

BIOELEMENTOS

Presentes en todos los seres vivos en cantidad apreciable

Presentes en cantidades mínimas. Algunos no se presentan en ciertos seres vivos

PRIMARIOS

En proporción superior al 96%. Indispensables para la formación de biomoléculas orgánicas

C,H,O,N,P,S

SECUNDARIOS

En menor proporción, aprox. 3,9%

Na,K,Ca,Mg,Cl

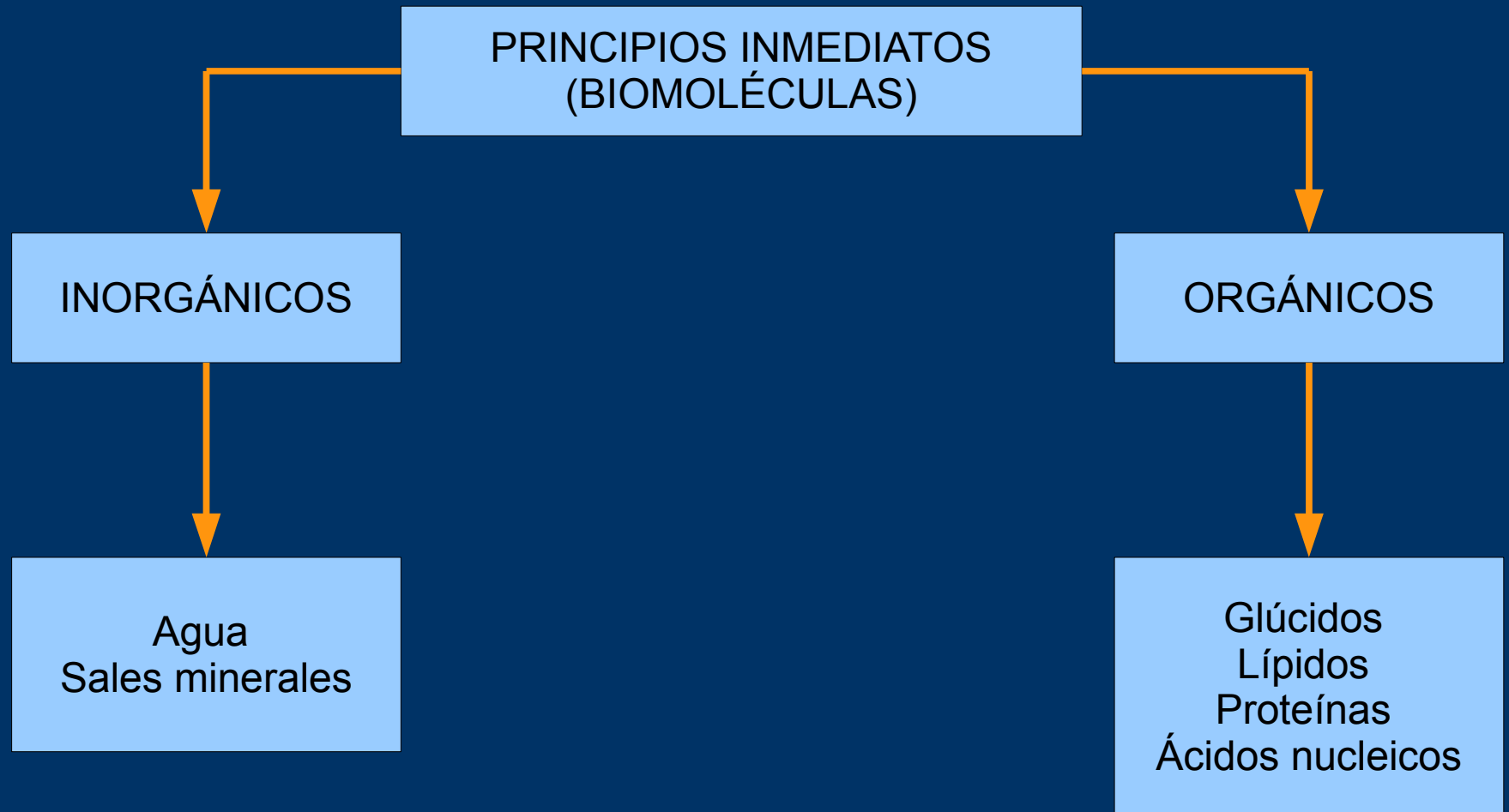
OLIGOELEMENTOS

En proporción inferior al 0,1%

Fe,Cu,Co,Mn,Zn,I,F,Si,...

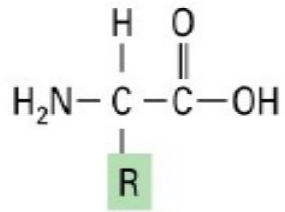
LOS BIOELEMENTOS FORMAN LAS BIOMOLÉCULAS

Los bioelementos rara vez se encuentran en estado libre. En general, se hallan combinados entre sí formando compuestos o biomoléculas, que se pueden aislar por medios puramente físicos (disolución, filtración, ultracentrifugación...), por lo que se denominan también “principios inmediatos”. Según su origen se pueden clasificar en orgánicos e inorgánicos.



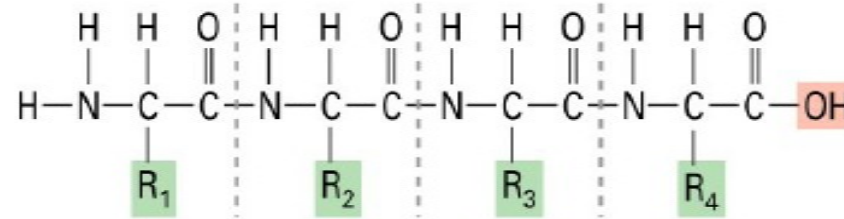
BIOMOLÉCULAS ORGÁNICAS

MONOMERS

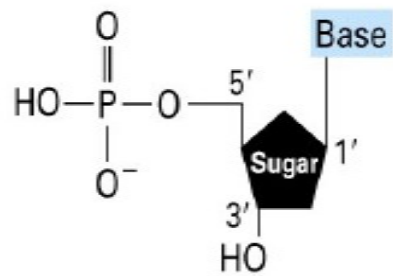
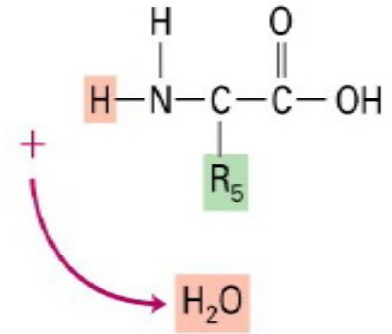


Amino acid

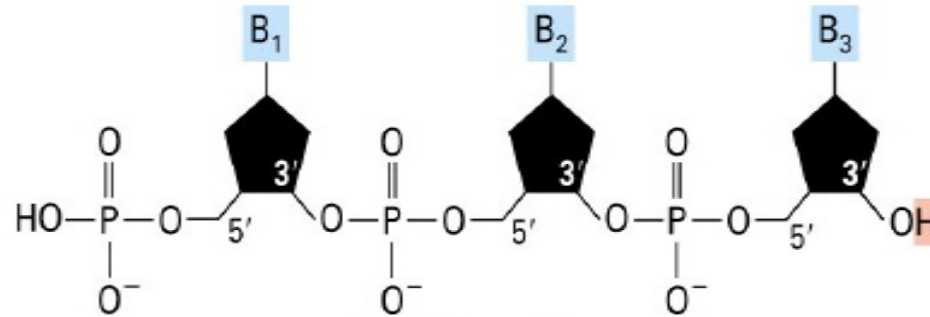
POLYMERS



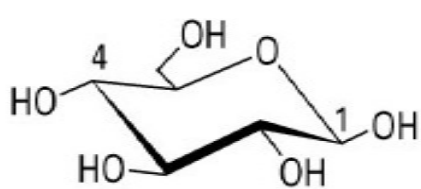
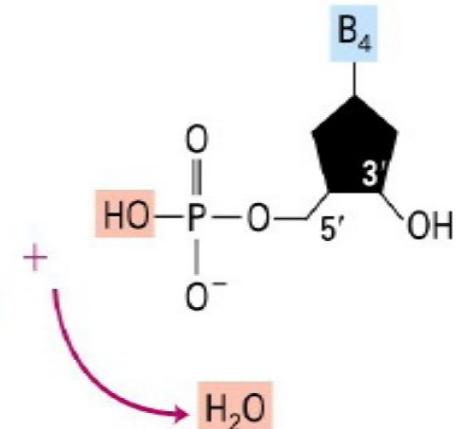
Polypeptide



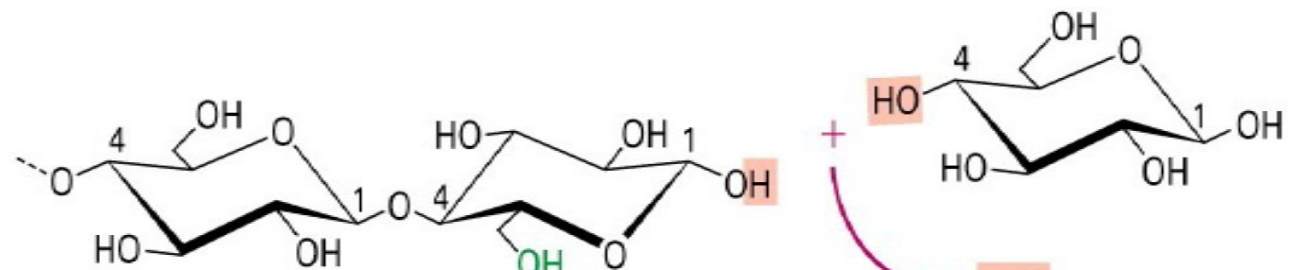
Nucleotide



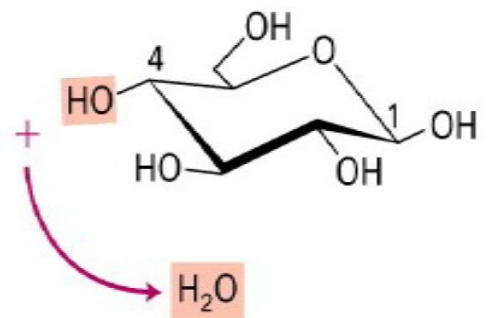
Nucleic acid



Monosaccharide

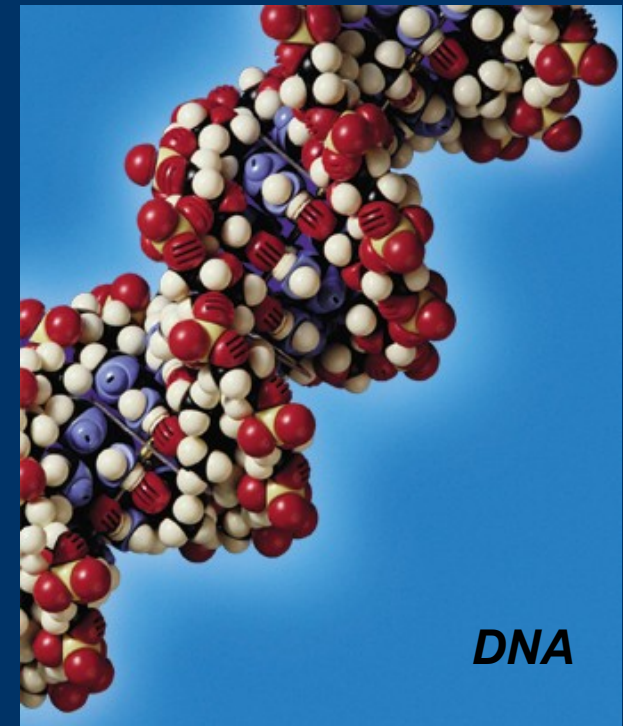
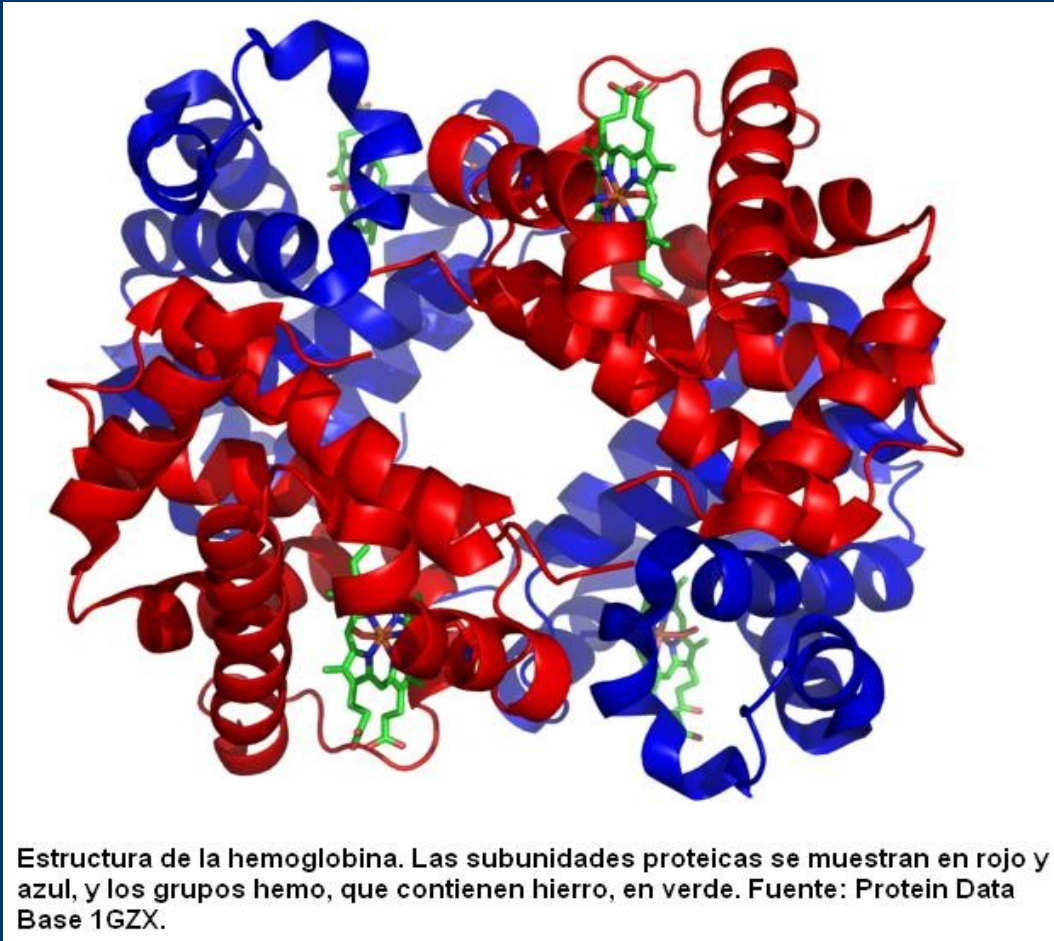
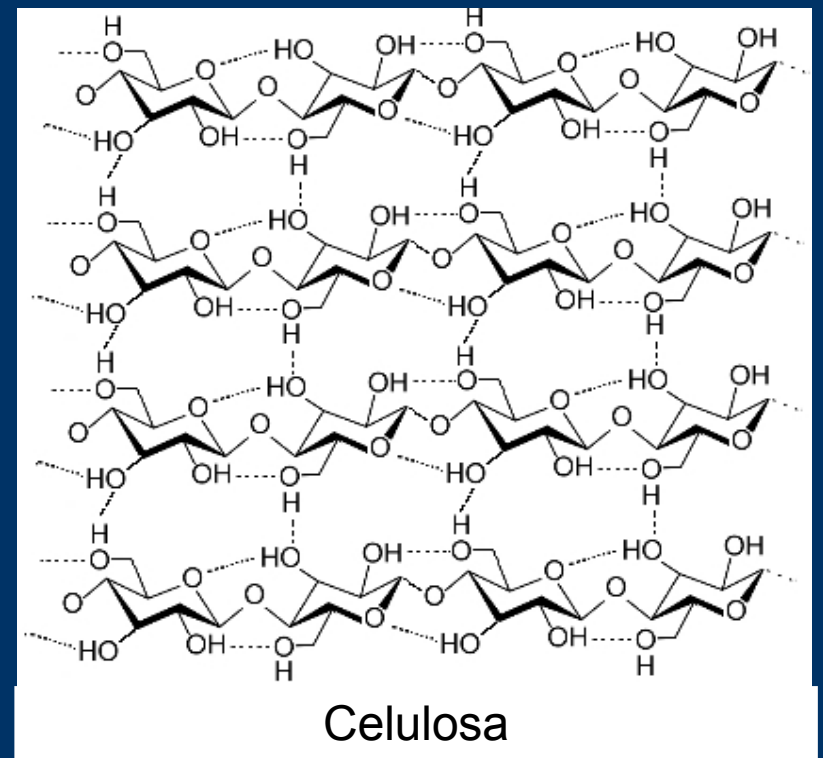


Polysaccharide

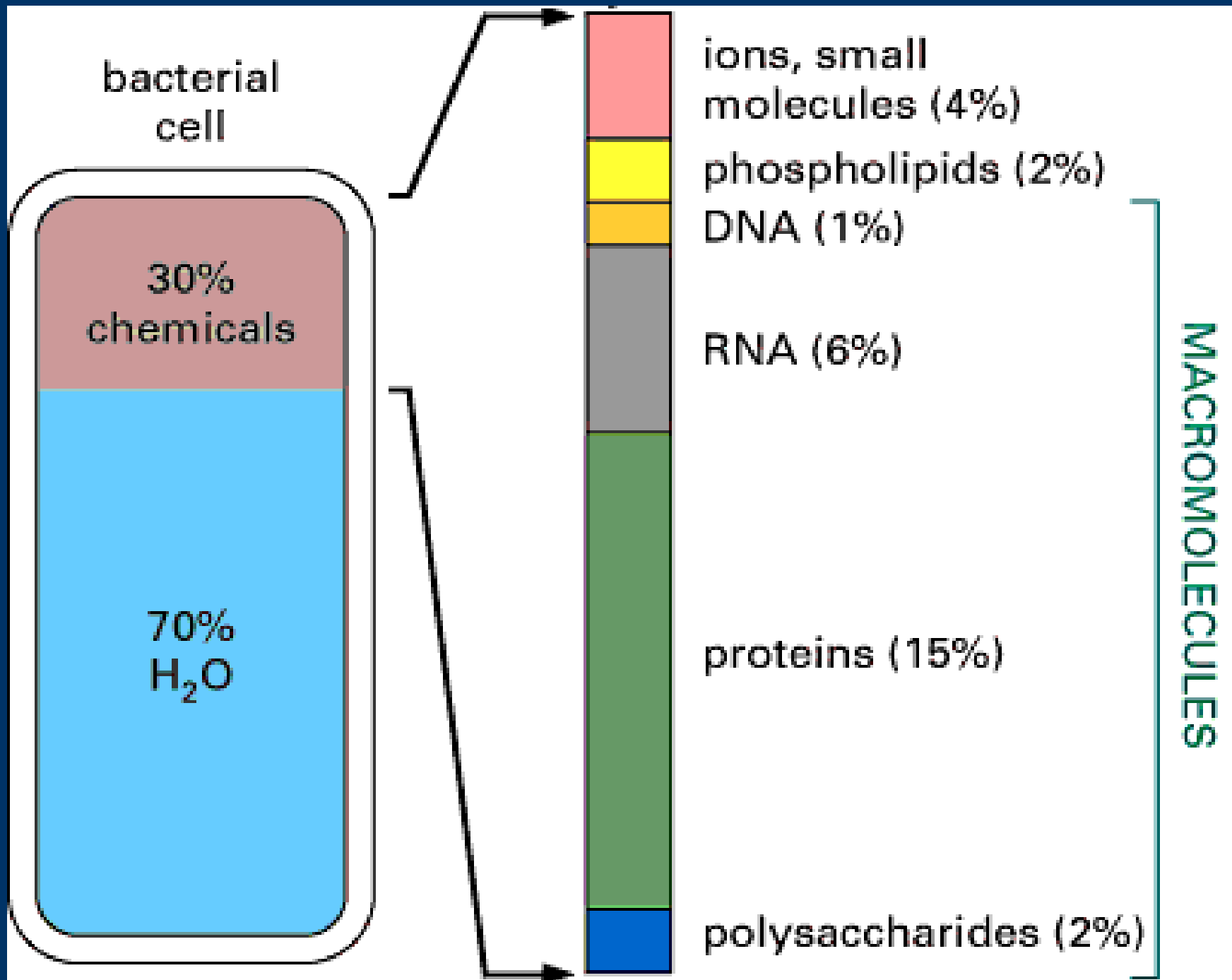


MACROMOLÉCULAS

Son moléculas de masa molecular elevada, generalmente polímeros, formados por la repetición de moléculas más sencillas llamadas monómeros (unidades estructurales). Así, el DNA es un polímero de nucleótidos, las proteínas son polímeros de aminoácidos, la celulosa es un polímero de glucosa, etc.



COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA CÉLULA PROCARIOTA



EL AGUA



(Cataratas de Yosemite en California)

EL AGUA ES LA BIOMOLÉCULA MÁS ABUNDANTE EN LOS SERES VIVOS

Contenido hídrico en algunos seres vivos

animales	%	vegetales	%
Feto humano (3 meses)	94	Algas	98
Hombre adulto	63	Espárrago	93
Cangrejo de río	77	Tabaco	93
Caracol	80	Espinaca	93
Lombriz terrestre	88	Hongos	91
Medusa	95	Zanahoria	87
Insecto	72	Líquén	55

Contenido hídrico en diferentes órganos

animales	%	vegetales	%
Cerebro	86	Sandía	95
Sangre	79	Patata	78
Músculo	75	Plátano	76
Hígado	70	Grano de trigo	11
Cartilago	55	Semilla de guisante	11
Hueso	22	Semilla de garbanzo	11
Diente	10	Grano de arroz	10

La vida surgió en el agua y depende para su existencia de la presencia de agua. El agua es la molécula más abundante de los seres vivos, aunque aparece en distinto porcentaje según la especie, y para cada especie dicho porcentaje varía en función de la edad del organismo, disminuyendo a medida que envejece.

Existe una relación directa entre el contenido de agua y la actividad fisiológica que desarrollan las células. Así las esporas y semillas, que están en estado de vida latente, contienen alrededor de un 10% de agua. El tejido óseo de un adulto tiene un 22% de agua mientras que el tejido nervioso, con una gran actividad biológica, tiene un 86% de agua.

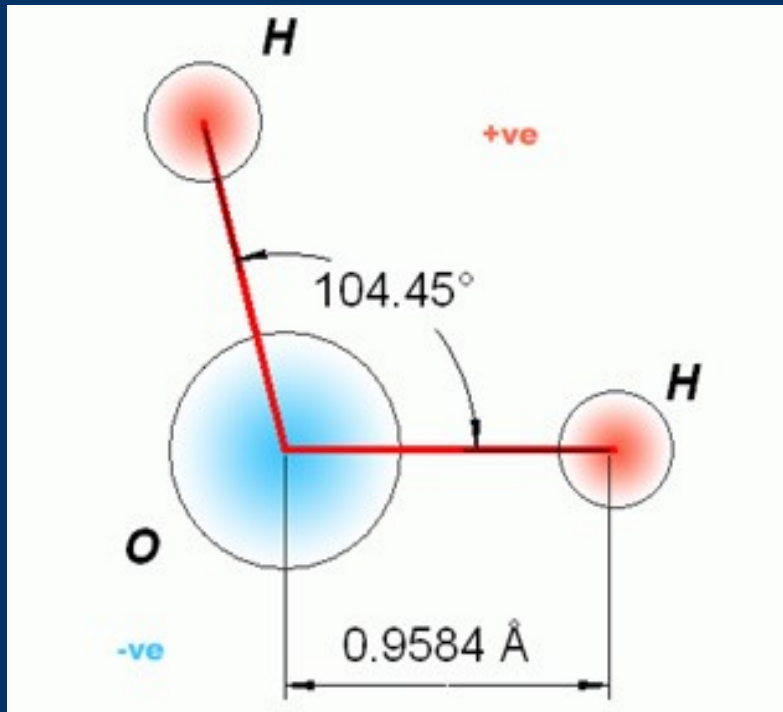
ELECTRONEGATIVIDAD

La electronegatividad es la tendencia de un átomo enlazado con otro de atraer hacia sí los electrones del enlace. La electronegatividad aumenta hacia la derecha en los períodos de la tabla periódica y hacia arriba en los grupos. El átomo más electronegativo es el flúor, seguido del oxígeno.

Existen distintas escalas de electronegatividad, entre las que destaca la de Pauling, que asigna valores numéricos a la electronegatividad de cada elemento, permitiendo compararlas. Para los elementos más comunes en las biomoléculas tenemos: $O > N > C, S > P, H$

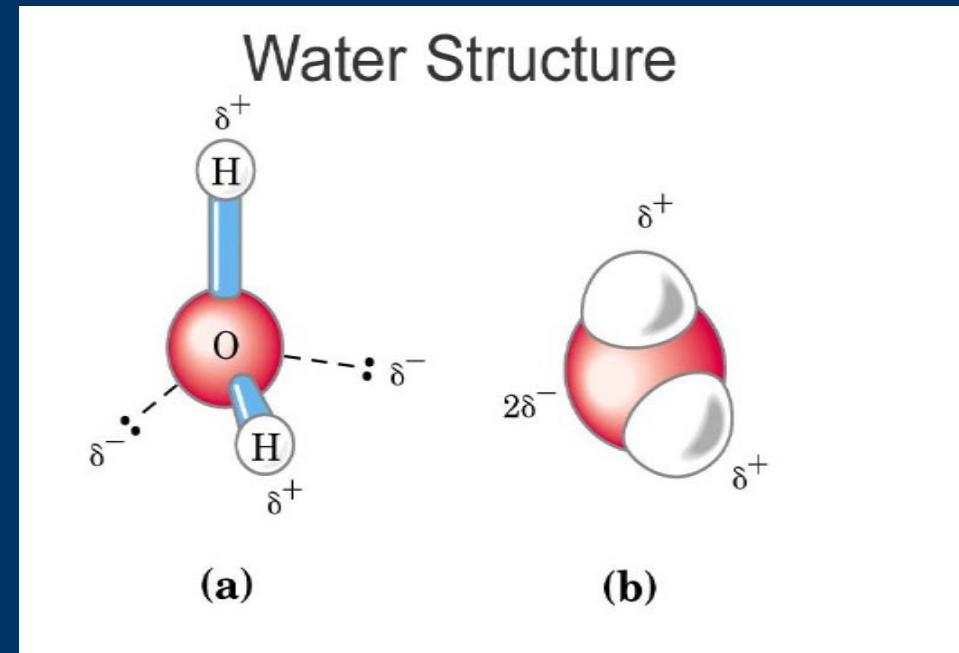
Period	1A												3A	4A	5A	6A	7A
	H 2.1	2A											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0
2	Li 1.0	Be 1.5											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0
3	Na 0.9	Mg 1.2	3B	4B	5B	6B	7B	8B			1B	2B	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8
4	K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.8	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5
5	Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	Tl 1.8	Pb 1.8	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2
6	Cs 0.7	Ba 0.9	La* 1.1	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.8	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2
7	Fr 0.7	Ra 0.9	Ac† 1.1	*Lanthanides: 1.1-1.3 †Actinides: 1.3-1.5													

ESTRUCTURA DE LA MOLÉCULA DE AGUA.

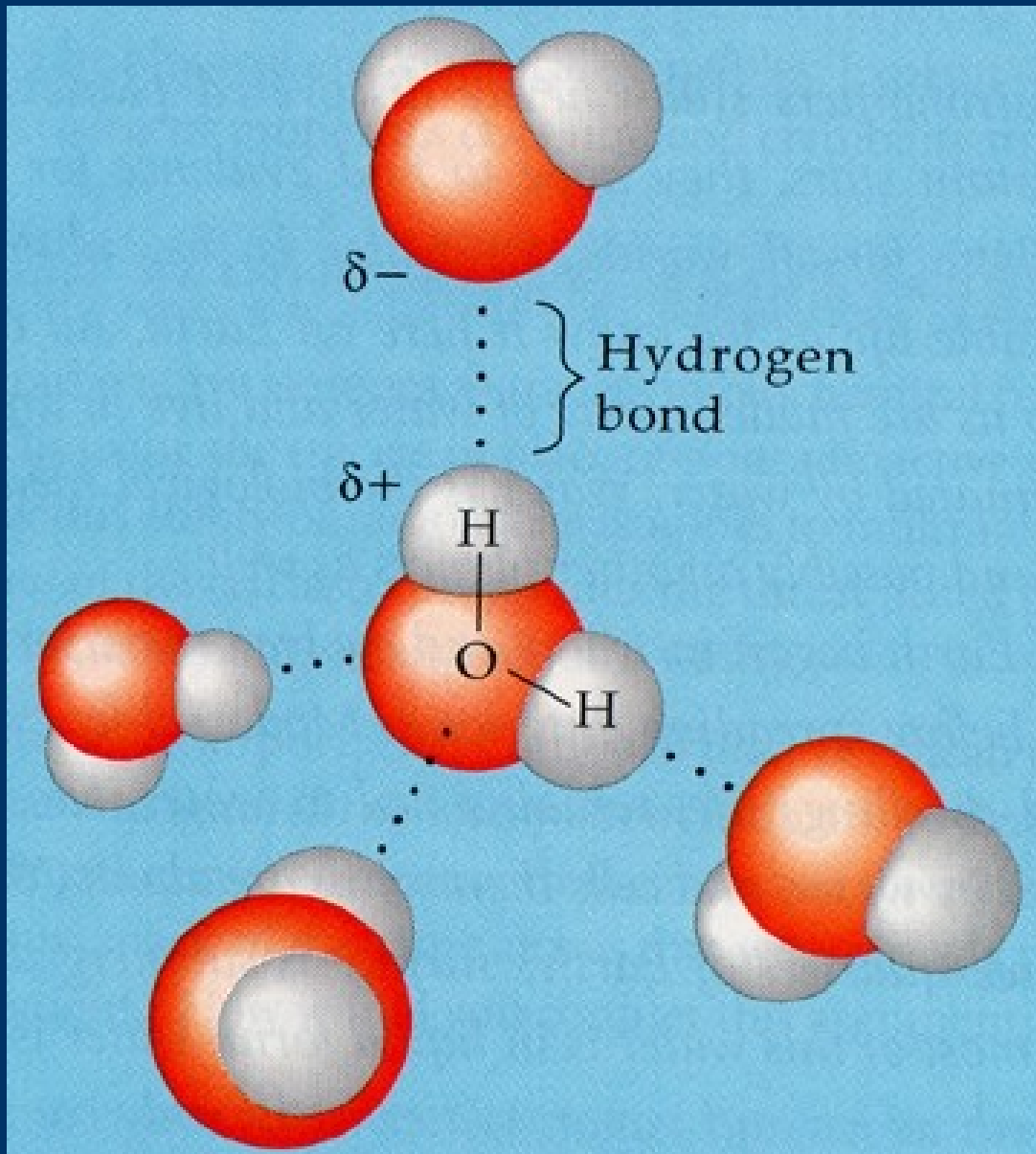


Cada uno de los átomos de hidrógeno de la molécula de agua comparte por enlace covalente un par de electrones con el átomo de oxígeno, que se sitúa en el vértice de la molécula, que tiene geometría angular (ángulo de 104,5°).

Como el oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno atrae con más fuerza a los electrones del enlace, dando lugar a una asimetría en la distribución de cargas: los átomos de hidrógeno adquieren carga parcial positiva y el de oxígeno carga parcial negativa. Esto hace que la molécula sea un *DIPOLO ELÉCTRICO*.



ENLACES O PUENTES DE HIDRÓGENO ENTRE LAS MOLÉCULAS DE AGUA



Debido a su estructura dipolar, dos moléculas de agua pueden enlazarse por fuerzas electrostáticas entre el oxígeno, con carga parcial negativa, de una molécula y el hidrógeno, con carga parcial positiva, de otra.

Este tipo de atracción electrostática se denomina *ENLACE DE HIDRÓGENO*.

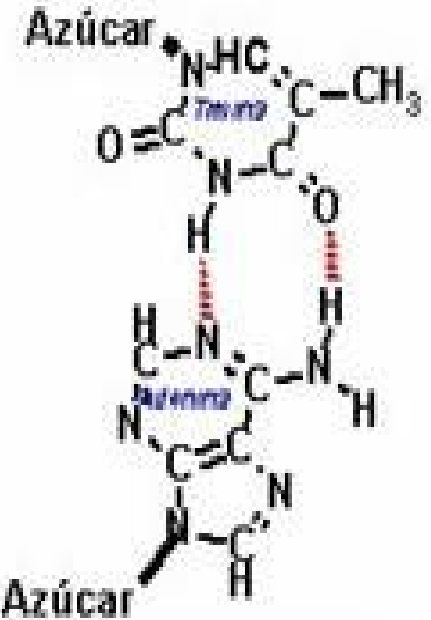
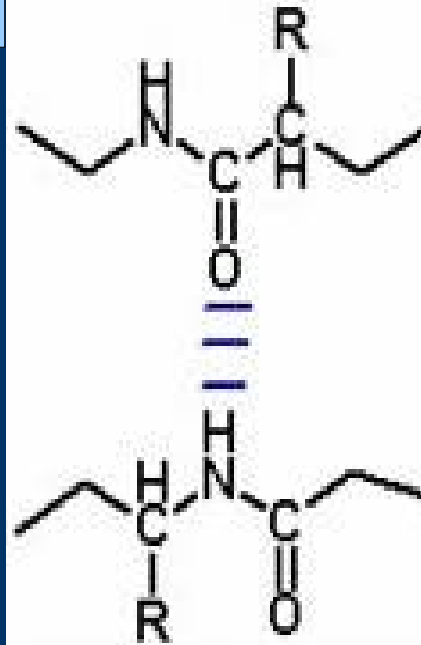
Cada molécula de agua puede formar enlaces de hidrógeno con un máximo de otras cuatro moléculas.

ENLACES DE HIDRÓGENO

Los enlaces de hidrógeno no están limitados al agua. Se forman con facilidad entre un átomo electronegativo (usualmente oxígeno o nitrógeno) y un átomo de hidrógeno unido covalentemente a otro átomo electronegativo en la misma o en otra molécula.

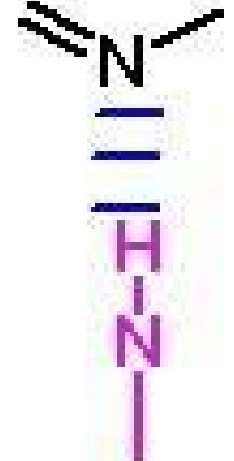
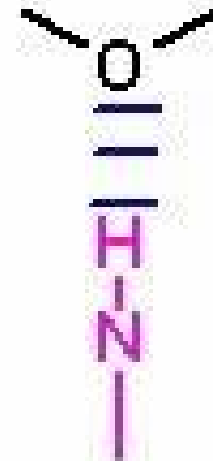
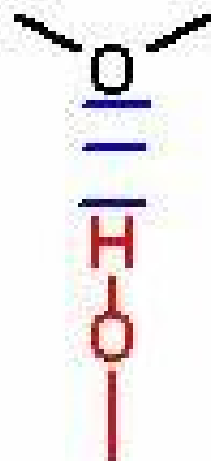
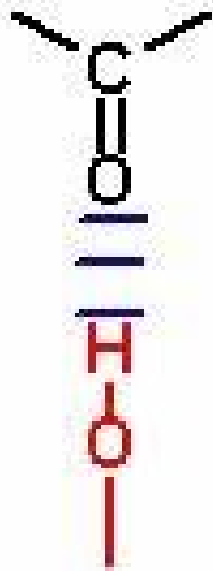
Grupo peptídico

Base nitrogenada



Grupo peptídico

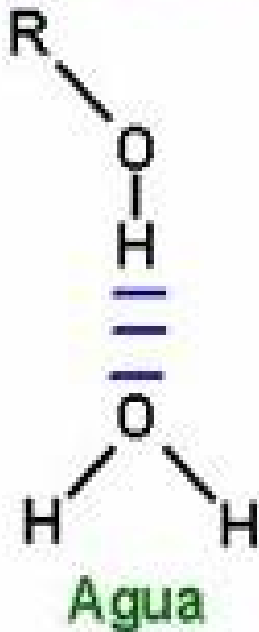
Base nitrogenada



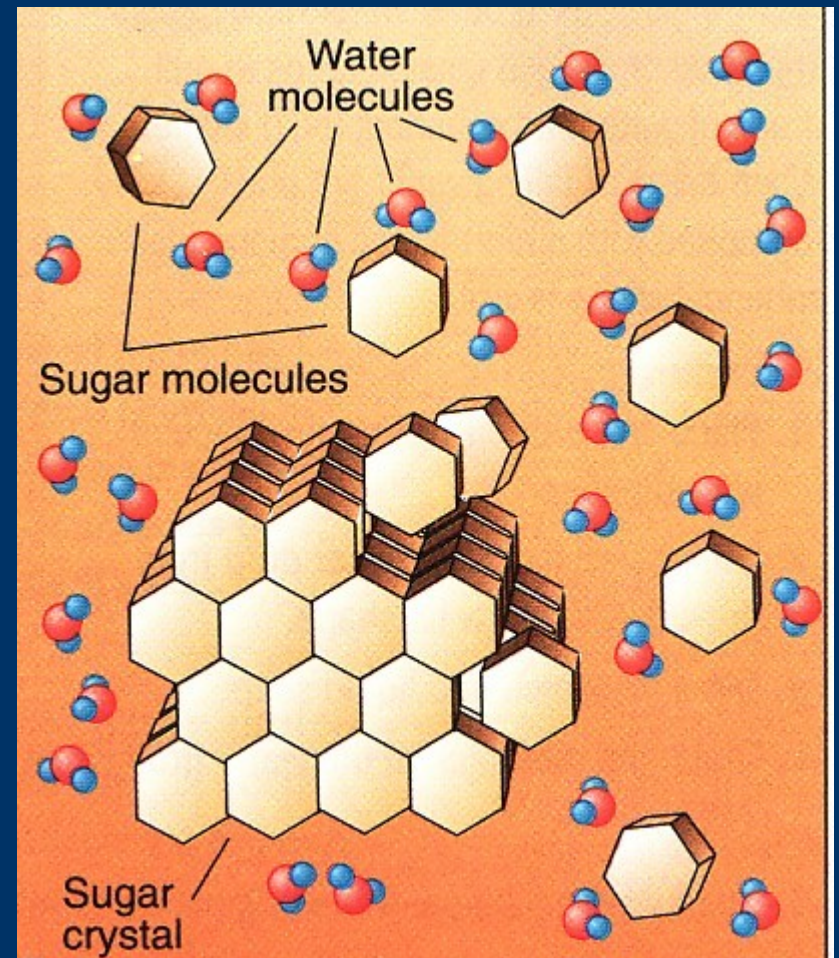
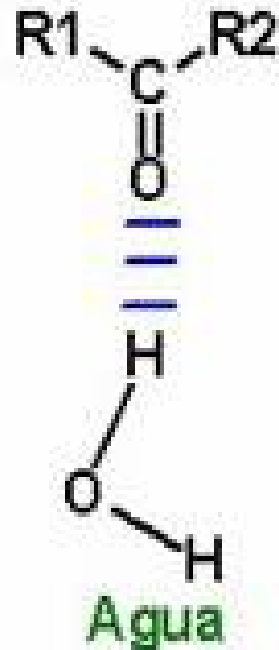
EL AGUA ES EL “DISOLVENTE UNIVERSAL”

El agua es el líquido que más sustancias disuelve, por lo que se dice de ella que es el disolvente universal. Esta propiedad, tal vez la más importante para la vida, se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias que tienen grupos polares (como alcoholes, azúcares...) e interactuar con grupos con carga (grupos amino o carboxilo de aminoácidos o proteínas) lo que da lugar a disoluciones moleculares.

Grupo hidroxilo
de un alcohol



Grupo carbonilo
de una cetona

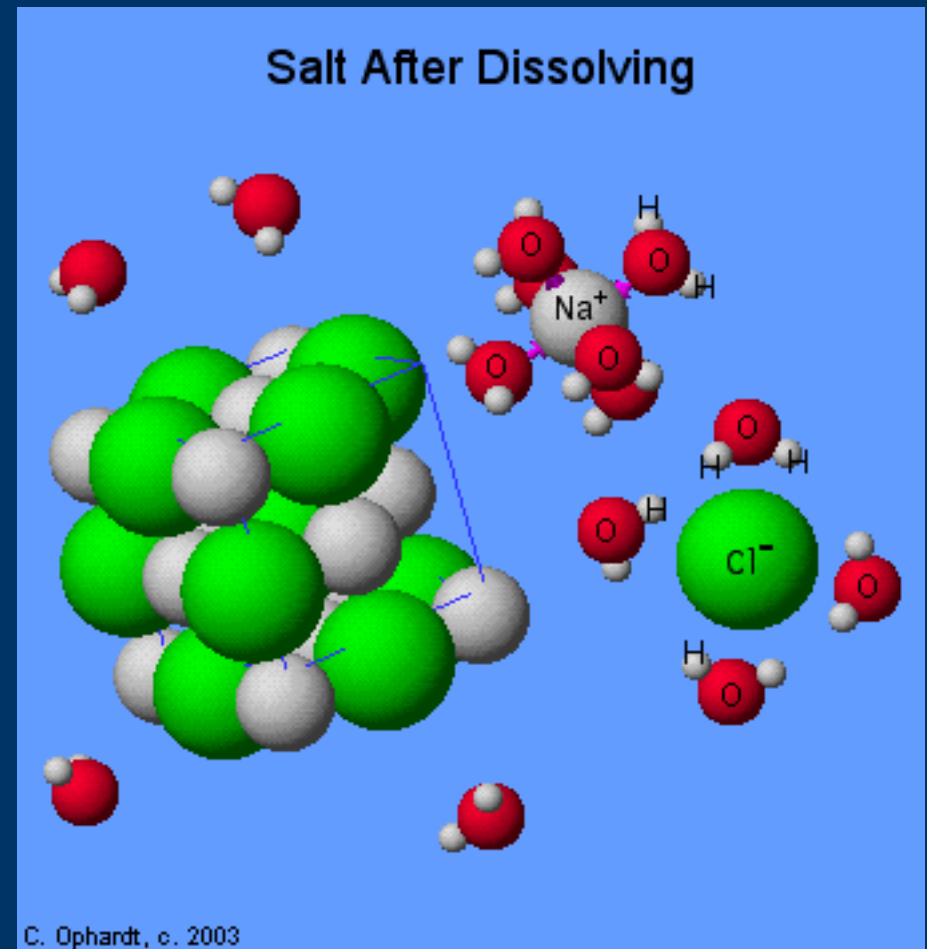
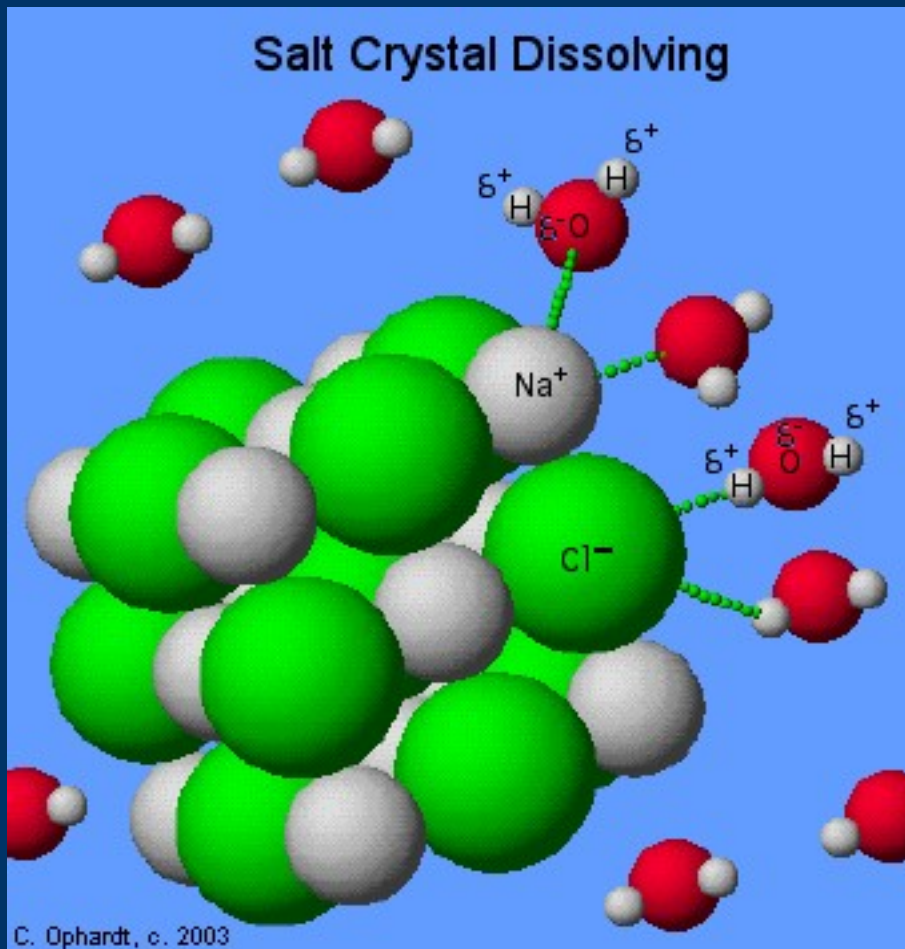


EL AGUA ES EL “DISOLVENTE UNIVERSAL”

También las moléculas de agua pueden disolver a sustancias salinas que se disocian formando disoluciones iónicas. El agua disuelve los compuestos iónicos porque las moléculas dipolares del agua son fuertemente atraídas por los iones positivos y negativos de la sal y los separan de la red cristalina, formándose los iones hidratados correspondientes.

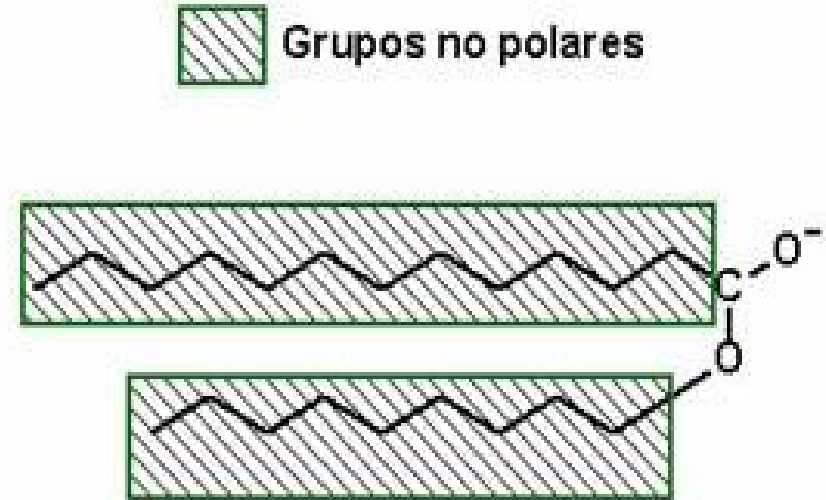
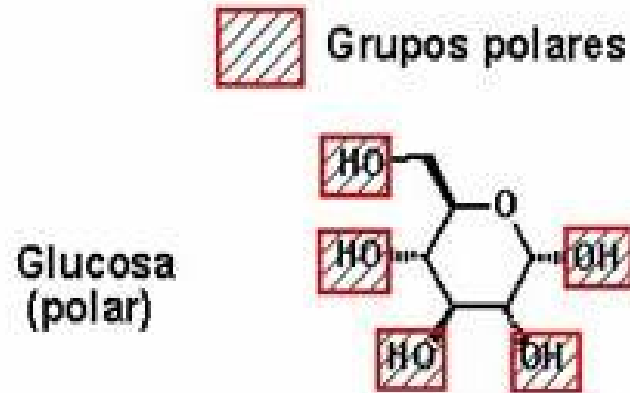
Animación 1

Animación 2

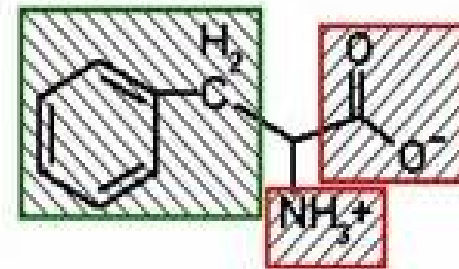
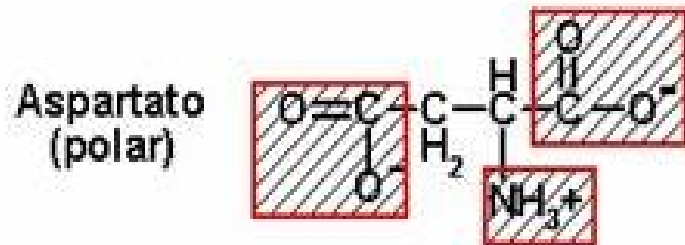


SUSTANCIAS POLARES Y NO POLARES

Las sustancias que se disuelven en agua (porque poseen grupos polares o son compuestos iónicos) se denominan polares o hidrofílicas. Las moléculas que carecen de regiones polares, como las grasas, tienden a ser muy insolubles en agua. Son sustancias hidrófobas o apolares.



Una grasa (lípidio) (apolar)



Fenilalanina (anfifílico)

Grupos polares y no polares en algunas biomoléculas

FUNCIONES RELACIONADAS CON LA CAPACIDAD DISOLVENTE DEL AGUA

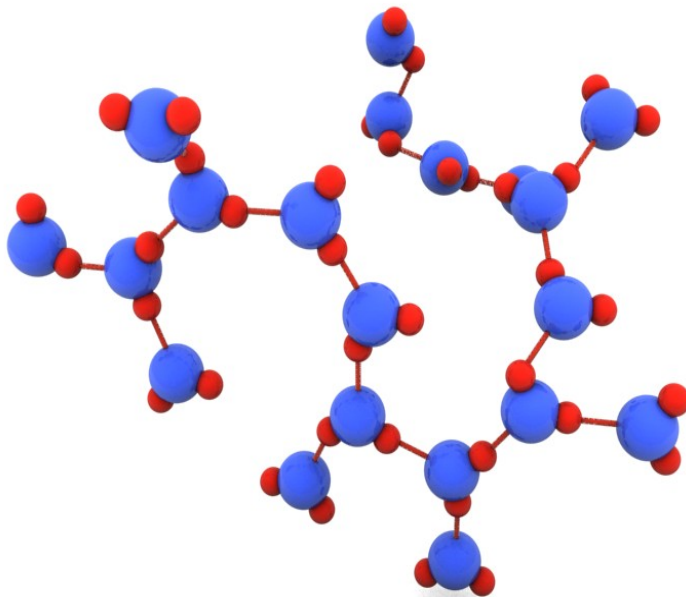
1. Medio donde ocurren las reacciones del metabolismo.
2. Transporte de sustancias en los seres vivos.



EL AGUA EN ESTADO SÓLIDO ES MENOS DENSA QUE EN ESTADO LÍQUIDO

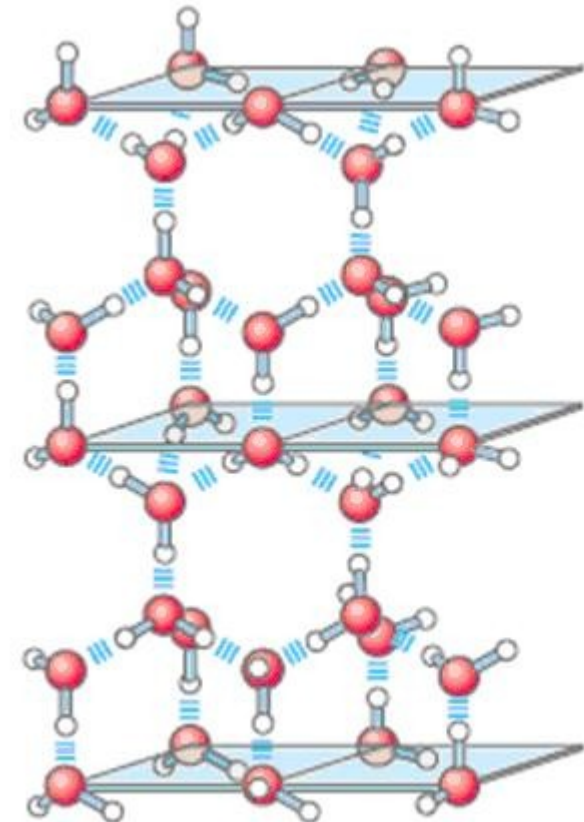
En estado sólido, cada molécula de agua tiene una situación determinada en el espacio y se mantiene unida a otras moléculas mediante enlaces de hidrógeno, dando lugar a una red cristalina mas abierta que la ordenación de las moléculas de agua en estado líquido. Esto explica la menor densidad del hielo y porqué éste puede flotar en el agua líquida.

ESTRUCTURA DEL AGUA LÍQUIDA



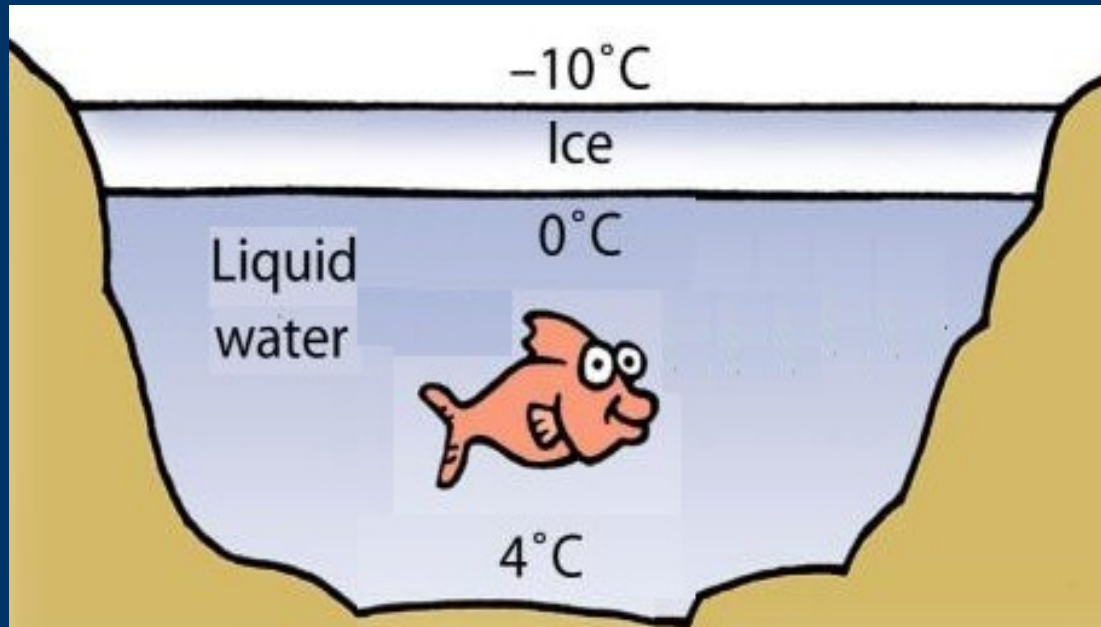
Charles Paul

RED CRISTALINA DEL HIELO



LA MENOR DENSIDAD DEL AGUA SÓLIDA PERMITE LA VIDA ACUÁTICA BAJO EL HIELO

El hielo es un aislante del frío que ayuda a mantener la temperatura del agua líquida sobre la que flota por encima del punto de congelación, aun en los inviernos mas fríos, lo que permite la existencia de vida acuática cuando la temperatura ambiental es muy baja



EL AGUA TIENE UN ELEVADO CALOR ESPECÍFICO

Calor específico o capacidad calorífica de una sustancia es la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de esa sustancia para elevar su temperatura en una unidad. El elevado calor específico del agua es consecuencia de los enlaces de hidrógeno e implica que puede absorber o perder gran cantidad de calor variando muy poco su temperatura, propiedad que la convierte en un regulador térmico excelente

Table 6.1 Specific Heats for Various Common Substances, in Terms of How Many Calories of Heat are Required to Heat up 1 Gram by 1°C

Substance	Specific Heat (cal/g/°C)
Alcohol	0.58
Aluminum	0.21
Copper	0.09
Gold	0.03
Leather	0.36
Marble	0.21
Salt	0.21
Sugar	0.27
Synthetic rubber	0.45
Water	1.00
Wood	0.42

Substance	Specific Heat Capacity, c J/(kg · °C)
Benzene	1740
Ethyl alcohol	2450
Glycerin	2410
Mercury	139
Water (15 °C)	4186

^a Except as noted, the values are for 25 °C and 1 atm of pressure.

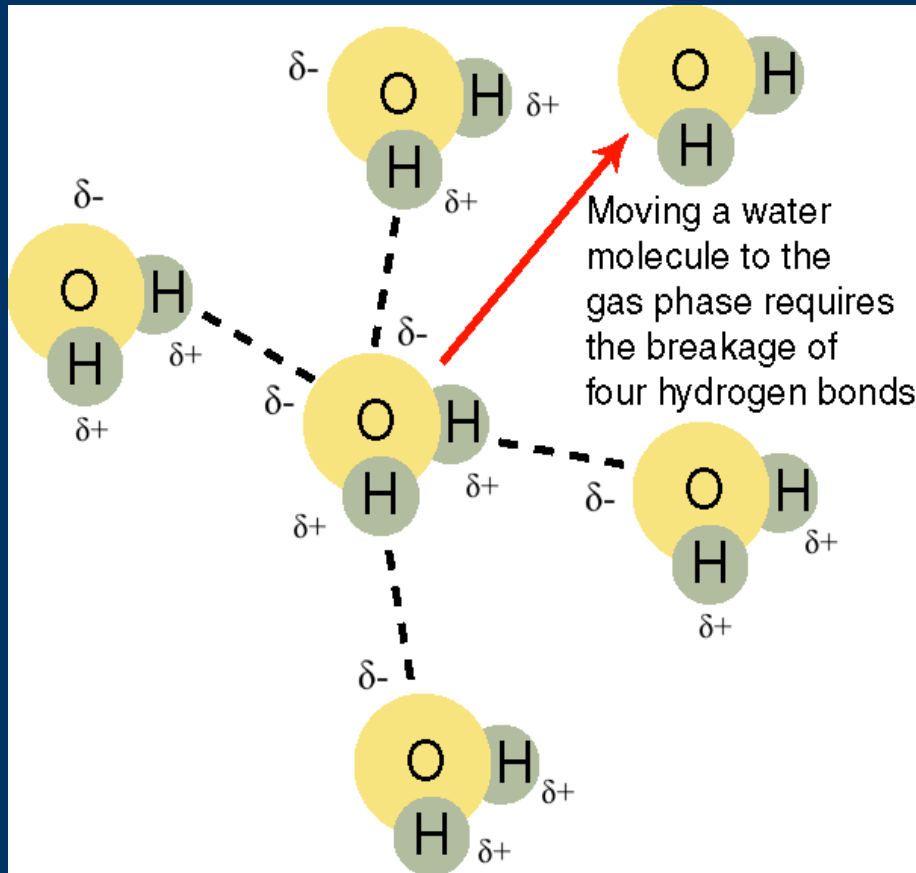
FUNCIÓN TERMORREGULADORA DEL AGUA

Debido a su elevado calor específico, el agua es un buen amortiguador frente a los cambios bruscos de temperatura externa. Como consecuencia de ello, los organismos marinos o los que habitan grandes masas de agua dulce viven en un ambiente donde las temperaturas son relativamente constantes. Igualmente, el gran contenido en agua de los seres vivos les ayuda a mantener una temperatura interna constante, debido a la capacidad del agua para absorber el calor producido en las reacciones metabólicas, sin modificar apenas su temperatura. Esta estabilidad de temperatura es vital puesto que las reacciones químicas del metabolismo se realizan solo en un intervalo muy pequeño de temperatura.



FUNCIÓN REFRIGERANTE DEL AGUA. (FUNCIÓN TERMORREGULADORA II)

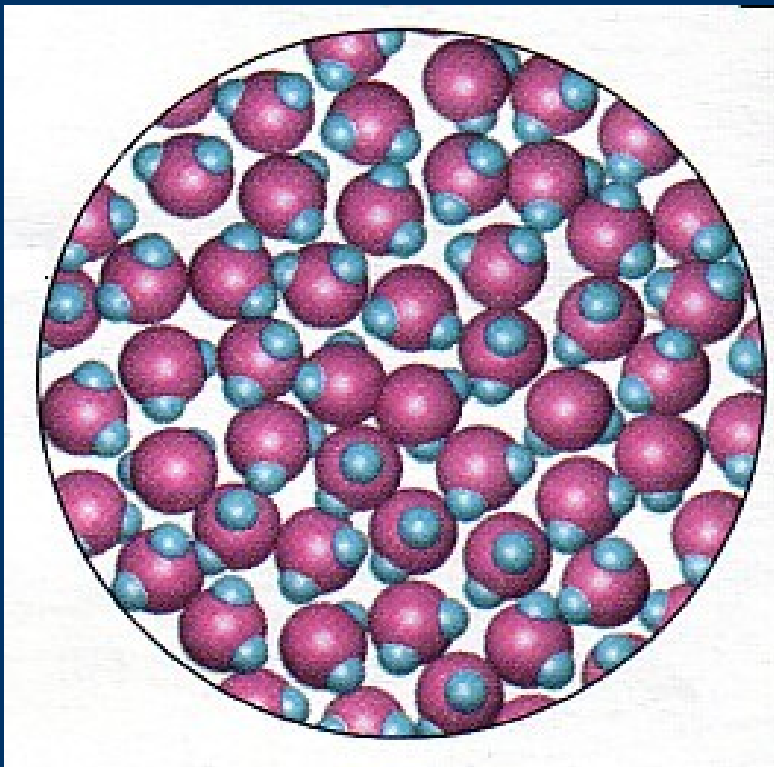
El agua tiene un elevado calor de vaporización ya que para que una molécula de agua se libere de sus vecinas y pase a la fase gaseosa es necesario romper los puentes de hidrógeno aportando energía. Por ello el agua tiene una función refrigerante cuando se evapora de las superficies de plantas y animales terrestres que pueden “expulsar” así el exceso de calor del organismo, lo que ayuda a estabilizar la temperatura interna.



EL AGUA PRESENTA UNA ELEVADA COHESIÓN MOLECULAR

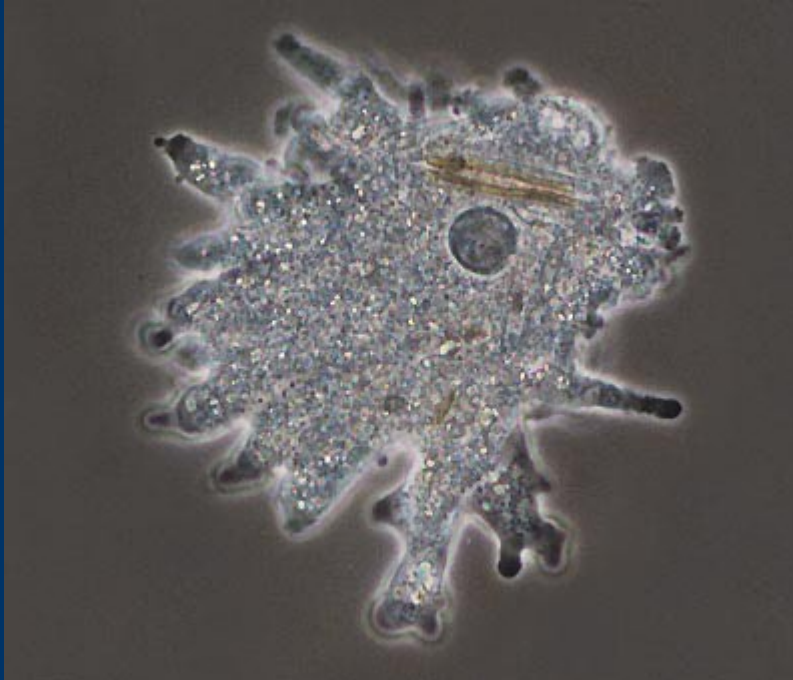
(Cohesión= capacidad de mantenerse juntas moléculas iguales)

En el agua en estado líquido los enlaces de hidrógeno se forman y disocian constantemente y con rapidez, siendo la vida media de cada enlace inferior a 10^{-9} segundos. En consecuencia el agua líquida no es viscosa sino muy fluída. Además, los enlaces de hidrógeno, aunque son débiles comparados con los covalentes, debido a su gran número confieren una gran cohesión interna al agua líquida, de modo que esta es prácticamente incompresible.



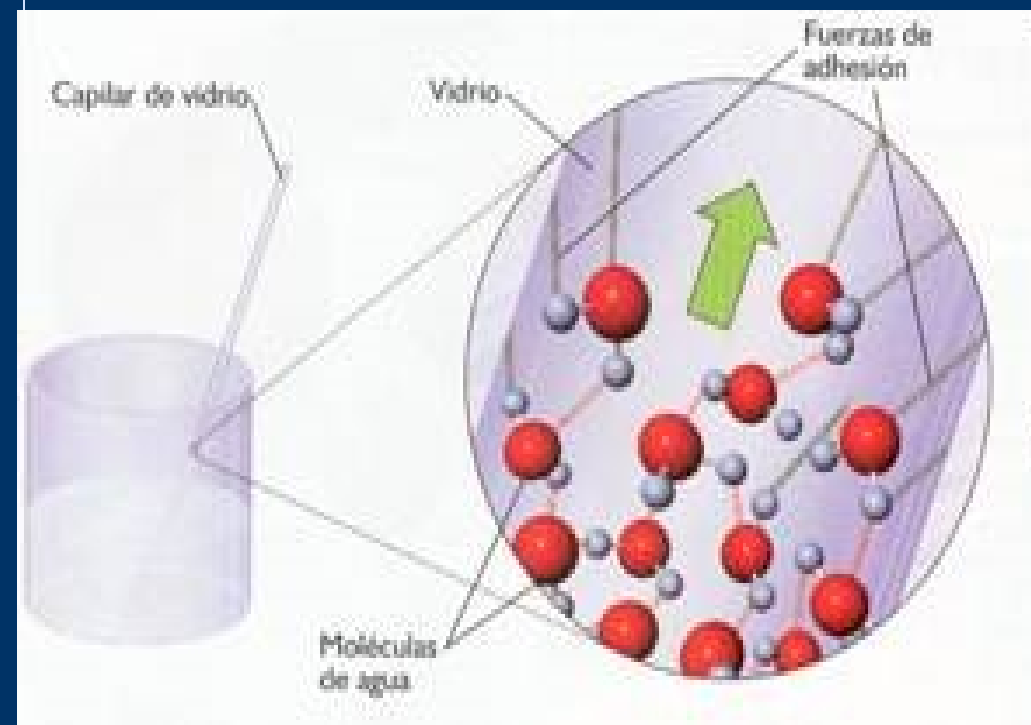
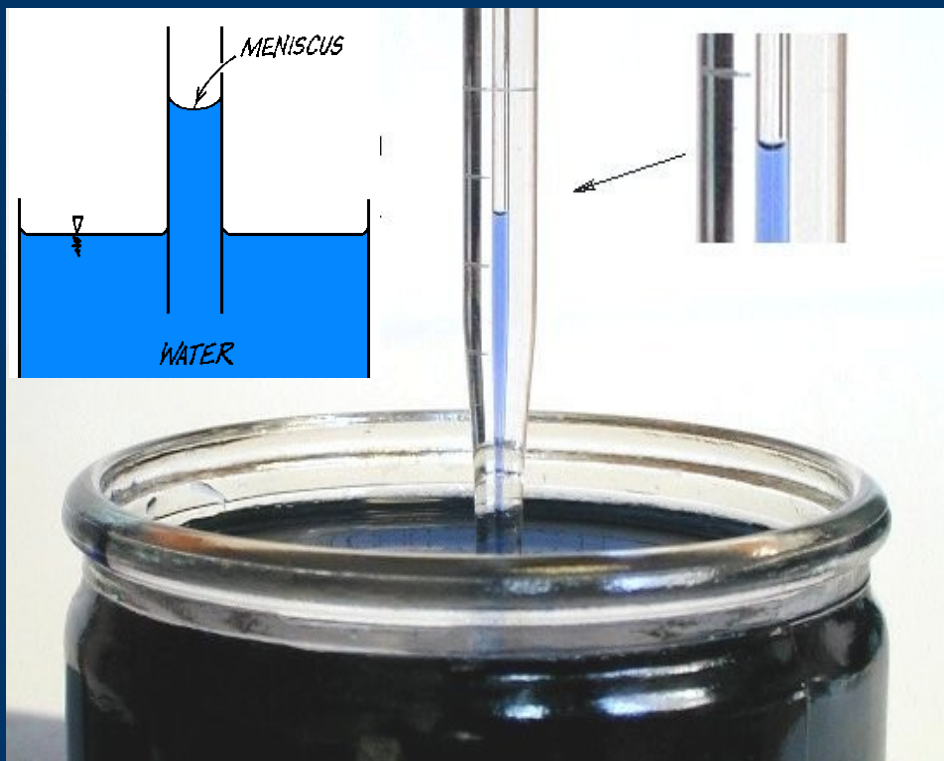
FUNCIONES BIOLÓGICAS DERIVADAS DE LAS ELEVADAS FUERZAS DE COHESIÓN

Debido a las elevadas fuerzas de cohesión en el seno del agua líquida, que la hacen prácticamente incompresible, ésta puede funcionar, en algunos seres vivos como un esqueleto hidrostático. además, ayuda a mantener la forma y volumen celulares, permite la turgencia de las plantas (gracias a la presión que ejerce en los protoplastos contra la pared) y su crecimiento (debido a la absorción de agua) así como el funcionamiento de los estomas y también tiene una función amortiguadora en las articulaciones o entre los órganos (líquido sinovial, cefalorraquídeo...), evitando rozamientos.



CAPILARIDAD

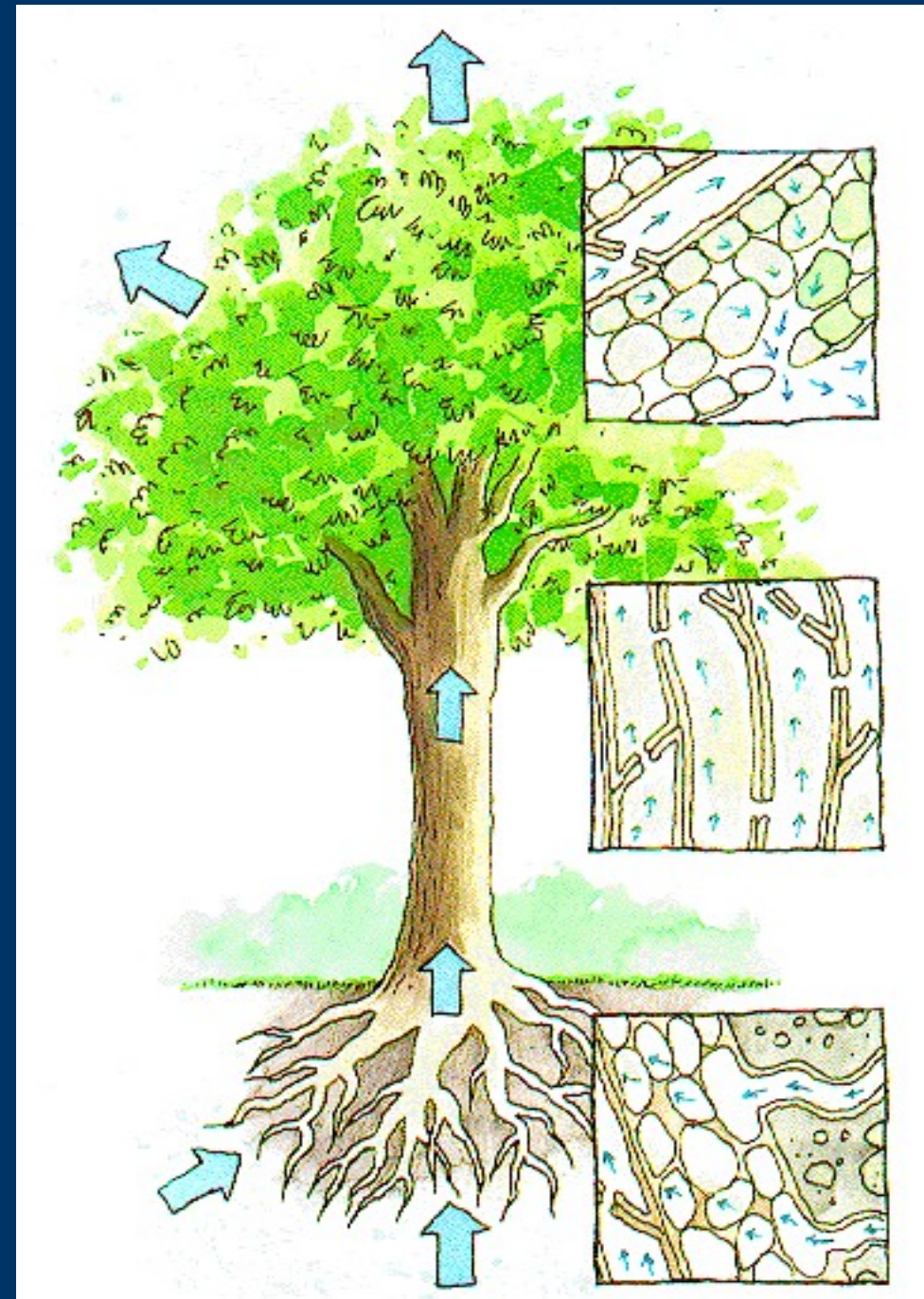
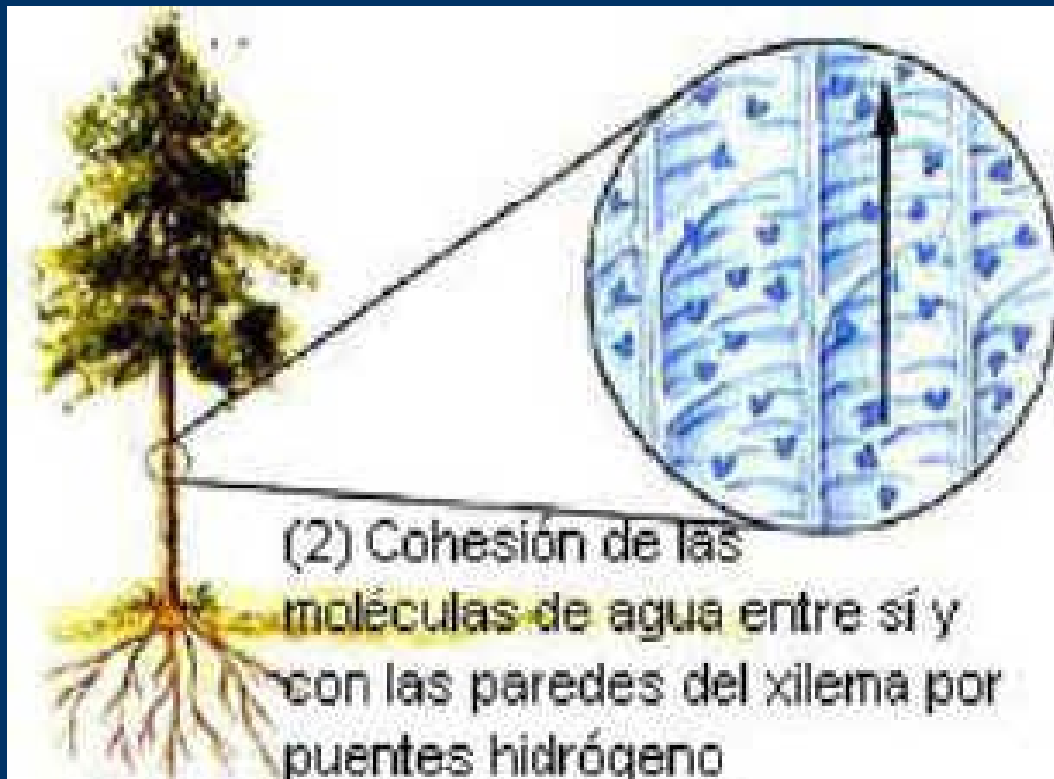
La capilaridad consiste en el ascenso del agua por un espacio muy estrecho y es la consecuencia de combinar el efecto de la cohesión de las moléculas de agua entre sí con su adhesión a una superficie. A medida que las moléculas de agua son empujadas hacia adelante por atracción adhesiva, la atracción cohesiva con otras moléculas de agua hace tirar de ellas. Este fenómeno se pone de manifiesto al introducir en agua un tubo capilar: el agua asciende por el tubo hasta que estas dos fuerzas quedan contrarrestadas por la fuerza de la gravedad, al ir aumentando el peso de la columna de agua.



Adhesión = capacidad de mantenerse juntas sustancias diferentes. Debido a la atracción que ejercen sobre las moléculas de agua los grupos cargados o polares de algunas superficies. La elevada fuerza de adhesión del agua explica por qué esta moja las cosas.

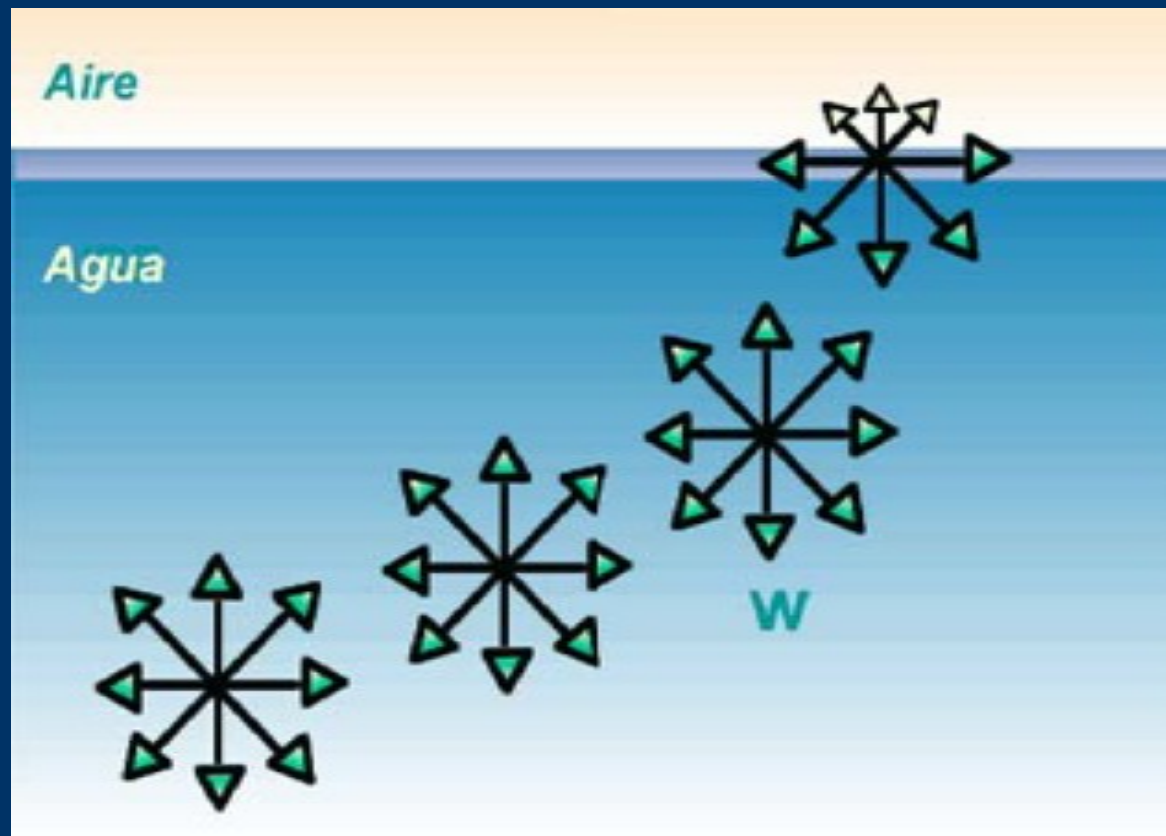
FUNCIONES BIOLÓGICAS RELACIONADAS CON LA CAPILARIDAD

La capilaridad permite que se inicie el ascenso de la savia bruta por los vasos leñosos o xilema de las plantas y hace también posible que el agua atraviese lentamente los pequeños espacios entre las partículas del suelo y que de esta manera, esté disponible para las raíces de las plantas.



TENSIÓN SUPERFICIAL

La Tensión Superficial es una propiedad que presenta una superficie líquida en contacto con una fase gaseosa como la atmósfera. En el interior del líquido las moléculas de agua están sometidas a fuerzas de atracción iguales en todas las direcciones, pero en la superficie las moléculas de agua son más fuertemente atraídas por las moléculas vecinas del líquido que por las de la fase gaseosa. Así pues, sobre todas las moléculas de la superficie del líquido actuará una fuerza dirigida hacia el interior del mismo, lo que hace que la superficie se comporte como una membrana elástica que tiende a comprimir el conjunto del líquido, de modo que la relación superficie/volumen sea mínima.



CONSECUENCIAS DE LA ELEVADA TENSIÓN SUPERFICIAL DEL AGUA

Es por esta causa que los líquidos en pequeñas porciones, para las que la fuerza de la gravedad es casi despreciable, forman gotas esféricas, ya que la esfera es la figura geométrica para la que la relación superficie/volumen es mínima. Además, el comportamiento de membrana elástica de la superficie (resistencia que esta opone a romperse) permite que algunos animales puedan desplazarse por la superficie del agua.



PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	FUNCIONES BIOLÓGICAS RELACIONADAS
Gran capacidad disolvente	<ul style="list-style-type: none"> -Transporte de sustancias -Medio donde ocurren las reacciones metabólicas
Elevado calor específico	Termorregulación
Elevado calor de vaporización	
Densidad menor en estado sólido que en estado líquido	Existencia de vida acuática a temperaturas ambientales muy bajas
Elevada cohesión interna	<ul style="list-style-type: none"> -Mantenimiento de la forma y volumen celular -Turgencia y crecimiento de células vegetales -Esqueleto hidrostático en Invertebrados -Amortiguadora en articulaciones o entre órganos
Elevada tensión superficial	Desplazamiento de algunos organismos sobre el agua
Capilaridad (cohesión + adhesión)	Contribuye al ascenso de la savia bruta por los vasos conductores de las plantas

Sales Minerales

(Cl^- , PO_4^{-3} , CO_3^{-2} ,
 HCO_3^- , SO_4^{-2} , NO_3^- ,
 Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2})

Precipitadas



Función estructural: formaciones esqueléticas (caparazones, huesos...)

Ionizadas
(disueltas)

Mantienen la salinidad del medio interno y regulan los fenómenos osmóticos

Regulan el equilibrio ácido-base, ayudando a mantener constante el pH de los fluidos biológicos (efecto tampón)

Funciones específicas de los cationes (Na^+ y K^+ en la conducción del impulso nervioso, Ca^{+2} en la coagulación y la contracción muscular, Cu, Zn, Mn... como cofactores enzimáticos, etc.)

Necesarias para la creación de gradientes electroquímicos que dan lugar a los potenciales de membrana

Asociadas a moléculas orgánicas: fosfato en fosfolípidos, nucleótidos..., hierro en la hemoglobina..., magnesio en la clorofila, etc

SISTEMAS DISPERSOS (DISPERSIONES)
(fluídos biológicos, líquidos orgánicos)

FASE DISPERSANTE
Disolvente

FASE DISPERSA
Partículas en el seno
de la fase dispersante

AGUA

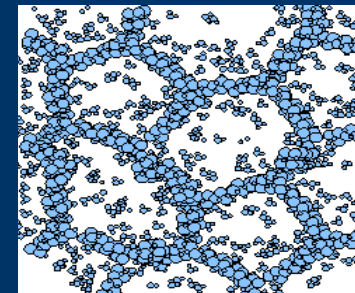
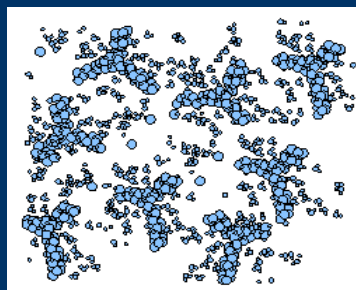
Tamaño de partícula entre
1 y 100 nm (0,1 a 0,001 μ m)
Proteínas, ácidos nucleicos,
polisacáridos...

Tamaño de partícula
inferior a 1 nm (0,001 μ m)
Sales minerales, azúcares,
aminoácidos.

**DISPERSIÓN
COLOIDAL
(COLOIDE)**

**DISPERSIÓN
MOLECULAR
(DISOLUCIÓN)**

Estado de sol
(fluído)

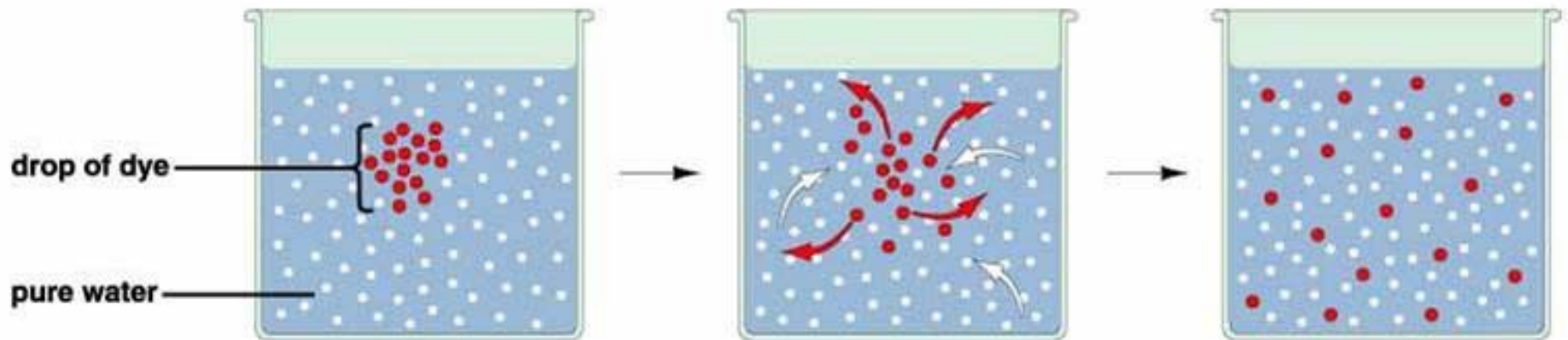


Estado de gel
(viscoso)

DIFUSIÓN

Difusión: fenómeno por el que las moléculas de un gas, líquido o disueltas se mueven continuamente tendiendo a distribuirse uniformemente en todas direcciones (átomos, moléculas o iones se mueven desde la región de mayor concentración a la de menor concentración). Puede ocurrir a través de una membrana si es lo suficientemente permeable, por ejemplo, entre la célula y su entorno, lo que permite los intercambios de gases y de algunos nutrientes.

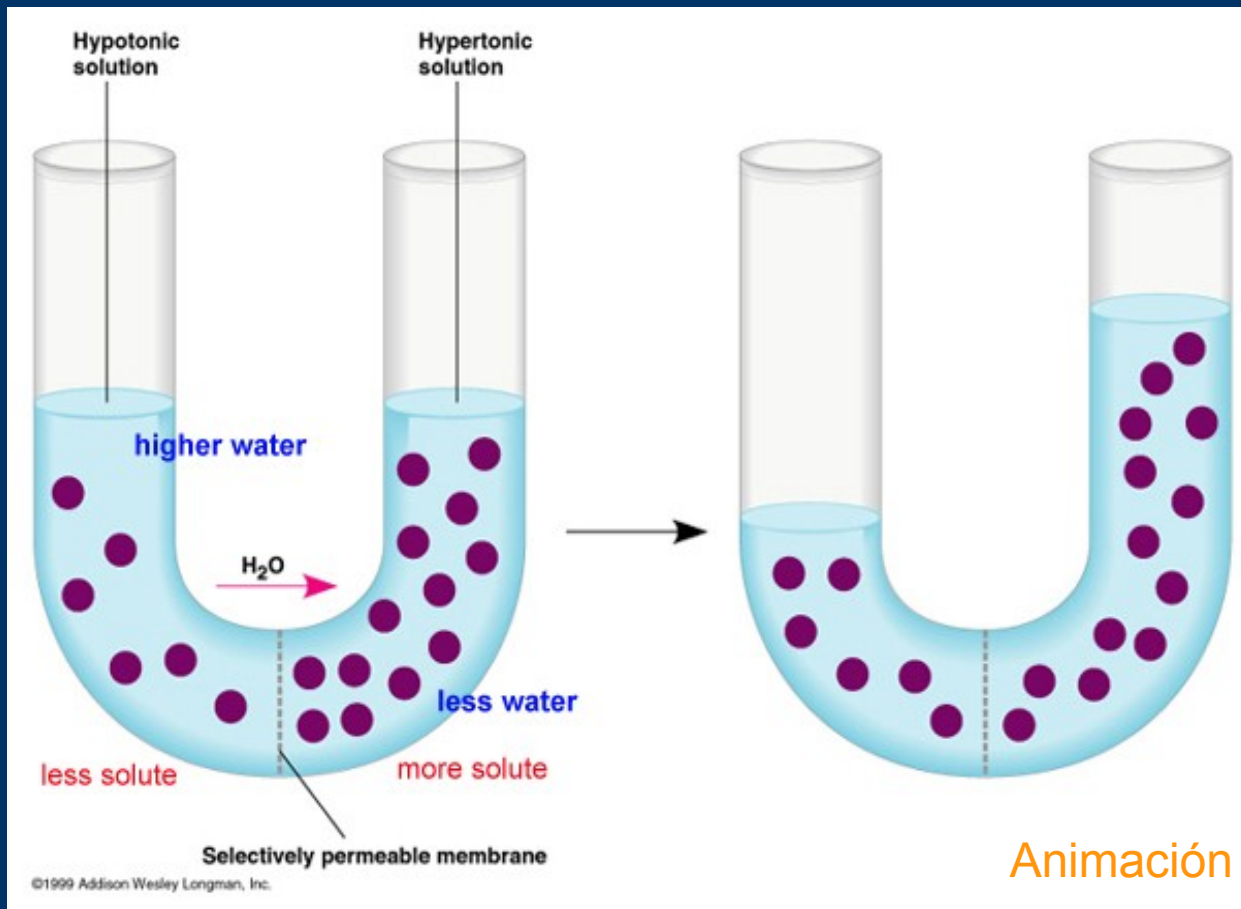
Difusión de permanganato de potasio en agua



ÓSMOSIS

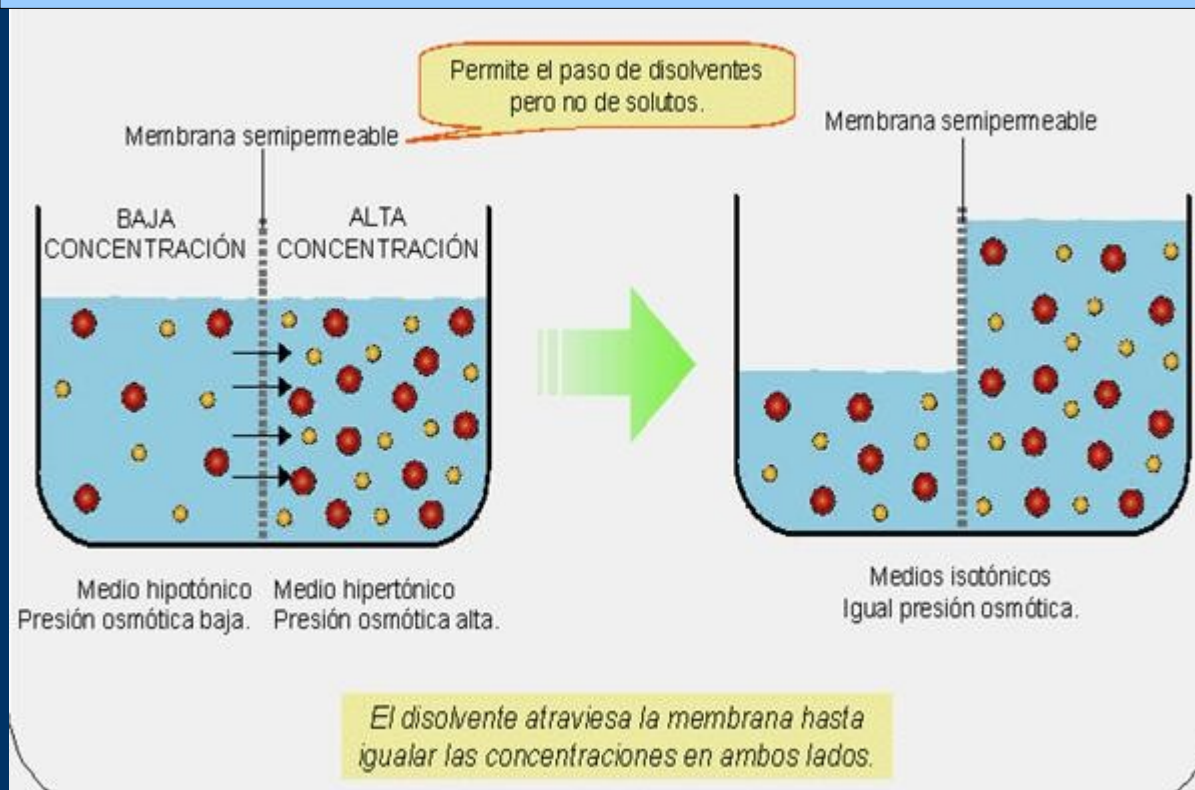
Cuando dos soluciones con diferente concentración se separan por una membrana semipermeable (que solo permite el paso de agua pero no del soluto) el agua se moverá a través de dicha membrana desde la solución de menor concentración (hipotónica) a la de mayor concentración (hipertónica) y este movimiento neto no cesará hasta que ambas soluciones tengan la misma concentración (isotónicas).

Se denomina ósmosis al movimiento de agua a través de una membrana semipermeable desde una solución hipotónica a otra hipertónica que están separadas por dicha membrana.



Aunque las moléculas de agua se desplazan al azar a través de la membrana en los dos sentidos, es mayor el número de moléculas que se mueven desde la solución hipotónica a la solución hipertónica ya que, en la primera hay más moléculas de agua libres para moverse pues hay menos iones o moléculas de soluto a los que se encuentran ligadas y, en consecuencia, el movimiento neto ocurre de la solución hipotónica a la hipertónica. Si se alcanza la isotonicidad el movimiento de agua continuará pero en la misma cantidad en ambos sentidos.

PRESIÓN OSMÓTICA Y FENÓMENOS OSMÓTICOS EN LAS CÉLULAS

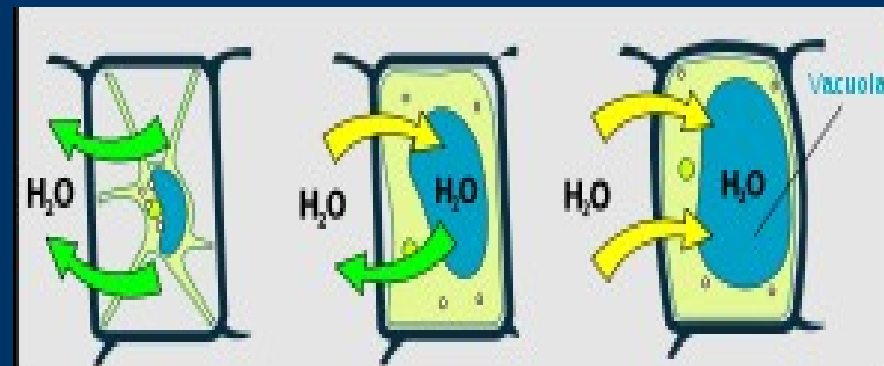


Los fenómenos osmóticos desarrollan una presión denominada "presión osmótica" que puede definirse como la presión que se debería aplicar para contrarrestar el flujo osmótico, y es directamente proporcional al número de partículas de soluto, e independiente de su naturaleza química.

Las membranas de las células se comportan como membranas semipermeables a través de las cuales pueden tener lugar fenómenos osmóticos:

Plasmólisis: Efecto de salida de agua desde el interior de la célula al exterior, por un proceso de ósmosis, cuando ésta se encuentra en un medio hipertónico. La célula perderá agua y, por consiguiente, volumen, se deshidratará y puede llegar a morir (lisis).

Turgencia: Efecto de entrada de agua al interior de la célula, por un proceso de ósmosis, cuando ésta se encuentra en un medio hipotónico. La célula se hinchará, aumentando de volumen y puede llegar a estallar (caso de células animales cuya membrana no tiene pared que la refuerce).



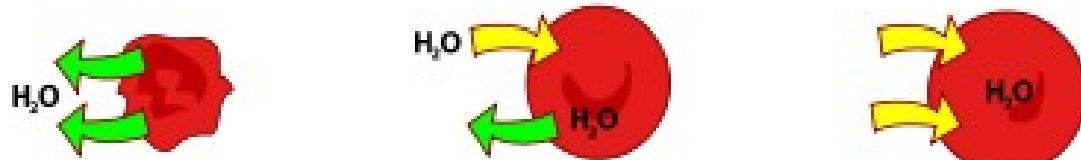
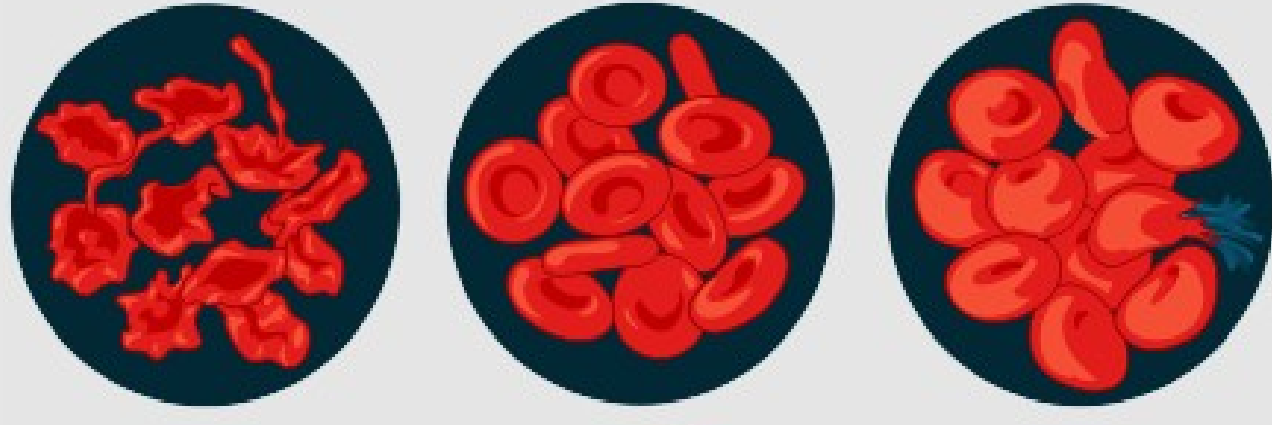
Fenómenos osmóticos en una célula vegetal

PROCESOS OSMÓTICOS EN LAS CÉLULAS

Hypertonisch

Isotonisch

Hypotonisch



crenated

normal

swollen

lysed

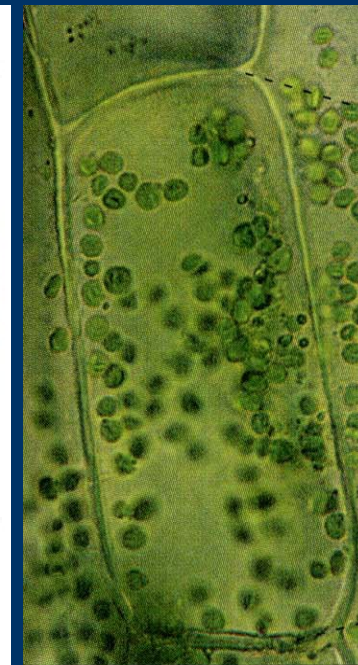


HYPERTONIC

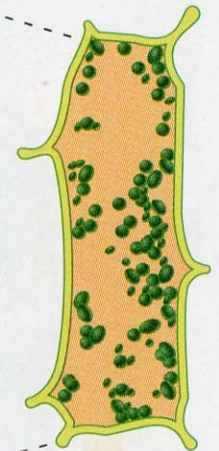
ISOTONIC

HYPOTONIC

VERY HYPOTONIC



HYPOTONIC:
Normal turgor
pressure

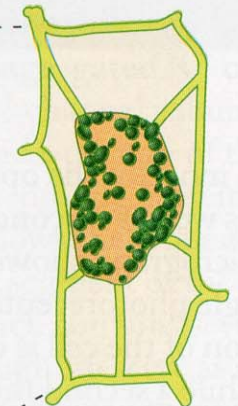


Plasmolysis

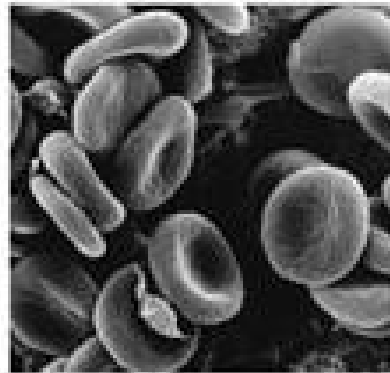
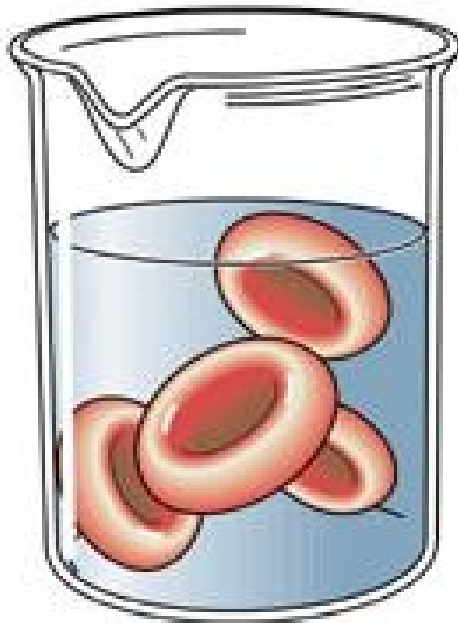
H₂O



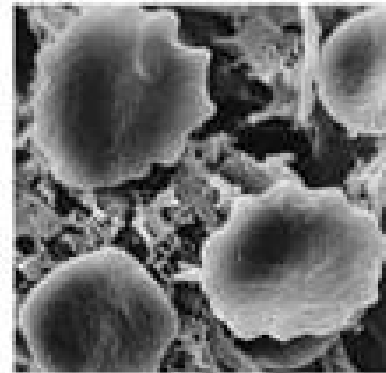
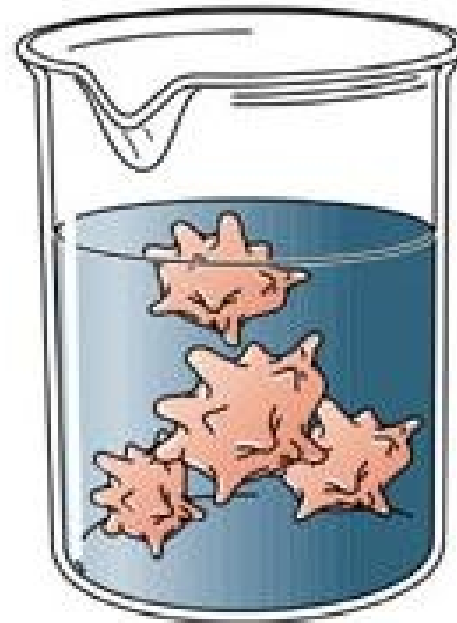
HYPERTONIC:
No turgor
pressure



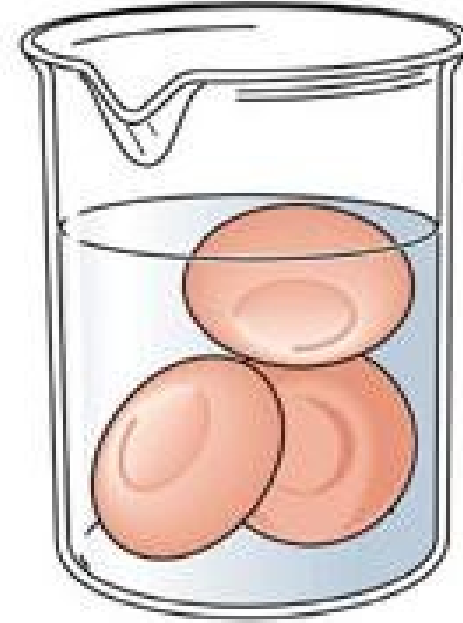
FENÓMENOS OSMÓTICOS EN GLÓBULOS ROJOS



A.
Isotonic solution
(equal concentration
of ions in solution
and cell)



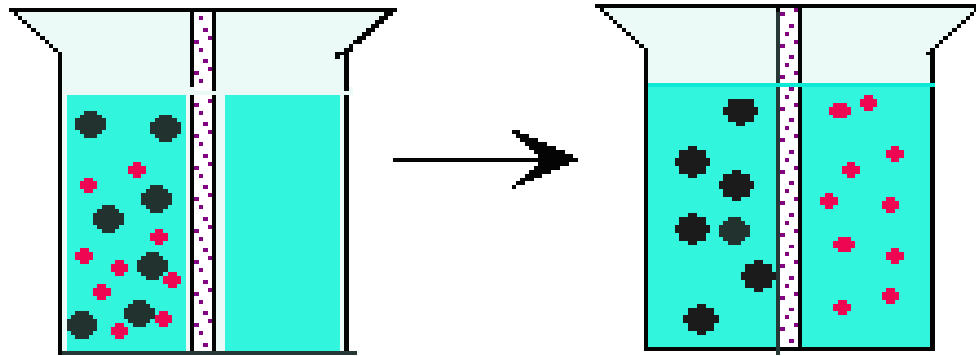
B.
Hypertonic solution
(higher concentration
of ions in solution
than in cell)



C.
Hypotonic solution
(lower concentration
of ions in solution
than in cell)

DIÁLISIS

membrana dializadora

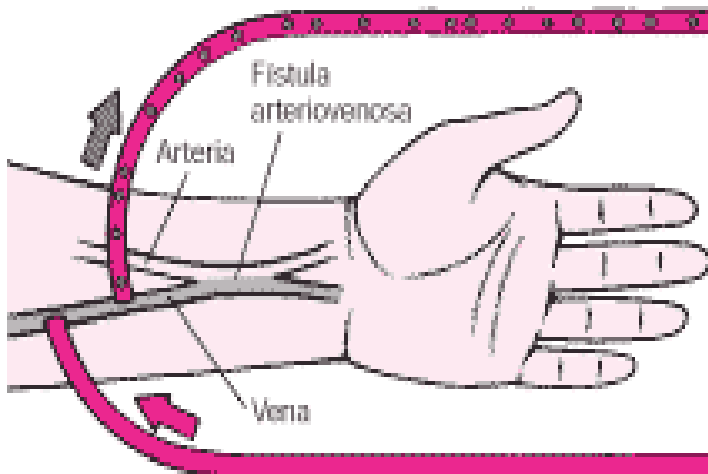


DIÁLISIS

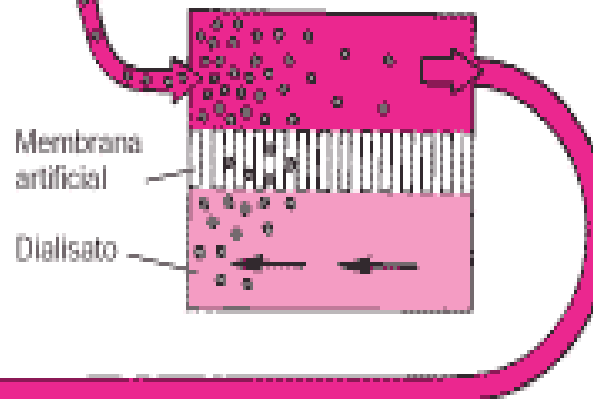
La **diálisis** consiste en la separación de dos solutos (uno coloidal y otro molecular) de una disolución por medio de una membrana cuya permeabilidad sólo permite el paso de las partículas más pequeñas. A diferencia de la ósmosis, en este caso pueden atravesar la membrana, además del disolvente, moléculas de bajo peso molecular, desde la solución más concentrada a la más diluida.

Hemodiálisis

La sangre es bombeada de la fistula arteriovenosa al dializador



El dializador remueve los productos de desecho de la sangre

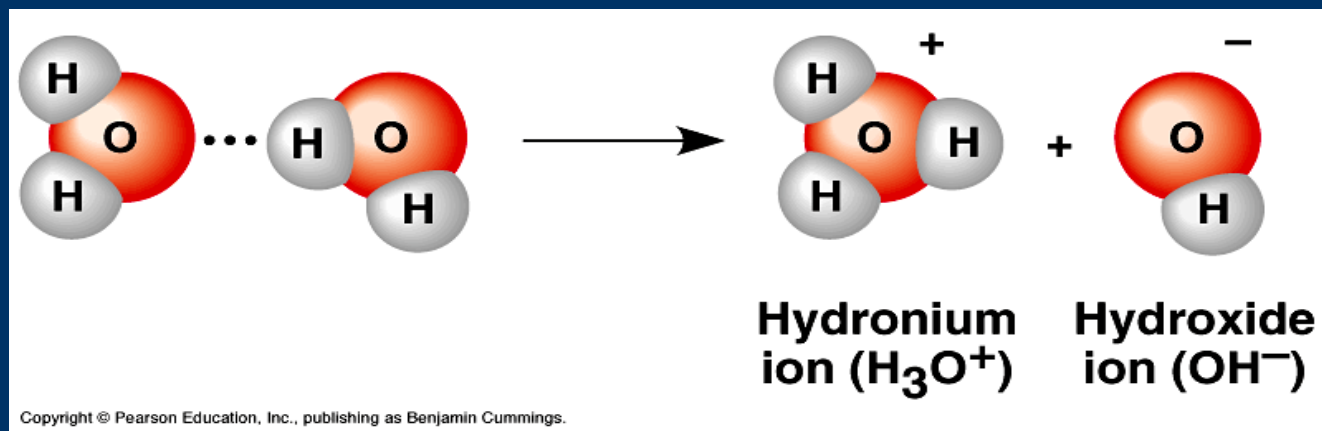
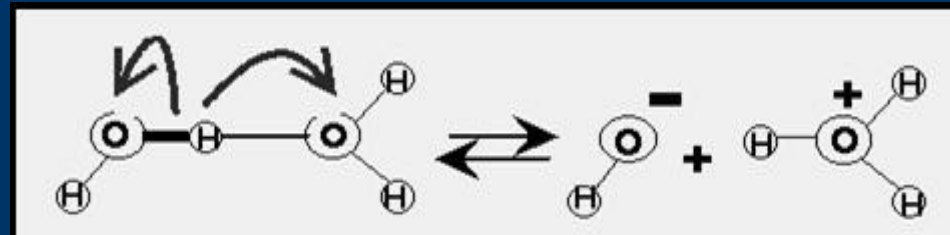


La sangre purificada es bombeada del dializador a la fistula arteriovenosa

Este es el fundamento de la hemodiálisis que intenta sustituir la filtración renal deteriorada. En la hemodiálisis y en la filtración renal, se eliminan del plasma sanguíneo sales y sustancias orgánicas de pequeño tamaño molecular y se retienen proteínas y otras macromoléculas.

IONIZACIÓN DEL AGUA

En el agua líquida hay una ligera tendencia a que un átomo de hidrógeno de una molécula abandone el oxígeno al que está enlazado covalentemente y salte al átomo de oxígeno al que está unido por enlace de hidrógeno. En esta reacción se forman dos iones: el ión hidronio H_3O^+ y el ión hidroxilo OH^- . Para un determinado volumen de agua pura, un reducido pero constante número de moléculas de agua estarán ionizadas de esta manera. La ionización del agua se expresa por la siguiente ecuación química:



La ionización del agua permite que esta pueda intervenir como reactivo en reacciones del metabolismo, aportando iones hidronio o hidroxilos al medio.

PRODUCTO IÓNICO DEL AGUA

Debido a su ionización o disociación se puede considerar el agua pura como una mezcla de :

agua molecular (H_2O)

iones hidronio o protones hidratados (H_3O^+ , puede aparecer como H^+)

iones hidroxilo (OH^-)

En realidad esta disociación es muy débil en el agua pura y, así, el producto iónico del agua a 25° es:

$$K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

Animación

Este producto iónico es constante. Como en el agua pura la concentración de iones hidronio y de hidroxilos es la misma, pues ninguno puede formarse sin el otro cuando solo hay moléculas de agua, significa que la concentración de iones hidronio es de 1×10^{-7} . Ahora bien, cuando una sustancia iónica o con grupos ionizables se disuelve en agua puede hacer cambiar la relación entre estos iones. Por ejemplo, cuando el HCl se disuelve en agua se ioniza incrementando la concentración de H_3O^+ . Inversamente, cuando se disuelve en agua el hidróxido sódico NaOH, este se ioniza haciendo aumentar la concentración de iones OH^- en el agua.

ACIDEZ Y BASICIDAD DE UNA DISOLUCIÓN

Un **ácido** es una sustancia que causa un aumento relativo de iones H_3O^+ en la disolución y una **base** es una sustancia que produce un aumento relativo de iones OH^- en la disolución.

Una disolución es ácida cuando el número de iones H_3O^+ supera al de OH^- y viceversa, una disolución es básica o alcalina cuando hay un mayor número de iones OH^- que de H_3O^+ .

Para simplificar los cálculos Sørensen ideó expresar dichas concentraciones como logaritmos, y así definió el pH (“potencial de hidrógeno”) como el logaritmo decimal cambiado de signo de la concentración de iones hidronio en una disolución.

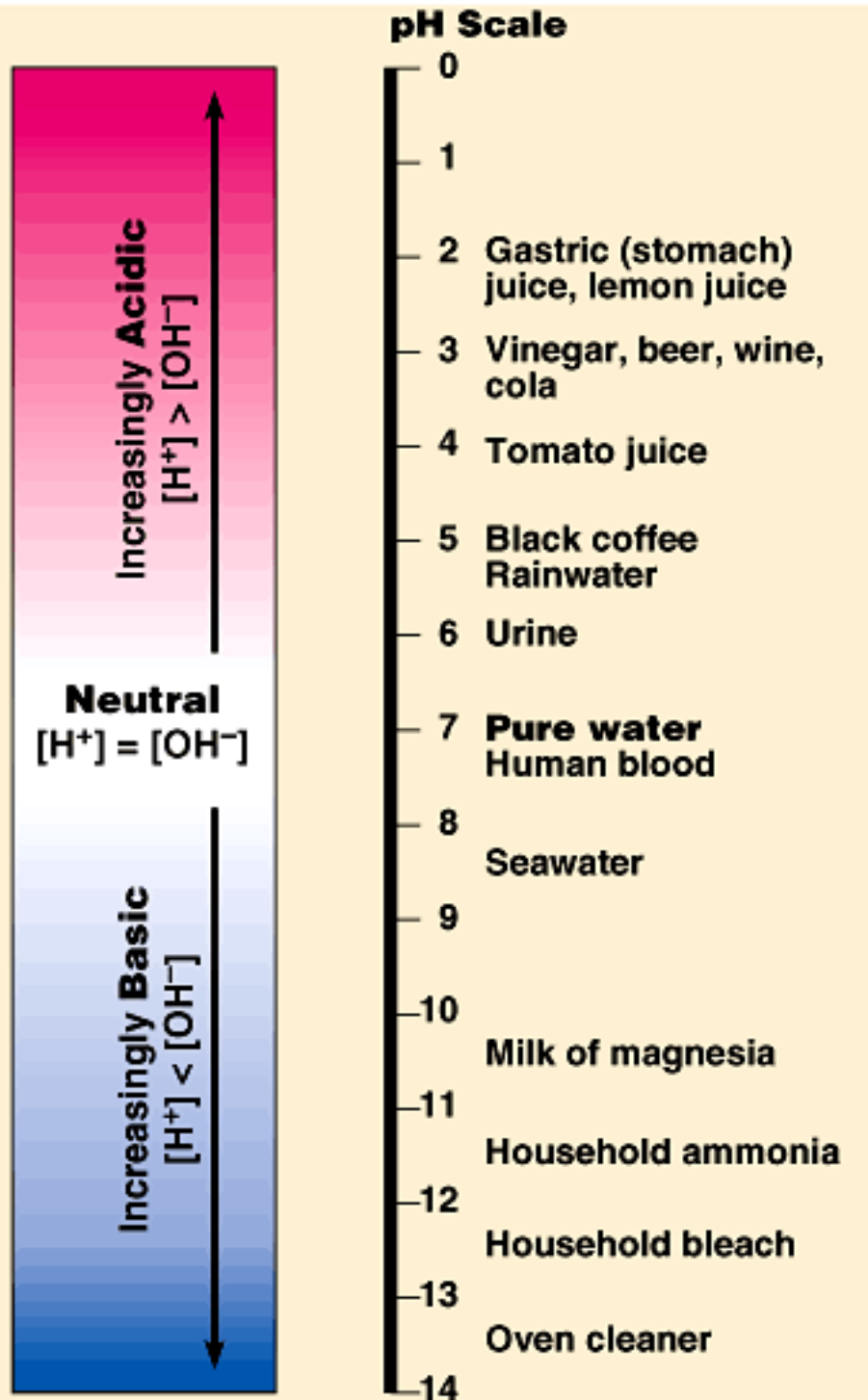
Según esto:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

disolución neutra	pH = 7
disolución ácida	pH < 7
disolución básica	pH > 7

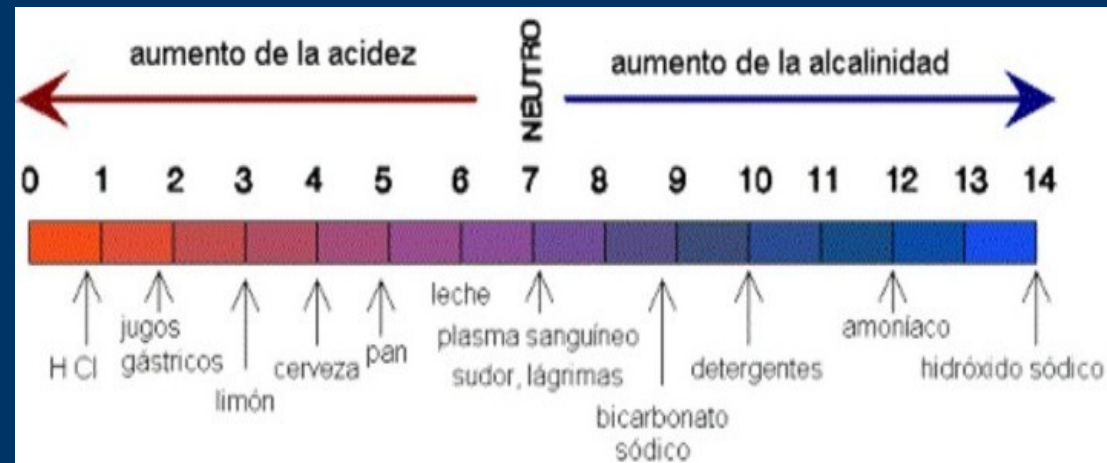
Al tratarse de logaritmos hay que tener en cuenta que la variación de una unidad de pH representa una diferencia de concentración de iones H_3O^+ 10 veces superior o inferior.

La mayor parte de las reacciones bioquímicas de los seres vivos se producen en un margen de pH muy estrecho, próximo a la neutralidad.



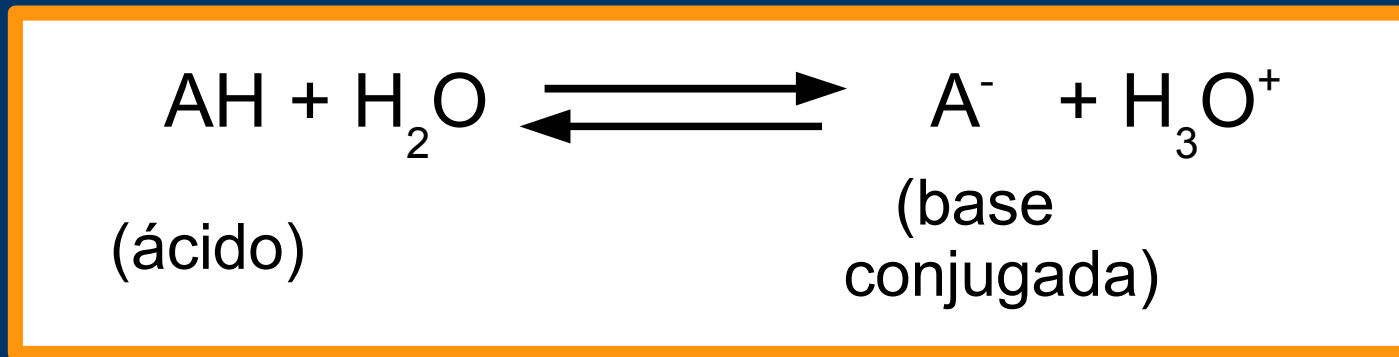
ESCALA DE PH

Dado que la escala de pH es logarítmica, una diferencia en una unidad de pH implica una diferencia de 10 veces en la concentración de iones hidronio. Por ejemplo, una solución de pH 3 tiene 1.000 veces más iones H₃O⁺ que una solución de pH 6. Las bebidas de cola, por ejemplo, son 10 veces más ácidas que el jugo de tomate y los jugos gástricos son 100 veces más ácidos que las bebidas de cola.



SOLUCIONES AMORTIGUADORAS, TAMPONES O BUFFER

Los organismos vivos no soportan variaciones del pH mayores de unas décimas de unidad y por eso han desarrollado a lo largo de la evolución sistemas tampón o buffer, que mantienen el pH constante. Los sistemas tampón consisten en soluciones de un ácido débil y su base conjugada (un par ácido-base conjugada) que actúan como dador y aceptor de protones respectivamente:



Si aumenta la concentración de iones H_3O^+ en el medio el equilibrio se desplaza a la izquierda (pues reaccionan con la base para formar el ácido). Si, por el contrario, disminuye la concentración de iones H_3O^+ del medio, el equilibrio se desplaza a la derecha (pues el ácido se disocia, dejando iones H_3O^+ en el medio). En ambos casos el pH se mantiene constante.

La capacidad de tamponamiento del sistema para un pH determinado será máxima cuando las concentraciones del ácido y la base conjugada sean exactamente iguales, pues entonces existirán cantidades suficientes de dador y aceptor de hidrogeniones disponibles simultáneamente.

Animación

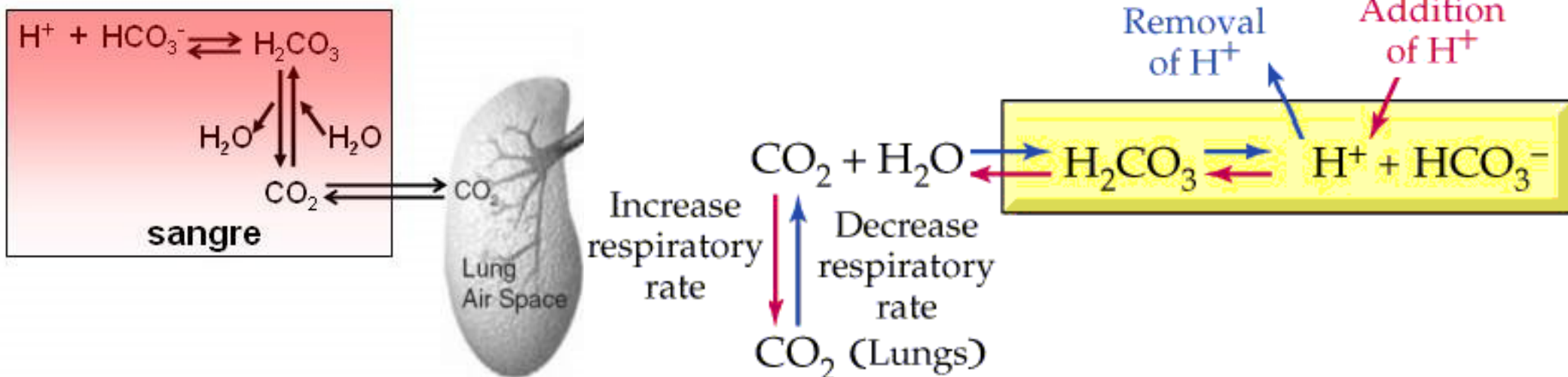
LOS DOS SISTEMAS TAMPÓN MAS IMPORTANTES DEL ORGANISMO



TAMPÓN FOSFATO DEL FLUÍDO INTRACELULAR
(mantiene el pH en valores próximos a 7,2)

Cuando en el interior celular se produce un aumento de la concentración de iones H_3O^+ , el equilibrio se desplaza hacia la izquierda, y si lo que se produce es una disminución, el equilibrio se desplaza en sentido contrario.

El tampón bicarbonato se rige por una serie de tres reacciones en equilibrio, entre el CO_2 gaseoso y el bicarbonato del plasma, de manera que la velocidad de respiración puede ajustarse participando en el mantenimiento de un pH sanguíneo constante.



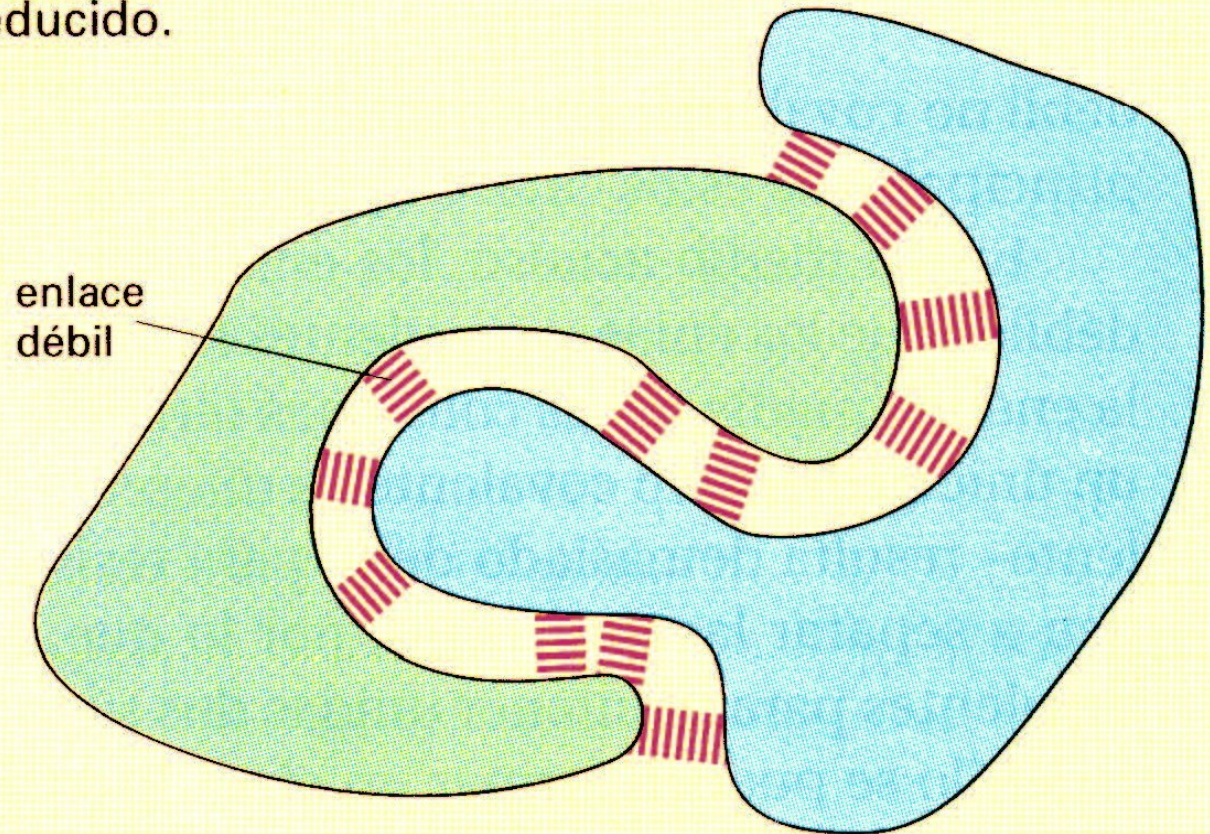
TAMPÓN BICARBONATO DEL PLASMA SANGUÍNEO
(mantiene el pH en valores próximos a 7,4)

ENLACES QUÍMICOS DÉBILES

Los enlaces químicos débiles en el medio acuoso son los responsables del mantenimiento de las conformaciones de las biomoléculas orgánicas, además de permitir la interacción entre ellas. Estos enlaces pueden ser :

- ENLACES DE HIDRÓGENO
- INTERACCIONES IÓNICAS
- FUERZAS DE VAN DER WAALS
- INTERACCIONES HIDROFÓBICAS

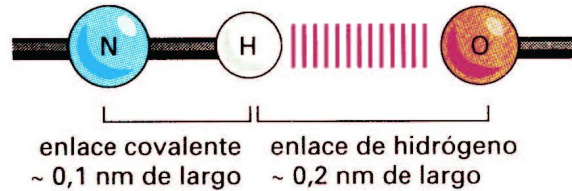
Las moléculas orgánicas pueden interaccionar con otras moléculas a través de fuerzas no covalentes de alcance reducido.



Típicamente, los enlaces químicos débiles tienen una fuerza 20 veces inferior a la de un enlace covalente. Sólo son suficientemente fuertes para fijar dos moléculas cuando se forma simultáneamente un número elevado de ellos.

ENLACES DE HIDRÓGENO

Un átomo de hidrógeno es compartido por dos átomos (ambos electronegativos, como el O y el N) formándose un **enlace de hidrógeno**.

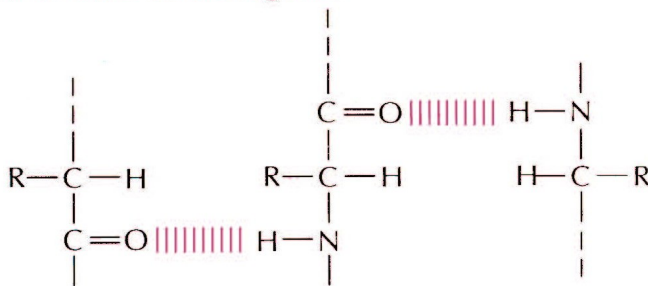


Los enlaces de hidrógeno son más fuertes cuando los tres átomos se hallan en línea recta:

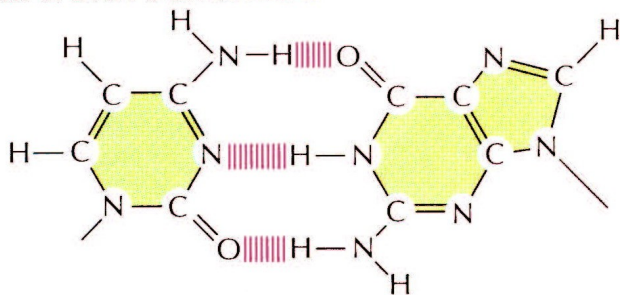


Ejemplos en macromoléculas:

Dos cadenas polipeptídicas de aminoácidos unidas por enlaces de hidrógeno.

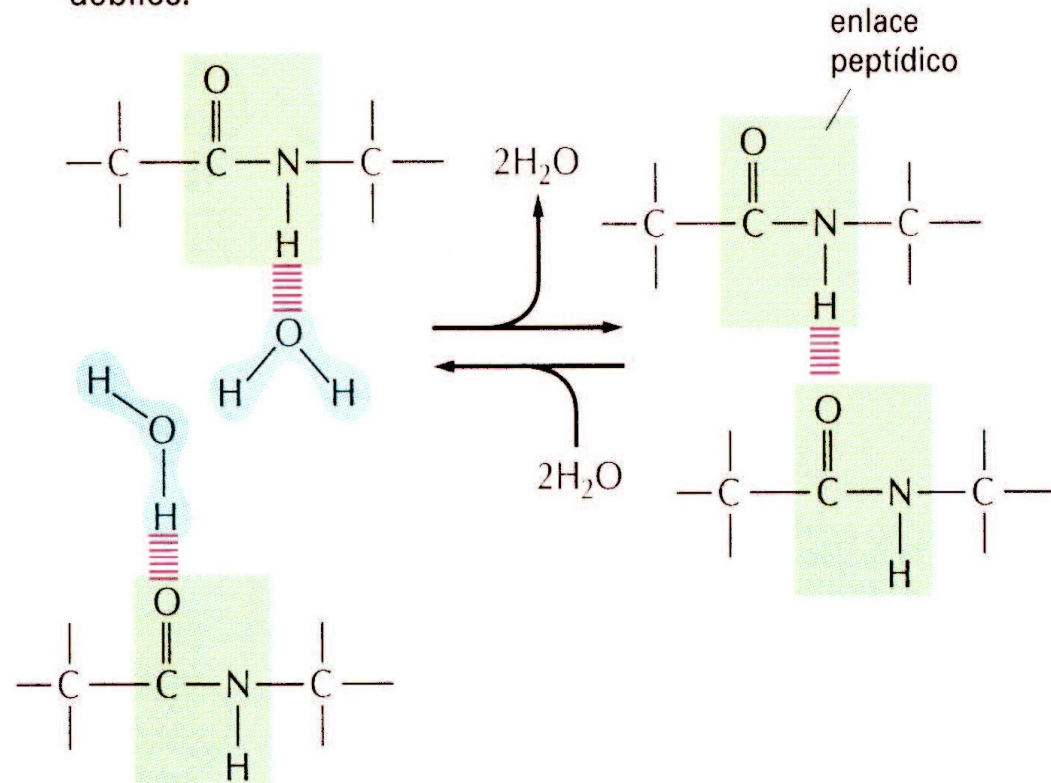


Dos bases, G y C, unidas por enlaces de hidrógeno en el DNA o en el RNA.



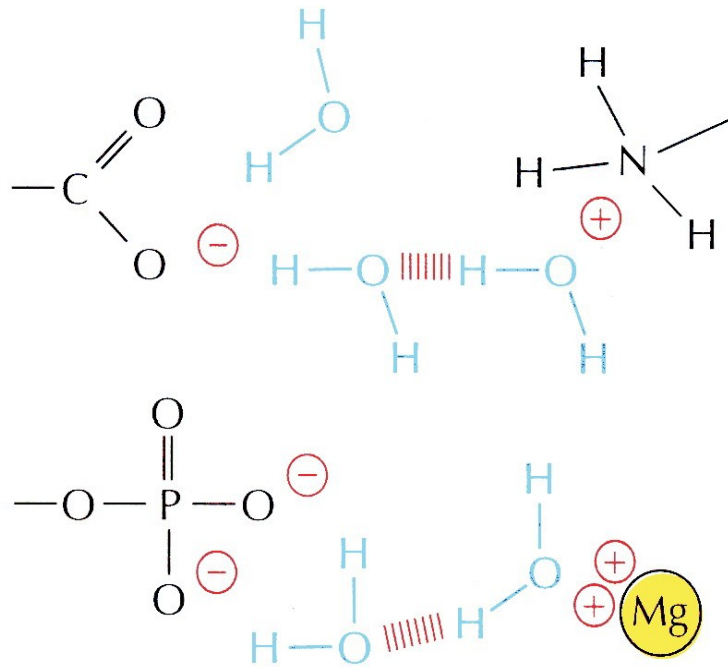
ENLACES DE HIDRÓGENO EN EL AGUA

Las moléculas que pueden formar enlaces de hidrógeno con otras también pueden, alternativamente, formar enlaces de hidrógeno con moléculas de agua. Debido a esta competencia con las moléculas de agua los enlaces de hidrógeno formados entre dos moléculas disueltas en agua son relativamente débiles.

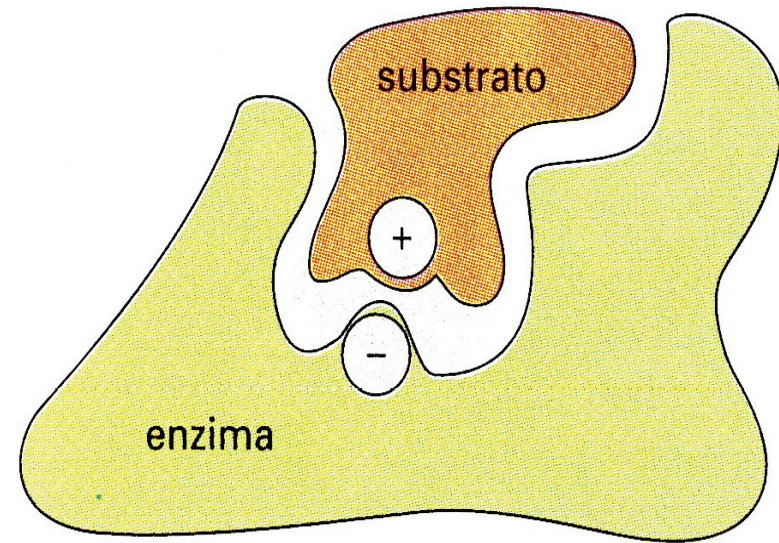


ENLACES IÓNICOS EN SOLUCIONES ACUOSAS

Los grupos cargados están protegidos por sus interacciones con las moléculas de agua. Por ello, los enlaces iónicos en solución acuosa son bastante débiles.

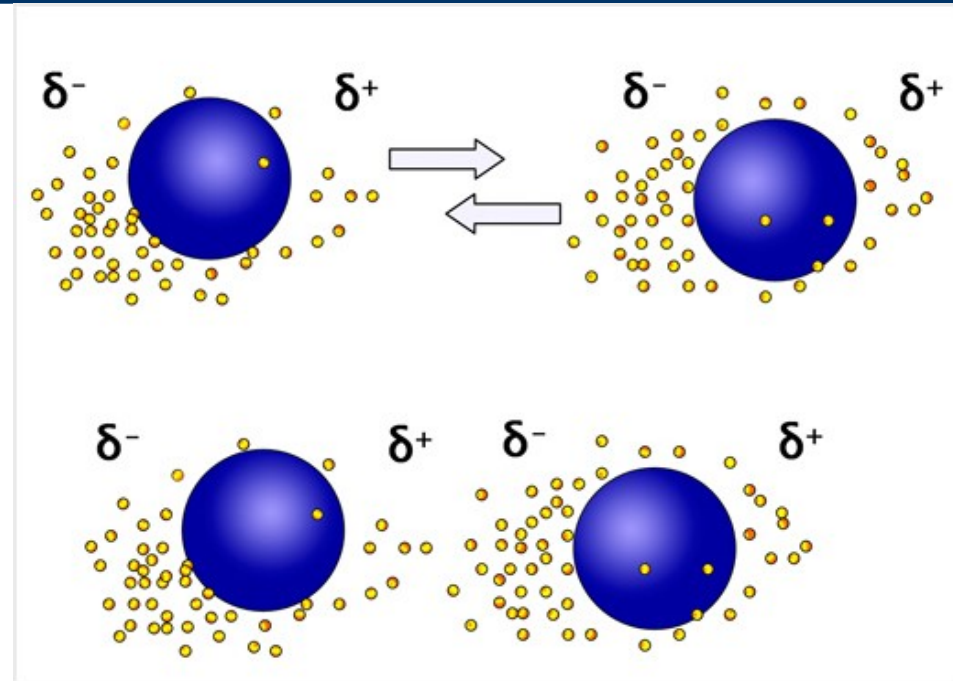
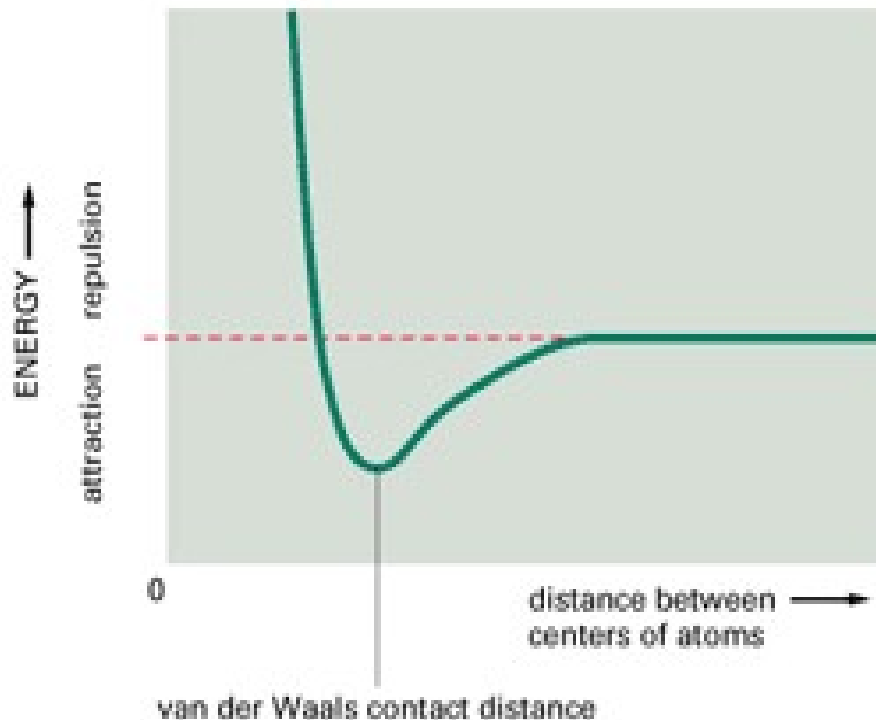


De todos modos, los enlaces iónicos son muy importantes en los sistemas biológicos. Una enzima que se una a un sustrato cargado positivamente a menudo presentará en el lugar apropiado un resto de aminoácido cargado negativamente.




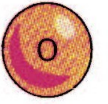


FUERZAS DE VAN DER WAALS

A una distancia corta, 2 átomos cualesquiera muestran una débil interacción de enlace debido a sus cargas eléctricas fluctuantes. Esta fuerza recibe el nombre de atracción de van der Waals. Sin embargo dos átomos se repelen muy energéticamente si se los acerca demasiado. Esta **repulsión de van der Waals** desempeña un papel importante limitando las posibles conformaciones de una molécula.

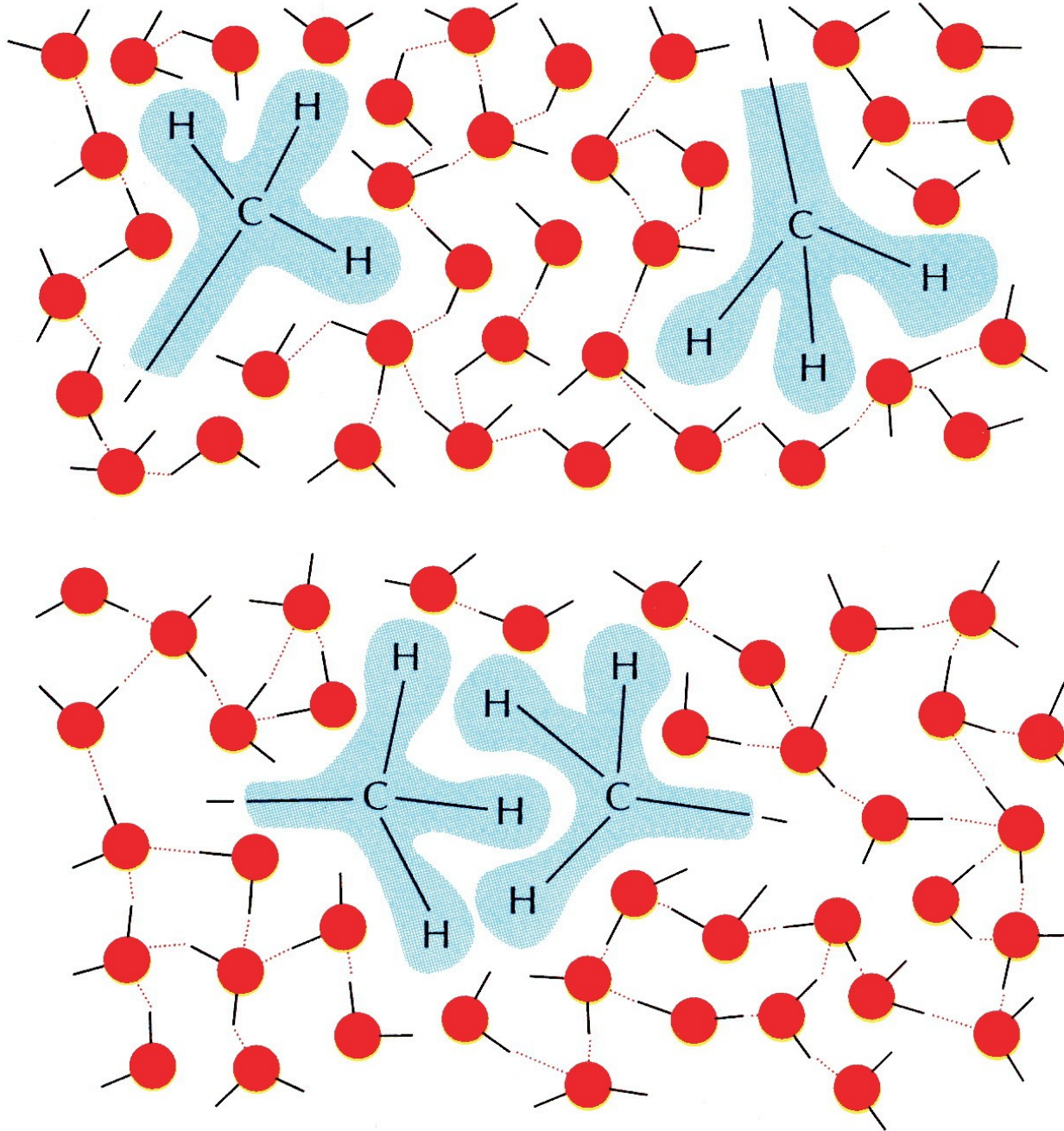


Cada tipo de átomo tiene un radio, conocido como **radio de van der Waals**, en el que las fuerzas de van der Waals están equilibradas.

 H	 C	 N	 O
1,2 Å (0,12 nm)	2,0 Å (0,2 nm)	1,5 Å (0,15 nm)	1,4 Å (0,14 nm)

Dos átomos se atraen entre sí por fuerzas de van der Waals hasta que la distancia entre ellos iguale la suma de sus radios de van der Waals. A pesar de que estas **atracciones de van der Waals** son individualmente muy débiles, pueden ser importantes cuando dos superficies macromoleculares se adaptan muy bien una a otra.

INTERACCIONES HIDROFÓBICAS



El agua une los grupos hidrofóbicos con objeto de minimizar los efectos destructores de estos grupos sobre la red de enlaces de hidrógeno del agua. A menudo se dice que los grupos hidrofóbicos que se mantienen unidos de esta manera están unidos por “puentes hidrofóbicos”, a pesar de que la atracción está generada en realidad por una repulsión de las moléculas de agua.

TABLE 2.1 FUNCTIONAL GROUPS ATTACHED TO CARBON ATOMS

Functional group	*Formula	Family of molecules	Example	Properties of functional group
Amino		Amines	 Glycine (an amino acid)	Acts as a base—tends to attract a proton to form
Carbonyl		Aldehydes	 Acetaldehyde	Aldehydes, especially, react with compounds of form HY to produce larger molecules with form
		Ketones	 Acetone	
Carboxyl		Carboxylic acids	 Acetic acid	Acts as an acid—tends to lose a proton to form
Hydroxyl		Alcohols	 Ethanol	Highly polar, so makes compounds more soluble through hydrogen-bonding with water
Phosphate		Organic phosphates	 3-Phosphoglyceric acid	When several phosphate groups are linked together, breaking O-P bonds between them releases large amounts of energy
Sulfhydryl		Thiols	 Mercaptoethanol	When present in proteins, can form disulfide (S-S) bonds that contribute to protein structure

*In these structural formulas, "R" stands for the rest of the molecule.

PRINCIPALES GRUPOS FUNCIONALES PRESENTES EN LAS BIOMOLÉCULAS ORGÁNICAS

Se denominan "grupos funcionales" a los grupos o conjuntos de átomos que proporcionan unas propiedades y unas reacciones características a aquella molécula orgánica que los presenta.

En la figura de la izquierda aparecen representados los principales grupos funcionales que caracterizan a las biomoléculas orgánicas, así como algunas de las propiedades que les confieren a éstas.

NOMENCLATURA DE ALGUNOS GRUPOS FUNCIONALES

CLASE DE COMPUESTO	GRUPO FUNCIONAL, NOMBRE	FÓRMULA GENERAL	PREFIJO	SUFIJO	EJEMPLO
Alcoholes	$-\text{OH}$, hidróxido	ROH	hidroxi-	-ol	CH_3OH , metanol (alcohol metílico; alcohol de madera)
Aldehídos	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{C}=\text{O} \end{array}$, carbonilo	RCHO	—	-al	HCHO , metanal (formaldehído)
Aminas	$-\text{NH}_2$, amino	RNH_2	amino-	-amina	CH_3NH_2 , metilamina
Ácidos carboxílicos	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$, carboxilo	RCOOH	—	ácido -oico	CH_3COOH , ácido etanoico (ácido acético)
Ésteres	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$ —	RCOOR'	—	-ato de alquilo	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$, acetato de metilo
Éteres	$-\text{O}-$ —	ROR'	alcoxi-	alquil-éter	CH_3OCH_3 , dimetiléter (metoximetano)
Halogenuros de alquilo	$-\text{X}$ $\text{X} = \text{flúor, cloro, bromo, yodo}$	R-X	fluoro-, cloro-, bromo-, yodo-	—	CH_3Cl , clorometano (cloruro de metilo)
Cetonas	>C=O , carbonilo	$\text{R-CO-R}'$	oxo-	-ona	CH_3COCH_3 , propanona (acetona)
Nitrilos	$-\text{C}\equiv\text{N}$, nitrilo, cianuro	R-CN	ciano-	-nitrilo	CH_3CN , acetonitrilo (cianometano; cianuro de metilo)
Ácidos sulfónicos	$-\text{SO}_3\text{H}$, sulfónico	$\text{R-SO}_3\text{H}$	—	ácido -sulfónico	$\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$ ácido metanosulfónico (ácido metilsulfónico)
Tioles	$-\text{SH}$, sulfhidrilo, tiol, mercapto	R-SH	mercapto-	-tiol	CH_3SH , metanotiol (mercaptometano; metilmercaptano)