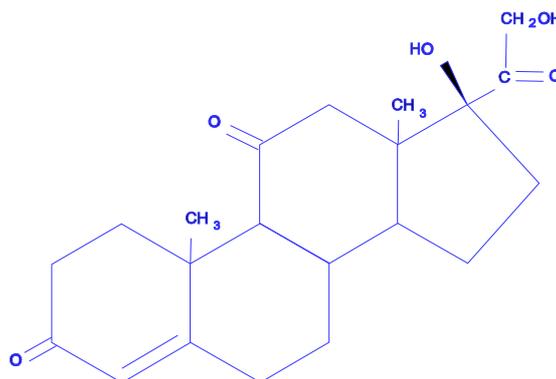
compartimientos acuosos. Entonces, las partes hidrófobas se disponen enfrentadas y las partes hidrófilas se colocan hacia la solución acuosa. Los lípidos anfipáticos forman este tipo de estructuras espontáneamente. Las bicapas pueden formar compartimientos cerrados denominados **liposomas**. La bicapas lipídicas poseen características similares a las de las membranas celulares: son permeables al agua pero impermeables a los cationes y aniones y son también malas conductoras eléctricas. En realidad, las membranas celulares son, esencialmente, bicapa lipídica.



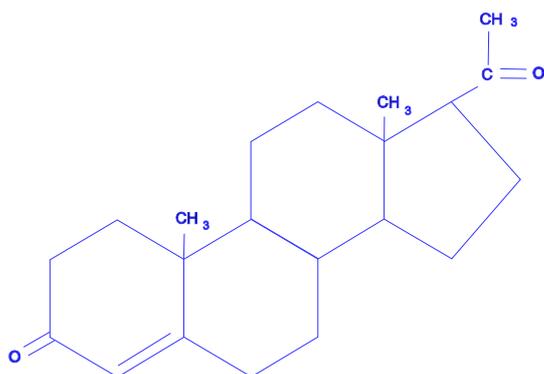
## EJEMPLOS DE ESTEROIDES



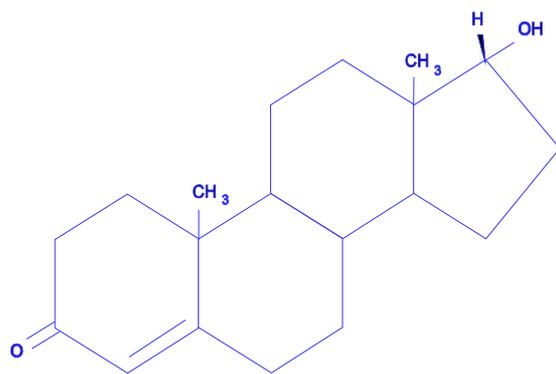
**Colesterol:** El OH confiere un carácter polar a esta parte de la molécula. Precursor de otras muchas sustancias. Presente en las membranas celulares de las células animales a las que confiere estabilidad.



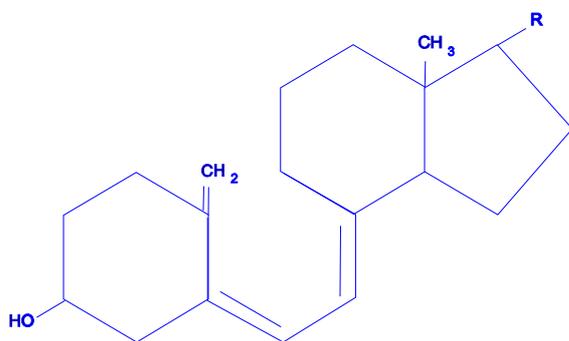
**Cortisona:** Hormona de la corteza de las glándulas suprarrenales. Actúa favoreciendo la formación de glucosa y glucógeno.



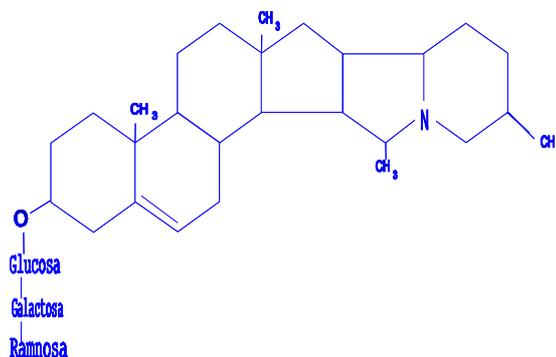
**Progesterona:** Una de las hormonas sexuales femeninas.



**Testosterona:** Hormona sexual masculina.



**Vitamina D:** Regula el metabolismo del calcio y del fósforo.



**Solanina:** Alcaloide presente en la patata. Obsérvese que tiene un oligosacárido unido al anillo del esterano.



## I-6

# PROTEÍNAS

### CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS

**Concepto:** Se pueden definir como polímeros formados por la unión, mediante enlaces peptídicos, de unidades de menor masa molecular llamadas **aminoácidos**.

Son moléculas muy complejas. Su masa molecular es muy elevada, normalmente está comprendida entre 6000 da y  $10^6$  da, son macromoléculas. Algunas proteínas están constituidas por la unión de varios polímeros proteicos que en ocasiones pueden también contener otras moléculas orgánicas (lípidos, glúcidos, etc). En este último caso reciben el nombre genérico de **prótidos**.

Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes en las células, más del 50% del peso seco de la célula son proteínas. Están constituidas, fundamentalmente, por C, H, O y N y casi todas tienen también azufre. Algunas tienen, además, otros elementos químicos y en particular: P, Fe, Zn o Cu. El elemento más característico de las proteínas es el nitrógeno. Son los compuestos nitrogenados por excelencia de los seres vivos.

Las proteínas son moléculas **específicas** que marcan la individualidad de cada ser vivo. Son además de una gran importancia porque a través de ellas se va a expresar la información genética, de hecho el dogma central de la genética molecular nos dice:

**DNA** —→ **RNA** —→ **Proteína**

### FUNCIONES GENERALES

Las proteínas están entre las sustancias que realizan las funciones más importantes en los seres vivos. De entre todas pueden destacarse las siguientes:

- **De reserva.** En general las proteínas no tienen función de reserva, pero pueden utilizarse con este fin en algunos casos especiales como por ejemplo en el desarrollo embrionario: ovoalbúmina del huevo, caseína de la leche y gliadina del trigo.
- **Estructural.** Las proteínas constituyen muchas estructuras de los seres vivos. Las membranas celulares contienen proteínas. En el organismo, en general, ciertas estructuras -cartílago, hueso- están formadas, entre otras sustancias, por proteínas.

- **Enzimática.** Todas las reacciones que se producen en los organismos son catalizadas por moléculas orgánicas. Las enzimas son las moléculas que realizan esta función en los seres vivos. Todas las reacciones químicas que se producen en los seres vivos necesitan su enzima y todas las enzimas son proteínas.
- **Homeostática.** Ciertas proteínas mantienen el equilibrio osmótico del medio celular y extracelular.
- **Transporte,** de gases, como es el caso de la hemoglobina, o de lípidos, como la seroalbúmina. Ambas proteínas se encuentran en la sangre. Las **permeasas**, moléculas que realizan los intercambios entre la célula y el exterior, son también proteínas.
- **Movimiento.** Actúan como elementos esenciales en el movimiento. Así, la actina y la miosina, proteínas de las células musculares, son las responsables de la contracción de la fibra muscular.
- **Hormonal.** Las hormonas son sustancias químicas que regulan procesos vitales. Algunas proteínas actúan como hormonas, por ejemplo: la insulina, que regula la concentración de la glucosa en la sangre.

- **Inmunológica.** Los anticuerpos, sustancias que intervienen en los procesos de defensa frente a de los agentes patógenos, son proteínas.

## LOS AMINOÁCIDOS

Son las unidades estructurales que constituyen las proteínas. Todos los aminoácidos que se encuentran en las proteínas, salvo la **prolina**, responden a la fórmula general que se observa en la figura.

A partir de ahora nos referiremos exclusivamente a los aminoácidos presentes en las proteínas de los seres vivos. Estos, como indica su nombre, tienen dos grupos funcionales característicos: el grupo carboxilo o grupo ácido (-COOH), y el grupo amino (-NH<sub>2</sub>). La cadena carbonada de los aminoácidos se numera comenzando por el grupo ácido, siendo el carbono que tiene esta función el carbono número 1, el grupo amino se encuentra siempre en el carbono 2 o carbono α.

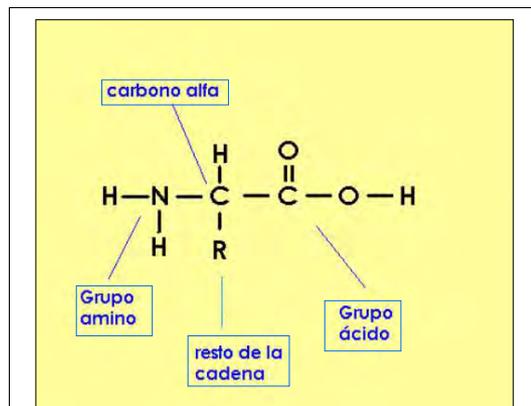


Fig. 1 Fórmula general de un amino-ácido.

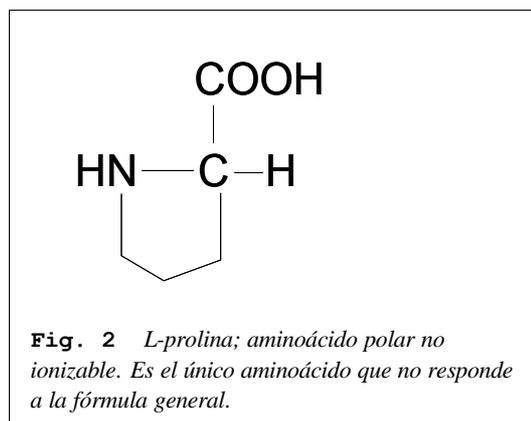


Fig. 2 L-prolina; aminoácido polar no ionizable. Es el único aminoácido que no responde a la fórmula general.

Por lo tanto, los aminoácidos tienen en común los carbonos 1 (grupo carboxilo) y 2 (el del grupo amino) diferenciándose en el resto (R) de la molécula. En la fórmula general de la Fig. 1, R representa el resto de la molécula. R puede ser desde un simple H-, como en el aminoácido glicocola, a una cadena carbonada más o menos compleja en la que puede haber otros grupos aminos o carboxilo y también otras funciones (alcohol, tiol, etc.). Las proteínas de los seres vivos sólo tienen unos 20 aminoácidos diferentes, por lo que habrá únicamente 20 restos distintos. Es de destacar el hecho de que en todos los seres vivos sólo se encuentran los mismos 20 aminoácidos. En ciertos casos muy raros, por ejemplo en los venenos de algunas serpientes, podemos encontrar otros aminoácidos diferentes de estos 20 e incluso aminoácidos que no siguen la fórmula general.

La mayoría de los aminoácidos pueden sintetizarse unos a partir de otros, pero existen otros, **aminoácidos esenciales**, que no pueden ser sintetizados y deben obtenerse en la dieta habitual. Los aminoácidos esenciales son diferentes para cada especie, en la especie humana, por ejemplo, los aminoácidos esenciales son diez: Thr, Lys, Arg, His, Val, Leu, Ileu, Met, Phe y Trp.

## CLASIFICACIÓN DE LOS AMINOÁCIDOS

En función de sus características químicas, los aminoácidos se clasifican en:

**Grupo I: Aminoácidos apolares.** Aminoácidos cuyo resto R no es polar. Esto es, no posee cargas eléctricas en R al tener en él largas cadenas hidrocarbonadas. Estos aminoácidos, si están en gran abundancia en una proteína, la hacen insoluble en agua.

**Grupo II: Aminoácidos polares no ionizables.** Poseen restos con cortas cadenas hidrocarbonadas en las que hay funciones polares (alcohol, tiol o amida). Contrariamente al grupo anterior si una proteína los tiene en abundancia será soluble en agua.

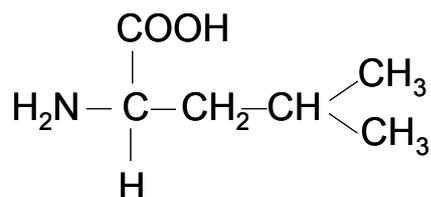


Fig. 3 *L-leucina; aminoácido no polar.*

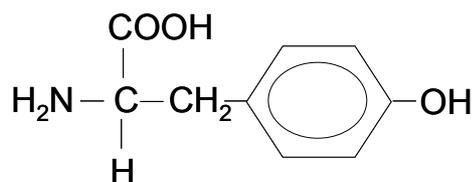


Fig. 4 *L-tirosina; aminoácido polar no ionizable.*

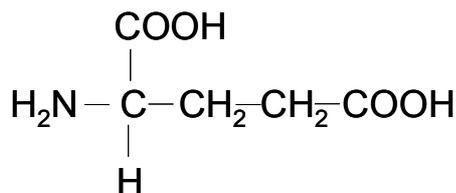


Fig. 5 *L-Glutámico; aminoácido polar ionizable ácido.*

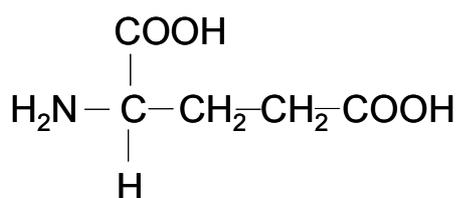


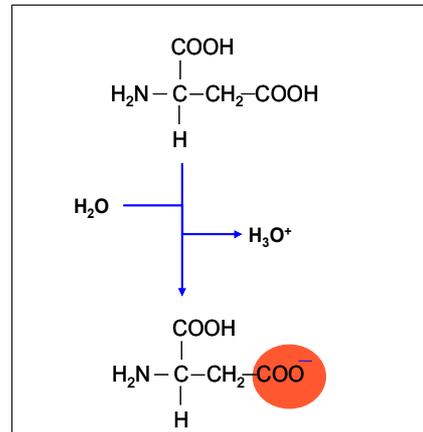
Fig. 6 *L-Arginina; aminoácido polar ionizable básico.*

**Grupo III: Aminoácidos polares ácidos.** Pertenecen a este grupo aquellos aminoácidos que tienen más de un grupo carboxilo. En las proteínas, si el pH es básico o neutro, estos grupos se encuentran cargados negativamente.

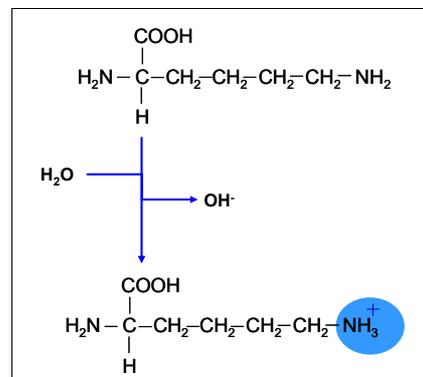
**Grupo IV: Aminoácidos polares básicos.** Son aquellos aminoácidos que tienen otro u otros grupos aminos. En las proteínas, estos grupos amino, si el pH es ácido o neutro, están cargados positivamente.

**ASIMETRÍA DE LOS AMINOÁCIDOS**

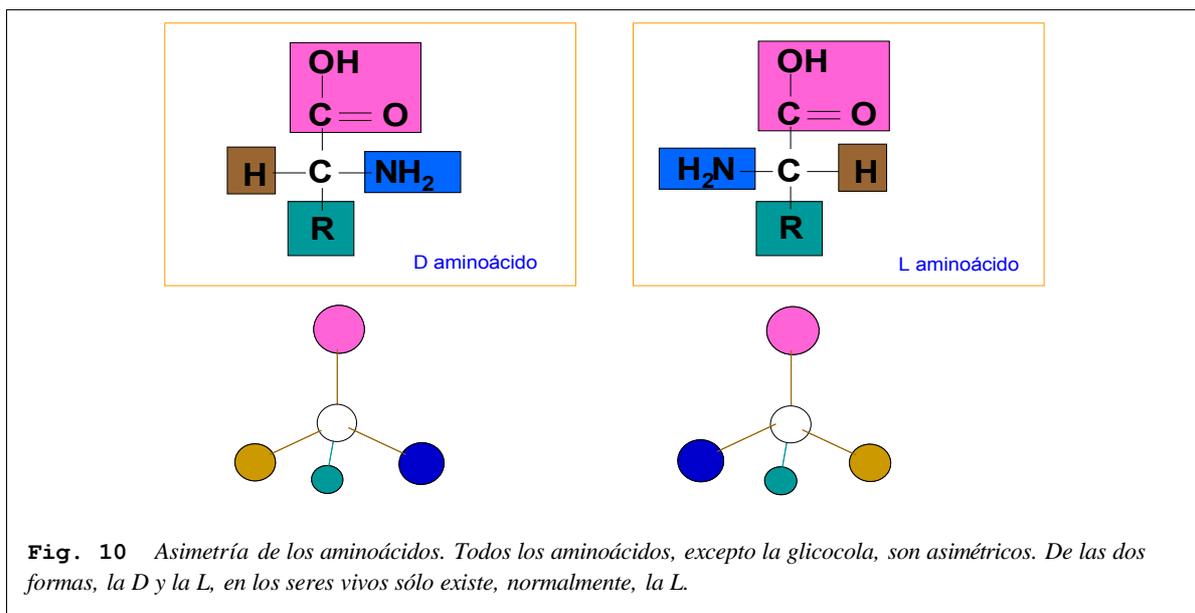
Excepto en la glicocola, en el resto de los aminoácidos el carbono  $\alpha$  (el carbono que lleva la función amino) es asimétrico. La molécula será ópticamente activa y existirán dos configuraciones: D y L. Normalmente en los seres vivos sólo encontramos uno de los isómeros ópticos. Por convenio se considera que los aminoácidos presentes en los seres vivos pertenecen todos ellos a la serie L. No obstante, en los microorganismos (paredes bacterianas, antibióticos generados por bacterias) existen aminoácidos no proteicos pertenecientes a la serie D.



**Fig. 8** Ionización del grupo amino suplementario de un aminoácido polar ionizable ácido.



**Fig. 9** Ionización del grupo amino suplementario de un aminoácido polar ionizable básico.

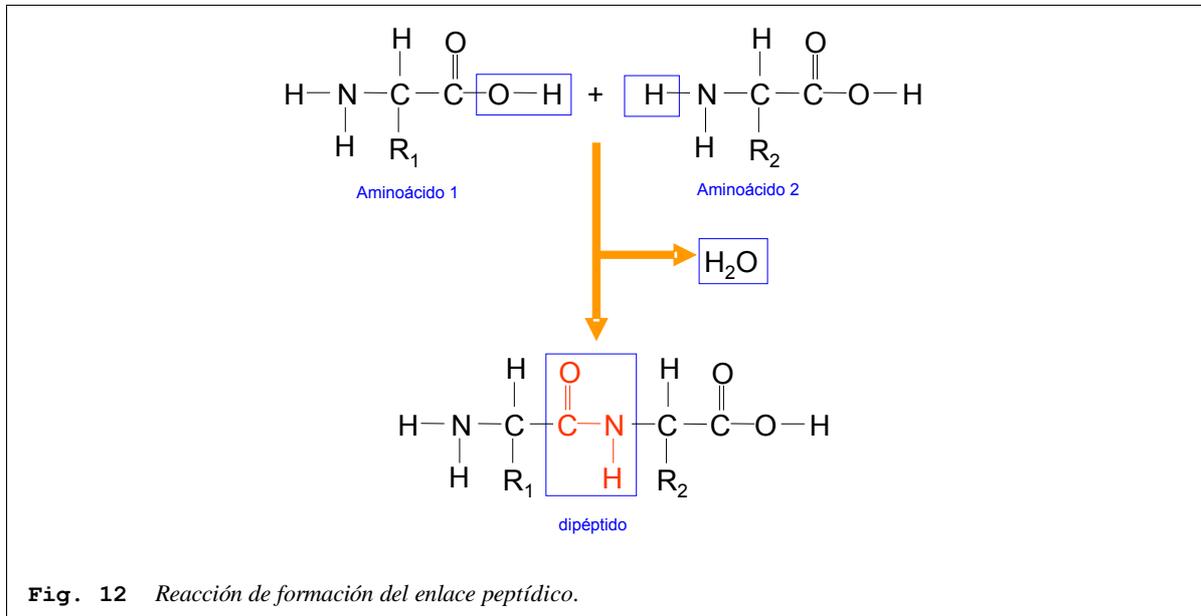


**Fig. 10** Asimetría de los aminoácidos. Todos los aminoácidos, excepto la glicocola, son asimétricos. De las dos formas, la D y la L, en los seres vivos sólo existe, normalmente, la L.



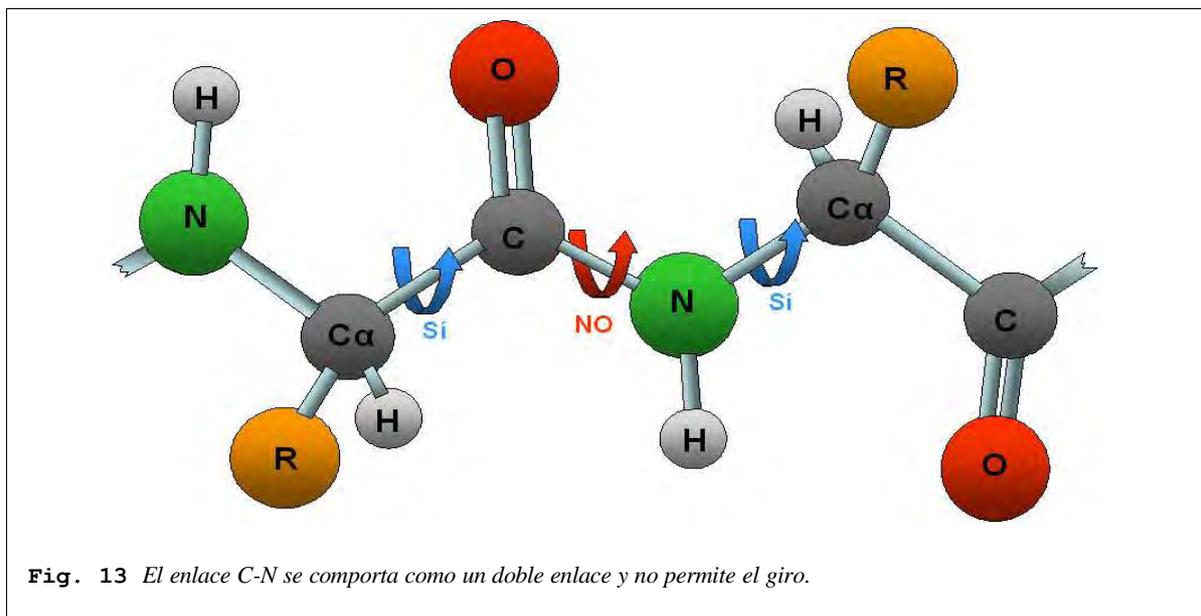
## EL ENLACE PEPTÍDICO

Cuando reacciona el grupo ácido de un aminoácido con el grupo amino de otro ambos aminoácidos quedan unidos mediante un **enlace peptídico**. Se trata de una reacción de condensación en la que se produce una **amida** y una molécula de agua. La sustancia que resulta de la unión es un **dipéptido**.



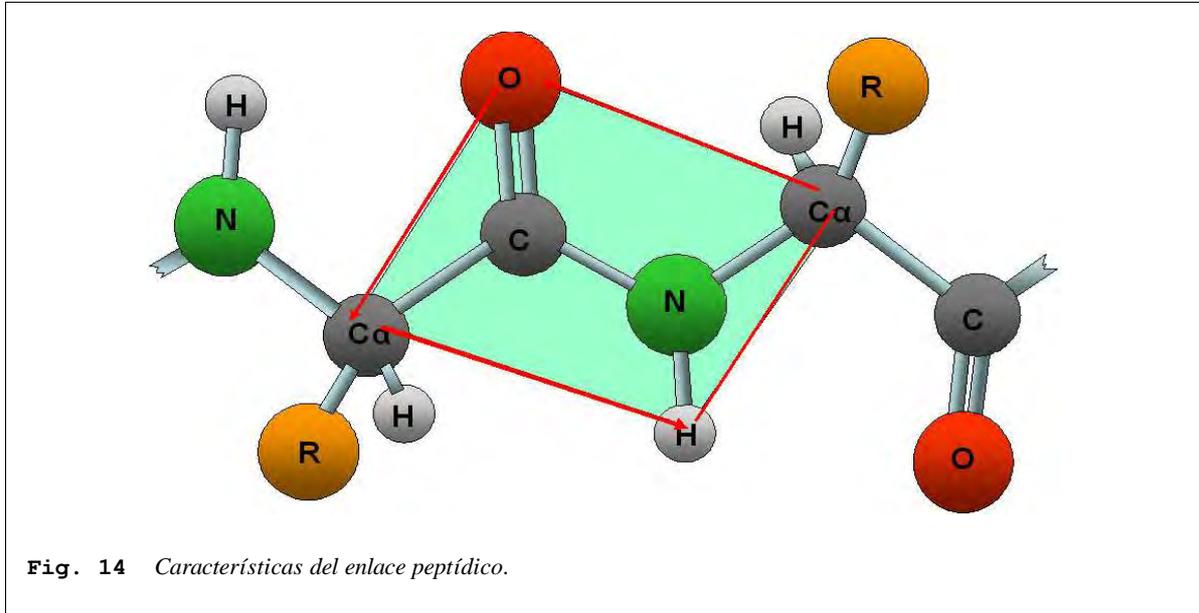
## CARACTERÍSTICAS DEL ENLACE PEPTÍDICO

1ª) El enlace peptídico es un enlace covalente que se establece entre un átomo de carbono y un átomo de nitrógeno. Es un enlace muy resistente, lo que hace posible el gran tamaño y estabilidad de las moléculas proteicas.



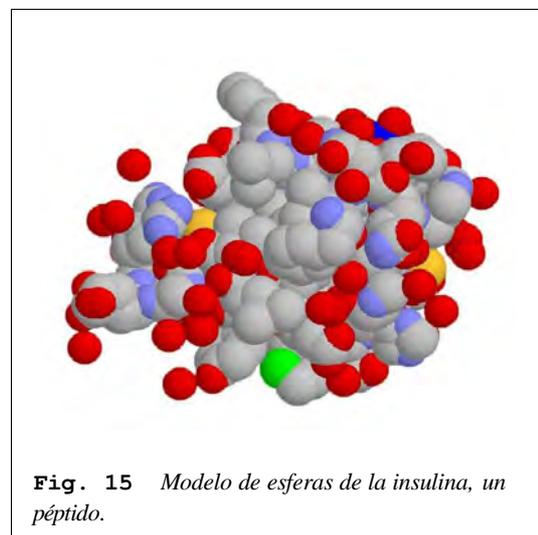
2ª) Los estudios de Rayos X de las proteínas han llevado a la conclusión de que el enlace C-N del enlace peptídico se comporta en cierto modo como un doble enlace y no es posible, por lo tanto, el giro libre alrededor de él.

3ª) Todos los átomos que están unidos al carbono y al nitrógeno del enlace peptídico mantienen unas distancias y ángulos característicos y están todos ellos en un mismo plano.



**PÉPTIDOS, POLIPÉPTIDOS y PROTEÍNAS**

Cuando se unen dos aminoácidos mediante un enlace peptídico se forma un **dipéptido**. A cada uno de los aminoácidos que forman el dipéptido les queda libre o el grupo amino o el grupo carboxilo. A uno de estos grupos se le podrá unir otro aminoácido formándose un **tripéptido**. Si el proceso se repite sucesivamente se formará un **polipéptido**. Cuando el número de aminoácidos unidos es muy grande, aproximadamente a partir de 100, tendremos una proteína.



2 aa	Dipéptido
3 aa	Tripéptido
de 4 a 10 aa	Oligopéptido
de 10 a 100 aa	Polipéptido
más de 100 aa	Proteína

Toda cadena polipeptídica tendrá en uno de sus extremos un aminoácido con el grupo amino libre. Este será el aminoácido amino terminal (H-). En el otro extremo quedará libre el

grupo carboxilo del último aminoácido, aminoácido carboxilo terminal (-OH). Toda cadena proteica tendrá por lo tanto una polaridad indicada mediante una H- y un -OH. Ejemplo:

H-Gly-Ala-Pro-Leu-Trp-Met-Ser-OH.

Muchas sustancias naturales de gran importancia son péptidos; por ejemplo: ciertas hormonas, como la **insulina**, que regula las concentraciones de glucosa en la sangre y que está formada por dos cadenas de 21 y 30 aminoácidos unidas por puentes disulfuro; la **encefalina** (5 aminoácidos) que se produce en las neuronas cerebrales y elimina la sensación de dolor o las hormonas del lóbulo posterior de la hipófisis: vasopresina y oxitocina (9 aa) que producen las contracciones del útero durante el parto; también son péptidos algunos antibióticos como la gramicidina.

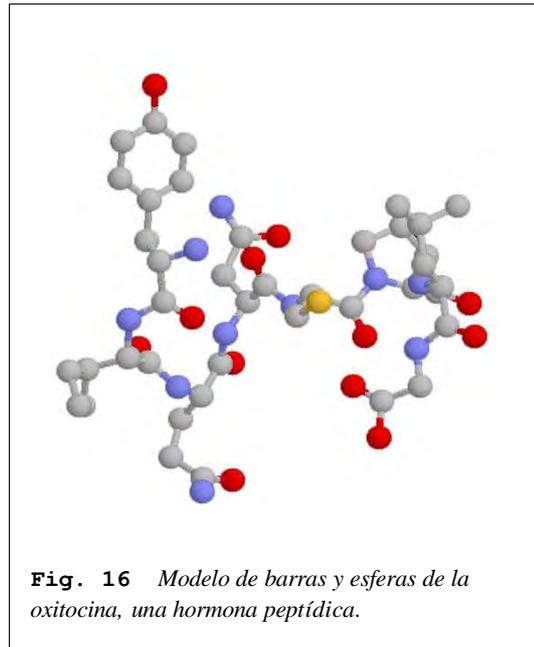
## ESTRUCTURA O CONFORMACIÓN DE LAS PROTEÍNAS

La conformación de una proteína es la disposición espacial que adopta la molécula proteica. Las cadenas peptídicas, en condiciones normales de pH y temperatura, poseen solamente una conformación y ésta es la responsable de las importantes funciones que realizan.

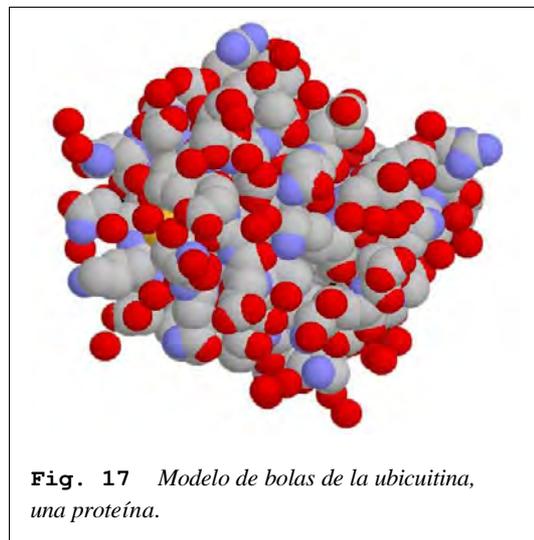
La compleja estructura de las proteínas puede estudiarse a diferentes niveles. A saber: primario, secundario, terciario y cuaternario.

**I) NIVEL O ESTRUCTURA PRIMARIA-** Viene dada por la **secuencia**: orden que siguen los aminoácidos de una proteína. Va a ser de gran importancia, pues la secuencia es la que determina el resto de los niveles y como consecuencia la función de la proteína.

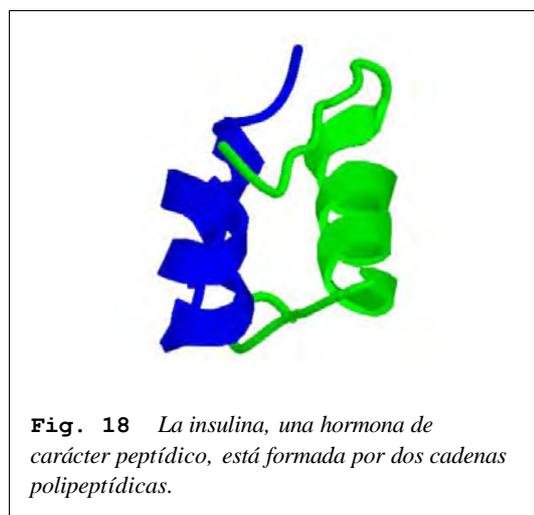
La alteración de la estructura primaria por eliminación, adición o intercambio de los ami-



**Fig. 16** Modelo de barras y esferas de la oxitocina, una hormona peptídica.



**Fig. 17** Modelo de bolas de la ubiquitina, una proteína.



**Fig. 18** La insulina, una hormona de carácter peptídico, está formada por dos cadenas polipeptídicas.

noácidos puede cambiar la configuración general de una proteína y dar lugar a una proteína diferente. Como, además, la función de la proteína depende de su estructura, un cambio en la estructura primaria podrá determinar que la proteína no pueda realizar su función. Veamos, a continuación, un ejemplo de estructura primaria:

H-Ala-Gly-Ser-Lys-Asp-Asn-Cys-Leu-Met-Ala-Ile-Trp-Gly-.....-Pro-Asn-Glu-OH

**II) NIVEL O ESTRUCTURA SECUNDARIA-** Las características de los enlaces peptídicos imponen determinadas restricciones que obligan a que las proteínas adopten una determinada estructura secundaria.

Ésta puede ser en hélice  $\alpha$ , hélice de colágeno o en conformación  $\beta$ . Es de destacar que las tres son configuraciones en hélice diferenciándose en el número de aminoácidos por vuelta ( $n$ ) y en el diámetro de la hélice. En la hélice  $\alpha$ ,  $n=4$ ; en la hélice de colágeno,  $n=3$  y en la conformación  $\beta$ ,  $n=2$ . A continuación estudiaremos solo la hélice  $\alpha$  y la conformación  $\beta$  por ser las configuraciones más frecuentes.

**a) Estructura en hélice  $\alpha$ .** Se trata de la forma más simple y común. En este tipo de estructura la molécula adopta una disposición helicoidal, los restos (R) de los aminoácidos se sitúan hacia el exterior de la hélice y cada 3,6 aminoácidos ésta da una vuelta completa.

Este tipo de organización es muy estable, porque permite la formación de puentes de hidrógeno entre el grupo C=O de un aminoácido y el grupo N-H del cuarto aminoácido situado por debajo de él en la hélice.

**b) Conformación  $\beta$ .** Se origina cuando la molécula proteica, o una parte de la molécula, adoptan una disposición en zig-zag. La estabilidad se consigue mediante la disposición en paralelo de varias cadenas con esta conformación, cadenas

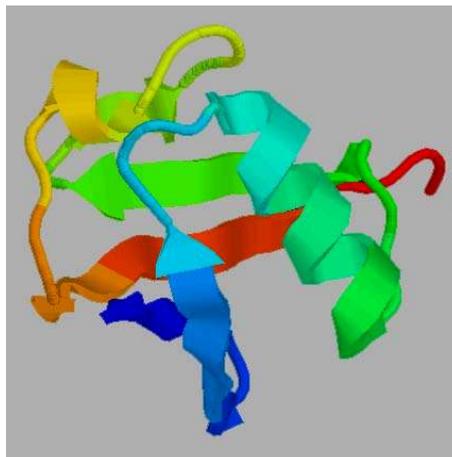


Fig. 19 Modelo de cintas de la ubiquitina.

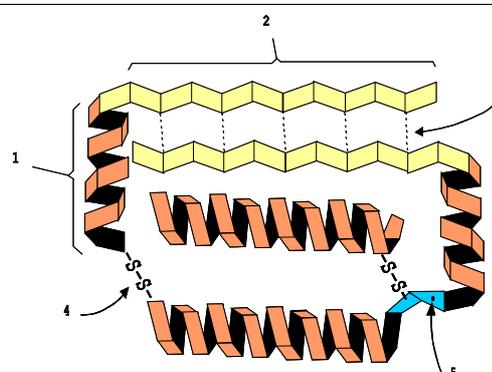


Fig. 20 1) Hélices alfa; 2) conformaciones beta; 3) enlaces de hidrógeno; 4) puentes disulfuro; 5) zonas irregulares.

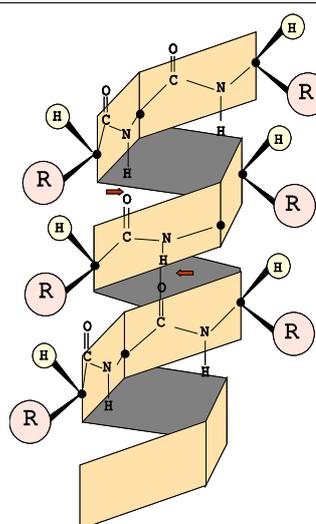
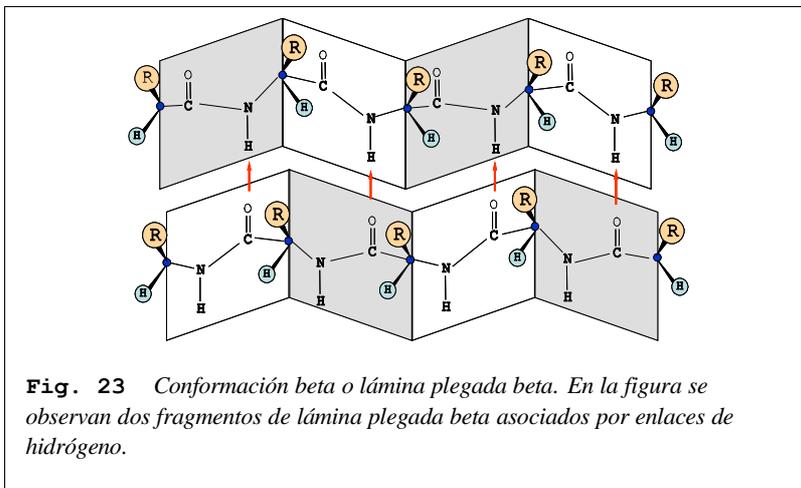
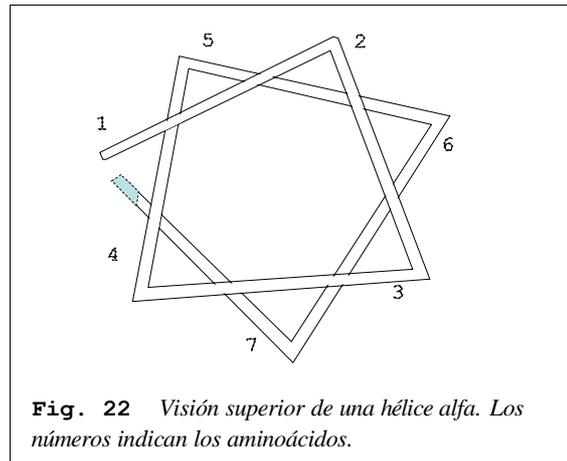


Fig. 21 Hélice alfa. Mediante flechas se indican algunos enlaces de hidrógeno. R) restos de los aminoácidos.

que pueden pertenecer a proteínas diferentes o ser partes de una misma molécula. De esta manera pueden establecerse puentes de hidrógeno entre grupos C=O y -N-H. Los restos van quedando alternativamente hacia arriba y hacia abajo. No obstante, si la molécula presenta próximos entre sí restos muy voluminosos o con las mismas cargas eléctricas se desestabilizará.



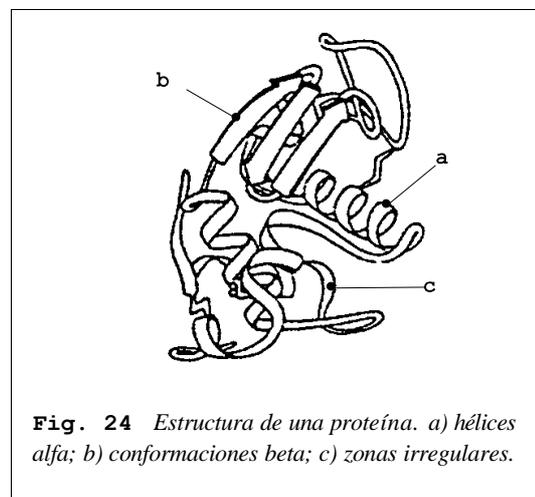
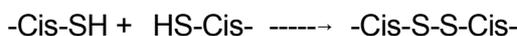
Una molécula no tiene que estar constituida exclusivamente por un tipo de conformación. Lo normal es que las moléculas proteicas presenten porciones con hélices  $\alpha$ , otras partes con conformaciones  $\beta$  y partes que no tienen una conformación definida y que se llaman **zonas irregulares**.

**III) NIVEL O ESTRUCTURA TERCIARIA-** Las proteínas no se disponen linealmente en el espacio sino que normalmente sufren plegamientos que hacen que la molécula adopte una estructura espacial tridimensional llamada estructura terciaria. Los pliegues que originan la estructura terciaria se deben a ciertos aminoácidos, como: la prolina, la serina y la isoleucina, que distorsionan la hélice generando una curvatura.

La estructura terciaria se va a estabilizar por la formación de las siguientes interacciones:

- 1) Enlaces o puentes de hidrógeno.
- 2) Interacciones ácido base.
- 3) Puentes disulfuro.

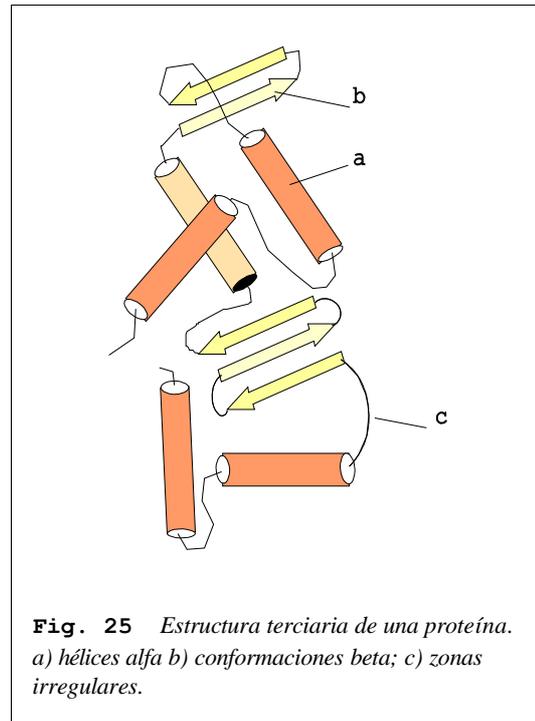
Estos últimos se forman entre grupos -SH pertenecientes a dos moléculas de cisteína que reaccionan entre sí para dar cistina.



En la estructura terciaria los restos se van a disponer en función de su afinidad con el medio. En medio acuoso, los restos hidrófobos se sitúan hacia el interior de la molécula mientras que los restos hidrófilos lo hacen hacia el exterior.

Básicamente se distinguen dos tipos de estructura terciaria: la **filamentosa** y la **globular**, aunque muchos autores consideran que las proteínas filamentosas son proteínas que carecen de estructura terciaria.

Las proteínas con conformación filamentosa suelen tener función estructural, de protección o ambas a la vez y son insolubles en agua y en soluciones salinas. Por ejemplo, tienen esta conformación: la beta-queratina, el colágeno y la elastina.

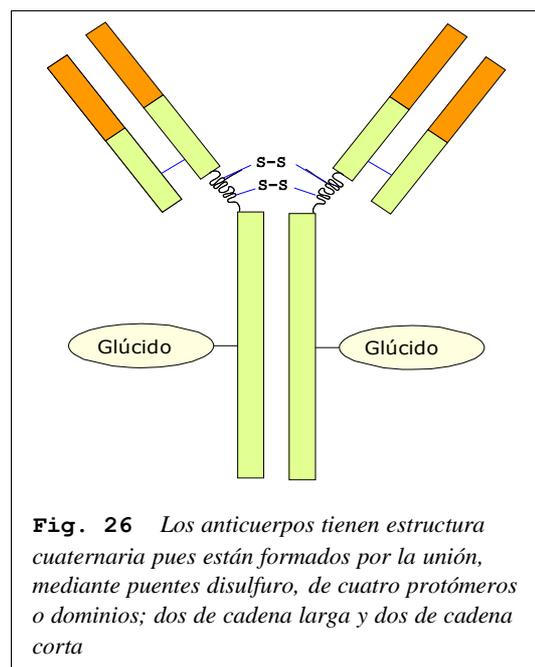


**Fig. 25** Estructura terciaria de una proteína. a) hélices alfa b) conformaciones beta; c) zonas irregulares.

Las proteínas con conformación globular suelen ser solubles en agua y/o en disoluciones salinas. Son globulares las enzimas, las proteínas de membrana y muchas proteínas con función transportadora.

Las proteínas globulares suelen tener diferentes fragmentos con alfa-hélices y conformaciones beta, pero las conformaciones beta suelen disponerse en la periferia y las hélices alfa en el centro de la molécula. Además, las proteínas globulares se doblan de tal manera que, en solución acuosa, sus restos hidrófilos quedan hacia el exterior y los hidrófobos en el interior y, por el contrario, en un ambiente lipídico, los restos hidrófilos quedan en el interior y los hidrófobos en el exterior.

**IV) ESTRUCTURA CUATERNARIA-** Cuando varias cadenas de aminoácidos, iguales o diferentes, se unen para formar un edificio proteico de orden superior, se disponen según lo que llamamos estructura cuaternaria. También se considera estructura cuaternaria la unión de una o varias proteínas a otras moléculas no proteicas para formar edificios macromoleculares complejos. Esto es frecuente en proteínas con masas moleculares superiores a 50.000



**Fig. 26** Los anticuerpos tienen estructura cuaternaria pues están formados por la unión, mediante puentes disulfuro, de cuatro protómeros o dominios; dos de cadena larga y dos de cadena corta

Cada polipéptido que interviene en la formación de este complejo proteico es un **protómero** y según el número de protómeros tendremos: **dímeros, tetrámeros, pentámeros**, etc.

La asociación o unión de las moléculas que forman una estructura cuaternaria, se consigue y mantiene mediante enlaces de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, interacciones electrostáticas y algún que otro punte disulfuro.

Un ejemplo de estructura cuaternaria es la hemoglobina, formada por las globinas o parte proteica (dos cadenas alfa y dos cadenas beta, con un total de 146 aminoácidos) más la parte no proteica o grupos hemo. O los anticuerpos, formados también por cuatro cadenas, dos cadenas cortas y dos largas.

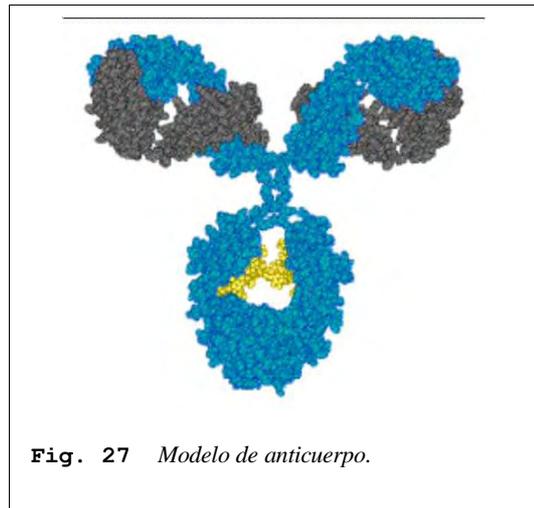


Fig. 27 Modelo de anticuerpo.

## PROPIEDADES DE LAS PROTEÍNAS

Las propiedades de una proteína, incluso su carga eléctrica, dependen de los restos o radicales de los aminoácidos que quedan en su superficie y que podrán interactuar mediante enlaces covalentes o no covalentes con otras moléculas. A continuación veremos las propiedades más importantes:

**Solubilidad.** Las proteínas solubles en agua, al ser macromoléculas, no forman verdaderas disoluciones sino dispersiones coloidales. Cada macromolécula proteica queda rodeada de moléculas de agua y no contacta con otras macromoléculas gemelas con lo que no puede producirse la precipitación.

**Especificidad.** La especificidad de las proteínas puede entenderse de dos maneras. Por una parte, existe una especificidad de función. Esto es, cada proteína tiene una función concreta, diferente, normalmente, de la del resto de las moléculas proteicas. Esta es la razón de que tengamos tantas proteínas distintas, unas 100 000. Ahora bien, ciertas proteínas que realizan funciones similares en los seres vivos, por ejemplo: la hemoglobina de la sangre, presentan diferencias entre las distintas especies. Estas diferencias se han producido como consecuencia del proceso evolutivo y cada especie o incluso cada individuo, puede tener sus propias proteínas específicas. No obstante, estas diferencias se producen en ciertas regiones de la proteína llamadas **sectores variables** de las que no depende directamente se función. Mientras que otros sectores, de los que si depende la función de la proteína, tienen siempre la misma secuencia de aminoácidos. La especificidad de las proteínas dependerá por lo tanto de los sectores variables y a ellos se deben, por ejemplo, los problemas de rechazos en los trasplantes de órganos.

Por ejemplo: La insulina consta de 51 aminoácidos en todos los mamíferos, que están distribuidos en dos cadenas, de 21 y 30 aminoácidos respectivamente, unidas mediante dos enlaces disulfuro; de éstos 51 aminoácidos, la mayoría son los mismos en todas las especies, pero unos pocos (tres de la cadena corta) varían de unas a otras.

Los diferentes papeles biológicos de éstas moléculas van a depender de la forma que adopten en su conformación espacial.

**DESNATURALIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS**

Las alteraciones de la concentración, del grado de acidez, de la temperatura (calor); pueden provocar la **desnaturalización** de las proteínas. La desnaturalización es una pérdida total o parcial de los niveles de estructura superiores al primario y se debe a la desaparición de los enlaces débiles tipo puente de hidrógeno, Van der Waals, etc. y en realidad no afecta a los enlaces peptídicos y por tanto a la estructura primaria. Sin embargo al alterarse su conformación espacial, la proteína perderá su funcionalidad biológica.

En las proteínas globulares, solubles en agua, la desnaturalización está acompañada de una pérdida de la solubilidad y la consiguiente precipitación de la disolución.

Puede existir una renaturalización casi siempre, excepto cuando el agente causante de la desnaturalización es el calor (coagulación de la leche, huevos fritos, "permanente" del cabello, etc.).

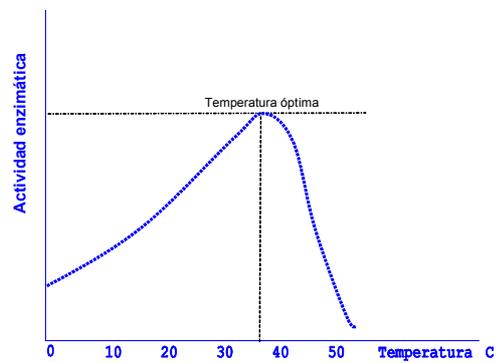
**RELACIÓN ENTRE LA CONFORMACIÓN Y LA ACTIVIDAD DE LAS PROTEÍNAS**

La función de las proteínas depende de su conformación. Algunas proteínas, particularmente las enzimas, tienen una o varias zonas en su molécula de las que depende su función llamadas: **centro activo** o **locus**. El centro activo de la proteína actúa uniéndose a la molécula sobre la que se va a realizar la transformación, molécula que llamaremos **ligando**, que debe encajar en el centro activo.

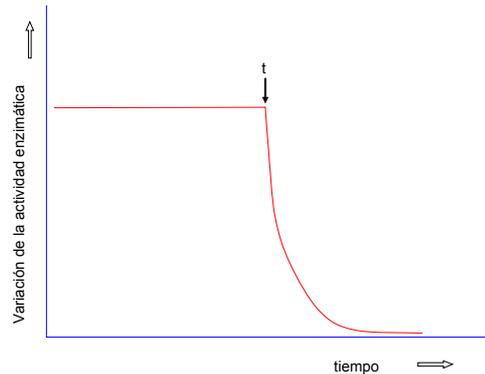
El ligando y el centro activo interactúan mediante fuerzas químicas. Estas interacciones se deben a que ciertos radicales de los aminoácidos de la proteína, que están en el centro activo de la molécula, tienen afinidad química por determinados grupos funcionales presentes en el ligando. Algunas veces la unión proteína-ligando es irreversible como ocurre con las reacciones antígeno-anticuerpo. Otras veces es perfectamente reversible.

Especies	Aminoácidos			
	A8	A9	A10	B30
Cerdo	Thr	Ser	Ile	Ala
Hombre	Thr	Ser	Ile	Thr
Caballo	Thr	Gly	Ile	Ala
Carnero	Ala	Gly	Val	Ala
Pollo	His	Asn	Thr	Ala
Vaca	Ala	Ser	Val	Ala

**Fig. 28** Diferencias en la estructura primaria de la insulina de diferentes vertebrados.



**Fig. 29** Variación de la actividad de una enzima con la temperatura. A partir de 45°C la enzima se desnaturaliza, por alterarse su conformación, y al destruirse el centro activo deja de actuar.



**Fig. 30** Variación en la actividad de una enzima medida en función de la cantidad de sustrato (ligando) transformado a 37°C. En t se ha aumentado la temperatura hasta 70°C.

Los aminoácidos cuyos restos constituyen el centro activo pueden estar muy distantes unos de otros en la secuencia primaria de la proteína, pero que debido a los pliegues y repliegues de la estructura terciaria, quedan localizados, espacialmente, muy próximos unos de otros y, sobre todo, formando una especie de hueco donde encajará el ligando.

El resto de los aminoácidos de la proteína tienen como misión mantener la forma y la estructura que se precisa para que el centro activo se encuentre en la posición correcta. Para que una proteína y un ligando se unan o se reconozcan deben establecerse entre ambas moléculas varios puntos de interacción del tipo enlaces débiles, especialmente fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, etc.

La conformación de una proteína y por lo tanto su centro activo y su función pueden alterarse si se producen cambios en la estructura primaria. Así, por ejemplo, en la anemia falciforme, el 6º aminoácido de una de las cadenas proteicas que forman la hemoglobina, el glutámico, ha sido sustituido por valina. Como consecuencia la hemoglobina pierde su funcionalidad y no puede transportar convenientemente el oxígeno y los heritrocitos (glóbulos rojos) adquieren forma de hoz.

Como ya hemos visto, la conformación puede también alterarse si la proteína se desnatura por la acción de agentes como el calor y los ácidos y las bases fuertes. La desnaturalización irreversible destruye el centro activo y la proteína no puede ya realizar su función.

