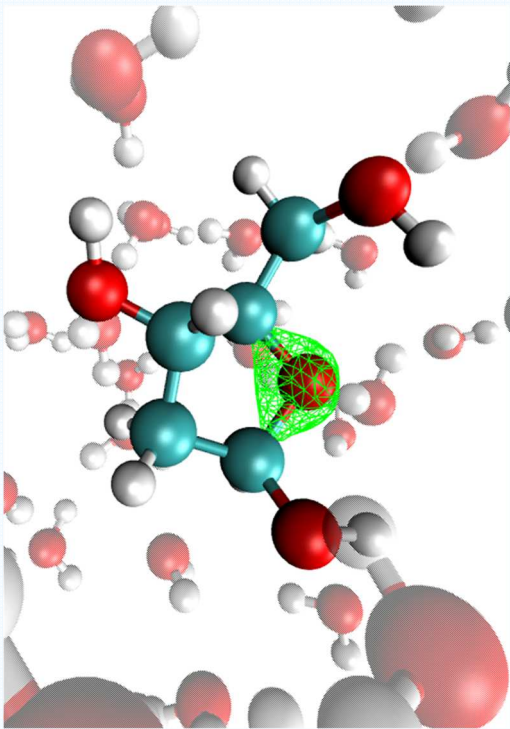


# 2

## Bioelementos y biomoléculas



### 1. LAS UNIDADES DE MATERIA VIVA

Los bioelementos primarios forman más del 95% de la masa viva

El carbono es el bioelemento primordial

Los bioelementos secundarios suelen aparecer ionizados

Los oligoelementos son imprescindibles

### 2. TIPOS DE ENLACES EN BIOMOLÉCULAS

Hay biomoléculas inorgánicas y orgánicas

### 3. SIN AGUA NO ES POSIBLE LA VIDA

La molécula de agua es un dipolo permanente

Las propiedades del agua son únicas

Las funciones del agua son consecuencia de sus propiedades

### 4. LA MATERIA VIVA ESTÁ EN ESTADIO COLOIDAL

Las dispersiones coloidales tienen dos fases, sol y gel

### 5. LAS SALES MINERALES SON BIOMOLÉCULAS

#### INDISPENSABLES

Los sistemas tampón amortiguan los cambios de pH

Las sales minerales realizan funciones osmóticas.

## DÓNDE BUSCAR INFORMACIÓN



***Bibliografía y páginas web***



***Noticias curiosas***

## OBJETIVOS

1. Describir y reconocer la importancia de bioelementos primarios, secundarios y oligoelementos. Conocer algún ejemplo de oligoelemento.
2. Distinguir los principales enlaces inter e intramoleculares.
3. Conocer los principales grupos funcionales.
4. Definir biomoléculas, diferenciando orgánicas de inorgánicas.
5. Conocer la estructura molecular del agua, y a partir de dicha estructura deducir y explicar sus propiedades y funciones en los seres vivos.
6. Diferenciar los compuestos polares de los apolares.
7. Explicar diferencias entre disoluciones verdaderas y dispersiones coloidales.
8. Conocer las principales sales minerales presentes en los seres vivos y sus funciones.
9. Explicar la escala de pH y el papel de las sales como tampones de pH.
10. Explicar el proceso de osmosis y la necesidad de mantener estable la presión osmótica celular.

## CONCEPTOS CLAVE

<i>ácido</i>	<i>ion</i>
<i>adhesión</i>	<i>lípidos</i>
<i>aminoácido</i>	<i>molécula inorgánica</i>
<i>átomo</i>	<i>molécula orgánica</i>
<i>base</i>	<i>monómero</i>
<i>bioelemento</i>	<i>monosacárido</i>
<i>biomolécula</i>	<i>nucleótido</i>
<i>carbono</i>	<i>pH</i>
<i>carbohidrato</i>	<i>polímero</i>
<i>catalizador</i>	<i>polipéptido</i>
<i>cohesión</i>	<i>polisacárido</i>
<i>coloide</i>	<i>producto</i>
<i>enlace covalente</i>	<i>proteína</i>
<i>energía de enlace</i>	<i>reacción química</i>
<i>punto de hidrógeno</i>	<i>reactivo</i>
<i>enlace iónico</i>	<i>solución</i>
<i>enzima</i>	

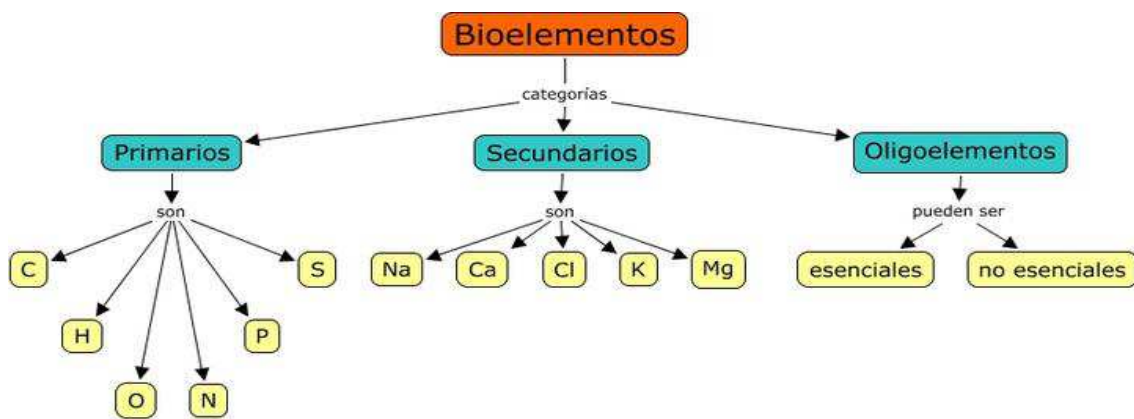
## 2.1 LAS UNIDADES DE LA MATERIA VIVA

Los **bioelementos** o elementos **biogénicos** son aquellos elementos químicos que forman parte de los seres vivos. Merece la pena preguntarse por qué unos elementos químicos aparecen con mayor abundancia en los seres vivos que otros. Si se observa la **Tabla 2.1.** se constata que la composición de la materia viva es bastante diferente de la de la corteza terrestre; por ejemplo, hay elementos muy abundantes en ésta, como Si y Al, que apenas aparecen en la materia viva, mientras que bioelementos mayoritarios, como C y N, resultan muy escasos en la corteza terrestre.

**Tabla 2.1.** Proporción de los elementos químicos en la geosfera y biosfera

<i>Elemento</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Nº atómico</i>	<i>% en Geosfera</i>	<i>% en Biosfera</i>
Hidrógeno	H	1	0,95	9,31
Carbono	C	6	0,18	19,37
Nitrógeno	N	7	0,03	5,14
Oxígeno	O	8	50,02	62,81
Flúor	F	9	0,10	0,009
Sodio	Na	11	2,36	0,26
Magnesio	Mg	12	2,08	0,04
Aluminio	Al	13	7,30	0,001
Silicio	Si	14	25,80	Despreciable
Fósforo	P	15	0,11	0,64
Azufre	S	16	0,11	0,63
Cloro	Cl	17	0,20	0,18
Potasio	K	19	2,28	0,22
Calcio	Ca	20	3,22	1,38
Hierro	Fe	26	4,18	0,005

De todos los elementos químicos de la tabla periódica sólo unos 70 aparecen en los seres vivos, de estos unos 27 son componentes esenciales para las diferentes formas de vida, y únicamente 16 son los que aparecen en todos los tipos de células y organismos.



**Figura 2.1.** Tipos de bioelementos que forman parte de la materia viva. Fuente:

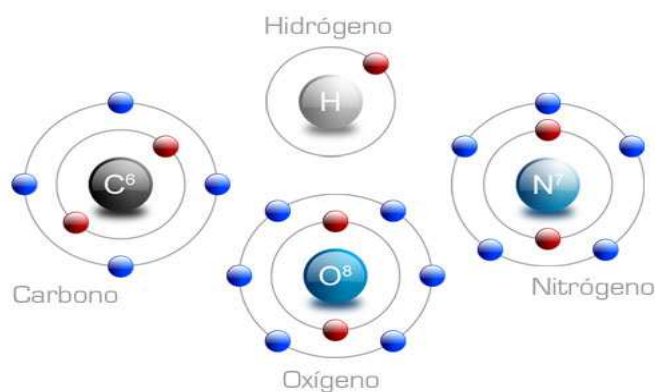
La clasificación más común de los bioelementos o elementos biogénicos es atendiendo a su abundancia en los seres vivos, dividiéndose en: primarios, secundarios y oligoelementos.

### Los bioelementos primarios forman más del 95% de la masa viva

Los 6 bioelementos más abundantes en los seres vivos son C, H, O, N, P y S, y de acuerdo con la **Tabla 2.1** los 3 primeros -C, H y O- forman casi el 95% de la materia viva pues son los componentes mayoritarios de las biomoléculas: H<sub>2</sub>O, glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Estos 6 bioelementos son tan abundantes y han sido seleccionados para construir estructuras y realizar funciones vitales porque comparten una serie de características:

- ✚ Su masa atómica es **baja**, por lo que al agruparse dan lugar a una gran diversidad de estructuras moleculares más grandes y complejas, que no van a ser demasiado pesadas, confiriendo actividad y dinamismo a las células vivas.
- ✚ Al tener masa atómica baja van a formar enlaces de tipo **covalente**, que son enlaces fuertes formados por electrones compartidos, que confieren estabilidad a las moléculas biológicas de las que forman parte.
- ✚ Aunque estos enlaces son fuertes, son moléculas dinámicas que reaccionan, es decir pueden oxidarse y reducirse, forman parte de **procesos energéticos** esenciales para la vida.



**Figura 2.2.** Estructura atómica de los bioelementos que forman parte de la materia viva. Fuente:

Las funciones de los bioelementos primarios aparecen en la **Tabla 2.2**

<b>Tabla 2.2.</b> Funciones de los principales bioelementos	
C, H	Constituyen las cadenas hidrocarbonadas, que son la base de las biomoléculas
O	Presente en la mayoría de los compuestos orgánicos. Forma parte del agua. Interviene en procesos energéticos fundamentales como la respiración celular
N	Forma parte de los aminoácidos, de algunos fosfolípidos y de las bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos
S	El grupo –SH forma parte de ciertos aminoácidos, da estabilidad a las proteínas al formar puentes disulfuro
P	Forma parte de los fosfolípidos y de nucleótidos. También está presente en las sales minerales de esqueletos y dientes

### El carbono es el bioelemento primordial

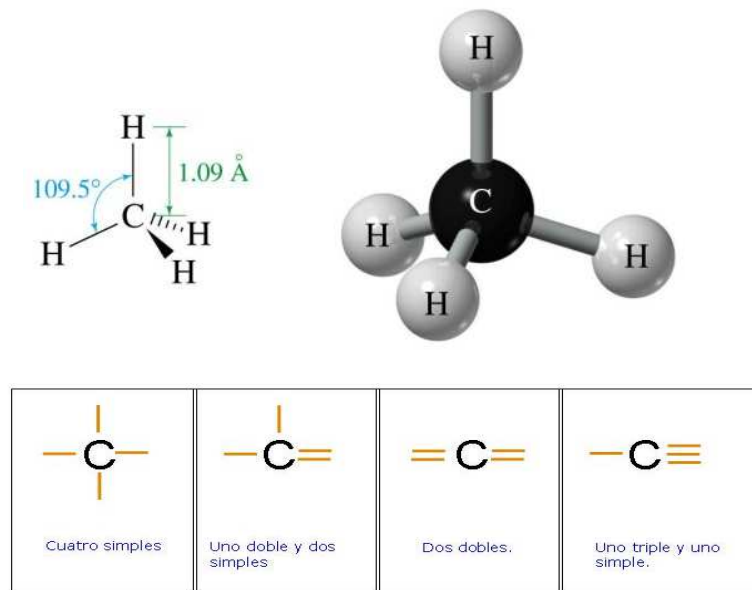
El carbono es especialmente importante debido a las siguientes características:

**Tetravalencia.** El carbono tiene 4 electrones que comparte para formar cuatro enlaces covalentes simples con átomos o grupos funcionales diferentes. Al unirse de esta forma, el átomo de C ocupa el centro de un **tetraedro** cuyos cuatro vértices corresponden a las cuatro valencias. Las moléculas orgánicas resultantes son tridimensionales, y es importante destacar que su forma en el espacio va a estar muy relacionada con la función que desempeñan, por ej.: acoplamiento enzima-sustrato (ver **Tema 6**).

**Diversidad de enlaces.** Los enlaces del C consigo mismo pueden ser simples (C-C), dobles (C=C) o triples (CC), originando cadenas carbonadas estables de tamaño y forma variables (lineales, ramificadas y anilladas). Estas cadenas carbonadas constituyen el esqueleto o eje central de las biomoléculas, permitiéndoles formar una gran diversidad de estructuras espaciales complejas y estables.

**Formación de grupos funcionales.** Por otra parte, los átomos de carbono pueden formar enlaces covalentes con otros átomos distintos (hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre), dando lugar a diferentes grupos funcionales (alcohol, aldehído, cetona, carboxilo, amino,...) que confieren propiedades concretas a las moléculas que los poseen (ver **Tabla 2.5** más adelante). La mayoría van a formar parte de compuestos **polares** y **solubles** en agua.

**Versatilidad.** Ningún otro elemento químico puede formar moléculas estables de tamaños y formas tan diferentes, ni con tal variedad de grupos funcionales, que origina al unirse con los otros bioelementos primarios. Ello explica que, a pesar de la relativa escasez del carbono en la corteza terrestre, sea el elemento en el que se basa la química de los seres vivos.



**Figura 2.3.** Estructura tetraédrica del átomo de carbono. Tipos de enlaces que puede formar. Fuente:

### Los bioelementos secundarios suelen aparecer ionizados

Los bioelementos secundarios son imprescindibles para los seres vivos, aunque sean menos abundantes que los anteriores. Aparecen en forma **iónica** y en cantidades que rondan el 4,5%. Son fundamentales para regular múltiples procesos fisiológicos, como el paso de sustancias a través de las membranas.

**Tabla 2.3.** Funciones de los bioelementos secundarios

$\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Cl}^-$	Mantienen la salinidad, determinan los gradientes de membrana, imprescindibles para la transmisión del impulso nervioso.
$\text{Ca}^{2+}$	Importante en la contracción muscular, en la coagulación sanguínea y en la transmisión del impulso nervioso. Como $\text{CaCO}_3$ (precipitada) forma parte de caparazones y esqueletos.
$\text{Mg}^{2+}$	Aparece en la clorofila y en muchas enzimas.

### Los oligoelementos son imprescindibles

Los oligoelementos son bioelementos con funciones **catalíticas** que aparecen en muy baja proporción (menos del 0'1%), y por ello, son necesarios para el correcto funcionamiento del organismo. También se denominan elementos traza.

Tanto su ausencia como su exceso suele provocar enfermedades carenciales o por intoxicaciones, respectivamente. Algunos oligoelementos, como el hierro (Fe), el cobre (Cu), el cinc (Zn), el manganeso (Mn), el yodo (I), el níquel (Ni) y el cobalto (Co), aparecen en la mayoría de los seres vivos y otros, como el silicio (Si), el flúor (F), el cromo (Cr), el litio (Li), el boro (B), el molibdeno (Mo) y el aluminio (Al), solo están presentes en grupos concretos.

**Tabla 2.4.** Funciones de algunos oligoelementos

Fe	Forma parte de la hemoglobina y la mioglobina
Cu, Zn y Mn	Cofactores enzimáticos
I	Interviene en la síntesis de la tiroxina (hormona)
Si	Proporciona resistencia y elasticidad en el tejido conjuntivo
Li	Estabilizador del estado de ánimo

## 2.2 TIPOS DE ENLACES EN BIOMOLÉCULAS

Las biomoléculas están compuestas por bioelementos que tienden a unirse de forma espontánea mediante enlaces químicos. Además, unas moléculas se pueden unir a otras mediante enlaces intermoleculares formando complejos supramoleculares (ej.: ADN e histonas).

Hay dos tipos básicos de enlaces **intramoleculares**, el covalente y el iónico:

**El enlace covalente** se produce entre átomos que comparten uno o más pares de electrones, cuya electronegatividad es igual o parecida. En el primer caso se originan moléculas apolares (como el N<sub>2</sub> o el O<sub>2</sub>). Cuando unos átomos atraen más que otros los electrones, se originan moléculas polares, con un polo positivo y otro negativo, formando dipolos moleculares, como el H<sub>2</sub>O o el NH<sub>3</sub>.

**El enlace iónico** se produce por la atracción electrostática de átomos con cargas opuestas, resulta de la pérdida de electrones por parte de un átomo y la ganancia por parte de otro. El átomo que capta los electrones se transforma en un ión negativo o **anión**, y el que los pierde, en un ión positivo o **cación**. En solución los iones están libres, mientras que en estado sólido unos iones se rodean de otros de carga opuesta, formando un entramado ordenado que origina una estructura cristalina. Como veremos más adelante, las sales minerales presentes en los seres vivos se encuentran en ambas formas, sólida o solubilizadas.

**Los enlaces intermoleculares** se establecen entre átomos de moléculas distintas. Entre los enlaces intermoleculares destacan:

**El puente o enlace de hidrógeno** se origina entre un átomo de H y uno de O o N de diferentes moléculas, debida a la atracción de sus cargas parciales, habiendo una carga parcial positiva sobre el H<sup>δ+</sup> y una carga parcial negativa en el O<sup>δ-</sup> o en el N<sup>δ-</sup>. Esto se debe a que si un átomo



de H está unido covalentemente a un elemento muy electronegativo (O, N); éste atrae hacia él a los electrones compartidos en el enlace covalente. Como resultado, el hidrógeno queda parcialmente desprovisto de los electrones y adquiere una carga parcial positiva, y es atraído por otros elementos químicos cargados con distinto signo. Este es un enlace débil, pero muy numeroso, que asegura la cohesión entre las moléculas de agua y contribuye a la conformación espacial de moléculas como las proteínas y los ácidos nucleicos.

**Las interacciones iónicas** se producen entre moléculas con grupos funcionales con cargas eléctricas **opuestas**. Por ej., contribuyen a la estructura 3ª de las proteínas (Ver Tema 5).

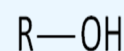
**Las fuerzas de Van der Waals** son interacciones **hidrofóbicas** que se establecen entre grupos o moléculas apolares, que tienden a agruparse juntas en un medio acuoso aislándose lo más posible del agua. Actúan a distancias muy cortas y son importantes en la formación de las membranas celulares.

### Anexo 1. Grupos funcionales

#### COMPUESTOS C-O

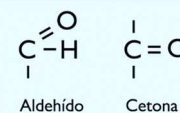
##### Alcoholes (-ol)

El -OH recibe el nombre de grupo hidroxilo. Los alcoholes son compuestos polares solubles en agua y forman puentes de hidrogeno.



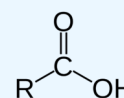
##### Aldehídos y cetonas (-al, -ona)

El C=O recibe el nombre de grupo carbonilo. Los aldehídos y las cetonas son compuestos polares solubles en agua y caracterizan a diferentes azúcares.



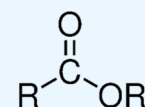
##### Ácidos carboxilos (-oico)

El -COOH recibe el nombre de grupo carboxilo. Es un ácido dador de protones.



##### Ésteres (-ato)

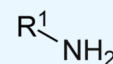
Un éster es la combinación de un ácido carboxilo y de un alcohol. La reacción que da lugar a un éster se denomina reacción de esterificación.



#### COMPUESTOS C-N

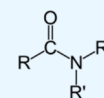
##### Aminas

El -NH<sub>2</sub> recibe el nombre de grupo amino. Las aminas son bases débiles,ceptoras de protones. Aparecen en todos los aminoácidos.



##### Amidas

Están formadas por la combinación de un ácido carboxilo y de una amina.



## Hay biomoléculas inorgánicas y orgánicas

Los biomoléculas o principios inmediatos son aquellas moléculas que constituyen los seres vivos. Pueden aislarse por medios puramente físicos, como la centrifugación, la diálisis, la filtración, etc. Desde el punto de vista químico, las biomoléculas se clasifican en:

**Inorgánicas.** No son exclusivas de los seres vivos y tienen una estructura química sencilla. Son el agua, las sales minerales y algunos gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>).

**Orgánicas.** Son moléculas exclusivas de la materia viva y se caracterizan por estar formadas por cadenas hidrocarbonadas. Son los glúcidos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. Por razones de eficiencia, casi todas las biomoléculas son **polímeros**, constituidos por la repetición de subunidades llamadas **monómeros**.

**Tabla 2.5.** Funciones de los bioelementos secundarios

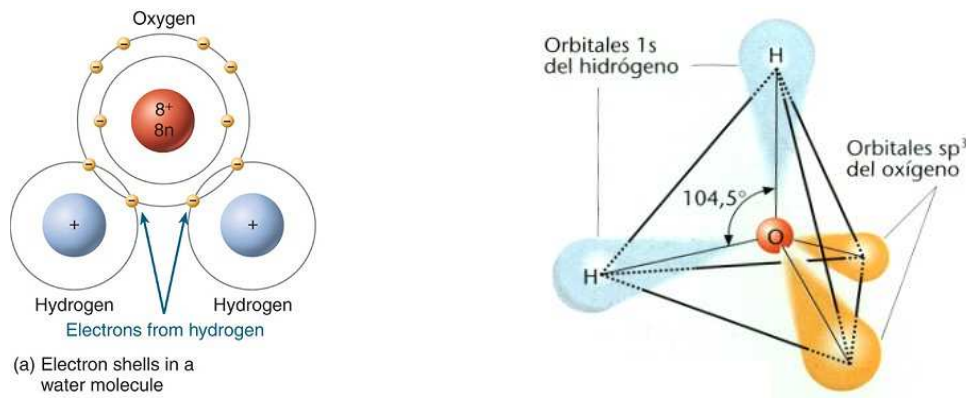
Macromoléculas	Monómeros
<i>Glúcidos</i>	Monosacáridos
<i>Lípidos</i>	Ácidos grasos, Alcoholes, Isopreno
<i>Proteínas</i>	Aminoácidos
<i>Ácidos nucleicos</i>	Nucleótidos

## 2.3 SIN AGUA NO ES POSIBLE LA VIDA

El agua es la biomolécula inorgánica más abundante en todos los seres vivos, constituyendo entre el 50% - 95% del peso del ser vivo. Sin ella no sería posible la vida, pues no hay que olvidar que la vida se originó hace más de 3600 m.a. en medio acuático y todas las reacciones metabólicas transcurren en medio acuoso. Muchos seres vivos siguen dependiendo fuertemente del agua, por ej., organismos unicelulares en los que el agua constituye su hábitat. El contenido de agua depende de la especie, del tejido u órgano a considerar, también influye la edad del individuo, pues cuanto más activas sean las células más agua van a necesitar.

### La molécula de agua es un dipolo permanente

El agua es una molécula con una estructura química muy sencilla, que determina unas propiedades fisicoquímicas muy particulares. La molécula de agua está formada por un oxígeno (O) unido a dos hidrógenos (H) mediante enlaces covalentes simples. La molécula de agua no tiene carga neta, pero es polar. Esto se debe a que el O, al ser más electronegativo, atrae con más fuerza a los electrones de cada enlace; por lo que los electrones, aunque compartidos entre ambos átomos, orbitan más próximos al O que a los H, produciéndose las distintas densidades de carga. Al estar los electrones más cerca del O, este adquiere una carga parcial negativa; se representa con una  $\delta^-$ , y dado que son 2 enlaces se trata de una doble



**Figura 2.4.** Estructura de la molécula de agua y cargas parciales resultantes

carga negativa. Por su parte, los H al estar desprovistos parcialmente de los electrones del enlace, portarán cada uno una carga parcial positiva ( $\delta^+$ ). En la molécula de agua ambos H se sitúan en el mismo lado (**Fig. 2.4**), pues el ángulo de los enlaces H-O-H es de  $104,5^\circ$ ; esto se explica porque hay otros dos orbitales ocupados por los electrones del O. Como resultado la molécula de agua es un dipolo permanente, con una parte positiva ( $\delta^+$ ), correspondiente a los dos H y otra parte negativa ( $\delta^-$ ), correspondiente al O.

Por tanto, la molécula de agua, a pesar de ser eléctricamente neutra, no tiene carga neta al poseer igual número de electrones que de protones, es una molécula polar debido a la distribución asimétrica de sus electrones.

Cuando las moléculas de agua están próximas se producen atracciones electrostáticas entre las cargas parciales opuestas. Los O cargados con ( $\delta^-$ ) de una molécula de agua atraerán los H de otra/s molécula/s de agua que están cargados ( $\delta^+$ ). Estas interacciones débiles son los enlaces por puente de hidrógeno que se comentaron antes. Cada molécula de agua puede formar un máximo de 4 enlaces por puente de H: dos del O y uno de cada H; cuando el agua está congelada todas sus moléculas presentan 4 enlaces por puente de H, mientras que el agua líquida tiene una media de 3'4 puentes de H. Los puentes de H se forman y se rompen continuamente, pero son muy numerosos y explican muchas de las propiedades especiales que posee el agua.

### Las propiedades del agua son únicas

La polaridad del agua y la existencia de los puentes de H confieren a esta molécula unas propiedades especiales que son:

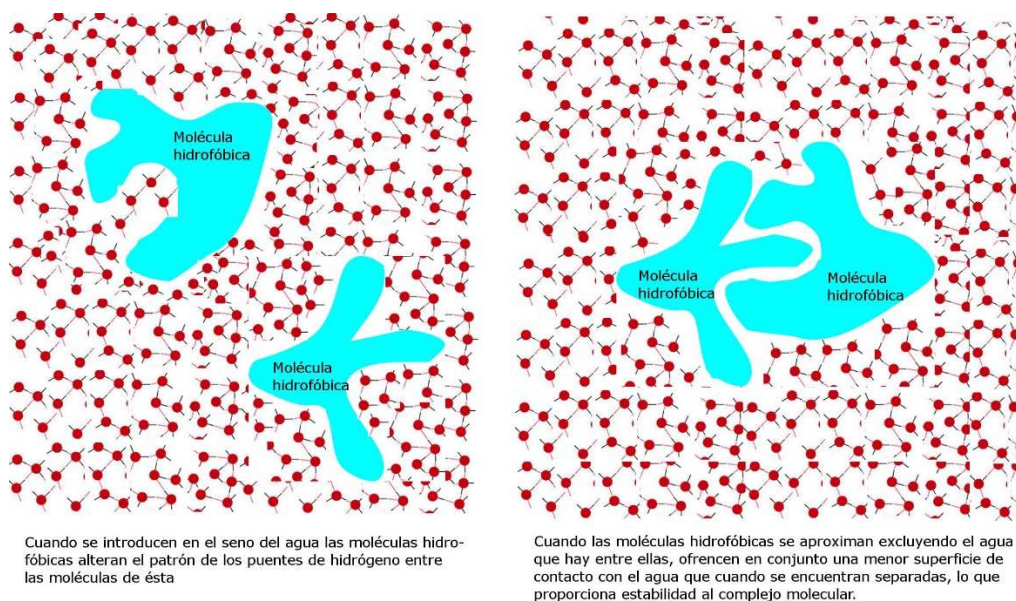
**El agua es líquida entre 0 – 100°C.** Los **puentes de hidrógeno** creados en el seno del agua unen las moléculas entre sí, crea una estructura reticular e impide su evaporación; se este modo, el agua es líquida a temperatura ambiente, mientras que otras moléculas con un peso molecular similar ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ) o composición química similar ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ) son gases a esa misma temperatura.

**Alto poder disolvente** o acción disolvente: el agua es el líquido que más sustancias disuelve, lo que le ha valido el calificativo de disolvente universal. Las sustancias que se disuelven en medio acuoso se denominan **hidrofilicas** y esto es debido a que químicamente son sustancias polares (con o sin carga neta), las sustancias que no se disuelven en medio acuoso se denominan **hidrofóbicas**, ya que son sustancias apolares; mientras que las que se disuelven tanto en disolvente acuosos como en disolventes orgánicos apolares se llaman **anfipáticas**, esto es debido a que son sustancias con una parte polar y otra apolar.

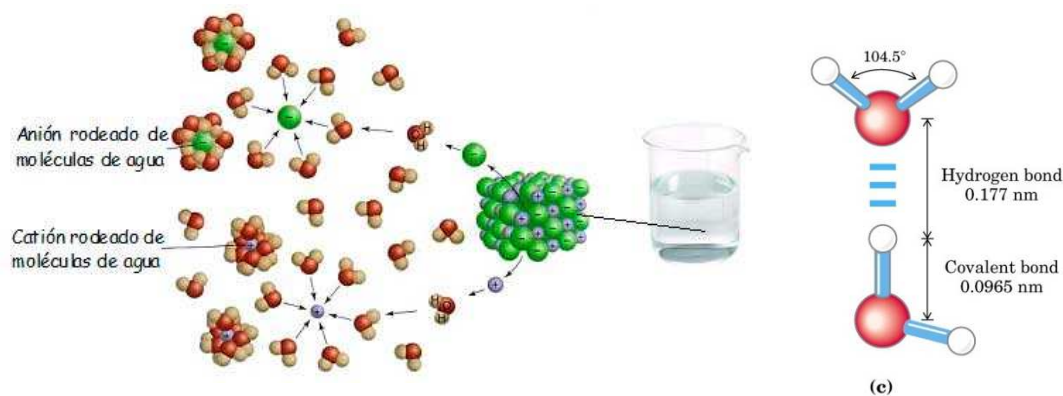
El agua puede formar enlaces por puente de H con moléculas siempre que tengan grupos polares, por ejemplo: monosacáridos, aminoácidos, nucleótidos... y causar su disolución. Si tienen cargas netas, como una sal, entonces produce su disociación.

Debido a la **polaridad** de la molécula de agua, se puede interponer entre los iones de las redes cristalinas (observa en la imagen como el agua disuelve una sal por ejemplo cloruro sódico) de los compuestos iónicos, lo que origina una disminución importante de la atracción entre ellos, y en definitiva, provoca su disociación. Fíjate como el anión (ejemplo  $\text{Cl}^-$ ) es rodeado por los H (tienen carga parcial +) de varias moléculas de agua y el catión (ejemplo  $\text{Na}^+$ ) es rodeado por los O (tienen carga parcial -) de varias moléculas de agua. Este proceso se denomina **solvatación** (Fig. 2.6).

**Reactividad química.** La molécula de agua no sólo es medio de disolución, sino que también interviene en las reacciones. El agua puede disociarse en iones, dado que 2 moléculas de agua originan  $\text{OH}^-$  y  $\text{H}_3\text{O}^+$ , aunque la constante de disociación tiene un valor bajísimo. Este ión hidronio,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , actúa como dador de  $\text{H}^+$  (ácido muy débil) y el ion hidroxilo,  $\text{OH}^-$ , como aceptor de  $\text{H}^+$ , es decir como una base muy débil. También participa como agente hidrolizante de macromoléculas, rompiéndolas en monómeros.



**Figura 2.5.** Interacción del agua con moléculas apolares



**Figura 2.6.** Solvatación efectuada por el agua y esquema del puente de hidrógeno.

**Elevada fuerza de cohesión y adhesión.** Cohesión es la capacidad de mantenerse juntas sustancias iguales y la adhesión es la capacidad que presenta una molécula de unirse a otra molécula o a una superficie que presente cargas.

La elevada cohesión se explica porque al formarse los puentes de hidrógeno se mantienen las moléculas de agua unidas, dando lugar a una estructura compacta, lo que otorga al agua una elevada tensión superficial. Esto explica por qué al colmar un vaso por encima del borde, se forma una superficie convexa, o porque algunos insectos, como el zapatero, pueden caminar por el agua de un estanque.

Al estar muy cohesionadas las moléculas, el agua es un líquido prácticamente incompresible, su volumen no disminuye apreciablemente, aunque se aplique cierta presión. Esta propiedad permite que el agua actúe como esqueleto hidrostático en las células vegetales y determina las deformaciones citoplasmáticas, ayudando a explicar cómo se producen los movimientos citoplasmáticos.

La **adhesión** a la superficie de otras estructuras, debida a su polaridad, permite que el agua pueda ascender a lo largo de conductos estrechos. Esta propiedad resulta fundamental para el ascenso de la savia bruta por los tubos del xilema en las plantas.

**Alto calor específico y elevado calor latente de vaporización.** El calor específico es la cantidad de calor (medido en calorías o julios) que es necesario comunicar a un gramo de una sustancia para aumentar su temperatura 1°C. El calor latente de vaporización es el número de calorías que hay que comunicarle a una sustancia para pasar 1 gramo del estado líquido al gaseoso. En el caso del agua ambos valores, calor específico y calor latente de vaporización, son elevados porque es necesario romper los puentes de hidrógeno para liberar las moléculas al estado gaseoso. Se requiere un aporte considerable de energía, que se toma del entorno, por lo que la evaporación del agua absorbe mucho calor y disminuye la temperatura de la célula (o del individuo). Por eso, la formación y evaporación del sudor en los humanos y el jadeo en los perros son mecanismos refrigerantes que ayudan a regular la temperatura corporal.

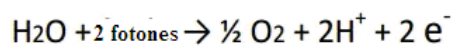
**Mayor densidad a 4º C.** En estado líquido el agua es más densa que en forma de hielo. Se puede explicar si recordamos que en el hielo, cada molécula de agua establece cuatro puentes de hidrogeno con las moléculas vecinas, originando una estructura reticular abierta, en la que las moléculas se encuentran más separadas que en estado líquido. Por eso, el hielo es más ligero y pueda flotar sobre el agua líquida.

### Las funciones del agua son consecuencia de sus propiedades

La estructura dipolar del agua y la formación de puentes de H, le confiere unas propiedades únicas, siendo el líquido ideal para el mantenimiento de la vida.

**Función disolvente:** La propiedad del alto poder disolvente del agua es crucial para que se puedan arrastrar, transportar y disolver nutrientes y desechos en los líquidos de los seres vivos (sangre, linfa, savia, hemolinfa.... Además, para que sucedan las reacciones químicas del metabolismo de los seres vivos es indispensable que las sustancias que van a reaccionar estén disueltas en el medio líquido y así puedan interactuar, de esta forma es fácil poner en contacto los enzimas y sustratos.

**Función bioquímica:** además de ser el medio acuoso el lugar donde se producen las reacciones metabólicas de los seres vivos, los seres vivos utilizan químicamente el agua en dos tipos de reacciones fundamentales: la fotosíntesis y las reacciones de hidrólisis. En la fotosíntesis, la molécula de agua es destruida (proceso llamado fotólisis del agua) usando la energía luminosa obteniéndose oxígeno molecular, electrones y protones.



En las reacciones de hidrólisis, el agua tiene la capacidad de romper moléculas orgánicas en otras más simples, por ejemplo los enlaces O-glucosídico o peptídico o éster se rompen al añadir una molécula de agua. En otros casos, el agua es un producto de las reacciones químicas del metabolismo celular. Por ejemplo, en el proceso de la respiración celular distintos tipos de biomoléculas energéticas se oxidan en presencia de oxígeno para rendir CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. El agua metabólica así formada es de hecho suficiente para permitir que algunos animales que viven en ambientes muy secos puedan sobrevivir sin beber agua durante largos períodos.

**Función estructural:** la incompresibilidad del agua es debida a la propiedad de la elevada fuerza de cohesión (unión) de las moléculas de agua. Al no poder comprimirse llega a actuar como esqueleto hidrostático en algunos animales invertebrados, permite la turgencia en plantas y las deformaciones citoplasmáticas y además, la alta cohesión de las moléculas de agua también permite la función mecánica amortiguadora en las articulaciones de los animales, ya que constituye el líquido sinovial que disminuye el roce entre los huesos. Además, gracias a la adhesión se producen los fenómenos de capilaridad, que permiten el ascenso de la savia bruta por el xilema.

**Función termorreguladora:** la propiedad del elevado calor específico del agua permite que ésta se caliente y se enfríe muy lentamente, evitando los cambios bruscos de temperatura, por lo tanto, el agua actúa en los seres vivos regulando su temperatura. Esto es muy importante porque la temperatura corporal debe mantenerse más o menos estable en los seres vivos.



Otra propiedad del agua que influye en la función de termorregulación, aparte del alto calor específico del agua, es el alto calor de **vaporización** del agua ya que las moléculas de agua al evaporarse absorben mucho calor del entorno para romper todos los enlaces por puente de H y así poder evaporarse, refrescando el entorno. Esto permite explicar la disminución de temperatura que experimentamos cuando se nos evapora el sudor, por eso el sudor actúa como regulador de la temperatura.

Incluso el que el agua líquida sea más densa que el hielo tiene consecuencias importantes para los organismos acuáticos: los estanques, lagos y mares se congelan en invierno desde arriba hacia abajo de manera que la capa superficial de hielo aísla al agua subyacente del aire frío impidiendo así que ésta se congele.

## 2.4 LA MATERIA VIVA ESTÁ EN ESTADO COLOIDAL

Los fluidos en los seres vivos constan de una fase dispersante o disolvente, que es el agua, y de una fase dispersa o soluto. En una disolución denominamos disolvente a la sustancia de la mezcla que se encuentra en mayor proporción y soluto a la sustancia o sustancias que se encuentran en menor proporción. El soluto está formado por partículas que pueden presentar distintos tamaños; según este tamaño los fluidos se pueden clasificar en disoluciones verdaderas o dispersiones coloidales.

**Disolución verdadera:** son aquellas disoluciones en las que las partículas de soluto tienen un tamaño muy pequeño. Por ejemplo las sales minerales o pequeñas moléculas orgánicas como glucosa, aminoácidos... Cuando son sales minerales se llaman disoluciones iónicas y cuando son pequeñas moléculas sin carga se llaman disoluciones moleculares. Estas disoluciones son mezclas homogéneas, es decir, mezclas uniformes ya que su composición, estructura o propiedades se mantienen constantes en cualquier punto de su masa.

Disolución **coloidal** o dispersión coloidal son las disoluciones que contienen partículas de soluto de tamaño grande. Por ejemplo polisacáridos, proteínas... Estas partículas de soluto se llaman coloides. Estas mezclas son heterogéneas, es decir, no son uniformes, ya que su composición, estructura o propiedades difieren de unas partes a otras de su masa, y a pesar del gran tamaño de las partículas, éstas no sedimentan porque poseen grupos polares, haciendo enlaces por puente de H con las moléculas de agua que las rodean. En conclusión: los

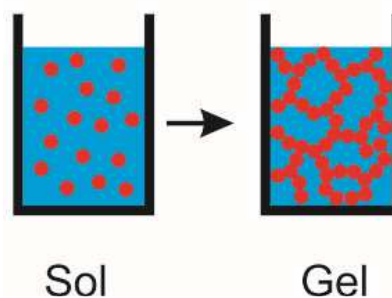


Figura 2.7. Coloides en estados de sol y gel

fluidos de los seres vivos, sangre, linfa, líquido intracelular..., como contienen partículas de todos los tamaños, se parecen más a una dispersión coloidal que a una disolución verdadera.

### Las dispersiones coloidales tienen dos fases, sol y gel

Las dispersiones coloidales pueden presentar dos estados físicos, estado de sol y de gel.

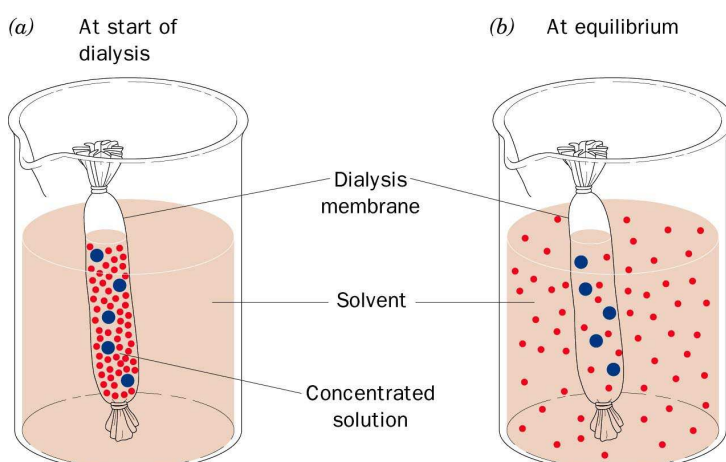
En estado de **sol** presentan aspecto **líquido**, ya que las moléculas de soluto se encuentran en menor cantidad que las del disolvente, mientras que, en estado de **gel** presentan un aspecto semisólido o **gelatinoso** pues las moléculas de disolvente están “atrapadas” entre las de soluto, que son más abundantes y se entrelazan formando una red continua. Es una dispersión coloidal más concentrada que la de estado sol.

En la célula los estados de sol y gel se pueden alternar según las variaciones de concentración de las partículas coloidales, por ejemplo por deshidratación se pierde agua aumentando la concentración de coloides. También cambian los estados de sol y gel con las variaciones en el pH, la temperatura y presión. En ocasiones el cambio es irreversible y no es posible la transformación a la inversa.

Las dispersiones coloidales características diferentes de las disoluciones verdaderas, como:

- Elevada **viscosidad** debido al elevado tamaño de las moléculas que constituyen un coloide, por eso presentan cierta resistencia al movimiento.
- Efecto **Tyndall**, las dispersiones coloidales son transparentes y claras pero, si se iluminan lateralmente y se sitúan sobre un fondo oscuro, se puede observar que se pierde la transparencia. Esto es debido a que las moléculas que las constituyen provocan la reflexión de los rayos de luz
- **Adsorción**. La adsorción es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material

Para separar las partículas coloidales del resto se puede sedimentarlas por **ultracentrifugación** o separarlas por **diálisis**, que permite con ayuda de una membrana semipermeable la separación de partículas según su masa molecular (tamaño), pues el tamaño de poro de la membrana solo deja pasar agua y otras moléculas pequeñas, pero no las grandes.



**Figura 2.8.** Proceso de diálisis. Fuente: <http://schoolworkhelper.net/selective-permeability-of-dialysis-tubing-lab-explained/>



Una aplicación clínica muy usada en individuos con insuficiencia renal (sus riñones no funcionan bien y los desechos se acumulan en el cuerpo) es la hemodiálisis, que permite separar la urea y otros desechos de baja masa molecular de la sangre, sin alterar la concentración de las proteínas sanguíneas que tienen una masa molecular elevada.

## 2.5

## LAS SALES MINERALES SON BIOMOLÉCULAS INDISPENSABLES

Las sales minerales son moléculas inorgánicas presentes en todos los seres vivos, según su solubilidad en agua se clasifican sales en estado sólido y sales en disolución

Las sales en estado sólido son insolubles en agua, se encuentran precipitadas y cumplen una función **estructural**, de protección y sostén como por ejemplo, huesos y caparazones. Las más comunes son el carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), el fosfato cálcico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) y la sílice o dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).

El carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) constituye el esqueleto de corales, forman las conchas de gasterópodos y bivalvos, endurecen huesos y dientes de vertebrados, constituyen los otolitos en el oído interno de vertebrados que permiten mantener el equilibrio, forma parte de protozoos marinos, etc. El fosfato cálcico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) forma parte de los esqueletos de vertebrados (huesos y dientes).

La sílice ( $\text{SiO}_2$ ) forma parte de los caparazones que presentan algunos microorganismos como las algas unicelulares llamadas diatomeas, confiere rigidez a la estructura de algunas esponjas (esponjas con espículas silíceas) y endurece estructuras de sostén en algunos vegetales como las gramíneas (plantas como el césped y cereales).



**Figura 2.9.** Protozoos foraminíferos (izquierda) y conchas de gasterópodos y bivalvos (derecha).

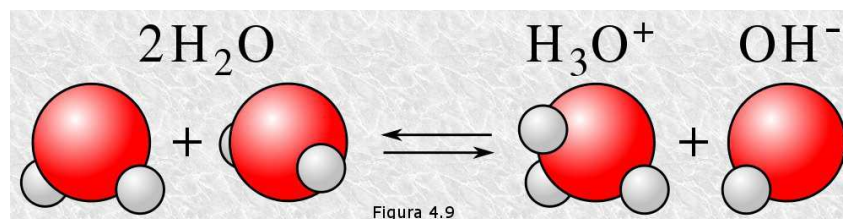


**Figura 2.10.** “Esqueleto” de carbonato cálcico de corales

### Los sistemas tampón amortiguan los cambios de pH

En las sales en disolución hay iones (recordar los bioelementos secundarios) solubles en agua o asociados a moléculas orgánicas, formando parte de alguna vitamina, hormona o enzima.

Entre los iones más frecuentes destacan los cationes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Las sales minerales disueltas cumplen funciones variadas, entre las que destaca la función **tamponadora** y la función **osmótica**.



**Figura 2.11.** Disociación de moléculas de agua

**Función tamponadora:** Es un hecho conocido que el agua pura no es totalmente aislante, conduce débilmente la electricidad. Es un electrolito muy débil ya que se encuentra ligeramente disociada en sus iones,  $\text{OH}^-$  hidroxilo e  $\text{H}_3\text{O}^+$  hidronio. Por convenio se suele utilizar el símbolo  $\text{H}^+$  en lugar de  $\text{H}_3\text{O}^+$ , pero en realidad en el agua no existen protones desnudos, sino hidratados en forma de  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

El valor de  $K_w$ , constante de disociación, es bajísimo,  $10^{-14}$ , eso quiere decir que hay un ión por aproximadamente cada 555 millones de agua.

La concentración de iones se mide por medio del pH. Se define pH como  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ , para evitar trabajar con potencias de 10 negativas, de forma que en equilibrio, el pH del agua = 7. Si una disolución tiene  $\text{pH}=7$  quiere decir que tiene  $10^{-7}$  moles de  $\text{H}^+$  y  $10^{-7}$  moles de  $\text{OH}^-$  por litro de disolución.

Sin embargo, al añadirse sustancias ácidas, que bajan el pH al aumentar la concentración de  $\text{H}^+$ , o básicas, que suben el pH al aumentar la concentración de  $\text{OH}^-$ , cambia el pH. El pH ácido tiene valores menores de 7 y el básico o alcalino mayores de 7. Teniendo en cuenta la ecuación

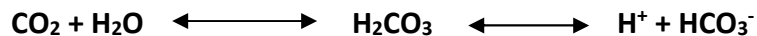
anterior, una disolución de pH=8 tiene  $10^{-8}$  moles de  $H^+$  y  $10^{-6}$  moles de  $OH^-$  por litro de disolución y así sucesivamente.

Los organismos vivos no soportan variaciones de pH mayores de unas décimas, porque afectan a la estabilidad de las macromoléculas, provocan la desnaturalización de proteínas, desnaturalización del ADN... y por esta razón han desarrollado los **sistemas tampón**.

Las disoluciones tampón también llamadas sistemas **amortiguadores** o **buffer** consisten en un par conjugado ácido-básico de sustancias que ayudan a mantener el pH constante dentro de ciertos límites, aunque se añadan a la disolución ciertas cantidades de iones ( $H^+$  u  $OH^-$ ) procedentes de ácidos o bases (respectivamente). Si se añade 1 ml de HCl 10 N a un litro de agua pura, que está a pH 7, el pH descenderá aproximadamente hasta un valor de 2; en cambio sí se añade la misma cantidad de HCl a un litro de plasma sanguíneo, que tiene su propio sistema tampón, el pH sólo descenderá desde 7,4 hasta aproximadamente 7,2.

Las sales minerales forman sistemas tampón, el bicarbonato actúa en los medios extracelulares como la sangre y el sistema tampón fosfato en los medios intracelulares. También existen otros sistemas tampón en el cuerpo que no son sales minerales, como los aminoácidos y las proteínas (ver Tema 5).

**-Sistema tampón bicarbonato:** en el **plasma** sanguíneo, el  $CO_2$  procedente del metabolismo celular se combina de forma reversible con  $H_2O$ , dando  $H_2CO_3$ . El ácido carbónico es un ácido débil que puede disociarse en los iones  $H^+$  y  $HCO_3^-$  (bicarbonato)



Cuando se produce un aumento de la concentración de iones  $H^+$  (al haber sustancias ácidas) el equilibrio se desplaza hacia la izquierda (elimina los  $H^+$  neutralizando la acidez) y se elimina

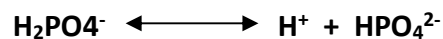


Figura 2.12. Escala del pH

hacia el exterior el exceso de  $\text{CO}_2$  producido. Si por el contrario disminuye la concentración de  $\text{H}^+$  (al aumentar la concentración de  $\text{OH}^-$  debido a la presencia de sustancias básicas) el equilibrio se desplaza hacia la derecha tomando  $\text{CO}_2$  de la sangre (aumenta los  $\text{H}^+$  neutralizando la basicidad).

A pH 7,4 (el pH de la sangre) la relación bicarbonato/ácido carbónico es 20:1, por lo que es un excelente amortiguador de ácidos (muchos  $\text{HCO}_3^-$  libres para coger  $\text{H}^+$ ) en el medio extracelular. Este sistema ofrece además la ventaja de ser abierto, al poder eliminar el exceso de  $\text{CO}_2$  por ventilación pulmonar y el exceso de bicarbonato por los riñones.

**-Sistema tampón fosfato** actúa dentro de la célula, los iones son:  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}^+$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ , y su equilibrio viene dado por la siguiente reacción reversible:



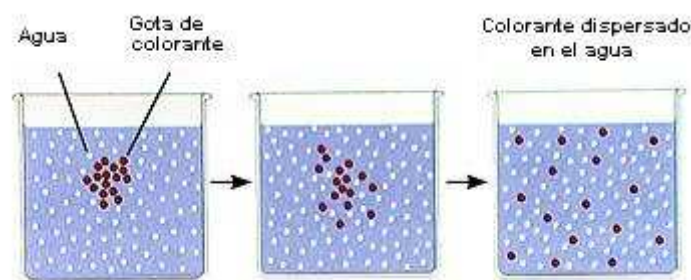
Cuando se produce un aumento de la concentración de  $\text{H}^+$ , el equilibrio se desplaza hacia la izquierda (elimina exceso de  $\text{H}^+$ ); si por el contrario se produce una disminución de  $\text{H}^+$ , el equilibrio se desplaza hacia la derecha (se forma  $\text{H}^+$  para neutralizar el exceso de  $\text{OH}^-$  al unirse ambos formando  $\text{H}_2\text{O}$ ).

La concentración de fosfato en sangre es baja, por lo que su capacidad amortiguadora en la sangre es escasa si la comparamos con el tampón bicarbonato. Sin embargo, es un eficaz amortiguador de pH en el medio intracelular, teniendo en cuenta las elevadas cantidades de fosfato que existen en el interior celular donde la relación  $\text{HPO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{PO}_4^-$  es 4:1.

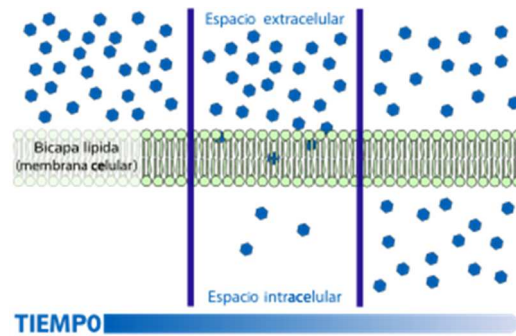
### Las sales minerales realizan funciones osmóticas

Para comprender la fisiología celular es fundamental conocer las propiedades de las disoluciones. Si se añaden partículas de un fluido (gas o líquido) al seno de otro fluido, se suelen repartir de forma homogénea (uniforme) al ponerlos en contacto. Este proceso se llama **difusión**, por ej., la absorción del  $\text{O}_2$  de los pulmones a la sangre. La difusión se detiene cuando se igualan las concentraciones de dichas partículas en ambos fluidos.

Observa en las **Fig. 2.13** y **2.14** dos ejemplos de difusión, en el primero al añadir una sustancia en una zona de un vaso, al cabo del tiempo se ha distribuido uniformemente por todo el líquido del vaso. En el otro ejemplo hay una membrana celular y con el tiempo, la sustancia se ha repartido de manera homogénea, presentando la misma concentración dentro y fuera de la célula. En cambio, si la membrana es impermeable, la sustancia no podrá pasar y no habrá difusión.

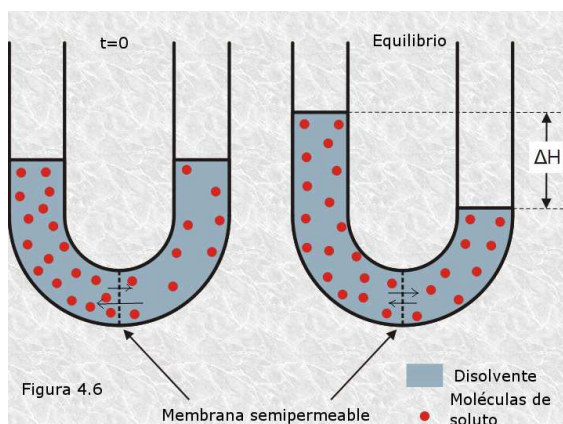


**Figura 2.13.** Proceso de difusión al añadir una sustancia coloreada.



**Figura 2.14.** Proceso de difusión a través de una membrana plasmática

En el caso en que la membrana semipermeable sólo deje pasar agua se habla de **ósmosis**, que se define como el paso del disolvente (agua en los seres vivos) a través de una membrana semipermeable entre dos disoluciones de diferente concentración. El disolvente se mueve desde la disolución más diluida hacia la más concentrada, hasta que las dos concentraciones alcanzan el equilibrio, igualándose las concentraciones.



En el montaje se observa como el agua pasa hacia donde hay más concentración de soluto, de forma que la altura del agua en los dos tubos se modifica.

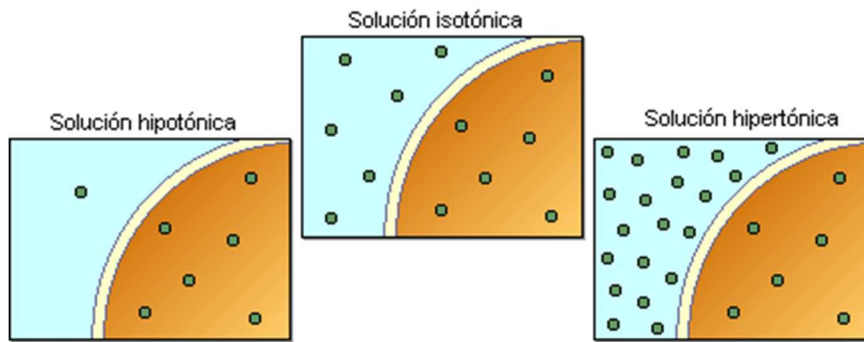
**Figura 2.15.** Proceso de ósmosis. Fuente: [bionova.org.es](http://bionova.org.es)

Los medios acuosos pueden tener diferentes concentraciones de sales y se denominan:

- Medio **hipotónico** es un medio acuoso con una baja concentración de solutos con respecto a otros en los que la concentración es mayor.
- Medio **hipertónico**, es un medio acuoso con una alta concentración de solutos con respecto a otros en los que la concentración es menor.
- Medio **isotónico**: es un medio acuoso que tienen la misma concentración de solutos que otros con los que se compara.

En la **Fig. 2.16**, si suponemos que la parte oscura es el interior celular y la clara el medio externo acuoso, se observa como en la solución hipotónica el interior celular se ve más concentrado en solutos, en la solución hipertónica se ve el interior celular menos concentrado que la solución y en la isotónica las concentraciones son iguales.





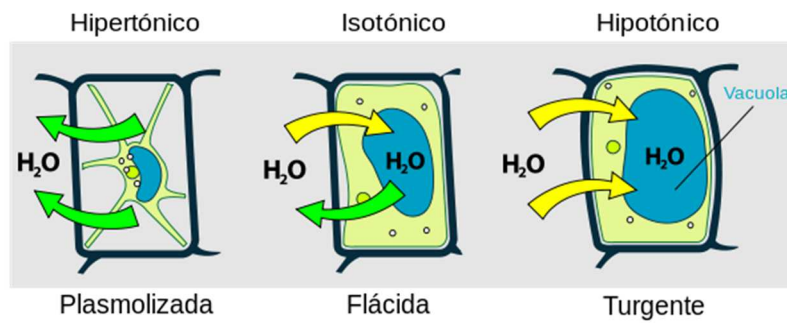
**Figura 2.16.** Tipos de soluciones.

Todo es relativo, es decir que el interior celular podemos decir que es hipertónico respecto a la solución hipotónica, pero a su vez, el interior celular es hipotónico si lo comparamos con la solución hipertónica. Sin embargo, en todos los casos se ha puesto la misma concentración en el interior celular. Por lo tanto si se dice que algo es hipertónico o hipotónico hay que decir siempre respecto a qué.

Las membranas celulares actúan como una membrana semipermeable que permite el paso del agua pero no de los solutos. El agua tiende a pasar de los medios hipotónicos a los hipertónicos, al llenarse de agua la célula ejerce una presión sobre la membrana, llamada **presión osmótica**, que será más intensa cuanto mayor sea la diferencia de concentración entre ambos medios. La presencia de **sales minerales** es determinante para que se produzca la entrada o salida de agua de la célula, ya que el equilibrio osmótico depende de la concentración de sustancias de distinta naturaleza. En realidad no influyen sólo las sales, por ejemplo, la concentración de glucosa o de proteínas a ambos lados de la membrana celular también influye en el movimiento del agua.

En las células se pueden dar 3 situaciones según que el medio extracelular sea hipertónico, hipotónico o isotónico. En la célula vegetal:

- Medio **hipertónico**: el agua tiende a salir de la célula. La célula se arruga, y la membrana se despegue de la pared celular, fenómeno que recibe el nombre de **plasmólisis**.
- Medio **isotónico**: la cantidad de agua que sale de la célula es la misma que la que entra; por tanto, no se producen fenómenos osmóticos, y la célula no sufre alteraciones.
- Medio **hipotónico**: Entra agua a la célula para equilibrar las concentraciones. La célula se hincha (**turgencia**), aunque no llega a estallar debido a la presencia de la pared celular.

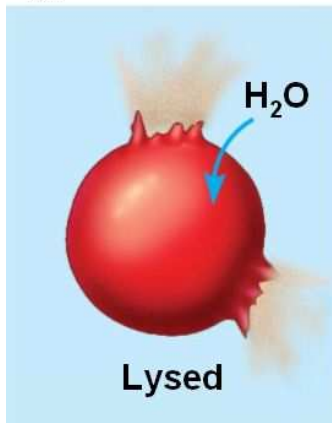


**Figura 2.17.** Ósmosis en las células vegetales. Fuente: [Khan Academy](#)

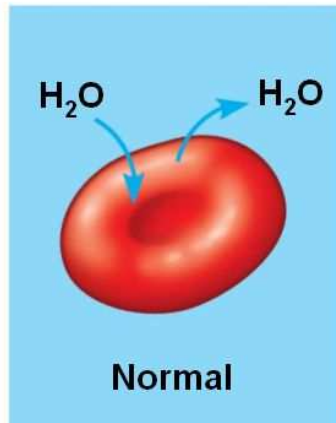
Mientras que en la célula animal

- Medio **hipertónico**: se produce la salida de agua desde el citoplasma al medio extracelular. La célula se arruga, proceso conocido como **retracción** o plasmolisis, deja de realizar sus funciones y puede llegar a producirse la muerte celular.
- Medio **isotónico**: el glóbulo rojo se encuentra en un medio isotónico, por lo que está en equilibrio osmótico.
- Medio **hipotónico**: se produce la entrada de agua. Si la diferencia de concentración es muy grande, la célula llega a estallar (**lisis** celular, **hemólisis** si se trata de eritrocitos).

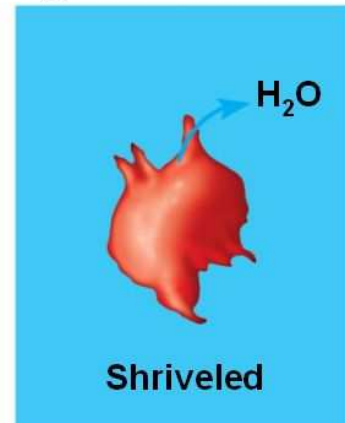
### Hypotonic solution



### Isotonic solution



### Hypertonic solution



**Figura 2.18.** Ósmosis en las células animales, en eritrocitos. Fuente: [Pearson Education](#)

**CUESTIONES Y EJERCICIOS**

1. ¿Por qué el C es el elemento en el que se basa la química de los seres vivos?
2. ¿Qué criterios son importantes para seleccionar elementos químicos para que formen parte de la materia viva?
3. ¿Por qué no se incluyen las vitaminas y hormonas como grupos de biomoléculas orgánicas?
4. ¿Cómo se relaciona la naturaleza dipolar del agua con su actuación como reguladora de la temperatura?
5. Al iluminar un cloroplasto el pH del medio interno ha pasado de 7 a 5. ¿Cómo ha variado la concentración de  $H^+$ ?
6. ¿Por qué se muere una planta si la riegas con agua salada, por ejemplo, con agua de mar?
7. ¿Qué diferencia existe entre ósmosis y diálisis?
8. ¿Por qué la falta de minerales en nuestro cuerpo afecta a nuestra salud?
9. ¿Por qué los diabéticos presentan poliuria (orinan mucho)?
10. ¿Por qué la hiperventilación (respirar muy rápido) tiene graves efectos en el mantenimiento del pH, pudiendo producir vómitos, mareos, problemas visuales, desvanecimientos o incluso la muerte?