

## **TEMA 1.1: LAS BIOMOLÉCULAS INORGÁNICAS**

- 1- LOS BIOELEMENTOS.
- 2- LAS BIOMOLÉCULAS Y SU CLASIFICACIÓN.
- 3- EL AGUA.
- 4- LAS SALES MINERALES Y SUS FUNCIONES BIOLÓGICAS.
- 5- LOS ENLACES QUÍMICOS EN LAS BIOMOLÉCULAS ORGÁNICAS.
- 6- LAS DISPERSIONES COLOIDALES.



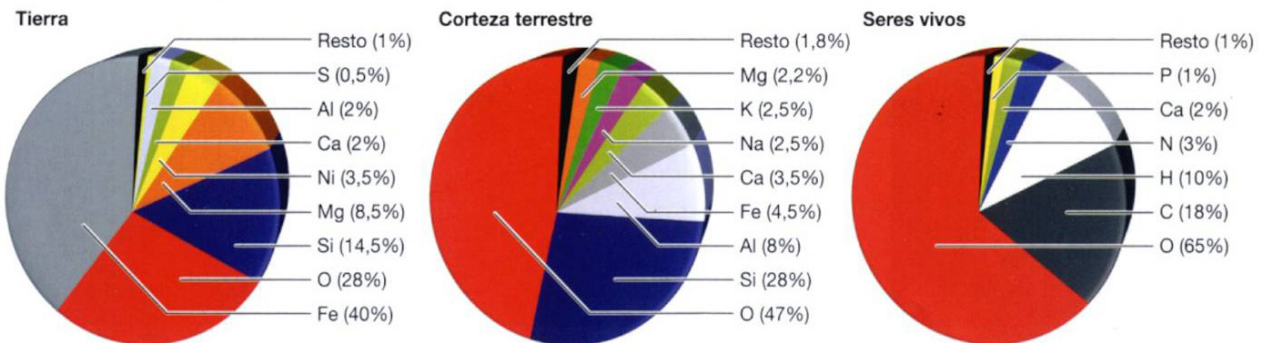
**El agua se precipita en las cascadas travertínicas del parque nacional Krka (Croacia)**

## 1- LOS BIOELEMENTOS

Los **bioelementos** son aquellos elementos químicos que componen la materia viva. Son los mismos en todos los organismos y pueden ser:

- Bioelementos **primarios**: aquellos que constituyen mayoritariamente la materia viva (95 %). Se combinan entre sí mediante enlaces covalentes estables (*fuertes*), formando parte del esqueleto de las estructuras moleculares. En este grupo están los siguientes elementos: C, O, H, N, P y S.
- Bioelementos **secundarios**: no participan en tan alta proporción, pero son relativamente abundantes. Es el caso de los siguientes: Ca, Na, K, Mg y Cl.
- **Oligoelementos**: son los que se encuentran presentes en muy baja proporción (menos del 0,1 %, dado que pueden ser tóxicos a mayor concentración). Se insertan en las estructuras moleculares y su función es imprescindible (básicamente relacionada con la catálisis y la regulación). Unos ejemplos serían los siguientes: Fe, Cu, Zn, Mn, I, Ni, Co (esenciales, pues están presentes en todos los organismos); B, Mo, Si, F, Cr, Li, Al (no esenciales al estar presentes sólo en algunos organismos).

Comparando la abundancia relativa de los bioelementos en la materia viva con la de los elementos químicos en el conjunto de la Tierra y también en la corteza terrestre, se observa que, aunque todos los bioelementos están presentes en la corteza (pues de allí proceden), su abundancia relativa difiere, lo que sugiere la existencia de un proceso selectivo.



### Razones de esta selección de los bioelementos:

1. Los bioelementos tienen un peso atómico reducido y sus capas electrónicas están incompletas, lo que permite la formación de enlaces covalentes estables entre sí y con otros átomos.
2. Los bioelementos primarios suelen formar enlaces polares, lo cual facilita su solubilidad en el agua.
3. El carbono tiene 4 electrones en su capa más externa, por lo que puede formar cuatro enlaces covalentes para completarla. Estos enlaces se establecen con átomos de otros elementos o con otros átomos de carbono para formar así largas cadenas (lineales, ramificadas o cíclicas) que son la base de las macromoléculas tan características de la materia viva. El silicio presenta unas características atómicas parecidas y es más abundante en la corteza terrestre, pero el carbono ha sido seleccionado por las siguientes razones:
  - La forma oxidada  $\text{CO}_2$  se encuentra en estado gaseoso en condiciones normales y es soluble, mientras que  $\text{SiO}_2$  es sólido e insoluble.
  - El carbono es más pequeño y presenta gran versatilidad en enlaces covalentes, mientras que el silicio no forma dobles ni triples enlaces.

- El menor tamaño del átomo de carbono permite la existencia de ramificaciones en las cadenas, dado que los grupos funcionales no se estorban.
- 4. El carbono y el nitrógeno tienen una gran afinidad tanto por el oxígeno como por el hidrógeno. Por eso pasan con facilidad del estado oxidado ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) al reducido ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ), lo cual es muy importante en los procesos redox del metabolismo (los compuestos reducidos son ricos en energía y lo liberan al oxidarse).

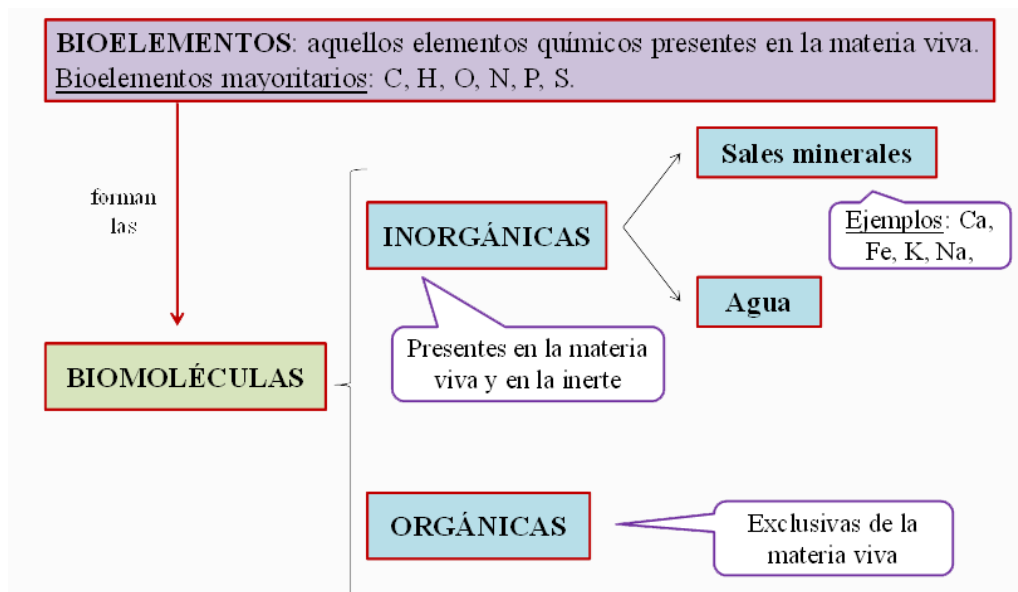
Grupos funcionales de la química del carbono:

SUSTANCIA	GRUPO	FÓRMULA
Alcohol	Hidroxilo	- OH
Aldehído	Carbonilo	- CHO
Cetona		- CO
Ácido orgánico	Carboxilo	- COOH
Éster	Éster	- COO - R
Aminas	Amino	- NH <sub>2</sub>
Amida	Amido	- CONH <sub>2</sub>

**2- LAS BIOMOLÉCULAS**

Los átomos de los distintos bioelementos se combinan para formar **biomoléculas**, llamadas así por formar parte de los seres vivos. También reciben la denominación de **principios inmediatos**, puesto que se pueden separar y extraer por procedimientos físicos (filtración, centrifugación, evaporación, cromatografía, etc). Se distinguen dos grupos:

1. **Inorgánicos:** llamados así pues están presentes en la materia viva y en la inerte. Son sustancias sencillas como el agua, las sales minerales (aniones y cationes) y algunos gases ( $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{CO}_2$ ).
2. **Orgánicos:** exclusivos de la materia viva, son los glúcidos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. Bastantes son **macromoléculas** de gran tamaño y complejidad, puesto que son **polímeros** resultantes de la unión de gran cantidad de moléculas sencillas denominados **monómeros**.



### 3- EL AGUA

El agua (H<sub>2</sub>O) es cuantitativamente el compuesto más importante (75 % en peso de media). La cantidad ha de mantenerse constante mediante un equilibrio entre las entradas (ingestión directa y agua metabólica de los nutrientes) y las salidas (por respiración y excreción).

SERES VIVOS (%)		ÓRGANOS (%)	
Medusa	95	Cerebro	85
Hongo	90	Músculo	75
Alfalfa	75	Hígado	70
Insecto	72	Cartilago	55
Ser humano	65	Hueso	22
Liquen	55	Diente	10

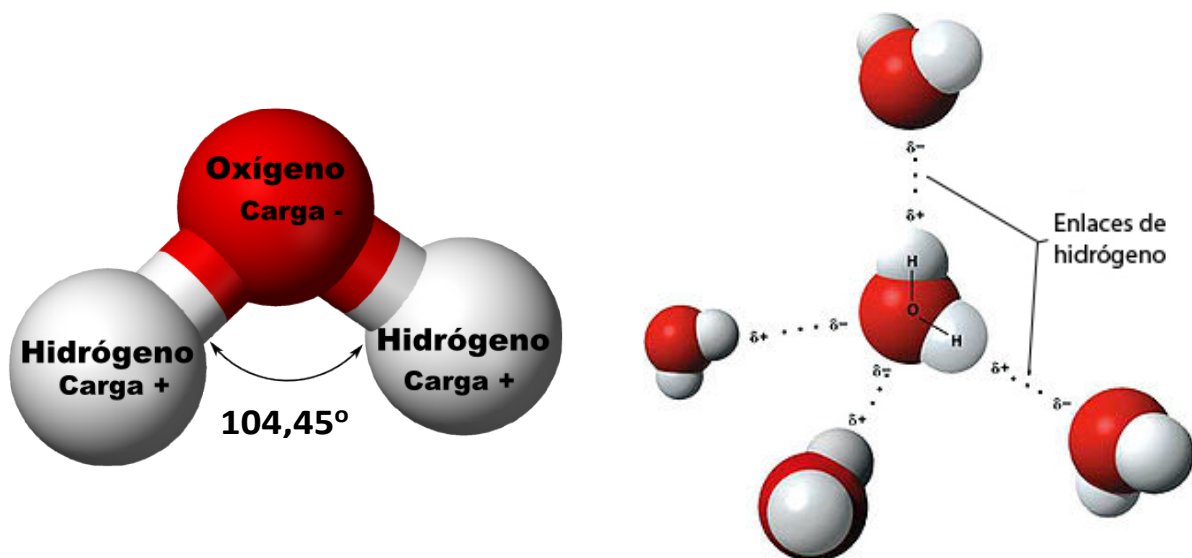
No obstante, la proporción de agua presente en un organismo o parte de él varía en función de las siguientes variables:

- Tipo de **organismo**: medusa (95%), cebolla (92%) y ser humano (63%).
- **La edad**, a la que es inversamente proporcional; feto humano (94%), adulto (63%).
- **Actividad fisiológica**: a la que es directamente proporcional. Por ejemplo, el sistema nervioso (85%) frente al tejido óseo (22%) o las semillas (10 %).

El agua se encuentra presente en los seres vivos de dos maneras: **intracelular** (en el citoplasma y dentro de las estructuras celulares, suponiendo las dos terceras partes del total) y **extracelular** (la tercera parte restante), tanto como agua intersticial (entre células de un tejido) como agua circulante (entre los tejidos, como la sangre y la savia).

#### Estructura química de la molécula de agua:

El agua consta de una molécula formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos mediante dos enlaces covalentes polares que forman un ángulo de 104 °. Esta disposición impide que se anulen las cargas de los enlaces polares originados por la diferencia de electronegatividad entre el O y el H, por lo que esta pequeña molécula se comporta como un **dipolo eléctrico**, con una ligera distribución de cargas, aunque la molécula sea eléctricamente neutra.



Por otra parte, las moléculas de agua se unen entre sí mediante unos enlaces intermoleculares débiles llamados **puentes de hidrógeno**, que se establecen entre un átomo electronegativo como el oxígeno y un átomo de hidrógeno unido a otro oxígeno electronegativo. Por tanto, el agua en estado líquido consiste en una mezcla de polímeros en proporción variable (a menor temperatura, mayor es el número de moléculas que tiene cada uno de los polímeros).

Esta particular estructura de la molécula de agua origina una serie de propiedades, de las que se derivan las distintas funciones del agua:

- Una **alta constante dieléctrica** (tendencia de un disolvente a oponerse a la atracción de iones de signo opuesto) gracias a su carácter dipolar. Esto explica el **alto poder disolvente** del agua, pues los dipolos se interponen entre los iones de carga opuesta y posibilitan su disociación. El agua es un buen disolvente de compuestos iónicos y covalentes polares (hidrófilas), por lo que se convierte en el medio interno en donde se producen las reacciones metabólicas y, al movilizarse, en el medio de transporte de las sustancias por el interior de los seres vivos.
- **Elevados puntos de fusión y ebullición** (0° y 100° respectivamente), **calor específico** (1 cal/g °C) y **calor de vaporización** (540 Kcal / g); todo ello a que la presencia de puentes de H hace necesario un aporte suplementario de energía para romperlos. Esto hace que el agua pueda absorber grandes cantidades de calor sin que aumente mucho su temperatura y viceversa, de ahí su importante papel **termorregulador** para evitar cambios bruscos de temperatura, muy importante para moléculas sensibles como las proteínas. Otra consecuencia que se deriva de todo esto es el hecho de que el agua sea **líquida** a temperatura ambiente, por lo que es el medio de transporte de las sustancias disueltas y actúa como lubricante o amortiguador en los movimientos (para evitar el desgaste de estructuras).
- El agua presenta un **comportamiento anómalo de la densidad**, dado que alcanza un máximo a 4° C, para ir disminuyendo al alejarse de ese valor. La estructura reticular del agua líquida generada por los enlaces de puentes de H es más compacta que la del hielo, por lo que su volumen se hace inferior (el agua líquida establece 3,4 puentes de H por molécula y el hielo 4, lo que en este caso genera una estructura cristalina con unos huecos mayores). Esto hace que el hielo flote sobre el agua líquida, aislándolo del exterior y posibilitando la vida subacuática en invierno. Por otra parte, el agua caliente flota sobre el agua fría.
- La presencia de un **alto grado de cohesión de las moléculas** debido a la existencia de los puentes de H, algo que lo convierte en un líquido casi incompresible. A consecuencia de esto, el agua tiene una elevada tensión superficial (se forma una delgada película elástica en la superficie, lo que permite el desplazamiento de algunos insectos) y una elevada fuerza de adhesión (se adhiere a un sólido y lo recubre) que permite el ascenso en contra de la gravedad a través de unos conductos muy finos en un proceso denominado **capilaridad** (es el caso del ascenso de savia bruta por vasos leñosos de las plantas). Por la misma razón se producen las **deformaciones** en el citoplasma o la presencia de un **esqueleto hidrostático** en los vegetales y los animales de cuerpo blando como los gusanos.
- El agua interviene como **reactivo** en algunas reacciones metabólicas como la fotólisis en la fotosíntesis, la hidrólisis, o la liberación de agua metabólica.

#### 4- LAS SALES MINERALES

Son moléculas inorgánicas iónicas que en presencia de agua se disocian en sus iones. En los seres vivos pueden encontrarse de tres maneras:

1. **Disueltas** en agua, en forma de cationes ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) y aniones ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ , fosfatos). Desempeñan importantes funciones en la célula como el mantenimiento de la homeostasis (equilibrio osmótico y del pH) y la regulación de la acción catalítica de las enzimas. También están implicadas en importantes funciones fisiológicas (transmisión del impulso nervioso, la sinapsis, la coagulación de la sangre,

la contracción muscular, etc). Por último, hay que mencionar que cationes como nitratos, sulfatos y fosfatos son nutrientes para los organismos autótrofos.

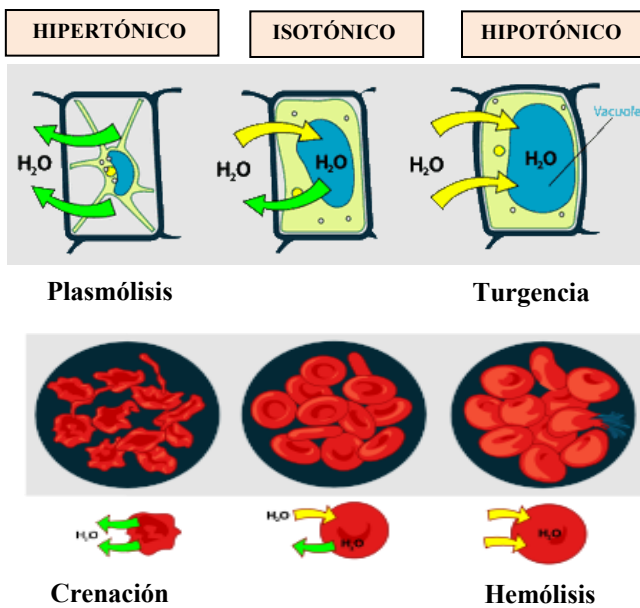
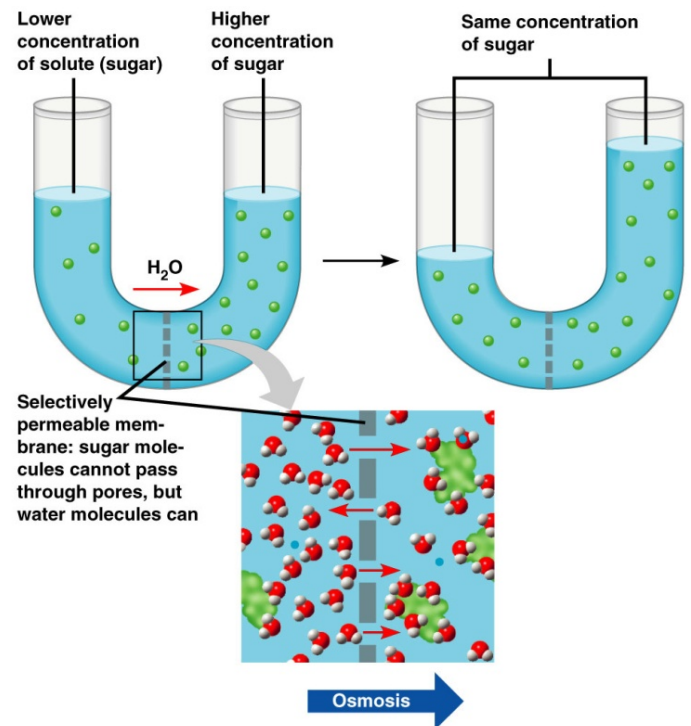
2. **Precipitadas**, formando depósitos sólidos e insolubles. Por su rigidez, originan estructuras esqueléticas o de sostén como caparzones (diatomeas, de Si), conchas (de moluscos, carbonatos de Ca) y huesos (fosfatos de Ca).
3. **Asociadas** a moléculas orgánicas como fosfolípidos, fosfoproteínas, hemoglobina (Fe), clorofila (Mg), tiroxina (I), etc.

#### 4.1 LA REGULACIÓN DE FENÓMENOS OSMÓTICOS

La **ósmosis** es un proceso que tiene lugar entre dos soluciones separadas por una membrana semipermeable (permite el paso de moléculas del disolvente, pero no la de los solutos) y consiste en el paso del disolvente (generalmente agua) de la solución más diluida (**hipotónica**) a la más concentrada (**hipertónica**), hasta igualarse las concentraciones (**isotónicas**).

La **presión osmótica** consiste en la presión que ejercen las partículas de soluto sobre la membrana semipermeable. También es la presión necesaria para evitar el paso de agua de una solución más diluida a la más concentrada. Es directamente proporcional a la diferencia de concentraciones de las dos disoluciones.

Las membranas biológicas son semipermeables pues dejan pasar el agua, aunque permiten el paso selectivo de algunos iones (**permeabilidad selectiva**). Las soluciones que rodean una célula han de ser isotónicas (misma concentración), para mantener el balance hídrico.



- Si el medio es isotónico (misma concentración de solutos), la célula no sufre ninguna deformación, pues las entradas y salidas de agua están equilibradas.
- Si el medio es hipertónico (mayor concentración), se produce una salida neta de agua de la célula por lo que se arrugan y deforman en un fenómeno denominado **plasmólisis** en células vegetales y **crenación** en células animales.
- Si el medio es hipotónico (menor concentración), entra más agua a la célula, por lo que se hincha, produciéndose la **turgencia** en células vegetales y la **hemólisis** en eritrocitos. En casos extremos, se puede producir la destrucción de la célula.

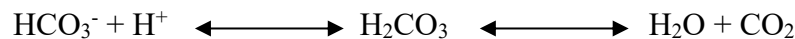
Existen sustancias distintas al agua como los gases ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ , etc) o algunas sustancias apolares que pueden atravesar las membranas biológicas en un proceso que se denomina **difusión**. También se produce de la solución de mayor concentración a la de menor concentración hasta alcanzar el equilibrio (misma concentraciones de soluto a ambos lados de la membrana). Un ejemplo de este proceso sería el intercambio de gases a través de la superficie respiratoria de los animales.

#### 4.2 LA REGULACIÓN DEL EQUILIBRIO ÁCIDO - BASE

El agua tiene un bajo grado de ionización, lo que hace que la concentración de protones ( $H^+$ ) y iones hidroxilo ( $OH^-$ ) sea muy baja. Esto hace que la adición de un ácido o de una base provoque cambios bruscos en el pH.

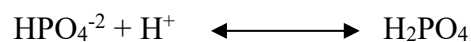
Algunas sales minerales forman parte de los **sistemas amortiguadores** o tampón, consistentes en una solución de un ácido débil y su sal correspondiente (que genera su base conjugada). Su función es la de mantener constante los niveles de pH (generalmente en niveles fisiológicos) para evitar la inhibición de funciones (sobre todo enzimáticas) que puede suponer una variación de este parámetro como consecuencia de la liberación de productos con carácter ácido o básico en las reacciones metabólicas.

El **sistema tampón bicarbonato** es propio del medio extracelular, como la sangre, y está formado por el par  $H_2CO_3/NaHCO_3$ . Teniendo presente que el bicarbonato se disocia en solución acuosa ( $NaHCO_3 \leftrightarrow Na^+ + HCO_3^-$ ), se establece el siguiente equilibrio:



- En caso de acidez, aumenta la  $[H^+]$  y consecuentemente baja el pH. Para evitar esto, el equilibrio se desplaza a la derecha para que desaparezcan protones del medio y así restablecer el pH.
- En caso de alcalinidad, disminuye la  $[H^+]$  y aumenta por tanto el pH. Entonces, entra en acción el tampón desplazando equilibrio a la izquierda, lo que genera los protones necesarios para disminuir el pH.

El **sistema tampón fosfato** actúa en el medio intracelular y está formado por el par  $H_2PO_4^- / HPO_4^{2-}$ , que establece el equilibrio siguiente, con un mecanismo análogo al del anterior sistema amortiguador:



Las **proteínas** también actúan como amortiguadores, generalmente dentro de las células.

#### 4.3 LA ACCIÓN ESPECÍFICA DE CATIONES

Algunos cationes tienen una acción específica como cofactores o como integrantes en numerosos procesos, de ahí la importancia de mantener las proporciones relativas para evitar alteraciones en esas funciones. Algunos de estos cationes tienen funciones antagónicas (el  $Ca^{+2}$  favorece la contracción muscular mientras que el  $Mg^{+2}$  la inhibe). Ejemplos son:

- $K^+$  y  $Na^+$ : participan en el mantenimiento del equilibrio hídrico celular y orgánico, además de la transmisión del impulso nervioso.
- $Ca^{+2}$ : interviene en procesos como la contracción muscular, la coagulación, la sinapsis nerviosa, la permeabilidad de las membranas celulares, etc.
- $Mg^{+2}$ : está presente en la clorofila y es el cofactor de muchas enzimas implicadas en la formación del ATP, la replicación del ADN o la síntesis de ARN.
- $Cu^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ : actúan como cofactores de enzimas.

## 5- LOS ENLACES QUÍMICOS EN LAS BIOMOLÉCULAS ORGÁNICAS

Gracias a la gran versatilidad del átomo de carbono, las biomoléculas orgánicas, forman **macromoléculas**, una estructura que tiene las siguientes características:

- Se parte de unidades básicas, que se denominan **monómeros** (por ejemplo, la glucosa, los aminoácidos).
- Se unen entre sí de forma repetida para formar unidades mayores, denominadas **polímeros**.
- Mediante su combinación, suponen la base química de todas las estructuras de los seres vivos.
- Tienen la capacidad de almacenar energía (para luego liberarla cuando se necesita) o información (para realizar funciones).

En la estructura macromolecular están implicados varios tipos de enlaces, que por la energía que necesitan para romperse se agrupan en:

1. **Enlaces fuertes:** Necesitan una elevada cantidad de energía para que se rompan (más de 90 Kcal/mol), por lo que nunca lo hacen espontáneamente (sin aporte externo de energía). Determinan la composición de los monómeros (unión entre los átomos) o de los polímeros (unión entre monómeros). Dentro de este grupo, en los seres vivos se encuentra especialmente el **enlace covalente**, consistente en la compartición de electrones de los átomos que se enlazan, aunque también el **enlace iónico** (unión electrostática de cationes y aniones en una red cristalina) en estructuras protectoras como esqueletos y caparazones.
2. **Enlaces débiles:** Un pequeño aporte energético (entre 1 y 7 Kcal/mol) basta para desintegrarlos, por lo que es posible su rotura espontánea. Determinan la estructura tridimensional de los polímeros y también la interacción entre las biomoléculas. Destacan los siguientes tipos de enlaces:
  - Las **interacciones iónicas** consisten en la unión de moléculas orgánicas mediante atracción electrostática de grupos de distinto signo. La fuerza de enlace en solución acuosa (común en los seres vivos) es de 5 Kcal/mol, mientras que en forma cristalina (común en el mundo inorgánico mineral) es de 80 Kcal/mol.
  - El enlace de **puentes de hidrógeno** se produce entre un átomo electronegativo y un átomo de hidrógeno unido a otro átomo electronegativo (N, F, O). La fuerza de enlace es de 4 Kcal/mol y a ello se debe muchas propiedades del agua líquida y la estructura tridimensional de ácidos nucleicos y proteínas.
  - Las **interacciones hidrofóbicas** constituyen una modalidad de las fuerzas Van der Waals (fuerzas de tipo electrostático entre distintas moléculas) que consisten en uniones entre grupos apolares hidrófobos al formarse dipolos temporales. De este modo, excluyen el agua para adquirir así una situación más estable. Es el que se produce en los lípidos de membrana.

## 6- LAS DISPERSIONES COLOIDALES

Según el tamaño de las partículas, se pueden distinguir tres tipos de mezclas homogéneas:

- 1- **Disoluciones:** mezclas de uno o varios solutos de bajo peso molecular que se encuentran en el seno de un disolvente (la sustancia que se encuentra en mayor proporción).

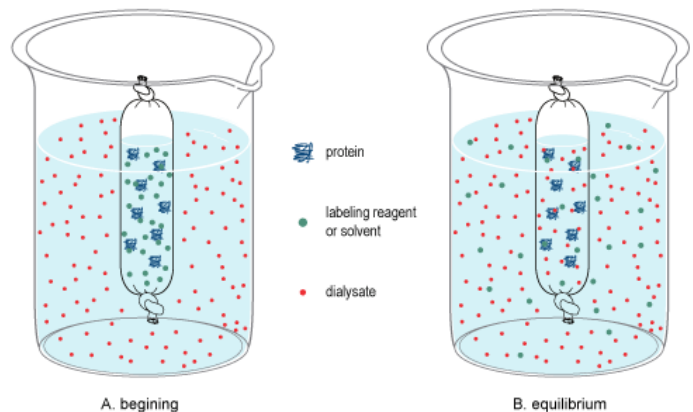


- 2- **Dispersiones coloidales.** Estas mezclas constan de dos o más fases: la dispersante y la o las dispersas. Estas últimas constan de moléculas de alto peso molecular (los coloides) que se encuentran dentro de una fase dispersante (el agua en los sistemas biológicos). Si el coloide es sólido, se trata de una suspensión y si el coloide es un líquido inmisible con la fase dispersante, hablamos de una emulsión.
- 3- **Suspensiones:** en este caso, las partículas son de gran tamaño (a veces incluso macroscópicas) que se encuentran suspendidas en una sustancia generalmente fluida.

Propiedades de las dispersiones coloidales:

- **Pueden presentar dos formas:** el sol y el gel. En los **soles**, la fase dispersa es un sólido y la dispersante es un líquido, razón por la que su estado generalmente es líquido. Los **geles** en cambio son semisólidos ya que la fase dispersa es un líquido y la dispersante una red de fibras, sobre las cuales se adhieren las partículas de líquido.
- El proceso de **gelificación** es aquel en el que un coloide pasa de sol a gel y puede ser reversible o irreversible. *Un ejemplo sería el citosol celular (que se convierte en gel en la periferia, por lo que puede emitir pseudópodos) o las mucosas.*
- Tienen una **elevada viscosidad:** el gran tamaño de las moléculas genera una resistencia interna al desplazamiento del líquido.
- Poseen un elevado poder **adsorbente**, es decir, pueden atraer y retener en su superficie partículas como átomos, iones o moléculas gracias a la formación de enlaces Van der Waals. Se produce por ejemplo en las uniones enzima- sustrato o antígeno-anticuerpo.
- Aparece una **capacidad de sedimentación** de las partículas cuando se someten a intensos campos gravitatorios (en centrifugadoras y ultracentrífugas). Esto permite la separación de componentes en virtud de su masa.
- Cuando un haz luminoso atraviesa una dispersión coloidal se produce una opalescencia de la misma (se hace visible, especialmente en un fondo oscuro) en lo que se conoce como **efecto Tyndall**. El gran tamaño de las partículas del coloide produce la dispersión de la luz que permite esta opalescencia.
- Las fases de un coloide se pueden separar mediante métodos como:

a) La **diálisis**, en la que una membrana semipermeable como el celofán deja pasar los solutos pequeños a través de ella, pero no a los coloides (de mayor tamaño). Es el caso de la hemodiálisis de los individuos con insuficiencia renal.



b) La **electroforesis**, consistente en el transporte de los coloides a través de un gel gracias a la acción de un campo eléctrico. Permite separar proteínas y fragmentos de ácidos nucleicos presentes en una muestra biológica, teniendo en cuenta que la distancia recorrida será mayor cuanto mayor sea la carga eléctrica de la sustancia y menor sea su peso molecular.