

**PRINCIPIOS INMEDIATOS  
INORGÁNICOS:**

**EL AGUA y  
LAS SALES MINERALES**

(2-3 sesiones)

# **11.- COMPONENTES MOLECULARES DE LOS SERES VIVOS**

## **1.1.1.- Los elementos biológicamente importantes.**

## **1.1.2.- Las moléculas que componen los seres vivos**

### **- Moléculas inorgánicas**

#### **- Agua:**

- Estructura molecular. Polaridad de la molécula.
- Función biológica
- El agua como disolvente. Dispersiones y disoluciones
- Ionización del agua. Ácidos y bases.

#### **- Sales minerales**

- Funciones de los aniones:
  - Amortiguadores.
  - Mantenimiento del equilibrio osmótico
- Funciones específicas de los cationes.

**- Bioelementos y oligoelementos.**

*Los bioelementos. Introducción. Bioelementos primarios, Grupo del C e H; grupo de N, S y P. Bioelementos secundarios; bioelementos abundantes; Oligoelementos.*

**- Los enlaces químicos y su importancia en biología.**

**- Moléculas e iones inorgánicos: agua y sales minerales.**

*Biomoléculas o principios inmediatos Introducción y esquema.*

*El agua la vida se apoya en su comportamiento anormal; Introducción<sup>1</sup>; Enlaces por puentes de H y estructura reticular del agua líquida; Asociación de moléculas de agua mediante enlaces de hidrógeno.*

*Propiedades del agua; Funciones del agua en los seres vivos.*

*ionización del agua y escala de pH, sólo el concepto.*

*Las sales minerales*

**- Fisicoquímica de las dispersiones acuosas. Difusión, ósmosis y diálisis.**

*Introducción. Propiedades de las disoluciones verdaderas, ósmosis, estabilidad de grado de acidez o pH, disoluciones o disoluciones amortiguadoras.*

*Mantenimiento de concentraciones osmóticas adecuadas, presión osmótica, diálisis, y difusión.*

*Propiedades de las dispersiones coloidales, formas sol y gel, separación por diálisis<sup>2</sup>.*

# ELEMENTOS BIOGÉNICOS: MACROELEMENTOS Y OLIGOELEMENTOS

Cuando se analiza la materia viva se comprueba que está formada esencialmente por agua, sales minerales (principios inmediatos inorgánicos) y por compuestos ricos en carbono (principios inmediatos orgánicos), de cuatro tipos, glúcidos, lípidos, proteínas y ác. nucleicos.

Los elementos que forman parte de los seres vivos se denominan **elementos biogénicos o bioelementos**, y son solo unos pocos de la tabla periódica.

Algunos de ellos aparecen en los seres vivos en cantidades importantes, y se denominan **macroelementos**. Otros aparecen en cantidades accesorias (insignificantes), aunque son esenciales para la vida. Reciben el nombre de **microelementos** u **oligoelementos** (*oligo*=poco).

Los principales **macroelementos** son:

**Bioelementos primarios:** **carbono**, **hidrógeno**, **oxígeno** y **nitrógeno** (CHON). Su masa atómica es baja (**C=12**, **H=1**, **O=16**, **N=14**) y son muy abundantes en la corteza terrestre, en la atmósfera y en la biosfera. Son muy solubles en agua por lo que pueden ser fácilmente incorporados o desechados de los líquidos orgánicos. Los cuatro constituyen el 96% de la materia viva. El **carbono** y el **nitrógeno** poseen igual afinidad para unirse con el **oxígeno** que con el **hidrógeno**, por lo que pueden pasar con facilidad al estado oxidado (CO<sub>2</sub>) o reducido (NH<sub>3</sub>).

**Bioelementos secundarios:** son los otros macroelementos que entran a formar parte de los seres vivos, aunque en menor cantidad (4% en total), son: S (azufre), P (fósforo), Na (sodio), K (potasio), Ca (calcio), Mg (magnesio) y Cl (cloro).

**Azufre (S):** forma parte de muchas **proteínas**. Se encuentra en dos a.a, la cistina y la metionina.

**Fósforo (P):** interviene en muchos compuestos orgánicos (**fosfolípidos**, ac. **nucleicos** etc.).

**Sodio (Na), Potasio (K) y Cloro (Cl):** intervienen en las **membranas** celulares, especialmente en las de las células nerviosas y musculares haciendo que se genere un potencial de reposo o un potencial de acción.

**Calcio (Ca):** interviene en la contracción de las células musculares. Es imprescindible para que se formen los puentes entre la **actina** y **miosina** que permiten la contracción.

**Magnesio (Mg):** interviene también en muchas reacciones metabólicas y es imprescindible para que las plantas verdes puedan formar **clorofila**.

Los **oligoelementos** más importantes son:

- **Hierro (Fe)**: forma parte de la hemoglobina y de otros pigmentos circulatorios de vertebrados, siempre en relación con el transporte de oxígeno. También forma parte de los pigmentos respiratorios (citocromos).
- **Cobre**: forma parte de la hemocianina (*hemos*=hierro, *ciano*=azul), que es el pigmento circulatorio de artrópodos y moluscos. Este pigmento cumple una función similar a la de la hemoglobina.
- **Manganeso**: interviene también en muchas reacciones metabólicas.
- **Cinc**: forma parte de diversos enzimas.
- **Iodo**: forma parte de la tiroxina u hormona tiroidea.
- **Cobalto**: necesario para la síntesis de la Vitamina B<sub>12</sub>.

## Cuadro 2-1. Elementos que se encuentran naturalmente en el cuerpo humano

<b>Símbolo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Número atómico (véase p. 34)</b>	<b>Porcentaje de peso del cuerpo humano</b>
O	Oxígeno	8	65,0
C	Carbono	6	18,5
H	Hidrógeno	1	9,5
N	Nitrógeno	7	3,3
Ca	Calcio	20	1,5
P	Fósforo	15	1,0
K	Potasio	19	0,4
S	Azufre	16	0,3
Na	Sodio	11	0,2
Cl	Cloro	17	0,2
Mg	Magnesio	12	0,1

Oligoelementos (menos del 0,01%): boro (B), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), flúor (F), yodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se), silicio (Si), estaño (Sn), vanadio (V) y cinc (Zn).

# EL AGUA

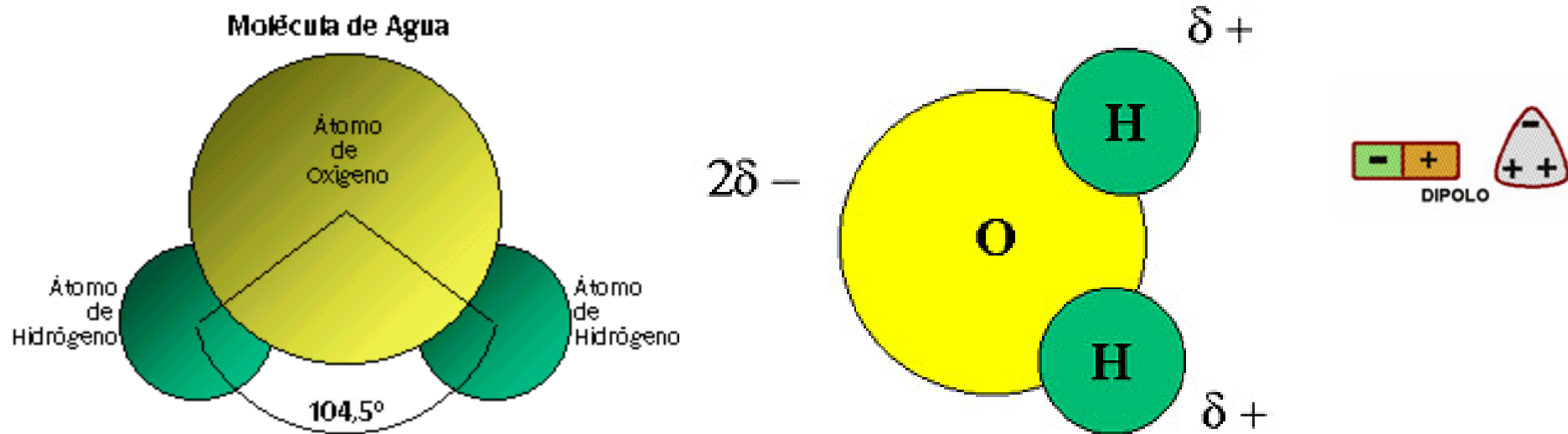
El agua es uno de los principales componentes de los seres vivos.

Aproximadamente, el contenido de agua puede oscilar entre un 10% y un 90% del peso del individuo. Poseen un 10% determinadas estructuras en estado de latencia (ej. semillas) y un 90% algunos animales acuáticos (medusas, algunos vegetales como las algas o ciertos hongos, etc...). En los primates (hombres), el contenido de agua es aproximadamente del 70%. El contenido de agua **disminuye** a medida que se envejece.



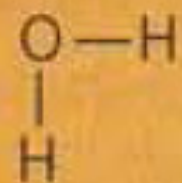
# ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA MOLÉCULA DE AGUA

El agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno que comparten dos pares de electrones, es decir, el hidrógeno y el oxígeno están unidos mediante **dos enlaces covalentes**. Pero estos electrones son atraídos con más fuerza hacia el átomo de oxígeno, por lo que en conjunto, la molécula de agua es **dipolar** (tiene 2 polos y es soluble en agua). Uno de esos polos (el positivo) lo constituyen los dos átomos de hidrógeno y el otro polo (el negativo) lo constituye el átomo de oxígeno.



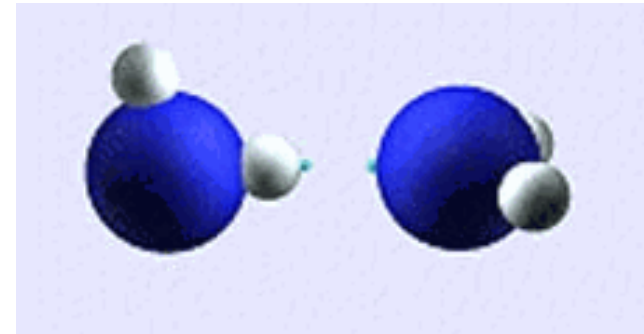
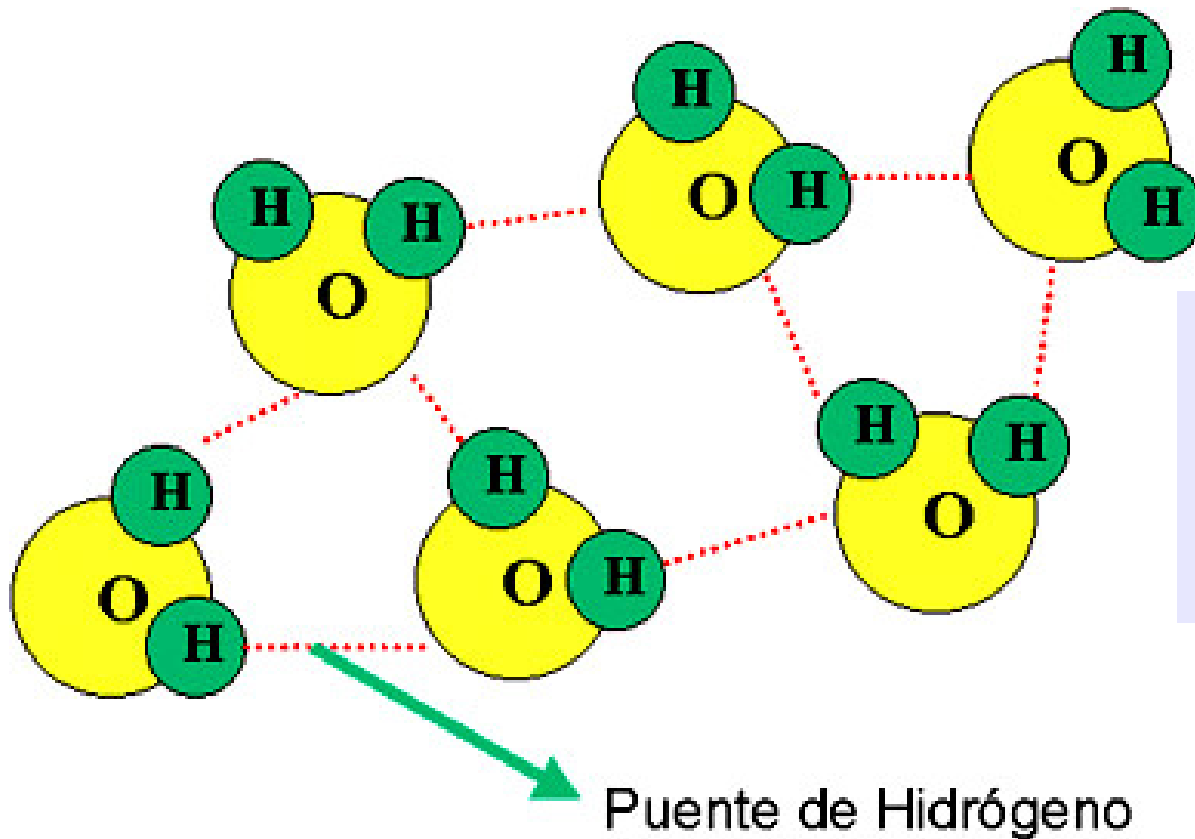
Polaridad de la molécula de agua

**(c) Agua ( $H_2O$ ).** Dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno se unen mediante un enlace covalente para producir una molécula de agua.



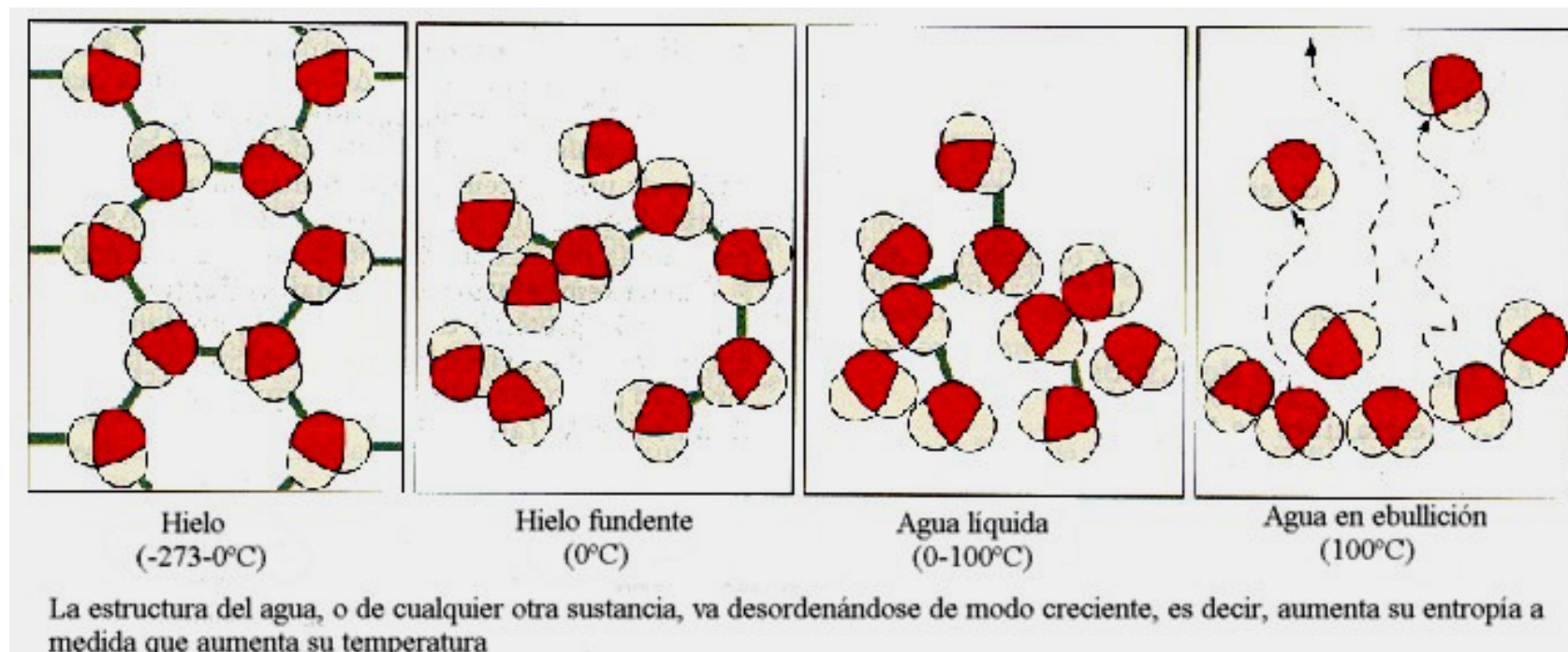
De todas formas, en conjunto, el agua es una **sustancia neutra**, porque las moléculas de agua interaccionan de forma ordenada de modo que el polo negativo de una molécula se une con el polo positivo de otra.

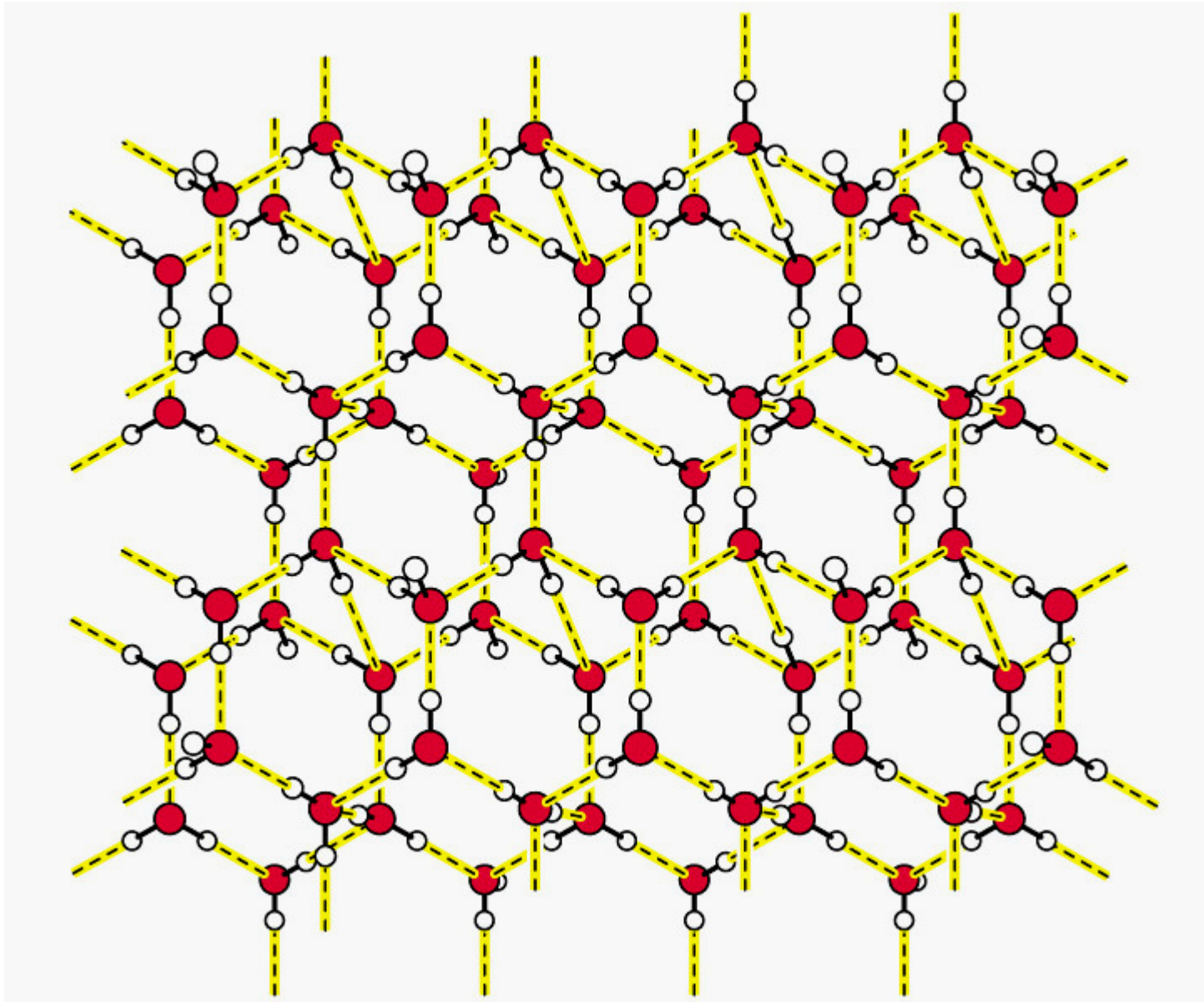
Entonces se establecen entre ambas moléculas **puentes o enlaces de hidrógeno**. Un enlace de hidrógeno (veremos más tarde que son muy frecuente en las macromoléculas orgánicas) es un enlace más débil que el covalente, pero sin embargo estos enlaces le dan al agua una estabilidad considerable.



Los enlaces de hidrógeno aseguran una cohesión entre las moléculas de agua, de diferente intensidad según sea el estado de la misma. A **0° C** se establecen **enlaces de H entre todas las moléculas** de agua y aseguran una cohesión tal que se forman cristales de hielo. Cuando el hielo se licua (funde), los enlaces de hidrógeno **se rompen** aproximadamente en una proporción del **15%**, de modo que el **agua líquida** tiene una estructura parcialmente ordenada en la que los enlaces de hidrógeno se rompen y se crean constantemente. A mayor temperatura, mayor cantidad de enlaces de hidrógeno se romperán. En **estado de vapor los puentes de H desaparecen**.

El agua tiene su **máxima densidad a 4 grados**. Es la única sustancia que es más densa en estado líquido que en estado sólido.

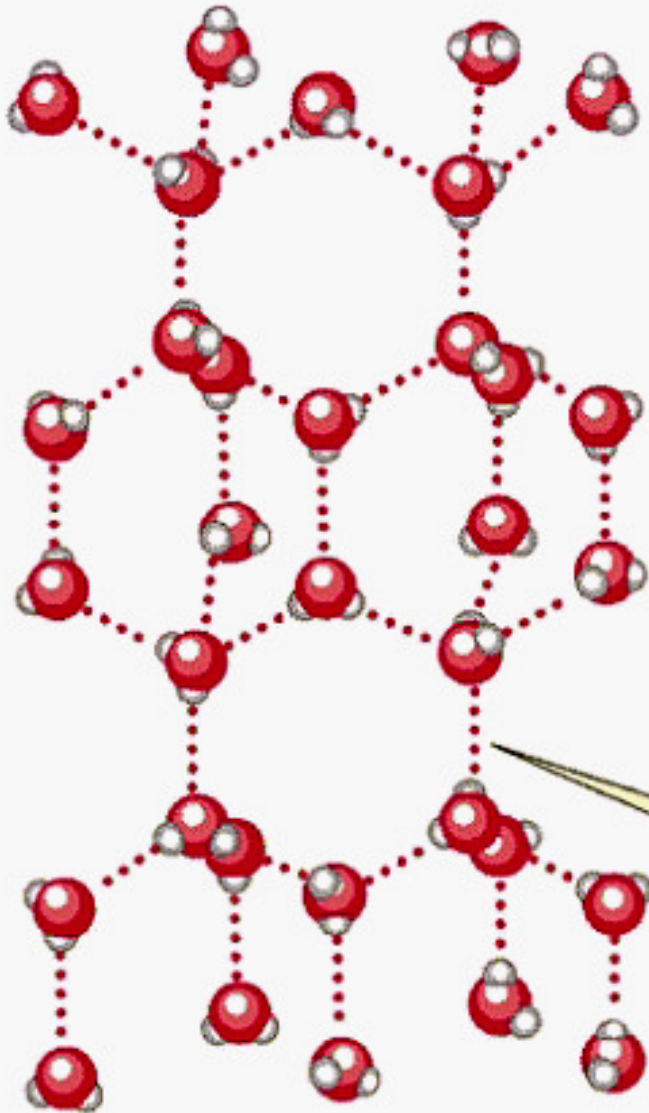




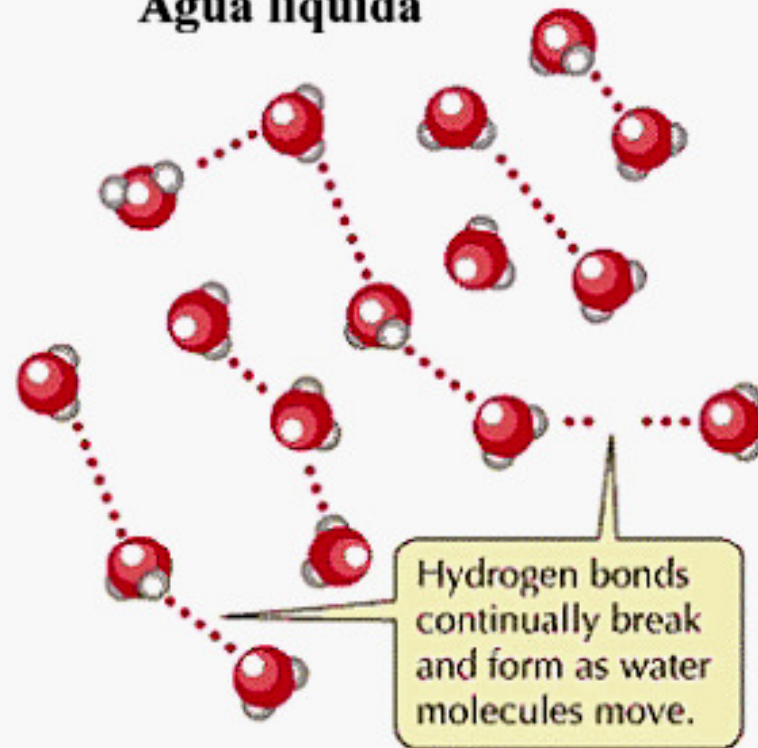
Estructura del hielo



**Hielo**



**Agua líquida**



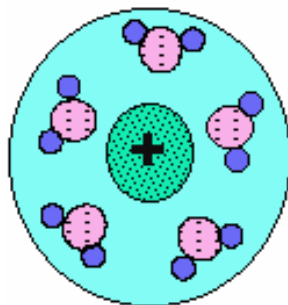
In ice, water molecules are held in a rigid state by hydrogen bonds.

# PROPIEDADES DERIVADAS DE SU ESTRUCTURA MOLECULAR. (Repasar los conceptos de disolución verdadera y disolución coloidal.)

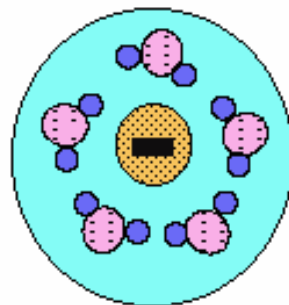
1. El agua es un **disolvente universal** que permite solvatar fácilmente los **iones en disolución** (las moléculas polares de agua tienden a separar a las sustancias iónicas, como NaCl, en sus iones constituyentes, esos iones quedan solvatados o hidratados) y también **moléculas polares** como proteínas, hidratos de carbono, etc.. Esta propiedad es debida a la polaridad de las moléculas de agua, que establecen puentes de hidrógeno con alcoholes, azúcares con grupos **OH**, aminoácidos y proteínas con grupos que presentan cargas + y -. **Por ello el agua es el medio en el que se producen las reacciones del organismo y es un medio de transporte.**

Las moléculas que se disuelven con facilidad en el agua reciben el nombre de moléculas **hidrófilas** (o **polares**). Otras moléculas carecen de regiones polares (las grasas, los hidrocarburos) y son insolubles en agua, reciben el nombre de **hidrófobas** (o **no polares**). Incluso existen sustancias con una zona polar y otra no polar (sustancias **anfipáticas** o polares, en este caso polar significa con dos polos). Estas sustancias tienden a disponerse con sus regiones no polares alejadas del agua y con sus regiones polares en contacto con el agua.

## Capa de solvatación

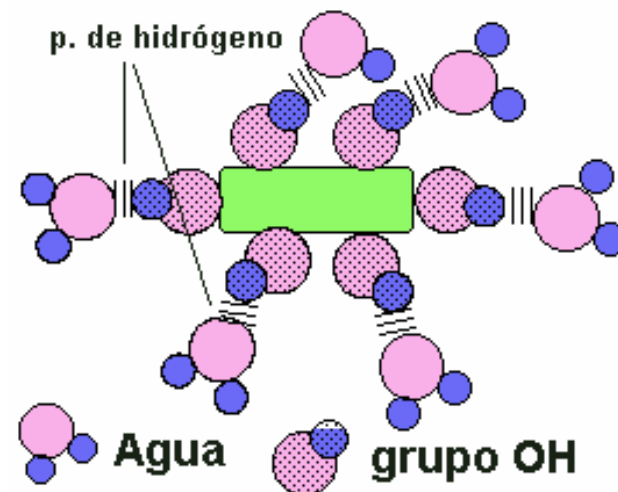


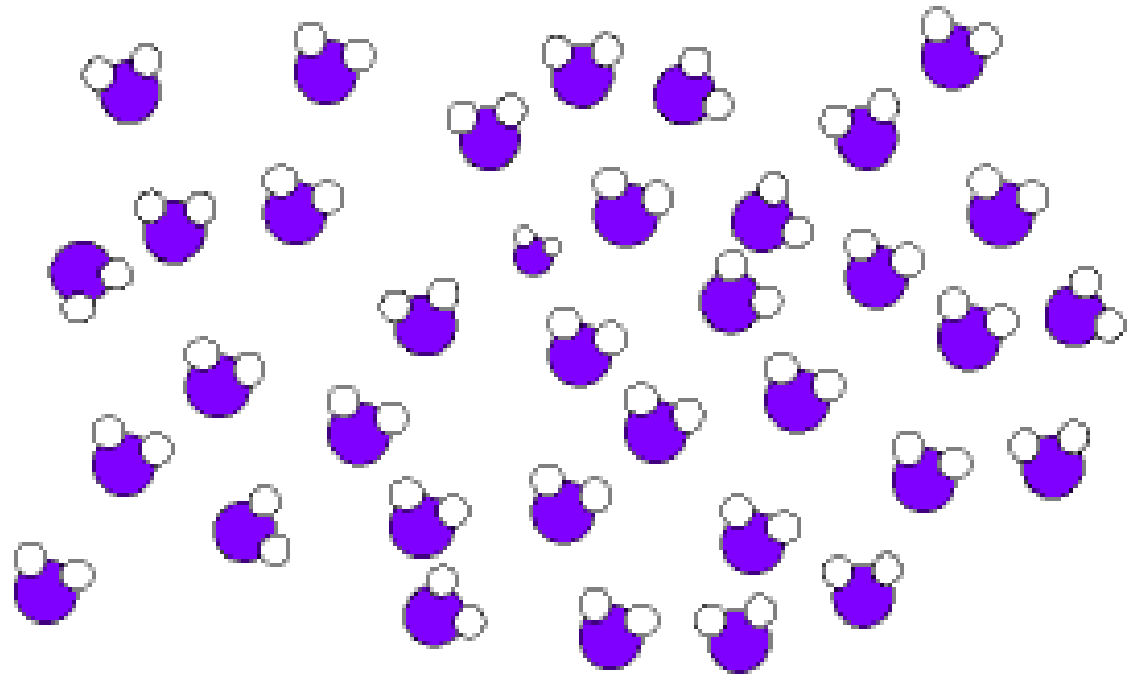
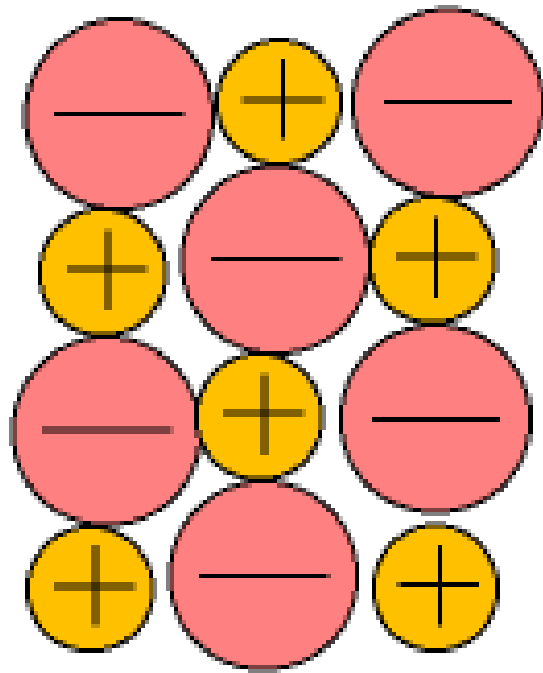
iones de  $\text{Na}^+$



iones de  $\text{Cl}^-$

## Molécula polar con grupos OH





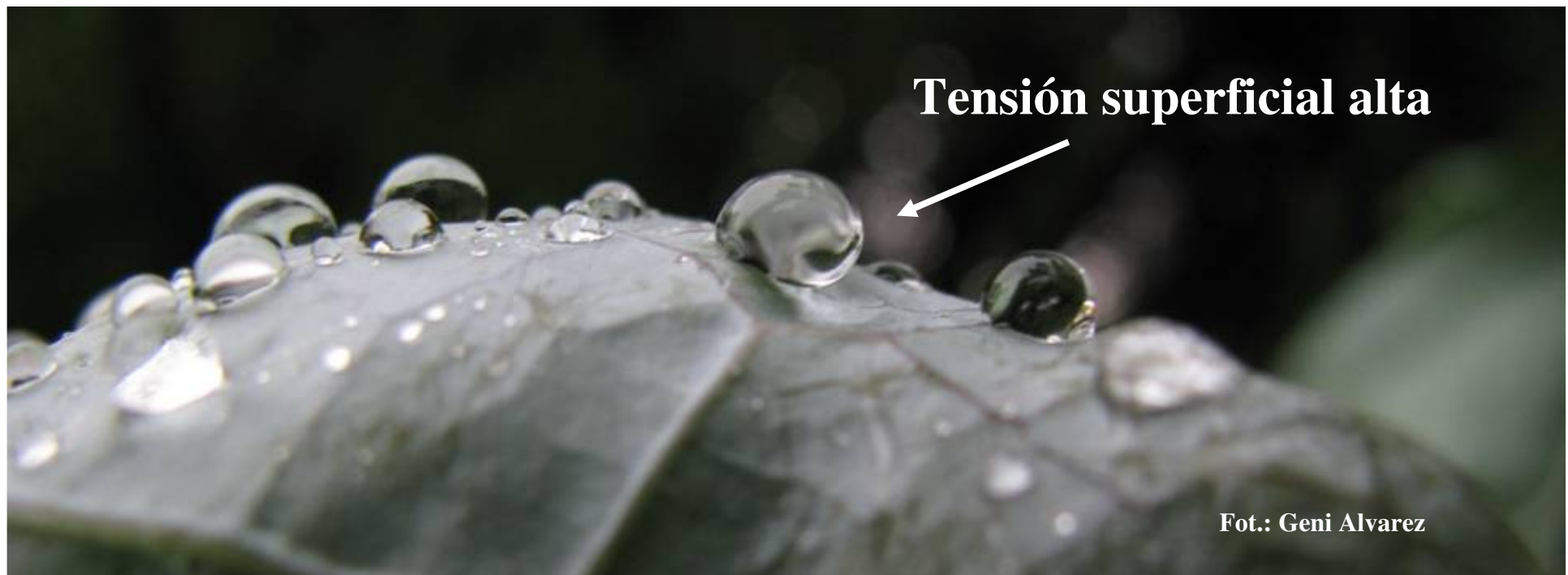
Solvatación: las moléculas de agua separan los iones e impiden que se vuelvan a juntar.



2. El agua es **líquida a temperatura ambiente**, que es la temperatura a la que se desarrolla la vida. Esta propiedad es debida también a su estructura molecular, especialmente a la formación de un determinado número de puentes de H. Esta propiedad es muy importante porque **en congelación no se desarrolla la vida**.

3. El agua tiene una **tensión superficial bastante alta**, solo superada por el mercurio. La tensión superficial es una medida de la cohesión de de las moléculas de una sustancia. Hace que los líquidos tengan sus moléculas unidas en superficie (gotas de agua que gotean de un grifo) y que en ocasiones, como ocurre en el mercurio, esas moléculas tiendan a no adherirse a nada más. También permite que numerosos invertebrados puedan desplazarse sobre su superficie sin hundirse.

Sin embargo, el agua, al poseer cargas eléctricas positivas y negativas, si tiene apetencia por otras moléculas, muy especialmente por superficies que tengan cargas. Esto hace que **el agua moje** (que pueda revestir superficies).





**El agua reviste superficies**



**Tensión superficial alta**







Fot.: Geni Alvarez

*Gerris lacustris*

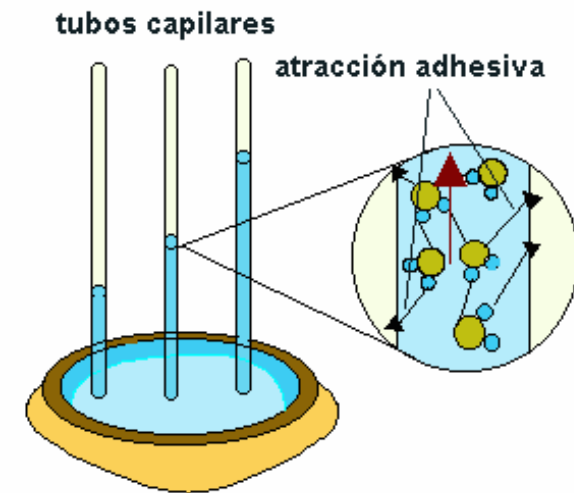


▲ **Fig. 3-4. Caminando sobre el agua.** La elevada tensión superficial del agua, resultante de la fuerza colectiva de sus enlaces de hidrógeno, permite al tejedor (o zapatero) caminar sobre la superficie de un estanque.

Neil A. Campbell, Jane B. Reece. **Biología.**  
ISBN: 9788479039981. Ed. Panamericana, 7  
edición, 2007.

4. El agua puede penetrar en el interior de volúmenes por **capilaridad e imbibición**. La capilaridad permite su ascenso por tubos de vidrio muy finos (capilar = cabello) y sobre todo permite que se desplace lentamente por los pequeños espacios existentes entre las partículas del suelo y llegue así a las raíces de las plantas. **A este fenómeno se debe en parte la ascensión de la savia bruta desde las raíces hasta las hojas, a través de los vasos leñosos.**

Imbibición es la penetración capilar de las moléculas de agua en sustancias como madera o gelatina. **Esto permite que las semillas se embeban en agua y puedan germinar.**

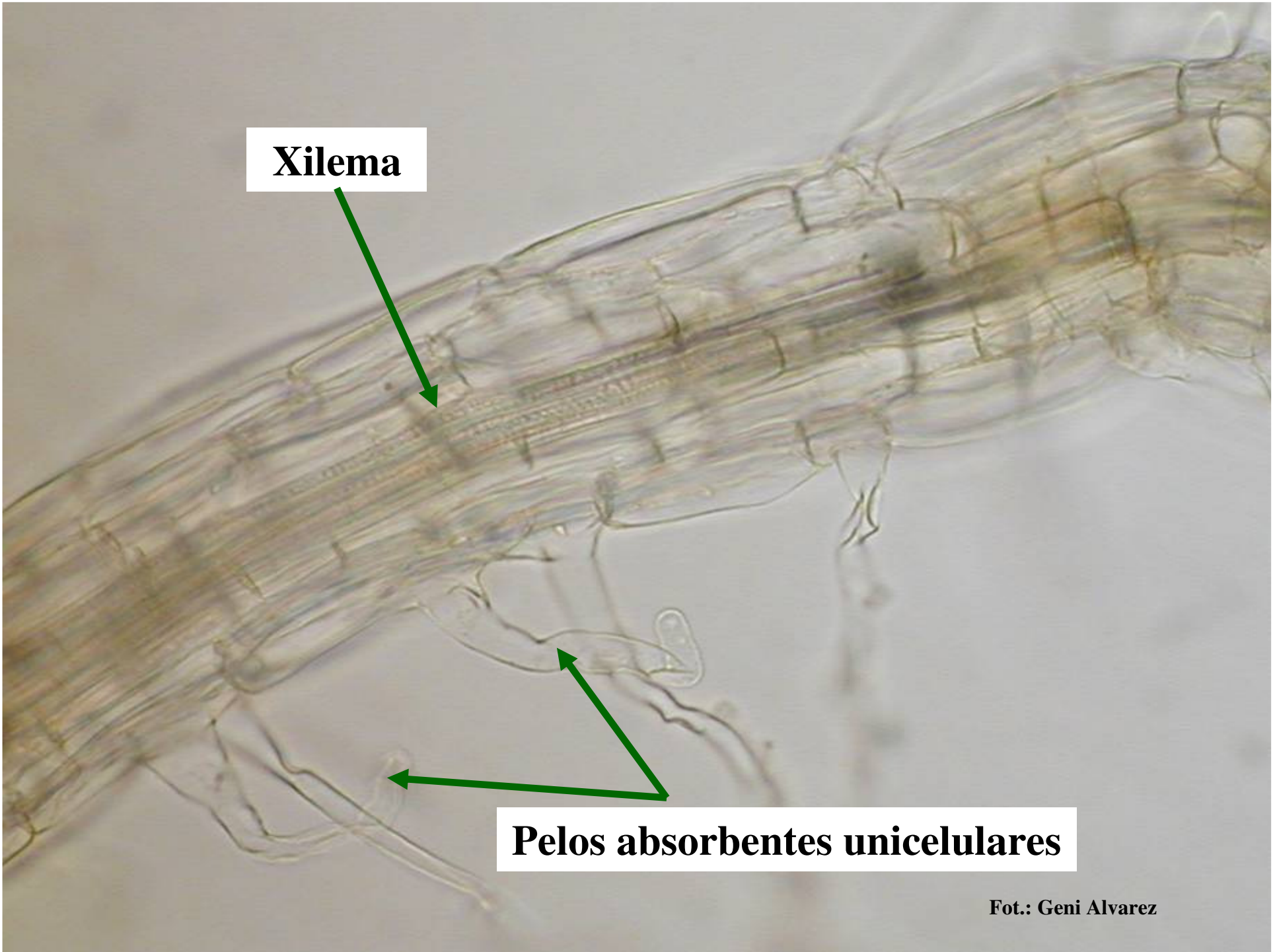


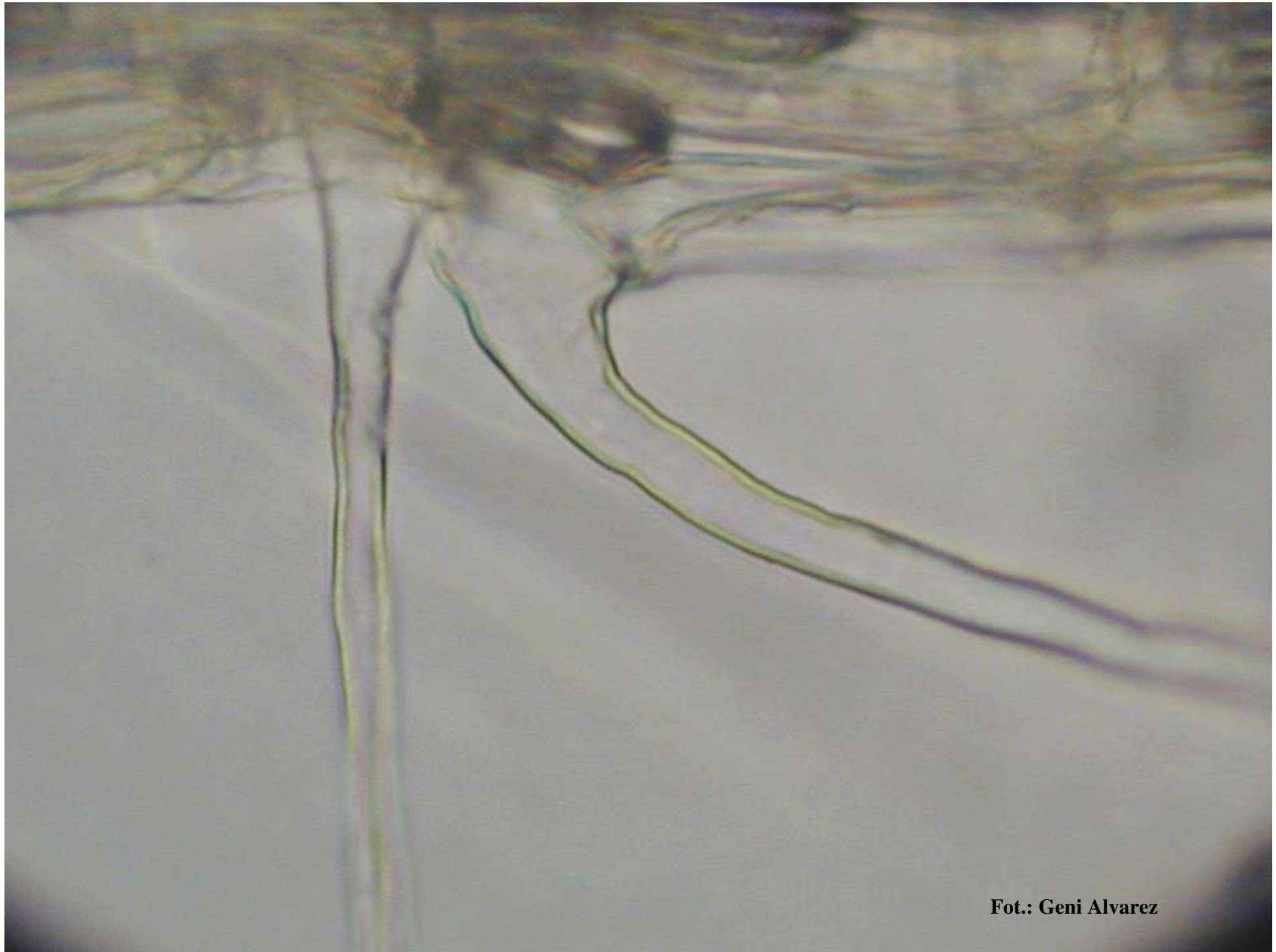


**Xilema**

**Pelos absorbentes unicelulares**

Fot.: Geni Alvarez





**Fot.: Geni Alvarez**

5. El **calor específico** del agua es más o menos el doble que el del aceite o el del alcohol, y cuatro veces mayor que el del aire. El calor específico es la cantidad de calor que una sustancia dada requiere para que ocurra un aumento dado de su temperatura (buscar definición de caloría, el calor específico del agua es de  $1 \text{ cal/}^\circ\text{C}\cdot\text{g}$  ). El **alto** calor específico del agua es también consecuencia de los enlaces de H.

Esto se traduce en que aunque los seres vivos generan calor por su actividad metabólica no aumentan demasiado su temperatura, por su gran contenido en agua. Por la misma razón tampoco se pierde calor de una forma muy rápida. Los organismos que viven en los océanos están en un ambiente cuya temperatura es relativamente constante. Por lo tanto el agua **es un buen regulador térmico**.

De igual manera el agua tiene un **gran calor de evaporación**. Para evaporarse se tienen que romper los enlaces de hidrógeno, y eso requiere una energía que se obtiene del ser vivo del cual se evapora, por lo tanto la evaporación tiene un **efecto refrigerante**. Para evaporar un gramo de agua se precisan 540 calorías, a una temperatura de  $20^\circ \text{C}$ .

6. Cuando **se congela**, al contrario que la mayoría de los líquidos, **disminuye la densidad**, porque se forman 4 enlaces de hidrógeno en cada molécula que hace que las moléculas se alejen unas de otras.

Al disminuir la densidad, aumenta el volumen, por lo tanto el hielo flota sobre el agua líquida. Esto **preserva los ecosistemas acuáticos** porque el hielo hace de capa impermeable superficial e impide que se congele el resto de la charca, de modo que por debajo de ese hielo la temperatura sería aproximadamente de 4 grados centígrados, puesto que esa temperatura es aquella a la cual la densidad es máxima.



## FUNCIONES DEL AGUA

Muchas de ellas ya las hemos ido diciendo al hablar de las propiedades del agua y como consecuencia de ellas, pero las repetimos ordenadas y sin explicar en esta ocasión.

- **Función disolvente** de las sustancias. Esta función es básica para la vida, ya que tanto los líquidos intracelulares como los extracelulares en los que se producen las reacciones metabólicas son disoluciones acuosas.
- **Función estructural** del agua: el agua mantiene la arquitectura (volumen y forma) de las células. Esto es especialmente importante en las células animales que carecen de una pared rígida de celulosa.
- **Función de transporte**: debido a su poder como disolvente universal.
- **Función mecánica amortiguadora** de pequeños traumatismos. Por ejemplo: el agua da flexibilidad a los tejidos y se encuentra en las articulaciones como **lubricante**.
- **Función termorreguladora**, debida a su elevado calor específico y a su elevado calor de evaporación y al hecho de ser menos densa cuando se congela.

# IONIZACIÓN DEL AGUA

El agua pura **puede disociarse** en iones **OH<sup>-</sup>** (iones hidroxilo u oxidrilo) y **H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>** (protones hidratados). Esta capacidad de disociación es **muy débil**, de modo que el agua pura se puede considerar una mezcla de agua molecular (H<sub>2</sub>O), protones hidratados (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) e hidroxilos (OH<sup>-</sup>).

El producto iónico del agua a 25° C es:

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

El producto iónico es constante, por tanto, la [H<sup>+</sup>] en el agua pura es de 1.10<sup>-7</sup>.

Para cuantificar la [H<sup>+</sup>] en cualquier disolución orgánica se utiliza **una escala logarítmica**. Se define el pH (presión de protones) como **el logaritmo en base 10 de 1 partido por la [H<sup>+</sup>]** ( o menos el logaritmo en base 10 de la [H<sup>+</sup>])

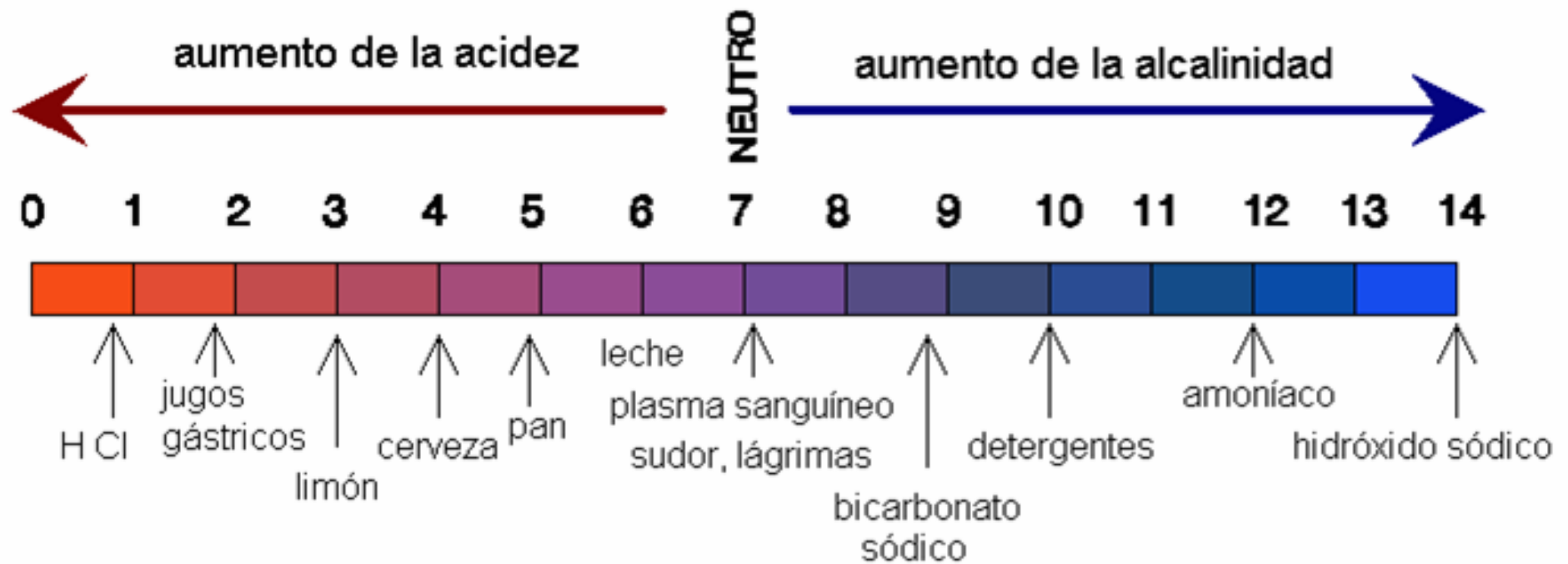
$$\text{pH} = \log (1/ [H^+] )$$

Disolución ácida pH<7

Disolución neutra pH= 7

Disolución básica o alcalina pH>7

## Algunos valores de pH:



# LAS SALES MINERALES

Constituyen también un componente inorgánico de los seres vivos. Se encuentran fundamentalmente de dos maneras: **precipitadas** o disueltas en forma de **iones**.

Se encuentran de forma precipitada formando estructuras sólidas, ej. el  $\text{CaCO}_3$  (carbonato cálcico) en las conchas de los moluscos, el  $\text{CaHPO}_4$  (fosfato cálcico) en los huesos, el  $\text{SiO}_2$  (cuarzo) en las valvas de diatomeas y en las paredes de las células de muchas gramíneas etc. .

Las sales que se encuentran disueltas dan lugar a **aniones** y a **cationes**. Los principales aniones son:

$\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$

y los principales cationes son  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$

*Diatomeas (Bacillariophyceae).*  
Individuos aislados de nivel protófito.



Objetivo x 40

Fot.: Geni Alvarez



***Diatomeas* sobre un alga verde  
filamentosa (*Cladophora*)**

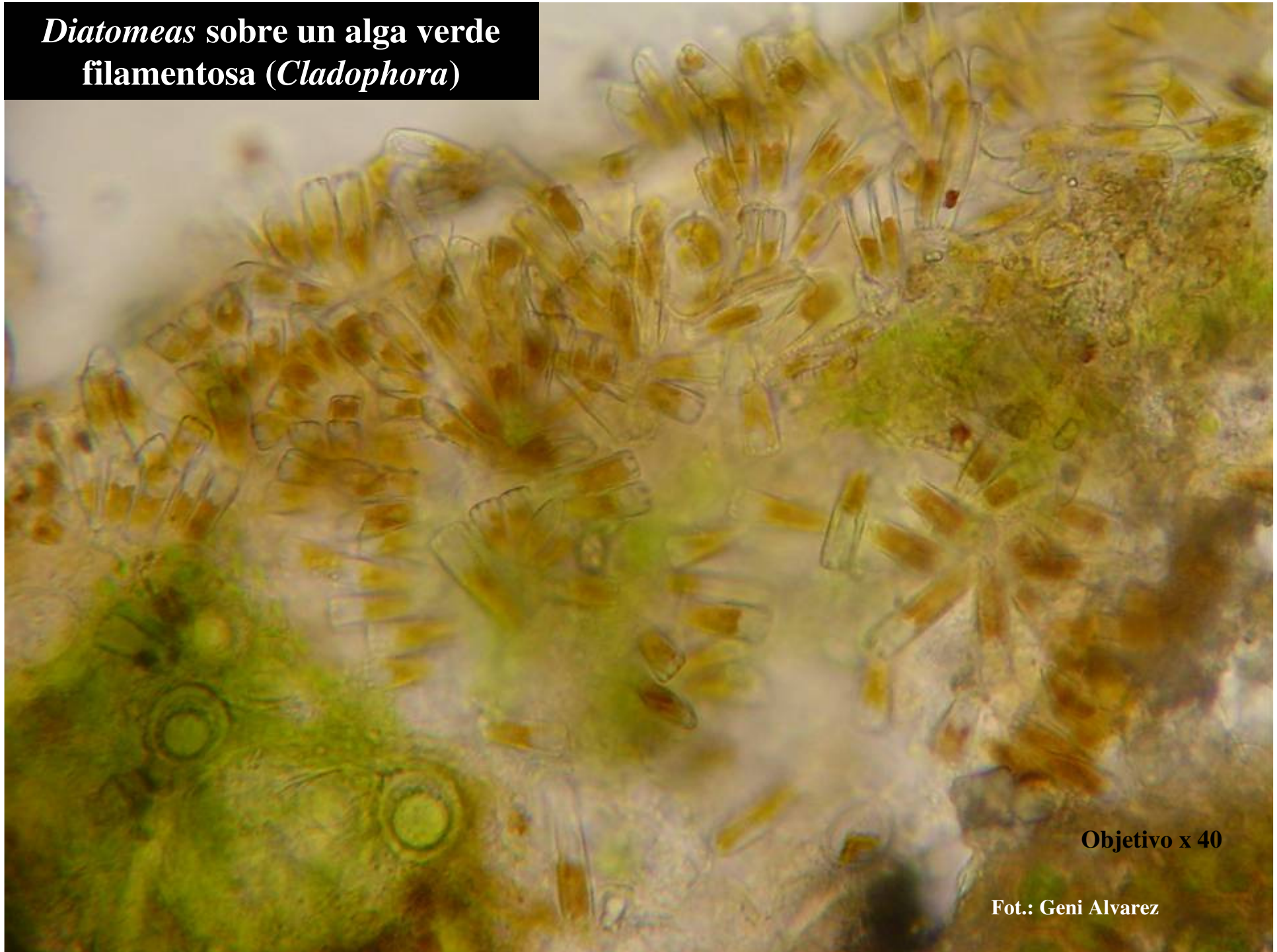
**Diatomeas**

**Objetivo x 40**

**Fot.: Geni Alvarez**



*Diatomeas* sobre un alga verde  
filamentosa (*Cladophora*)



Objetivo x 40

Fot.: Geni Alvarez





***Diatomeas* sobre un alga verde  
filamentosa (*Cladophora*)**

**Objetivo x 40**

Fot.: Geni Alvarez



# FUNCIONES DE LAS SALES MINERALES

1. **Estructural**: cuando las sales se encuentran **precipitadas** (no solubles), contribuyen a la arquitectura de huesos, dientes, caparazones... **Esqueleto** interno de vertebrados, en el que encontramos : fosfatos, cloruros, y carbonatos de calcio. **Caparazones** de carbonato cálcico de crustáceos y moluscos. **Endurecimiento** de células vegetales, como en gramíneas (impregnación con sílice de las paredes celulares). **Otolitos** del oído interno, formados por cristales de carbonato cálcico (equilibrio).

2. **Reguladoras de los procesos osmóticos**: es importante que a ambos lados de la membrana celular, los iones se distribuyan adecuadamente para que la presión osmótica permanezca constante.

Se llama presión osmótica ( $\pi$ ) a la presión que ejerce cualquier ión disuelto en un líquido. Este fenómeno es muy importante porque las membranas celulares se comportan como **membranas semipermeables**, es decir, dejan pasar a su través de forma pasiva el agua, pero no las sustancias disueltas en ella.

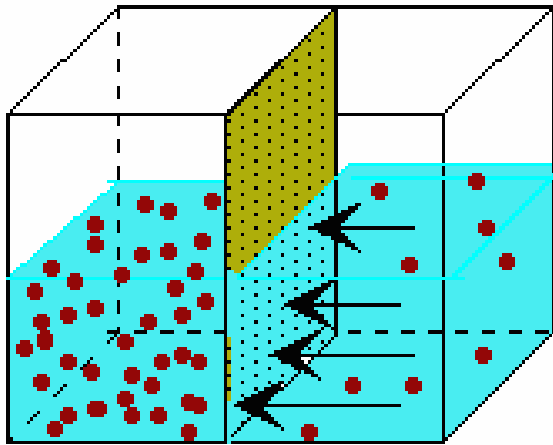
Cuando ponemos en contacto dos disoluciones de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable, se produce un paso de agua desde la disolución de menor presión osmótica (**hipotónica**) a la de mayor presión osmótica (**hipertónica**), tratando de igualarlas.

Se llaman disoluciones **isotónicas** a aquellas que tienen la misma presión osmótica, mientras que se dice que una disolución es **hipotónica** respecto de otra que es **hipertónica** si su presión osmótica es menor.

Si sumergimos células en una disolución hipertónica, tendería a salir agua de ellas y la célula podría morir por desecación. A este fenómeno se le denomina **plasmolisis**. En las células vegetales se retrae el contenido celular y la membrana y el citoplasma se separan de la pared (la célula se plasmoliza). En el caso de las células animales se produce la destrucción de la célula es por deshidratación (*crenación* o arrugado de un eritrocito).

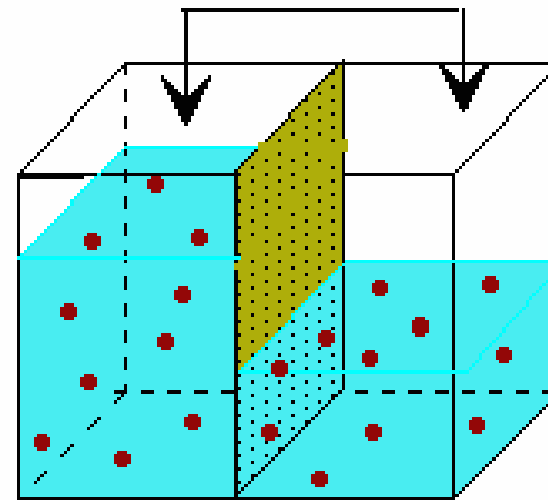
Si por el contrario, colocamos a las células en una disolución hipotónica (agua destilada), el agua penetraría en la célula y se produciría el fenómeno de **turgencia**. Si el fenómeno se produce en una célula vegetal (agua de lluvia hipotónica), la célula no se dañaría por la existencia de la pared (de hecho, este fenómeno es saludable para la mayoría de las células vegetales: necesitan de la turgencia para su alargamiento y crecimiento), pero si se trata de una célula animal, ésta moriría por rotura de la membrana (*hemólisis* de un eritrocito).

Membrana semipermeable

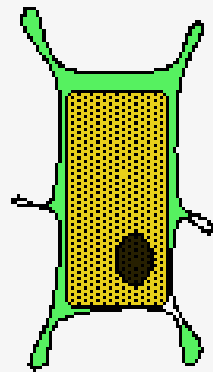


S. hipertónica S. hipotónica

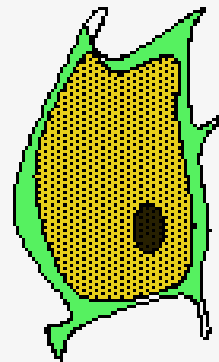
Soluciones isotónicas



ISOTÓNICO

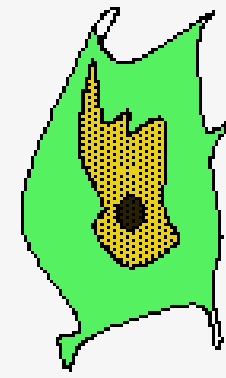


HIPOTÓNICO



Turgencia

HIPERTÓNICO



Plasmolisis

# Presión osmótica en células vegetales (patata). Soluciones de glucosa

1,5 M 0,5 M 0 M



1,5 M 0,5 M 0 M



A

B

C

1,5

0,5

0

M

M

M

0 M: agua destilada

3. **Las sales son reguladoras del equilibrio ácido-base.** En los seres vivos se dan una gran cantidad de reacciones metabólicas, la mayoría de las cuales tienen que transcurrir en un medio aproximadamente neutro. Sin embargo, como consecuencia de esas reacciones metabólicas, se liberan fundamentalmente productos ácidos o básicos.

Se llama **sistema amortiguador del pH (o sistema tampón)** a aquel que evita los cambios importantes de pH. Los principales sistemas amortiguadores del pH en los seres vivos son las proteínas, pero también son muy importantes los **sistemas amortiguadores salinos**.

Uno de los más importantes lo constituye el formado por el **ácido carbónico (ácido débil) y el ión bicarbonato.  $H_2CO_3/HCO_3^-$** .

El ácido actúa como dador de protones y la sal actúa como aceptor de protones. En los seres vivos hay un equilibrio entre las dos sustancias, de modo que la relación normal suele ser de 1/20.

Cuando se produce un exceso de protones aumenta la acidez. Entonces el ión bicarbonato, presente en el plasma sanguíneo, **capta esos protones** y se forma ácido carbónico que se transforma rápidamente en  $CO_2$  y  $H_2O$ . El  $CO_2$  se elimina a través de los pulmones y el agua se queda en el plasma.



A través del **riñón** se pueden eliminar directamente protones (para eliminar la acidez) o se pueden retener si se elimina el ión bicarbonato (que es el que retiene los  $H^+$ ).

4. **Los cationes son importantes para mantener el equilibrio iónico de las células.** Muchos cationes son necesarios e imprescindibles para el correcto funcionamiento de determinados tipos celulares.

Por ejemplo, el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{K}^+$  son imprescindibles para que haya excitabilidad en los tejidos muscular y nervioso.

El  $\text{Ca}^{2+}$  es imprescindible para la contracción muscular, para que se formen los puentes entre la **actina** y la **miosina** y se produzca la contracción. Pero si falta  $\text{Ca}^{2+}$  en sangre (hipocalcemia) se produce una contracción permanente y violenta de los músculos. Esta contracción se denomina **tetania**\*.

\*Aunque el  $\text{Ca}^{2+}$  se necesita para formar los puentes entre dos proteínas contráctiles del sistema muscular, la **actina** y la **miosina**, es decir, es imprescindible en el **músculo** para que se produzca la contracción, la falta de  $\text{Ca}^{2+}$  en sangre (**hipocalcemia**), produce tetania porque el  $\text{Ca}^{2+}$  es un impedimento esteárico (físico), que se une a los canales de acetil colina disminuyendo la entrada de este neurotransmisor a la célula nerviosa. Si falta el  $\text{Ca}^{2+}$  en sangre se produce una mayor entrada de acetil colina y por lo tanto una hiperexcitabilidad del sistema nervioso que provoca las contracciones musculares permanentes y violentas.

## UNIDADES DE MEDIDA EN BIOLOGÍA

$$1 \text{ mm} = 10^3 \mu\text{m} \text{ (micrómetros)}$$

$$1 \mu\text{m} = 10^3 \text{ nm o } m\mu \text{ (nanómetros o milimicras)}$$

$$1 \text{ nm} = 10 \text{ \AA} \text{ (Angstroms)}$$

Por lo tanto:

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m (metros)}$$

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m (metros)}$$

## **OIL RIG**

(plataforma petrolífera)

**O**xidation **is** **l**ost of electrons (también pérdida de protones).

**R**eduction **is** **g**ain of electrons (también ganancia de protones)