

# TEMA 1. BIOELEMENTOS Y BIOMOLÉCULAS

1. EL ENLACE QUÍMICO EN LA MATERIA VIVA
  2. LOS BIOELEMENTOS
  3. LAS BIOMOLÉCULAS. BIOMOLÉCULAS INORGÁNICAS:
    - 3.1. EL AGUA
    - 3.2. LAS SALES MINERALES
  4. LAS DISOLUCIONES Y LAS DISPRESIONES COLOIDALES.
- 

## 1. EL ENLACE QUÍMICO EN LA MATERIA VIVA

En la materia viva los principales tipos de enlace son:

- **El enlace iónico.** Se trata de una unión mediante fuerzas electrostáticas entre átomos que presentan distinta carga eléctrica. Un átomo que capta un electrón se transforma en un ión negativo o anión y un átomo que pierde un electrón pasa a ser un ión positivo o catión. Al tener carga eléctrica de distinto signo se atraen y se establece una unión iónica entre ellos. Se produce entre átomos que tienen opuesta electronegatividad, es decir entre un átomo que tiene una fuerte tendencia a ganar electrones y otro que retiene con poca fuerza a los suyos. Fácilmente éste último pierde los electrones frente a la fuerte atracción del otro.
- **El enlace covalente.** Se forma cuando dos átomos comparte una o varias (hasta cuatro) parejas de electrones. En este caso los pares de e- compartidos orbitan alrededor de los dos átomos que se unen. Es un enlace muy fuerte y el más frecuente entre los compuestos que forman la materia viva. Cuando los dos átomos que se unen presentan una electronegatividad similar (Carbono e Hidrógeno por ejemplo), las moléculas que se forman son apolares y por tanto insolubles en agua (hidrocarburos por ejemplo). Pero cuando uno de los átomos es mucho más electronegativo que el otro, los e- tienden a concentrarse en la zona más próxima a este átomo quedando un área electronegativa ahí y una zona electropositiva en las proximidades del átomo con menor electronegatividad. De esta forma se forman moléculas polares que funcionan como dipolos moleculares. Por ejemplo el H<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub>.

- **Enlaces de hidrógeno.** Se forma entre las moléculas cuando se aproximan un átomo electropositivo, (en los medios biológicos es H), entre dos átomos electronegativos y de pequeño tamaño, generalmente N o O. Cuando se da la circunstancia de que se aproximan átomos con esta disposición a una distancia adecuada, Alrededor del N u O se acumulan los electrones y se genera una zona electronegativa que es atraída por la zona electropositiva creada alrededor del H. Así se producen uniones electrostáticas débiles llamadas enlaces o puentes de hidrógenos. Por ejemplo:

N-H.....O ocurre en los ácidos nucleicos y proteínas

O-H.....O se forman entre las moléculas de agua

Los puentes de hidrógeno pueden establecerse entre moléculas diferentes, por ejemplo entre distintas moléculas de agua en una masa de agua. O pueden formarse entre distintas zonas de una misma molécula, por ejemplo entre diferentes aminoácidos de una proteína.

- **Fuerzas de Van der Waals.** Se producen entre grandes moléculas apolares, por ejemplo entre las moléculas de ácidos grasos que forman las grasas. Cuando dos moléculas se aproximan se produce una alteraciones en la disposición de los e- de las capas y entonces se forman dipolos instantáneos que permiten la atracción electrostáticas entre las moléculas. Estas atracciones duran poco tiempo y son débiles, pero cuando las moléculas en contacto son muy grandes, se pueden producir atracciones en muchos puntos simultáneamente lo que conduce a una mayor fuerza total del enlace.
- **Uniones hidrofóbicas.** Cuando moléculas que presentan una zona fuertemente apolar se ponen en contacto con el agua, los polos hidrófobos tienden a "huir" del agua, de manera que se establecen uniones entre ellos que les permite estar "protegidos" del agua. Por ejemplo la disposición en bicapas de los fosfolípidos en las membranas celulares y la disposición en micelas de las grasas.
- **Puentes di sulfuro.** Se establecen entre aminoácidos de cisteína. Este aa lleva en su radical un átomo de azufre unido a hidrógeno. Cuando dos restos de cisteína se sitúan cerca, los grupos SH reaccionan formando un enlace S-S llamado puente disulfuro. Es un enlace muy importante en las proteínas porque sirve para la estabilización de la estructura tridimensional.

## 2. LOS BIOELEMENTOS

El análisis químico de la materia viva ha revelado una gran similitud entre todos los seres vivos, es decir, que aunque la diversidad de los seres vivos es enorme, su composición química es muy parecida. Virus, bacterias, árboles y mamíferos son organismos muy similares químicamente como también son muy parecidas las reacciones químicas que suceden en los organismos.

Al estudiar los elementos químicos que aparecen en los seres vivos se observa que de toda la tabla periódica, sólo unos cuantos aparecen en cantidades apreciables si bien hay pequeñas proporciones o trazas de muchos otros. En total aproximadamente 70 elementos aparecen en los seres vivos que son prácticamente la totalidad de los elementos estables que existen en la Tierra a excepción de los gases nobles. A todos estos elementos que se encuentran en la materia viva se les llama **bioelementos o elementos biogénicos**.

Los bioelementos se clasifican atendiendo a un criterio cuantitativo:

<b>Bioelementos primarios</b>
-------------------------------

Son aquellos que aparecen en proporciones elevadas en todos los seres vivos. En conjunto constituyen el 96% del total de la materia viva. Son imprescindibles pues forman parte de las moléculas propias de la vida. Son el carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, fósforo y azufre.

Sólo unos cuantos elementos son utilizados para formar los seres vivos. ¿Por qué de entre todos los elementos existentes la naturaleza eligió concretamente al C, O H y N principalmente para formar parte de los seres vivos?. Los elementos primarios no son los elementos químicos más abundantes en los medios donde se desarrolla la vida (litosfera, donde C=0,2% y N=0%; hidrosfera donde N=0% y C=0% y atmósfera donde H=0% y C= 0,03%)por tanto debemos deducir que estos elementos deben poseer propiedades especiales que los hace ser diferentes a los demás. Algunas de estas propiedades son :

- C,N,H y O tienen baja masa atómica (C=12, N=14, O=16 y H=1). por lo que forman con facilidad sustancias estables químicamente. Existe una relación inversa entre la masa atómica de un elemento químico y la estabilidad de los enlaces covalentes que puede formar con otros elementos. Cuanto más bajo sea la masa atómica de un elemento tanto más **fuertes son los enlaces covalentes** que puede formar con otros elementos. Ello significa que pueden formar **sustancias estables** pero que a la vez pueden romperse sin excesiva dificultad. Esta característica es importante porque el metabolismo de las células cuando se requiere la obtención de energía química se consigue rompiendo los enlaces moleculares y aprovechando la energía que encierran. Y cuando en la célula se dispone de energía sobrante, se almacena en enlaces químicos mediante la unión de moléculas pequeñas. Todo ello implica una constante creación y destrucción de compuestos.

- El átomo de **carbono** es mayoritario en la materia viva.(62% por término medio). Posee 4 electrones en su capa externa lo que le permite formar 4 enlaces covalentes muy estables. Puede unirse a otros átomos de carbono formando enlaces covalentes simples, dobles o triples dando lugar a moléculas con estructura compleja: cadenas lineales ramificadas, cíclicas, con conformaciones tridimensionales etc. Esto tiene gran importancia biológica porque algunas funciones solo pueden ser realizadas por moléculas con estructura tridimensional. El carbono también puede formar enlaces con otros elementos formando radicales muy diversos como =O, -OH, -NH<sub>2</sub>, etc. Así pueden formarse gran cantidad de compuestos químicos distintos que posibilitan la variabilidad de reacciones bioquímicas.
- El **hidrógeno** es el elemento indispensable junto con el carbono para formar la materia orgánica. Muchos compuestos químicos que forman parte de los seres vivos están formados exclusivamente por carbono e hidrógeno. Posee un sólo e- en su última capa lo que le permite reaccionar y formar enlaces covalentes estables con los otros bioelementos primarios.
- El **oxígeno** es el aceptor de electrones más ávido que existe de entre todos los bioelementos primarios, por ello tiende a quitar electrones a otros átomos, a los que deja oxidados. El proceso de oxidación es muy importante en el metabolismo de todos los seres vivos pues gracias a él se consigue gran parte de la energía que se precisa. La **oxidación de compuestos biológicos** se realiza mediante la sustracción de hidrógenos a los átomos de carbono. Como el oxígeno atrae hacia sí con más fuerza al e- del hidrógeno, consigue quitárselo al carbono. De este modo, se forma agua y se libera una gran cantidad de energía que será aprovechada por el ser vivo.
- El **nitrógeno**, al igual que el carbono, tiene gran facilidad para formar enlaces covalentes tanto con el hidrógeno (NH<sub>3</sub>) como con el oxígeno (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) por eso puede intervenir en las reacciones de oxidación y reducción y en la transferencia de energía. A pesar de que es un gas muy abundante en la atmósfera, muy pocos seres vivos pueden captarlo y utilizarlo directamente. El nitrógeno que contienen los seres vivos procede de la fotosíntesis de plantas y algas que lo captan disuelto en forma de sales minerales (ión nitrato: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).
- El **azufre** En los seres vivos se suele encontrar formando parte de las proteínas. Entre distintas zonas de una proteína o entre proteínas distintas, pueden formarse uniones llamadas **puentes disulfuro** que son importantes para estabilizar la estructura de las proteínas.
- El **fósforo** forma parte de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos de las membranas celulares, de los huesos de los vertebrados etc. Pero además la importancia del fósforo reside en que los enlaces entre grupos fosfato (-PO<sub>3</sub>-PO<sub>3</sub>-PO<sub>3</sub>) son enlaces de alta energía donde se almacena la energía liberada en las reacciones de oxidación. Al romperse estos enlaces a su vez, se obtiene gran cantidad de energía que se será aprovechada por la célula para la construcción de otras moléculas que necesite. La molécula llamada ATP contiene enlaces de este tipo y funciona como la moneda energética en el metabolismo celular.

**Bioelementos secundarios**

Se encuentran en menor cantidad en los seres vivos, sin embargo algunos de ellos a pesar de encontrarse en proporciones muy pequeñas son imprescindibles pues su función no es estructural sino catalizadora (reguladora de alguna función biológica), y si el organismo carece de ellos no puede sobrevivir. La palabra secundarios, por tanto, no se refiere a su importancia sino únicamente a su proporción. Son Na, K, Ca y Cl principalmente.

Todos ellos cumplen funciones muy importantes en los seres vivos:

- Na<sup>+</sup>:** Mantenimiento del equilibrio iónico en el medio extracelular  
Transmisión de la corriente nerviosa  
Mantenimiento del potencial de membrana en las células
- K<sup>+</sup>:** Contracción muscular  
Regulación de la actividad cardíaca  
Transmisión de la corriente nerviosa
- Ca<sup>2+</sup>:** Coagulación de la sangre  
Mineralización de estructuras esqueléticas  
Contracción muscular  
Regulación de la actividad cardíaca  
Transmisión sináptica  
Activador y cofactor de algunas enzimas
- Cl<sup>-</sup>:** Mantenimiento del equilibrio iónico en el medio extracelular  
Transmisión de la corriente nerviosa  
Mantenimiento del potencial de membrana en las células

Cualquier variación en el equilibrio de estos iones puede provocar importantes alteraciones. Así, para un correcto funcionamiento cardíaco debe existir un equilibrio entre las concentraciones de K<sup>+</sup> y de Ca<sup>2+</sup>, ya que ambos actúan de manera antagónica sobre el corazón y éste podría pararse tanto por un exceso de uno como de otro.

<b>Oligoelementos o elementos vestigiales</b>
---

Algunos bioelementos se encuentran en proporciones muy pequeñas, se les llama oligoelementos cuando es menor al 0,1%. Algunos de estos elementos realizan funciones biológicas concretas imprescindibles para la actividad vital.

<b>OLIGO ELEMENTO S</b>	<b>PROCESOS EN LOS QUE INTERVIENEN</b>
<b>Mg</b>	Regulación de la contracción muscular Regulación de la transmisión de la corriente nerviosa Activador de los ribosomas funcionales Activador y cofactor de algunas enzimas,
<b>Fe</b>	Forma parte de la hemoglobina, proteína que se encarga del transporte de oxígeno en los Vertebrados.
<b>Cu</b>	Forma parte de la hemocianina, proteína que cumple en muchos Invertebrados, la misma función que la hemoglobina.
<b>I</b>	Forma parte de la hormona tiroidea (hormona del crecimiento) de los Vertebrados.
<b>Co</b>	Forma parte de la vitamina B <sub>12</sub> que tiene una función esencial en el crecimiento y regeneración celular. Forma parte de la nitrogenasa que utilizan algunas bacterias para fijar el nitrógeno atmosférico. Es necesario para la síntesis de hemoglobina y la formación de los eritrocitos. Su carencia provoca anemia.
<b>Fl</b>	Se encuentra en el esmalte de los dientes. Su falta o escasez está relacionada con las caries.
<b>Si</b>	Forma parte del caparazón de las diatomeas. Da rigidez al tallo de las gramíneas
<b>Li</b>	Actúa en la regulación de los neurotransmisores incrementando su secreción y sobre las células aumentando su permeabilidad. Se ha comprobado que las poblaciones que consumen agua potable con un contenido de litio de unos 10 microgramos/litro son menos agresivas. (Se utiliza en el tratamiento de depresiones)
<b>Mn</b>	Actúa como cofactor de algunas proteasas Interviene en algunos procesos fotosintéticos.
<b>Zn</b>	Abunda en el cerebro, en los órganos sexuales y en el páncreas.
<b>Cr</b>	Interviene, junto con la insulina, en el mantenimiento de la tolerancia normal de la glucosa. Su carencia en el agua potable incide en el aumento de la diabetes juvenil. Protege de la arteriosclerosis y de las cardiopatías coronarias.
<b>Al</b>	Actúa sobre el sistema nervioso central, aumenta la actividad cerebral y regula el sueño Favorece la osificación de los cartílagos durante las etapas fetal e infantil y activa los mecanismos de oxidorreducción en el metabolismo.

### 3. LAS BIOMOLÉCULAS. BIOMOLÉCULAS INORGÁNICAS

Los elementos biogénicos raramente se encuentran aislados sino que suelen combinarse para formar compuestos. Las moléculas que forman parte de los seres vivos se llaman **biomoléculas o principios inmediatos**.

Las biomoléculas se clasifican en dos grandes grupos:

\* **Inorgánicas**, que son el agua y las sales minerales. También podrían incluirse en este grupo algunas moléculas simples que utilizan los seres vivos, como el oxígeno molecular ( $O_2$ ), el  $CO_2$  y el  $N_2$ . No son exclusivos de los seres vivos.

\* **Orgánicas** constituidas, básicamente, por polímeros del carbono. Son moléculas exclusivas de los seres vivos. Son los glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

#### 3.1. El agua

Desde el punto de vista cuantitativo el agua es la sustancia más importante en los seres vivos, es el principal componente se atendemos a su proporción ya que por término medio constituye el 75% del peso de los organismos. Sin embargo, esta cantidad puede variar:

. Varía de unos organismos a otros, por ejemplo:

algas.....	95% peso
hongos.....	80%
crustáceos.....	63%
virus.....	10%
Semillas.....	20%

. Varía dentro de un mismo organismo de un tejido a otro:

Tejido nervioso....	90%
músculo.....	76%
hígado.....	75%
pulmones.....	70%
tejido oseo.....	22%

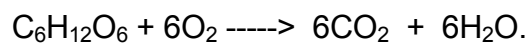
. Varía según la edad del organismo:

Embrión humano....	95%
recién nacido.....	70%
adulto.....	63%
anciano.....	40%

Según estos datos en los organismos o tejidos en los que la actividad es mínima el porcentaje de agua es menor.

El agua es tan importante para la vida que cualquier organismo desprovisto de ella muere. Únicamente algunos seres inferiores (algunos protozoos) y órganos especializados (como semillas y esporas) pueden sobrevivir con cantidades de agua muy bajas, pero en estos casos las funciones vitales se hallan muy reducidas, se adaptan a un estado de "vida latente". Para germinar o volver a mantener las reacciones bioquímicas normales, el paso previo es siempre la hidratación.

Los organismos conseguimos el agua que necesitamos a través de los alimentos. Incluso los que parecen más secos, contienen agua que de esta manera pasa a formar parte de nuestro organismo. Pero además, muchas reacciones metabólicas producen agua, es el llamado **agua metabólica**. Por ejemplo el catabolismo de los glúcidos y de las grasas produce importantes cantidades de agua. En el caso de la glucosa:



Muchos seres vivos, como el agua, perdemos grandes cantidades de agua por el sudor, la respiración, etc. Pero algunos animales, como los camellos, los escorpiones, polillas, etc. se han especializado en aprovechar al máximo el agua y gracias a ello se han adaptado a vivir en ambientes muy secos. Utilizan al máximo el agua metabólica y evitan la pérdida por medio de variadas estructuras, estrategias y hábitos de conducta.

El agua posee una serie de características físicas y químicas que van estrechamente relacionadas con las funciones que desempeña en los organismos:

1.- El agua es un **dipolo** (o tiene estructura bipolar o dipolar). A temperatura ambiente se encuentra en estado líquido a diferencia de otras moléculas de composición y estructura química similar como el  $\text{NO}_2$  y  $\text{CO}_2$  que son gaseosos. Ello se debe a la estructura bipolar de la molécula de agua. En conjunto tiene una carga total neutra, sin embargo presenta dos polos eléctricos. El oxígeno tiene una fuerte avidez de electrones de manera que los electrones de los hidrógenos se desplazan hacia el átomo de oxígeno y así en la zona cercana al oxígeno se forma un polo negativo mientras que en las proximidades de los hidrógenos quedan polos positivos.

La presencia de polos positivos y negativos en las moléculas permite la formación de enlaces llamados **puentes de Hidrógeno**. Mediante estos enlaces se unen grupos de hasta 8 o 9 unidades y por esta conexión molecular el agua es líquida. La duración de estos enlaces es menor de una millonésima de segundo, pero constantemente se están formando y destruyendo.

A 37° en el agua aproximadamente el 15% de las moléculas están unidas por puentes de hidrógeno. Es decir, son muy pocas las moléculas unidas, suficientes para conseguir el estado líquido, pero insuficientes para conseguir gran viscosidad por lo que el agua es un líquido muy fluido.

El carácter dipolar de la molécula de agua también favorece que pueda unirse a muchas otras moléculas que presenten polos eléctricos y así son muy numerosas las sustancias que son solubles en agua. Muchos compuestos orgánicos tienen carga neta neutra, pero presentan uno o varios grupos polares, como el grupo alcohol, el



ácido carboxílico, etc. Las moléculas de agua se disponen rodeando a estos grupos polares y por ello pueden ser solubles en agua. El agua puede disolver tantas y tan variado tipo de sustancias que se dice que es el **disolvente universal**.

Por todo ello el agua es un líquido muy apto para el **transporte de sustancias**. Tanto el plasma sanguíneo en los animales, como la savia en los vegetales, contienen altísimos contenidos en agua.

2.- **Elevado calor específico**<sup>1</sup>. Significa que se necesita suministrar gran cantidad de energía a una masa de agua para conseguir una pequeña elevación de su temperatura. En concreto se necesita suministrar 1000 calorías a 1 litro de agua para conseguir elevarlo 1º su temperatura. De la misma manera, para rebajar un grado la temperatura, el agua debe desprender más calor que la mayoría de las sustancias. Esta propiedad se debe a que gran parte de la energía suministrada es utilizada para romper los puentes de hidrógeno y no tanto para aumentar la Tª, de esta manera los aumentos o disminuciones de Tª únicamente suponen pequeños cambios en la masa acuosa.

Aprovechando esta propiedad el agua es empleado por los seres vivos para **amortiguar los cambios de Tª**. Frente a un cambio fuerte de temperatura ambiental, el agua del interior del ser vivo amortigua el cambio y así el calentamiento o enfriamiento interno del ser vivo es lento, pausado, lo cual es imprescindible para el mantenimiento de la vida. En los animales poiquilotermos (mal llamados de sangre fría) y en los vegetales estos procesos son de extraordinaria importancia, en los homeotermos ( de temperatura constante) contribuyen al mantenimiento de la Tª corporal.

3.- **Elevado calor de vaporización**<sup>2</sup>.- Se necesita suministrar mucho calor a una masa líquida de agua para convertirla en vapor de agua. Una vez más se debe a que gran parte de la energía que suministramos sirve para romper los puentes de hidrógeno. Esta propiedad hace del agua un **excelente refrigerante** lo que es utilizado por los seres vivos para disminuir la Tª por medio de la evaporación del agua en la piel, y por tanto cooperar en la **regulación de la temperatura corporal**.

4.- **Gran conductividad del calor**.- El calor pasa con facilidad por una masa de agua, así si se suministra calor por un extremo de una masa de agua, rápidamente se transmite y reparte por toda la masa de agua produciéndose un aumento de temperatura uniforme en toda la masa. Lógicamente esta propiedad está también relacionada con la función del agua de amortiguador de los cambios bruscos de temperatura.

5.- **Elevada tensión superficial**.- En la capa superficial de una masa de agua el número de puentes de H es mayor que en el interior, esto hace que haya una gran tensión en la superficie. Algunas sustancias pueden provocar un cambio brusco en la tensión superficial. Este hecho es aprovechado para provocar las deformaciones del

---

<sup>1</sup>Calor específico: cantidad de calor que se debe suministrar a 1 gramo de una sustancia para elevar 1ºC su temperatura.

<sup>2</sup>Calor de vaporización: Cantidad de calor que hay que suministrar a 1 gramo de sustancia líquida para transformarla en vapor.

citoplasma celular, también para la ascensión de la sabia bruta por los vasos leñosos por el efecto de capilaridad, para la formación de pseudópodos en diversos tipos de células (ej amebas, macrófagos...) etc.

6.- **Reducida viscosidad.**- El agua es un líquido muy fluido lo que facilita que cuando se encuentra entre dos superficies puedan deslizarse fácilmente y sin excesivo rozamiento. Así en los organismos muchas estructuras que están sometidas a fuerte rozamiento quedan separadas por pequeñas bolsas con líquidos que en un porcentaje muy elevado de su composición química son agua. (Por ejemplo en las zonas de articulaciones de los huesos se encuentra el líquido sinovial). Podemos decir por tanto que el agua **reduce el rozamiento entre estructuras deslizantes**.

7.- **Mayor densidad en estado líquido que en estado sólido.** El agua alcanza su densidad máxima a 4°C y por tanto el hielo es menos denso que el agua líquida. Esta propiedad es poco frecuente en otros líquidos, pero es lo que permite la vida en las grandes masas de agua y en definitiva es lo que ha permitido que la vida exista y se mantenga en el planeta Tierra.

Imaginemos un gran lago en el otoño, cuando empiezan a bajar las temperaturas. Entonces, la masa superficial de agua del lago llega a alcanzar los 4° y como pesa más, desciende al fondo. Se crea así una corriente de agua vertical hasta que la temperatura de toda la masa de agua se homogeniza a 4°. En invierno sigue disminuyendo la temperatura atmosférica y del agua superficial, pero al estar por debajo de 4°C pesa menos y flota sobre el agua más densa que está por debajo. Supongamos que la temperatura baja tanto que el agua superficial se hiela y forma una capa de hielo. Este hielo es menos denso y se mantiene ahora flotando en la superficie y aísla del frío exterior a las capas inferiores de agua que permanecen en estado líquido. Esto permite la vida de los organismos que allí se encuentran hasta que en las estaciones cálidas el hielo se funda. El espesor que alcanza la capa de hielo nunca es muy elevado porque cuanto más grueso es, mayor es el efecto aislante de la capa.

8.-**Bajo grado de ionización.**- El grado de ionización del agua es muy bajo, es decir, en una masa de agua muy pocas moléculas se encuentran en forma de iones. Por ello al añadir en el agua una pequeña cantidad de una base (OH<sup>-</sup>) o de un ácido (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) la proporción de OH<sup>-</sup> y H<sup>+</sup> varía bruscamente y por tanto cambia el pH. Esto sería un grave problema para los seres vivos porque los líquidos biológicos están formados esencialmente por agua y el pH debe mantenerse constante. El problema se resuelve gracias a que en todos los líquidos orgánicos existen sales minerales y proteínas que pueden ionizarse en mayor grado generando iones OH<sup>-</sup> y H<sup>+</sup> para contrarrestar el efecto de las sales o ácidos añadido. A este efecto se le llama efecto tampón o *buffer*.

Por otra parte, el agua y los iones del agua actúan como importantes reactivos químicos en los organismos. (La fotólisis del agua en la fase lumínica de la fotosíntesis proporciona iones H<sup>+</sup> que serán utilizados para crear el gradiente electroquímico). La **hidrólisis** es un proceso muy habitual en el catabolismo celular. Consiste en la destrucción de enlaces químicos mediante la adición de moléculas de agua. Las reacciones de hidrólisis se producen durante los procesos digestivos, tanto a nivel orgánico como a nivel celular.

Como resumen podemos decir que las funciones del agua son:

- 1. Disolvente universal de sustancias.** Es la sustancia que capaz de disolver un mayor número de moléculas tanto orgánicas como inorgánicas y por tanto va a funcionar como **un eficaz sistema de transporte** de sustancias por el interior de los organismos.
- 2. Termorregulador.** El agua amortigua los cambios bruscos de T<sup>a</sup> dentro de los organismos y reparte el calor de forma uniforme por todo el cuerpo.
- 3. Lubrificante.** Reduce el rozamiento entre estructuras sometidas a fricción.
- 4. Función bioquímica.** Todas las reacciones metabólicas se llevan a cabo en presencia de agua. El agua intervine en muchas reacciones químicas, como la hidrólisis (reacciones de rotura de enlaces con la intervención del agua) o como fuente de H<sup>+</sup> en la fotosíntesis.
- 5. Función estructural.** Las células no tienen una membrana rígida, mantienen su volumen y su forma gracias a la presión que ejerce el agua. Al perder agua o al perderse la tensión superficial, la célula se deforma o incluso puede llegar a morir.
- 6. Otras funciones específicas.** El agua colabora en numerosas funciones específicas de algunos seres vivos, por ejemplo es esencial para la ascensión de la sabia bruta en los vegetales, para la absorción de sustancias por las raíces etc.

### 3.2. Las sales minerales

En todos los seres vivos siempre aparecen ciertas proporciones de sales minerales. Pueden encontrarse de distintas formas:

- **Precipitadas**, es decir, constituyendo sustancias minerales sólidas insolubles. Así se presentan por ejemplo, el carbonato cálcico ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ), el fosfato cálcico ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) y el sílice ( $\text{SiO}_2$ ). Al ser insolubles tienen función esquelética en los seres vivos.
- **En forma de iones**, cationes y aniones, en este caso aparecen disueltas. Las más importantes son:

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

- **Asociadas a otras moléculas orgánicas**. Pueden asociarse a proteínas formando fosfoproteínas, junto a lípidos como fofolípidos etc.

Las sales minerales desempeñan en los seres vivos numerosas e importantes funciones. Las principales son:

**1. Regulación de los fenómenos osmóticos.** Cuando dos soluciones salinas de diferente concentración están separadas por una membrana semipermeable, las dos soluciones tienden a equilibrar sus concentraciones. A través de la membrana pasa el agua del medio menos concentrado al más concentrado hasta que se igualan a ambos lados de la membrana. A este proceso se le denomina **ósmosis** y a la presión que se genera por el paso del agua **presión osmótica**.

Dos **soluciones son isotónicas** o isosmóticas cuando tienen la misma concentración salina. Cuando tienen diferente se llama **hipertónica** a la más concentrada e **hipotónica** a la menos concentrada. En los organismos todas las células tienen que mantener constante la presión osmótica (homosmia u homeostasis) y cuando esto no ocurre se producen graves trastornos para la célula. Las membranas celulares se comportan como semipermeables y por ello cualquier solución que se ponga en contacto directo con las células debe ser isotónica respecto a su medio interno.

Un ejemplo viene representado por las células vegetales que poseen grandes vacuolas en su interior. Al colocarlas en un medio hipotónico se hinchan, dando lugar a un fenómeno llamado **turgescencia** (o turgencia). En este caso no se produce la rotura de la célula, como ocurre en las células animales, pero la fuerte presión que se genera en el interior fuerza incluso la salida del agua. En una solución hipertónica las vacuolas pierden agua (**plasmolisis**). Si la concentración de sales en el suelo es mayor que en el interior de la raíz, por ejemplo en zonas con acuíferos salinos o con una alta concentración de abonos químicos, pierde agua y acaba muriendo.

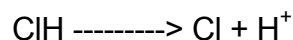
**2. Regulación del equilibrio ácido-base.** La constante de disociación del agua es muy baja, es decir, en una gran masa de agua solo unas pocas moléculas están disociadas en forma de iones. Puesto que todos los líquidos orgánicos están constituidos sobre todo por agua, y esta tiene muy poco poder para neutralizar ácidos o bases, cualquier sustancia introducida en el organismo puede hacer variar mucho el pH.

Para que todos los procesos internos de un organismo ocurran con normalidad es necesario que la concentración de  $H^+$  o pH se mantenga constante o con muy escasas variaciones y en general próximo a la neutralidad. Las enzimas que catalizan las reacciones celulares funcionan únicamente dentro de unos límites de pH, existiendo un pH óptimo al cual alcanzan la máxima efectividad. Pequeñas variaciones del pH pueden alterar su estructura y sus funciones; de ahí la gran importancia del control biológico del pH en las células y en los fluidos corporales.

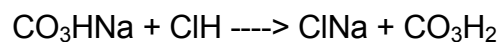
Las sales minerales intervienen decisivamente para conseguir esta estabilidad de pH constituyendo los **sistemas amortiguadores o sistemas tampón, o buffer**.

Veamos un ejemplo:

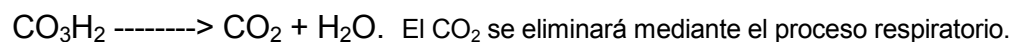
El organismo frecuentemente se ve sometido a un exceso de ácidos, como el ClH que se libera durante la digestión. Con ello a veces se incrementa la concentraciones de hidrogeniones y el pH se vuelve ácido.



Es entonces cuando entran en funcionamiento los sistemas tampón contrarrestando la acidez, por ejem. el sistema tampón bicarbonato:



La sal ClNa es neutra y es expulsada por la orina, bien en esta forma o disociada en iones. El ácido carbónico rápidamente es descompuesto:



Los sistemas amortiguadores se basan en el equilibrio entre el estado disociado y el no disociado. Como las reacciones son reversibles, según hacia donde se desplace la reacción se producirá la acidificación o la neutralización. Los sistemas más importantes en los organismos son:

- $H_2PO_4 \text{ -----} > HPO_4 + H^+$  Es el principal tampón intracelular.
- $H_2CO_3 \text{ ----} > HCO_3 + H^+$  El carbonato actúa en la sangre.
- $H_2CO_3 \text{ ----} > CO_2 + H_2O$

**3. Función esquelética.**- Las sales precipitadas, al ser insolubles tienen una importante función esquelética. Se depositan en determinados tejidos para darles consistencia. Existen numerosos ejemplos:

- Esqueleto de los Vertebrados. La parte mineral de los huesos está constituida por distintas sales, como carbonatos y fosfatos. También los dientes contienen fluoruro de calcio que proporciona una enorme dureza al esmalte. (El fluoruro de calcio tiene una dureza similar al diamante).
- Los caparazones de equinodermos y conchas de moluscos están también constituidas por el carbonato cálcico.
- En algunos protozoos (Heliozoos y Radiolarios) y en algunos vegetales (algas Diatomeas y Gramíneas) se depositan sales de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) que confieren dureza a las estructuras que impregnan.

**4. Función de regulación o catalítica.** En general, esta acción de regulación de la actividad de un órgano la realizan cationes. A veces la acción de dos cationes es antagónica. Los más importantes cationes en este sentido son el  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$ . Las funciones específicas que pueden desarrollar las sales son muy variadas, por ejemplo, algunas tienen una función de regulación enzimática pues necesitan su presencia para que la enzima pueda funcionar; este sería el caso del ión  $\text{Mg}^+$ . Otros regulan la contracción muscular o la transmisión del impulso nervioso, otros son transportadores de electrones, otros funcionan manteniendo la carga adecuada en la membrana celular (este sería el caso de  $\text{K}^+$  y  $\text{Na}^+$ ) etc. (Ver tabla en bioelementos).

**5. Otras funciones.** En animales también existen acúmulos de sales minerales con muy diferentes misiones: Ejemplos:

- **Otolitos** del oído interno. Son cristales de carbonato cálcico que intervienen en el mantenimiento del equilibrio.
- **Partículas de magnetita** que aparecen en el oído interno de animales como los delfines, palomas, tortugas, etc y que, al parecer, utilizan como brújula interna para orientarse en sus desplazamientos.

## 4. LAS DISOLUCIONES Y LAS DISPERSIONES COLOIDALES

En los seres vivos el estado líquido está constituido por dispersiones en donde muchos tipos diferentes de moléculas dispersas o **solutos** se encuentran en agua, es decir en un solo tipo de fase dispersante o **disolvente**.

Si los solutos tienen bajo peso molecular se denominan cristaloides, si presentan elevado peso molecular del orden de varios miles, se llaman coloides.

Las dispersiones que contienen solutos de bajo peso molecular se denominan disoluciones verdaderas o simplemente **disoluciones**. Y las de elevado peso molecular se denominan **dispersiones coloidales**.

### Propiedades de las dispersiones coloidales:

- a. **Capacidad para presentarse en estado de sol o de gel.** Las dispersiones coloidales pueden presentarse en estado de sol o de gel. El sol significa en estado líquido y se produce cuando la fase dispersa es un sólido y la fase dispersante es un líquido.  
El estado de gel tiene aspecto gelatinoso, viscoso y se produce cuando la fase dispersante está formada por un entramado de fibras y la fase dispersa es un líquido.  
Presenta estado de gel el citosol que hay en la periferia de la célula (ectoplasma), mientras que el citosol interior (endoplasma) presenta estado de sol. El paso del ectoplasma de estado de gel al de sol permite la emisión de pseudópodos.
- b. **Elevada viscosidad.** Se debe a que las grandes moléculas oponen fuerte resistencia interna al movimiento relativo de las moléculas.
- c. **Elevado poder adsorbente.** Los sólidos ejercen una fuerza de atracción sobre las dispersiones coloidales. Esto facilita los contactos entre el sustrato y la enzima.
- d. **Efecto Tindall.** Las dispersiones coloidales son transparentes y claras, pero cuando se iluminan lateralmente y sobre fondo oscuro, se observa una cierta opalescencia.
- e. **Sedimentación.** Las dispersiones coloidales son estables en condiciones normales, pero cuando se las somete a centrifugación se puede conseguir la sedimentación de las partículas que contiene.
- f. **Diálisis.** Los coloides de una disolución se pueden separar mediante una membrana de diálisis o membrana semipermeable, que permite el paso de los solutos de pequeño tamaño e impide el paso de las grandes. Una aplicación clínica de esto es la hemodiálisis.
- g. **Electroforesis.** Es la separación de las partículas coloidales aprovechando sus propiedades eléctricas. Se utiliza fundamentalmente para la separación de proteínas porque presentan numerosas cargas eléctricas y por tanto se mueven hacia el polo positivo o negativo cuando están sometidas a un campo eléctrico. Cuanto mayor sea la carga eléctrica y menor el tamaño de la proteína, mayor es la velocidad con la que se dirige al polo correspondiente.

Todas estas propiedades permiten diferenciar las disoluciones verdaderas de las coloidales.