

TEMA 2. EL AGUA.

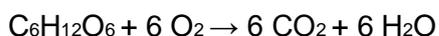
2.0. INTRODUCCIÓN.

El agua es la sustancia química más abundante en la materia viva. En los humanos representa el 63 % de su peso, en las algas el 95 %, en el embrión humano el 94 %. Entre los límites inferiores están los huesos, con un 22 %, algunas semillas, con un 20 %, y la dentina de los dientes, con sólo un 10 %. Existe una relación directa entre contenido en agua y actividad fisiológica de un organismo. Así, los menores porcentajes se dan en seres con vida latente, como semillas, esporas, etc. Los virus no contienen agua. El agua se encuentra en los seres pluricelulares bajo tres formas:

- Como **agua circulante**; por ejemplo, en la sangre, en la hemolinfa, en la savia, etc.
- Como **agua intersticial** o intercelular, entre las células.
- Como **agua intracelular**, en el citoplasma y en el interior de los orgánulos celulares.

[Un hombre de 70 kg, contiene 3 litros de agua en su sangre (plasma), 11 litros de agua intersticial y 28 litros de agua en sus células. En total 42 litros (y kilos) de agua].

Los organismos pueden conseguir el agua directamente del exterior o a partir de otras biomoléculas mediante diferentes reacciones bioquímicas; es lo que se denomina **agua metabólica**. Por ejemplo, con la oxidación de la glucosa se obtiene agua:



Muchos animales no beben nunca agua porque les basta la que obtienen de las reacciones químicas. Otros, además, cuentan con la de los alimentos y otros, como nosotros, con las anteriores más la que bebemos directamente. Siempre se ha dicho que los camellos tienen agua en las jorobas, pero no es así, sino que se trata de grasa. Pero es cierto que la oxidación de esa grasa con oxígeno da al animal energía y agua metabólica.

2.1. ESTRUCTURA DE LA MOLÉCULA DEL AGUA.

La molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno unida a dos átomos de hidrógeno mediante enlaces covalentes (compartiendo pares de electrones, el oxígeno consigue sus ocho electrones en la capa de valencia y los hidrógenos, los dos que admite su único orbital). Esto hace que la molécula del agua sea neutra desde el punto de vista eléctrico, pero se da una circunstancia que hace de ella una sustancia excepcional:

El agua, a temperatura ambiente, es líquida, al contrario de lo que cabría esperar. Otras moléculas de parecido peso molecular, como el SO₂, el CO₂, el NO₂, el NH₃, etc., son gases. Este comportamiento físico se debe a que en la molécula de agua los electrones de los dos hidrógenos están desplazados hacia el átomo de oxígeno dada su alta electronegatividad, por lo que en la molécula aparece un polo negativo (donde hay

mayor densidad electrónica) y un polo positivo (donde, al haber menor densidad electrónica, predominan las cargas positivas de los núcleos de hidrógeno). Las moléculas de agua son, pues, **dipolos** (pequeños imanes de dos polos). Este carácter de **molécula neutra pero polar** aparece en otras biomoléculas orgánicas como se verá más adelante, pero al agua le otorga unas propiedades que la hacen imprescindible para la vida.

Entre los dipolos del agua se establecen fuerzas de atracción llamadas **puentes de hidrógeno**, formándose grupos de 3, 4 y hasta poco más de 9 moléculas. Con ello se alcanzan pesos moleculares elevados y el H₂O se comporta como un líquido. [Estas agrupaciones duran fracciones de segundo, lo cual confiere al agua todas sus propiedades de fluido. En la realidad, coexisten estos pequeños polímeros de agua con moléculas aisladas que rellenan los huecos].

2.2. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA.

De su polaridad dentro de la neutralidad se derivan unas cualidades que se analizan a continuación.

Elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas, debida a los puentes de hidrógeno. Esto explica que el agua tenga una elevada **tensión superficial**, es decir, que su superficie oponga una gran resistencia a romperse. [Por esto, por ejemplo, el agua moja con dificultad ciertos tejidos. Los detergentes contienen *tensioactivos* que son moléculas que precisamente disminuyen esta tensión superficial rompiendo los puentes de hidrógeno y permitiendo que cada molécula de agua pueda entrar entre las fibras y atraer o arrastrar las manchas de suciedad].

Elevado calor específico. Esto significa que hace falta mucho calor para elevar su temperatura (hay que romper puentes de hidrógeno). Esto la convierte en estabilizador térmico del organismo frente a los cambios bruscos de temperatura del ambiente.

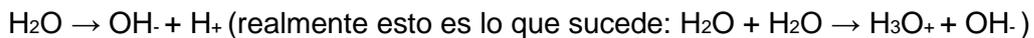
Elevado calor de vaporización. Debido a que para pasar del estado líquido al gaseoso hay que romper todos los puentes de hidrógeno.

Mayor densidad en estado líquido que en estado sólido. Se trata de una curiosa anomalía. Ello explica que el hielo flote sobre el agua líquida y forme una capa superficial termoaislante que permite la vida en ríos, mares y lagos. (Y también explica que se nos reviente la botella puesta a enfriar en el congelador).

Elevada constante dieléctrica. Por tener moléculas dipolares, el agua es un gran medio disolvente de muchos compuestos iónicos, como sales minerales, y de compuestos covalentes polares como muchos glúcidos. El proceso de disolución se debe a que las moléculas de agua, al ser polares, se disponen alrededor de los grupos polares del soluto [solvatación], llegando en el

caso de los compuestos iónicos a desdoblarlos en aniones y cationes, que quedan así rodeados por moléculas de agua.

Las sustancias **anfipáticas** son aquellas que presentan una parte polar de la molécula y otra apolar y por tanto una porción soluble y otra insoluble en agua. Estas moléculas se organizan formando pequeñas estructuras a modo de esferas llamadas micelas o bien bicapas en las que solo las partes **hidrófilas** se enfrentan al agua ocultándose de ellas las partes **hidrófobas**. Estas moléculas son la base de las membranas biológicas. **Bajo grado de ionización.** Sólo una molécula de cada 551.000.000 de moléculas de agua se encuentra ionizada:



Esto explica que la concentración de iones hidronio (H_3O^+) y de los iones hidroxilo (OH^-) sea muy baja, concretamente 10^{-7} moles por litro ($[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$). [De esta característica se deriva el concepto de pH. Recuérdalo].

2.3. FUNCIONES Y PROPIEDADES BIOLÓGICAS.

Debido a las peculiares propiedades del agua que acaban de ser enumeradas, ésta desempeña funciones muy importantes en el organismo vivo. Las principales son:

Función disolvente de las sustancias. Es básica para la vida, ya que muchos compuestos para reaccionar deben encontrarse en forma ionizada.

Medio de reacción. Casi todas las reacciones biológicas tienen lugar en medio acuoso que posibilita la movilidad de las sustancias reaccionantes. (La deshidratación supone una paralización de las reacciones químicas y así, una semilla puede permanecer “dormida” durante años; en ambiente seco el hierro no se oxida, en cambio simplemente con humedad ambiental sí se produce la reacción).

Función bioquímica. Como **substancia reaccionante**, el agua interviene en muchas reacciones, por ejemplo, en las hidrólisis (rotura de enlaces con intervención de agua), que se dan durante la digestión de los alimentos, como fuente de electrones y de hidrógeno en la fotosíntesis, etc. Pero también es **producto de reacción** (agua metabólica).

Función de transporte de las sustancias desde el exterior al interior de los organismos y en el propio organismo, a veces con un gran trabajo como en la ascensión de la savia bruta en los árboles.

Función estructural. El volumen y forma de las células que carecen de envoltura rígida se mantienen gracias a la presión que ejerce el agua interna. Al perder agua, las células pierden su turgencia natural, se arrugan y hasta pueden llegar a romperse.

Función mecánica amortiguadora y lubricante. Por ejemplo, los vertebrados poseen en sus articulaciones bolsas de líquido sinovial que evita el roce entre los huesos.

Función termorreguladora. Se debe a su elevado calor específico y a su elevado calor de vaporización. Por ejemplo, los animales, al sudar, expulsan agua, la cual, para evaporarse, toma calor del cuerpo y, como consecuencia, éste se enfría. (Con poca agua que se evapore se consigue enfriar mucho el organismo; por el contrario, un organismo al contener agua pierde el calor lentamente aunque disminuya la temperatura exterior).

Capilaridad, tensión superficial y cohesión.

La **capilaridad** es una propiedad de los fluidos que depende de la tensión superficial y esta, a su vez, tiene que ver con la cohesión de las moléculas del líquido entre sí. También está relacionada con la adhesión del líquido a las paredes del conducto. En definitiva, la capilaridad en el caso del agua le permite ascender (ir en contra de la gravedad) por tubos y cavidades suficientemente estrechos. Este fenómeno proporciona una propiedad biológica de enorme importancia ya que es uno de los mecanismos que emplean las plantas para mover la savia bruta desde las raíces hasta los extremos de los tallos y las hojas (los vegetales no tienen un corazón que bombee sus líquidos transportadores). Observa cómo el agua asciende por una servilleta de papel al mojar uno de sus extremos o un azucarillo al ponerlo en contacto con el café. Capilar viene de “pelo” y se refiere al movimiento del agua en tubos o cavidades de diámetro muy fino).

La **tensión superficial** es debida a la cohesión entre las moléculas de agua (o de cualquier líquido). En la superficie libre del líquido aparece una fuerza que tiende a contraer dicha superficie. Esta fuerza o tensión se manifiesta como si sobre la superficie del líquido existiera una membrana. Observa cómo los insectos que llamamos “zapateros” se deslizan sobre la superficie de las charcas sin hundirse en el agua, pero deformando dicha superficie con sus patas. [Dado que en el agua la tensión superficial es muy alta, resulta que en muchas ocasiones forma gotas en vez de mojar los objetos que queremos limpiar (ya sea ropa, nuestras manos o un coche). Los detergentes actúan porque contienen tensioactivos, que son sustancias que disminuyen la tensión superficial. Esto provoca que el agua se expanda y pueda arrastrar la suciedad.

Cohesión. La elevada fuerza de cohesión entre las moléculas de agua permite entre otras cosas la ascensión de la savia bruta en los vegetales (además de por capilaridad y presión osmótica). En las hojas, la evaporación del agua a través de sus estomas, supone que una molécula al evaporarse “tira” de otra obligando a subir la columna de líquido como si de una cuerda se tratase.

Comportamiento anómalo del agua en estado sólido. El hecho de que el agua a 4°C sea más densa que el hielo hace que éste flote, lo cual tiene dos grandes ventajas en la naturaleza, allí en donde las bajas temperaturas invernales se dan: al congelarse el agua de los ríos y lagos de arriba abajo, no mueren los seres que viven en los fondos y

además, el hielo flotante es un excelente aislante térmico que impide, casi siempre, la congelación del agua que hay debajo y que igualmente supondría la muerte de los organismos acuáticos.

2.4. DISOLUCIONES ACUOSAS DE SALES MINERALES. Procesos relevantes.

DIFUSIÓN

Difusión es el proceso irreversible por el cual un grupo de partículas añadidas a un medio se distribuye de manera uniforme (ya sea dicho medio vacío o formado por otro grupo de partículas). El movimiento de cada partícula aislada es totalmente aleatorio y se encuentra impulsado por la agitación térmica que posee. Se produce siguiendo un gradiente de concentración (de donde hay más partículas inicialmente a donde hay menos). Una gota de tinta en un vaso de agua o una gota de perfume en una habitación son ejemplos de difusión.

ÓSMOSIS

Cuando dos disoluciones de distinta concentración están separadas por una **membrana semipermeable** que permite el paso de disolvente, pero nada o casi nada el de soluto, se produce el fenómeno de **ÓSMOSIS**. En este caso, las moléculas de disolvente, generalmente agua, pasan de la zona donde existe mayor concentración de esta a la zona donde hay menor concentración de la misma, o lo que es lo mismo, el agua pasa de la solución diluida a la concentrada hasta que las concentraciones de soluto se igualan.

Si la experiencia tiene lugar en recipientes cerrados, al tener el compartimento de mayor concentración de sales un volumen limitado, el transporte de agua a esta zona supondrá un aumento de presión en la misma, conocida como **presión osmótica**. Las membranas biológicas son membranas semipermeables, lo que significa que permiten el paso del agua, pero son selectivas con respecto al paso de iones y otras sustancias.

Las células en estado normal deben encontrarse en un medio **isotónico**, es decir, que la concentración de moléculas debe ser semejante a ambos lados de la membrana.

Si colocamos células en un medio **hipertónico**, es decir, más concentrado en soluto que el interior de la propia célula, las moléculas de agua de las células saldrían al medio hasta que se igualasen las concentraciones a ambos lados de la membrana. Por lo tanto, las células se deshidratan y llegan a morir. Se conoce como **plasmólisis** la separación de la membrana plasmática de una célula vegetal de su pared celular cuando hay deshidratación. Y por extensión también se denomina plasmólisis a la deshidratación de una célula animal en medio hipertónico.

El fenómeno contrario es el de **turgescencia**, y ocurre cuando una célula se encuentra en un medio **hipotónico**, de manera que dicho medio está más diluido que el interior de

la célula. En este caso, las moléculas de agua pasan del medio exterior a la célula, hinchándose ésta. Puede llegarse en el caso de células sin pared al estallido de las mismas.

El fenómeno de la ósmosis está relacionado con las membranas semipermeables, el agua, y con todo tipo de sustancias disueltas en ella. No tienen que ser exclusivamente sales: cualquier molécula o elemento puede producir presión osmótica, dependiendo solo del número de partículas presente en ambos lados de la membrana.

DIÁLISIS

Es el **paso de agua y soluto** de un lugar de mayor concentración a un lugar de menor concentración a través de una membrana. Se trata de una membrana semipermeable que deja pasar el agua y moléculas disueltas de pequeño tamaño. No pueden pasar moléculas que, aunque estén disueltas sean grandes (agua y sales minerales sí pasan, proteínas, ADN, polisacáridos, etc. no lo hacen).

El término diálisis resulta conocido como tratamiento de la sangre a personas con insuficiencia renal. Las membranas empleadas no son “perfectas” como un riñón, pero permiten extraer urea de la sangre, que es el principal producto tóxico de la misma procedente del catabolismo proteico.

TIPOS DE DISOLUCIONES

Existen tres tipos de mezclas de soluto en agua dependiendo fundamentalmente del tamaño de las partículas que intervienen. Se habla de **disoluciones verdaderas** cuando la fase dispersa (el agua es la fase dispersante) está constituida por partículas muy pequeñas (inferiores a $0,1 \mu$), se trata de mezclas homogéneas. Una vez que el soluto se ha disuelto, solo la evaporación del agua o cambios drásticos como por ejemplo de pH, pueden producir la separación de las fases. Las moléculas orgánicas de pequeño tamaño como la glucosa o los aminoácidos o iones de sales como los de la sal común forman disoluciones verdaderas. Cuando las partículas de soluto sobrepasan un cierto tamaño (20μ) se habla de **suspensiones**: una suspensión es una mezcla heterogénea en la que la ausencia de agitación produce la separación por precipitación del soluto (los medicamentos que vienen en sobres constituyen suspensiones cuando se les añade agua, por eso hay que removerlos y siempre queda algo en el fondo del vaso). Pero queda un tipo intermedio de mezclas heterogéneas, formado por aquellas partículas cuyo tamaño oscila entre los extremos que producen disoluciones y suspensiones, son las **dispersiones coloidales**. Las moléculas se agrupan en la fase dispersante formando micelas (Si son de líquido y no se mezclan en agua, se llama a la mezcla **emulsión**). Muchas macromoléculas orgánicas tales como polisacáridos,

proteínas o ácidos nucleicos forman coloides en agua. Puede haber coloides hidrófilos y coloides hidrófobos en función de su comportamiento frente al agua.

Los coloides pueden presentar dos estados diferentes: **sol**, que tiene un aspecto líquido y se asemeja a una disolución verdadera y **gel**, con una textura semisólida y gelatinosa (deriva de la palabra gelatina. En el interior de las células, el hialoplasma constituye una dispersión coloidal en estado de sol que puede, bajo determinadas condiciones pasar a gel de manera reversible.