

## BIOELEMENTOS

El análisis químico de la materia viva pone de manifiesto que en su composición se encuentran una serie de elementos llamados **bioelementos o elementos biogénicos**. Ninguno de ellos es propio y exclusivo de la materia viva ya que forman parte también, de la materia mineral, de tal manera que sólo un número relativamente reducido de los elementos que se encuentran en la naturaleza entra a formar parte de la materia viva.

Los principales elementos biogénicos, **bioelementos primarios**, son cuatro: **C, H, O y N**. Estos 4 elementos forman parte de la materia viva en un porcentaje muy superior a los restantes gracias a poseer dos propiedades fundamentales:

1. Tener un peso atómico bajo: C=12, H=1, O=16 y N=14. Esto les permite formar combinaciones por un lado muy complejas y por otro inestables, lo cual resulta muy útil para el continuo construir y destruir de materia a que se ven sometidos los seres vivos por su metabolismo. Estos 4 elementos son además muy solubles en agua, circunstancia favorable para ser incorporados al ser vivo o eliminados de él.
2. Abundan en las capas más externas de la Tierra, es decir, atmósfera, hidrosfera y litosfera, que son las que se hallan más en contacto con los seres vivos. Esta propiedad es importante ya que los seres vivos necesitan formarse con elementos que puedan conseguir con facilidad, es decir, que abunden en la naturaleza para poder disponer de ellos en cualquier momento.

Un detalle importante respecto al C y al N es que, debido a su posición central en el Sistema Periódico presentan la misma afinidad para unirse con el O que con el H, es decir, pueden pasar con facilidad del estado oxidado (CO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>H) al reducido (CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>).

Junto a estos 4 bioelementos, en la materia viva se encuentran en menor cantidad; **S, P**, llegando todos ellos a constituir el 95% de la materia de un ser vivo.

Otro grupo de elementos se encuentran en todos los seres vivos en menor proporción; son los llamados **bioelementos secundarios: K, Na, Ca, Mg y Cl**. Suelen encontrarse formando parte de moléculas a las que confieren características específicas y de gran importancia en los sistemas biológicos.

La proporción en que se encuentra un elemento biogénico no está en relación con su importancia biológica pues algunos de ellos entran a formar parte de la materia viva en cantidades insignificantes y sin embargo desempeñan papeles de gran trascendencia, de tal manera que su carencia provoca serios trastornos porque son indispensables para que los fenómenos vitales se desarrollen con normalidad. A estos elementos se les denomina oligoelementos y entre ellos pueden citarse:

1. **Hierro (Fe)**: Forma parte de la hemoglobina, pigmento rojo de la sangre de los Vertebrados. También forma parte de los citocromos. El Fe apenas se elimina del organismo y es utilizado varias veces cuando se destruyen los compuestos de que forma parte y por ello sus necesidades alimenticias son mínimas. No obstante, su escasez o carencia produce anemia.
2. **Cobre (Cu)**: Forma parte de la hemocianina, pigmento rojo de la sangre de los Invertebrados, de papel semejante a la hemoglobina.
3. **Manganeso (Mn)**: Es básico para que las plantas verdes puedan sintetizar la clorofila. Actúa además como catalizador de muchas reacciones metabólicas.
4. **Cinc (Zn)**: También importante como catalizador.
5. **Yodo (I)**: Elemento básico para la formación de la tiroxina, hormona producida por la glándula tiroides cuya deficiencia origina la enfermedad llamada bocio.
6. **Cobalto (Co)**: necesario para sintetizar la vitamina B<sub>12</sub>

Los elementos biogénicos rara vez se encuentran en estado libre. En general, se combinan entre sí para formar sustancias compuestas definidas. Estos compuestos que se pueden aislar por medios puramente físicos como la disolución, la filtración, la destilación, la centrifugación, etc. constituyen los llamados principios inmediatos. Pueden ser inorgánicos (agua y sales minerales) u orgánicos (glúcidos, lípidos, prótidos y ácidos nucleicos).



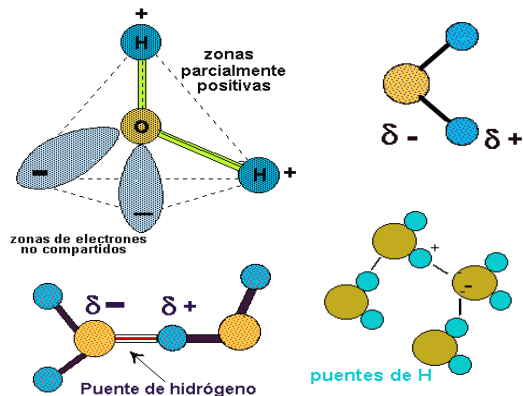
## AGUA: PROPIEDADES E IMPORTANCIA BIOLÓGICA

La vida en la Tierra se desarrolla en medio acuoso. Incluso en los seres no acuáticos el medio interno es hídrico. La mayoría de las reacciones bioquímicas se desarrollan en el agua y obedecen las leyes fisicoquímicas de las disoluciones acuosas. Por ello, el agua es el componente mayoritario de los seres vivos. El cuerpo humano, por ej., está formado en un 75% por agua, aunque los tejidos que con mucha actividad, como el nervioso, son agua en un 90%. Sólo los tejidos esqueléticos y las semillas de las plantas presentan una baja proporción de agua.

El agua reúne una serie de características que la convierten en un disolvente único e insustituible en la Biosfera. En cuanto a sus propiedades fisicoquímicas cabe destacar:

1.- **La molécula de agua tiene un marcado carácter dipolar.** Aunque tiene una carga total neutra (posee el mismo número de protones y de electrones), presenta una distribución asimétrica de sus electrones:

- alrededor del O se concentra una densidad de carga negativa ( $\delta^-$ ) debido a que es un elemento mucho más electronegativo que el H,
- por ello los núcleos de H quedan desnudos, desprovistos parcialmente de sus electrones y manifiestan, por tanto, una densidad de carga positiva ( $\delta^+$ ).



Este carácter dipolar de la molécula de agua es de trascendental importancia y tiene múltiples consecuencias:

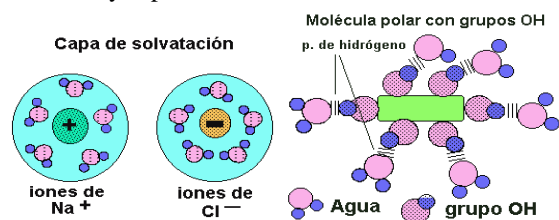
- Se pueden establecer interacciones dipolo-dipolo entre las propias moléculas de agua formando uniones electrostáticas llamadas **puentes o enlaces de H**: la carga parcial negativa del O de una molécula ejerce atracción electrostática sobre las cargas parciales positivas de los átomos de H de otras moléculas adyacentes.

Aunque son uniones débiles, el hecho de que alrededor de cada molécula de agua se dispongan otras 3 moléculas unidas por puentes de H permite que adquiera una **estructura reticular**, responsable de su comportamiento anómalo y de sus propiedades fisicoquímicas: todas las demás propiedades del agua son consecuencia de ésta.

2.- El amplio margen de temperaturas en que permanece en **fase líquida** ( $0^\circ-100^\circ$ ) proporciona variadas posibilidades de vida, desde los organismos psicrófilos que pueden desarrollarse a temperaturas próximas a  $0^\circ$ , hasta los termófilos que viven a  $70^\circ-80^\circ$ .

3.- La anómala variación de la **densidad** con la temperatura, con una densidad máxima a  $4^\circ\text{C}$ , determina que el hielo flote en el agua líquida actuando como aislante térmico y, en consecuencia, posibilitando el mantenimiento de la gran masa de agua de los océanos en fase líquida albergando a la mayor parte de la Biosfera.

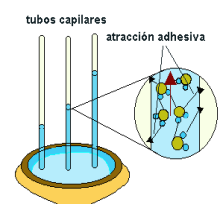
4.- El agua es el **disolvente universal**. Esta propiedad, tal vez la más importante para la vida, se debe a su capacidad para formar puentes de H con otras moléculas de agua o con otras sustancias polares (grupos -OH de alcoholes y azúcares, grupos -NH<sub>2</sub> de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc.), pues se disuelven cuando interactúan con las moléculas del agua.



5.- El agua posee un elevado **calor específico**. Puede absorber grandes cantidades de calor, mientras que, proporcionalmente, su temperatura sólo se eleva ligeramente. Del mismo modo, su temperatura desciende con más lentitud que la de otros líquidos a medida que va liberando energía al enfriarse. Esta propiedad permite que el contenido acuoso de las células sirva de protección a las sensibles moléculas orgánicas ante los cambios bruscos de temperatura. Además, el calor que se desprende en los procesos metabólicos no se acumula en los lugares donde se produce, sino que se difunde en el medio acuoso y se disipa finalmente hacia el medio externo.

6.- El agua posee una elevada **fuerza de cohesión** entre sus moléculas. Los puentes de H mantienen a las moléculas de agua fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible. Gracias a ello, algunos seres vivos utilizan el agua como esqueleto hidrostático.

7.- Posee una elevada **fuerza de adhesión** debida a los puentes de H entre moléculas de agua y otras moléculas polares y es responsable, junto con la cohesión, del fenómeno de **capilaridad**, es decir, el ascenso de agua a través de las paredes de un capilar (delgado tubo de vidrio).



Los seres vivos van renovando continuamente su contenido en agua, ingiriéndola con la alimentación y perdiéndola con la respiración como vapor y con la excreción (orina, sudor, etc.)



## SALES MINERALES: PROPIEDADES E IMPORTANCIA BIOLÓGICA

Los seres vivos poseen sales minerales que se clasifican en función de su solubilidad en agua.

- **Las sustancias salinas insolubles en agua** forman estructuras sólidas que cumplen funciones de protección y sostén. Crustáceos y Moluscos tienen caparazones de carbonato cálcico ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ), en Diatomeas son de sílice ( $\text{SiO}_2$ ); el esqueleto interno de los Vertebrados está formado por la asociación de varios minerales, carbonato y fosfato cálcico [ $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$ ], el esmalte de los dientes presenta fluoruro cálcico ( $\text{F}_2\text{Ca}$ ).
- **Las sales minerales solubles en agua** se encuentran disociadas en sus iones correspondientes que son los responsables de su actividad biológica. Los principales iones son:
  - ⇒ Cationes:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).
  - ⇒ Aniones:  $\text{Cl}^-$ , fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ ,  $\text{PO}_4\text{H}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ).

Los iones minerales realizan múltiples funciones en el organismo, destacando las siguientes:

- **Regulación de los fenómenos osmóticos:** cuando dos disoluciones salinas de distinta concentración se ponen en contacto a través de una membrana semipermeable (permite el paso de agua pero no de los iones disueltos en ella) las dos disoluciones tienden a equilibrar sus concentraciones. Como los iones no pueden atravesar la membrana, es el agua de la disolución más diluida la que va pasando a la más concentrada. Este paso de agua cesa cuando ambas disoluciones adquieren la misma concentración. La disolución más concentrada recibe el nombre de **hipertónica** respecto a la menos concentrada que es la **hipotónica**; en el equilibrio se dice que las dos disoluciones son **isotónicas**. Este fenómeno se conoce con el nombre de **ósmosis** y el paso del agua a través de la membrana semipermeable genera una presión llamada **presión osmótica** que será mayor cuanto mayor sea la diferencia de concentración en las disoluciones. Los seres vivos mantienen en sus células una presión osmótica constante gracias a las sales minerales y son muy sensibles a sus variaciones que le provocan serios trastornos, por ello toda disolución en contacto directo con las células de un organismo debe ser isotónica con respecto a su interior, ya que las membranas celulares se comportan como semipermeables. Existen dos ejemplos típicos que demuestran la importancia de los fenómenos osmóticos en el mantenimiento de la integridad celular:

- Las células vegetales poseen una gran vacuola que comprime el citoplasma contra la pared celular. En contacto con una solución hipertónica respecto del líquido de la vacuola, el agua de ésta fluye hacia el exterior de la célula y, como consecuencia, la vacuola se reduce de tamaño arrastrando al citoplasma, que puede llegar a separarse de la pared celular. Este fenómeno se denomina **plasmólisis**. Por el contrario, si la solución que se pone en contacto con la célula es hipotónica, la corriente de agua se establece hacia el interior, comprimiendo el citoplasma contra la pared celular. Este caso se llama **turgencia**.
- Los glóbulos rojos, que carecen de pared celular, al entrar en contacto con una solución hipertónica, disminuyen de volumen y se arrugan al salir agua al exterior. Si los ponemos en contacto con una solución hipotónica, el agua pasa al interior y el glóbulo rojo se dilata, pudiendo llegar a estallar rompiéndose su membrana. Este caso extremo se llama **hemólisis**.

- **Regulación del equilibrio ácido-base:** En los seres vivos existe siempre una cierta cantidad de hidrogeniones ( $\text{H}^+$ ) y de iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ) que proceden de:

- La disociación del agua que proporciona los dos iones:  $\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$
- La disociación de cuerpos con función ácida que proporcionan  $\text{H}^+$ :  $\text{HCl} \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}^+$
- La disociación de cuerpos con función básica que proporcionan  $\text{OH}^-$ :  $\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

Los hidrogeniones tienen carácter ácido, mientras que los hidroxiliones lo tienen alcalino. Por lo tanto la acidez o alcalinidad del medio interno de un organismo dependerá de la proporción en que se encuentren los dos iones. Así será neutro cuando  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ , ácido cuando  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  y alcalino cuando  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ . Para que los fenómenos vitales puedan desarrollarse con normalidad es necesario que la concentración de  $\text{H}^+$ , que se expresa en valores de pH sea más o menos constante y próxima a la neutralidad, es decir,  $\text{pH} = 7$ . Sin embargo, en las reacciones del metabolismo se están liberando productos tanto ácidos como básicos que tenderían a variar dicha neutralidad si no fuera por unos mecanismos químicos que se oponen automáticamente a las variaciones de pH. Estos mecanismos se denominan **sistemas amortiguadores o sistemas tampón**, y en ellos intervienen de forma fundamental las sales minerales. Lo más frecuente es que el pH tienda a desplazarse hacia el lado ácido por lo que los sistemas tampón actúan evitando este desplazamiento. Un tampón está formado por una mezcla de un ácido débil y una sal del mismo ácido; el más común es el formado por el ácido carbónico ( $\text{CO}_3\text{H}_2$ ) y el bicarbonato sódico ( $\text{CO}_3\text{HNa}$ ). Si el organismo se ve sometido a un exceso de ácido clorhídrico, liberará protones que harán disminuir el pH. Entonces interviene el sistema amortiguador y ocurre lo siguiente:

1.- La sal (bicarbonato sódico) reacciona con el ácido clorhídrico:  $\text{CO}_3\text{HNa} + \text{ClH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_3\text{H}_2$   
La sal que se forma ( $\text{NaCl}$ ) es neutra; si se disocia, no libera protones y, habitualmente se expulsa por la orina.

2.- El ácido carbónico formado podría incrementar la acidez, pero rápidamente se descompone en  $\text{CO}_2$ , que se libera con la respiración, y agua que es neutra:  $\text{CO}_3\text{H}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

En resumen, todos los hidrogeniones que podrían provocar un estado de acidez desaparecen manteniéndose el estado de neutralidad.

