

2. BIOMOLÈCULES INORGÀNIQUES

Els bioelements es combinen entre si per a formar les molècules que componen la matèria viva. Aquestes molècules reben el nom de **biomolècules** o **principis immediats**.

Les biomolècules es classifiquen, atenent a la seva composició en: **biomolècules inorgàniques**, les que no estan formades per cadenes de carboni i hidrogen, com són l'aigua, les sals minerals o els gasos; **biomolècules orgàniques**, formades per cadenes de carboni i són els glúcids, lípids, proteïnes i àcids nucleics.

Les biomolècules orgàniques, atenent a la longitud i complexitat de la seva cadena, es poden trobar com a **monòmers** o **polímers**. Els monòmers són molècules petites, unitats moleculars que formen part d'una molècula major. Els polímers són agrupacions de monòmers, iguals o diferents, que componen una molècula de major grandària.

1. L'AIGUA

L'aigua és el component més abundant de la matèria viva, representa entre el 65 i el 95% del pes de la majoria d'éssers vius. El cos humà, per exemple, està format de mitjana per un 65% d'aigua, encara que els teixits que necessiten molta activitat, com el nerviós, són aigua en un 90%. Només els teixits esquelètics i les llavors de les plantes presenten una baixa proporció d'aigua.

La vida a la Terra es desenvolupa sempre al medi aquós. Fins i tot en els éssers no aquàtics el medi intern és bàsicament hídric. La immensa majoria de les reaccions bioquímiques es desenvolupen en l'aigua i obeeixen les lleis fisicoquímiques de les dissolucions aquoses.

Es presenta a la natura en els tres estats: **líquida** (mars, oceans, llacs i rius), **sòlida** (glaceres i casquets polars) i en forma de **vapor** d'aigua (atmosfera).

L'aigua és una molècula simple i estranya, amb un comportament molt particular que el fa diferent a la majoria dels líquids. Les seves propietats físiques i químiques són les responsables de la seva importància biològica.

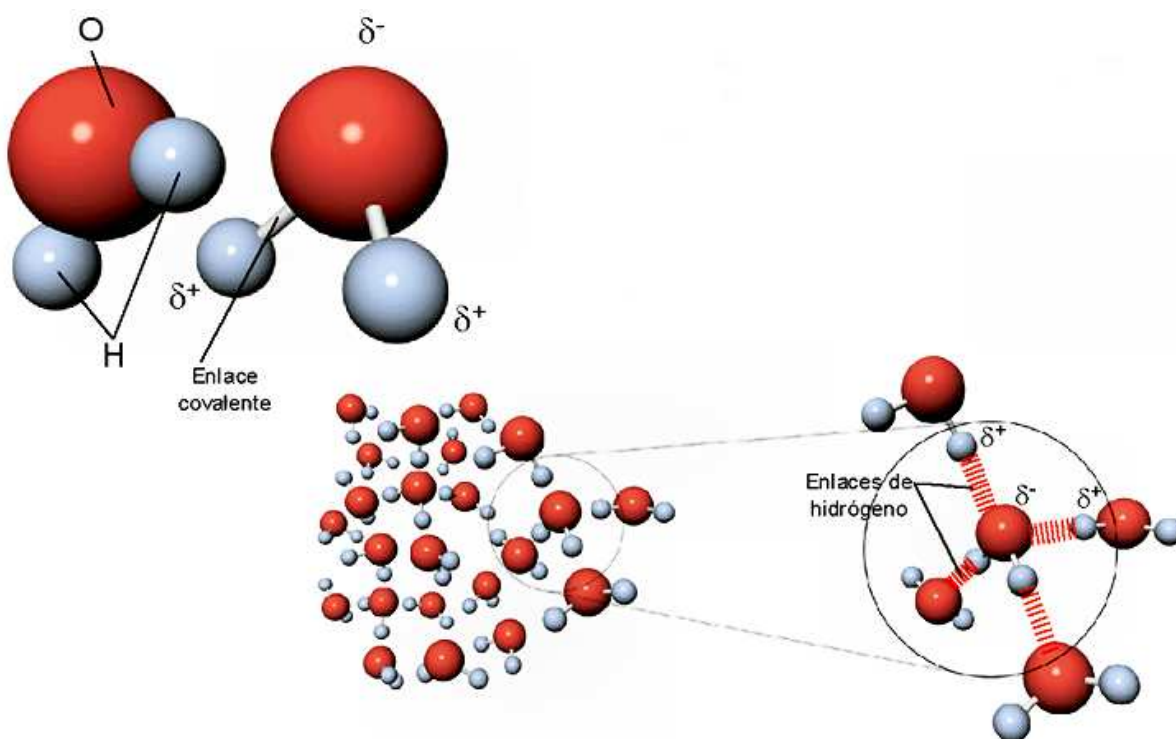
Durant l'evolució de la vida, els organismes s'han adaptat a l'ambient aquós i han desenvolupat sistemes que els permeten aprofitar les inusitades propietats de l'aigua. Una pèrdua d'un 10% pot suposar la mort de l'organisme.



ESTRUCTURA DE L'AIGUA

La molècula d'aigua està composta per un àtom d'oxigen unit covalentment amb dos àtoms d'hidrogen. Els enllaços dels hidrògens amb l'oxigen formen un angle de $104,5^\circ$; a més, l'àtom d'oxigen és més **electronegatiu** que el d'hidrogen i atrau amb més força els electrons compartits de cada enllaç covalent.

Encara que la càrrega total de la molècula d'aigua és neutra, com a conseqüència de la distribució asimètrica dels electrons compartits, es comporta com un **dipol** (un imant): al voltant de l'oxigen hi ha una densitat de càrrega elèctrica negativa (deguda a la presència més propera d'electrons), mentre que al voltant dels hidrògens es concentra una densitat de càrrega positiva per la llunyania dels electrons compartits.



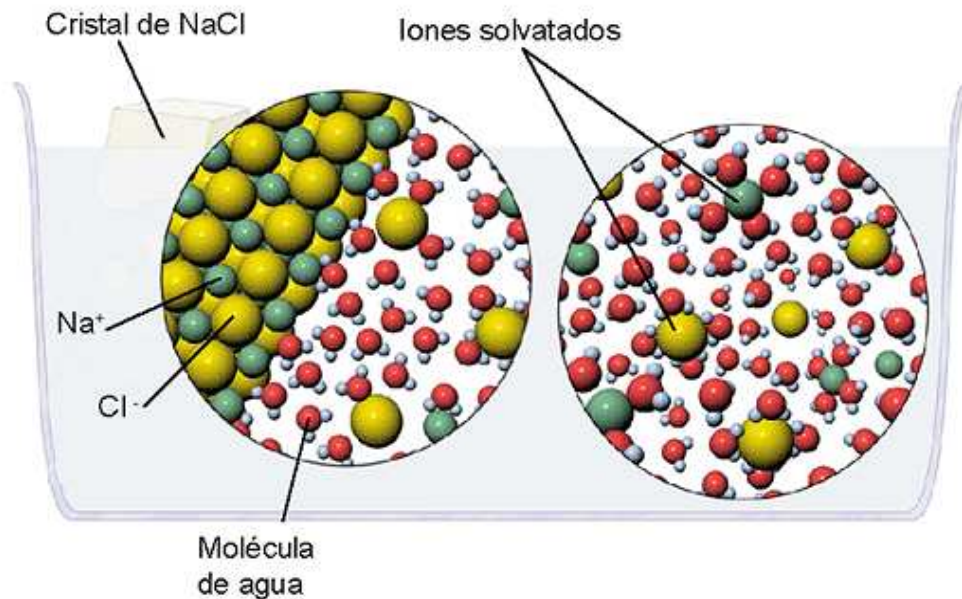
El caràcter dipolar que presenten les molècules d'aigua fa que interaccionin entre sí i amb altres molècules polars mitjançant **punts d'hidrogen**, un tipus d'enllaç feble però que permet la formació d'una estructura en xarxa, responsable del seu comportament anormal i de la peculiaritat de les seves propietats.

PROPIETATS DE L'AIGUA

Acció dissolvent

L'aigua és el líquid que més substàncies dissol, per això se l'anomena **dissolvent universal**. Aquesta propietat, molt important per a la vida, es deu a la **polaritat** de la molècula d'aigua i a la seva capacitat per a formar punts d'hidrogen amb altres substàncies polars (grups -OH d'alcohols i sucres, grups -NH₂ d'aminoàcids, proteïnes i àcids nucleics, etc.) donant lloc a **dissolucions moleculars**.

Les molècules d'aigua també poden dissoldre substàncies salines que es dissocien i formen **dissolucions salines**. En aquest cas els ions de les sals són atrets pels dipols d'aigua, tot quedant "atrapats" i recoberts de molècules d'aigua en forma d'**ions hidratats** o **solvatats**.



Observa l'esquema anterior, trobes algun error?

La capacitat dissolvent és la responsable d'algunes funcions de l'aigua:

- Ser el **medi** on es donen les reaccions del metabolisme.
- Servir com a sistema de **transport** de nutrients i productes de rebuig que es dissolen prèviament (sang, saba, etc...).

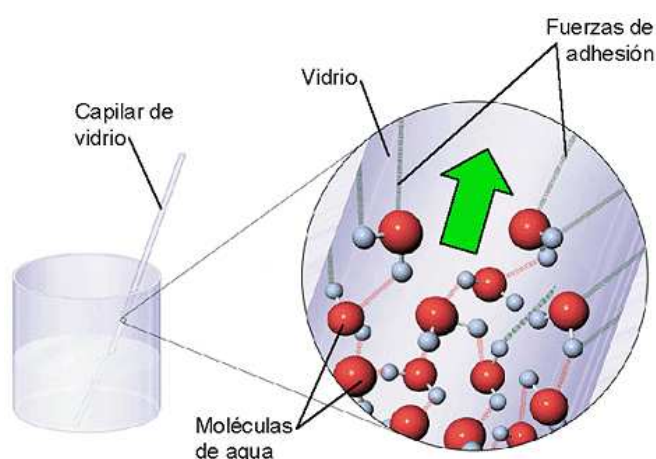
Elevada força de cohesió

Els ponts d'hidrogen mantenen les molècules d'aigua fortament unides, formant una estructura compacta que el converteix en un líquid quasi incompressible.

Algunes funcions de l'aigua relacionades amb aquesta propietat són:

- Dóna **volum** a les cèl·lules i turgència a les plantes.
- En no poder comprimir-se, l'aigua pot funcionar en alguns animals com un **esquelet hidrostàtic**, com passa en alguns cucs perforadors capaços de foradar la roca mitjançant la pressió generada pels seus líquids interns.
- També **esmorteix el fregament en les articulacions**.

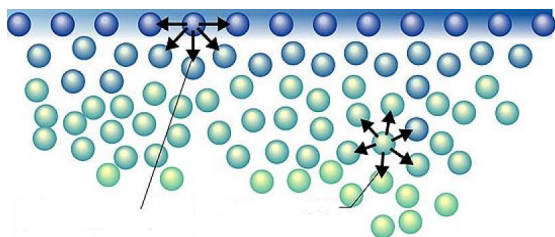
Elevada força d'adhesió



Aquesta propietat també està relacionada amb els ponts d'hidrogen que s'estableixen entre les molècules d'aigua i altres molècules i és responsable, juntament amb la cohesió, del fenomen de **capil·laritat**. Quan s'introdueix un tub molt prim (capil·lar) en un recipient amb aigua, aquesta puja pel capil·lar com si grimpés arrampant-se per les parets, fins assolir un nivell superior al del recipient.

Un fet important que es produeix gràcies a aquesta propietat és l'ascensió passiva (sense despesa d'energia) de la saba pels vasos llenyosos de les plantes des de les arrels fins a les fulles.

Alta tensió superficial



La tensió superficial és el fenomen pel qual la superfície lliure d'un líquid es comporta com un **llit elàstic**.

Sabem que les molècules d'aigua presenten una cohesió deguda als ponts d'hidrogen. Si una molècula està al mig d'un recipient, es queda on és, ja que rep empentes per totes parts amb la mateixa força. Però una molècula situada a la superfície només empeny a les partícules que té a sota i al costat, i no a les de l'aire que té a sobre. El resultat és que aquestes partícules tendeixen a tirar cap avall, s'ajuntin i redueixin la superfície en contacte amb l'aire.

Així, si un cos vol entrar a l'aigua, primer ha de separar les molècules de la superfície que estan més juntes del que ho haurien d'estar, és a dir, la superfície de l'aigua presenta resistència a ser trencada, això es la tensió superficial.

La tensió superficial és el motiu pel qual les gotes són esfèriques i les pedres reboten a la superfície de l'aigua quan les llencen amb certa inclinació.

Alguns insectes s'aprofiten d'aquesta propietat per traslladar-se sobre l'aigua sense enfonsar-s'hi.

Gran calor específica

La **calor específica** és la quantitat de calor que ha de rebre una substància per elevar un grau la seva temperatura. L'aigua pot absorbir grans quantitats de calor sense elevar massa la seva temperatura. De la mateixa manera, la seva temperatura descendeix amb més lentitud que la d'altres líquids a mesura que va alliberant energia al refredar-se.

Aquesta propietat també està relacionada amb els ponts d'hidrogen que es formen entre les molècules d'aigua. L'aigua absorbeix grans quantitats de calor que l'utilitza per trencar els ponts d'hidrogen, i no per elevar la temperatura.

Diverses funcions de l'aigua són degudes a aquesta propietat:

- **Esmorteïdor tèrmic davant els canvis bruscs de temperatura**, protegint així les cèl·lules i les molècules orgàniques.
- **Difusor de la calor que es desprèn en els processos metabòlics** i que es dissipa finalment cap al medi extern.

Elevada calor latent de vaporització

Per evaporar l'aigua, cal primer trencar els ponts d'hidrogen i posteriorment dotar les molècules de la suficient energia cinètica per passar de la fase líquida a la gasosa. La calor de vaporització de l'aigua és força gran, cinc vegades l'energia necessària per escalfar l'aigua de 0 a 100 °C.

Els éssers vius s'aprofiten d'aquesta propietat per dissipar calor per **sudoració** i refrescar-se, ja que quan s'evapora l'aigua disminueix la temperatura del cos.

La irregularitat en la densitat de l'aigua

En estat líquid, l'aigua és més densa que en estat sòlid. Per aquest motiu, el gel sura sobre l'aigua. Això es degut a què els ponts d'hidrogen formats a temperatures sota zero uneixen les molècules d'aigua ocupant un volum més gran.

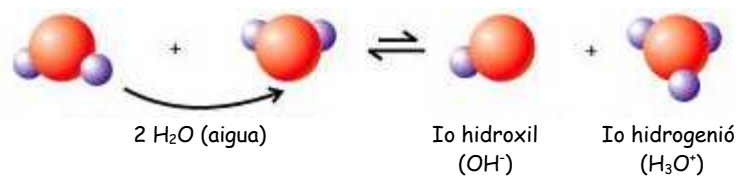


Aquesta propietat permet que els organismes aquàtics puguin sobreviure sota l'aigua encara que el llac o mar on viuen es congeli.

IONITZACIÓ DE L'AIGUA

L'aigua té la capacitat d'ionitzar-se (produir ions), per tant, l'aigua es pot considerar en realitat una barreja de:

- aigua molecular (H_2O)
- hidrogenions o protons hidratats (H_3O^+ , simplificat com H^+)
- ions hidroxil (OH^-)



Aquests ions es formen en una proporció molt petita: en l'aigua pura a 25°C només una molècula de cada 10.000.000 es troba dissociada en ions; per tant, la concentració de H^+ , i també d' OH^- , és de 10^{-7} .

Per tal de simplificar les xifres i els càlculs, Sorensen va idear el concepte de **pH**, que es defineix com el logaritme decimal canviat de signe de la concentració d'hidrogenions.

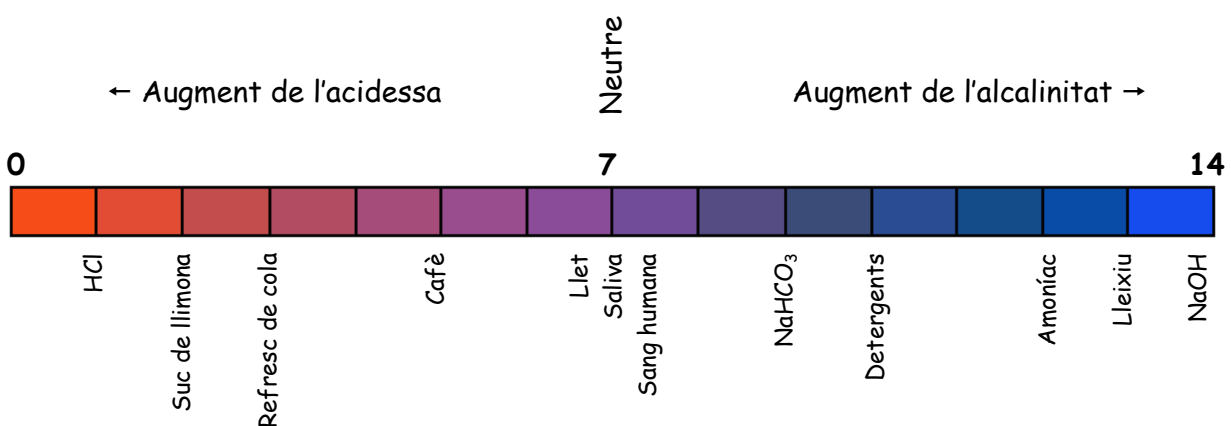
En el cas de l'aigua:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 10^{-7} = 7$$

Com que en l'aigua es dissocien la mateixa quantitat d'hidrogenions que d'hidroxils, el seu pH es considera neutre. Segons això tenim que:

- Una dissolució és **neutra** quan el **pH = 7**.
- Una dissolució és **àcida** quan el **pH < 7**.
- Una dissolució és **bàsica** o **alcalina** quan el **pH > 7**.

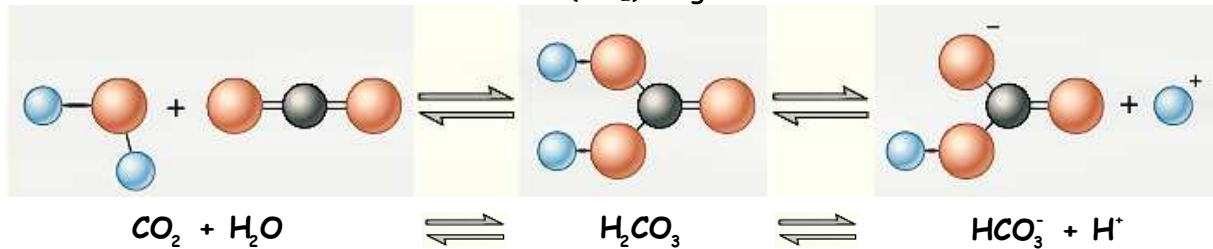
A la figura s'assenyala el pH de algunes dissolucions. En general, cal dir que la vida es desenvolupa a valors de pH pròxims a la neutralitat.



HOMEOSTASI

Els organismes vius no suporten variacions de pH superiors a unes dècimes d'unitat, ja que afecta a l'estabilitat d'algunes biomolècules i la seva funcionalitat. Per evitar-ho han desenvolupat **sistemes de tampó** o *buffer*, que mantenen el pH constatat mitjançant **mecanismes homeostàtics**.

El **tampó bicarbonat** és comú en els líquids intercel·lulars, manté el pH en valors pròxims a 7,4 gràcies a l'equilibri entre l'ió **bicarbonat** (HCO_3^-) i l'**àcid carbònic** (H_2CO_3), que al seu torn es dissocia en diòxid de carboni (CO_2) i aigua:

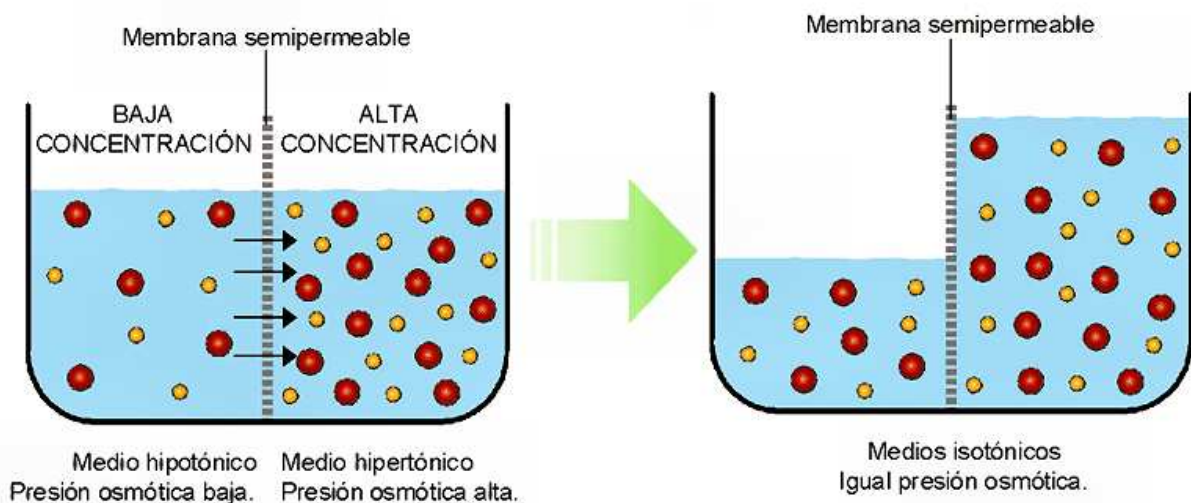


Si augmenta la concentració d'hidrogenions en el medi degut a qualsevol procés químic, l'equilibri es desplaça cap a l'esquerra i s'elimina a l'exterior l'excés de CO_2 produït. Si, pel contrari, disminueix la concentracions d'hidrogenions del medi, l'equilibri es desplaça cap a la dreta prenent CO_2 del medi exterior.

L'AIGUA EN LES DISSOLUCIONS

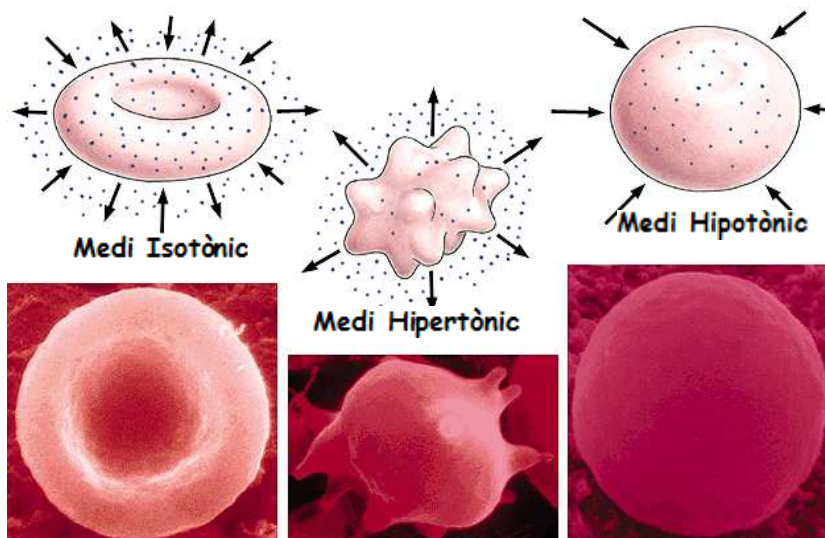
Osmosi i pressió osmòtica

Quan dues dissolucions de diferent concentració es troben separades per una membrana semipermeable, membrana que només deixa passar les molècules de dissolvent (aigua) però no pas les dels soluts (sals), les molècules de dissolvent passen de la dissolució més diluïda cap a la més concentrada fins assolir totes dues la mateixa concentració; aquest fenomen s'anomena **osmosi**.



La **pressió osmòtica** seria la pressió que hauríem d'aplicar a la dissolució per contrarestar l'efecte osmòtic.

La membrana plasmàtica de la cèl·lula pot considerar-se com a semipermeable i, per això, les cèl·lules han de romandre en **equilibri osmòtic** amb els líquids que les banyen. Veiem què passa amb els glòbuls vermells quan es troben en diferents concentracions salines:

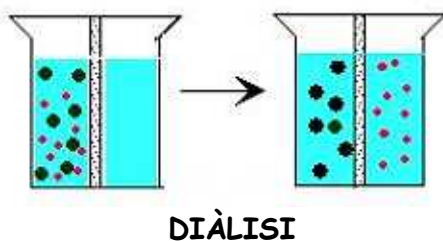


Quan les concentracions dels fluids extracel·lulars i intracel·lulars són iguals, ambdues dissolucions són **isotòniques**.

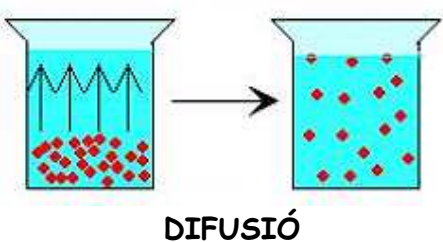
Si els líquids extracel·lulars augmenten la seva concentració de soluts, es fan **hipertònics** respecte de la cèl·lula, aquesta perd aigua i es deshidrata, fenomen anomenat **plasmòlisi** (retracció de la cèl·lula).

Si els medis extracel·lulars es dilueixen, es fan **hipotònics** respecte de la cèl·lula, aleshores l'aigua tendeix a entrar, fenomen anomenat **turgescència**, podent arribar a patir una **lisi** (trencament) cel·lular.

Difusió i diàlisi



Les partícules disperses poden provocar, a més del moviment d'osmosi, aquests altres fenòmens:



- **Diàlisi.** En aquest cas poden travessar la membrana, a més del dissolvent, molècules de baix pes molecular des de la solució més concentrada cap a la més diluïda. És el fonament de l'hemodiàlisi que intenta substituir la filtració renal.

- **Difusió.** És el fenomen mitjançant el qual les molècules dissoltes tendeixen a distribuir-se uniformement al si de l'aigua. Pot ocórrer també a través de una membrana si és suficientment permeable.

2. SALS MINERALS

A més de l'aigua, existeixen altres biomolècules inorgàniques com les **sals minerals**. En funció de la seva solubilitat en aigua, es distingeixen dos tipus: **insolubles** i **solubles**.

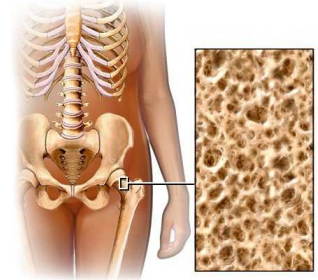
SALS INSOLUBLES EN AIGUA

Formen estructures sòlides que solen tenir funció de sosteniment o protectora, com:

- **Esquelet** intern de vertebrats, on trobem: fosfats, clorurs i carbonats de calci (CaCO_3).



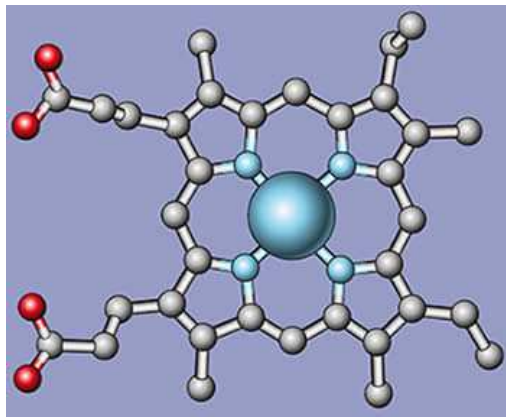
- **Closques** de carbonat càlcic de crustacis i mol·luscs.
- **Otolits** de l'oïda interna, formats per cristalls de carbonat càlcic, que tenen funció de l'equilibri).



SALS SOLUBLES EN AIGUA

Les sals solubles es troben dissociades en els seus ions (cations i anions), que són els responsables de la seva activitat biològica. Fan les següents funcions:

- **Funcions catalítiques.** Alguns ions, com el Cu^+ , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Zn^+ ... actuen com a cofactors enzimàtics.
- **Funcions osmòtiques.** Intervenien en els processos relacionats amb la distribució d'aigua entre l'interior cel·lular i el medi on viu la cèl·lula. Els ions Na^+ , K^+ , Cl^- i Ca^{2+} , participen en la generació i transport de l'**impuls nerviós** i en la **sinapsi neuronal**.
- **Funció tamponadora.** Es duu a terme pels sistemes **carbonat-bicarbonat** i també pel **monofosfat-bifosfat**.



El ferro (àtom central) es troba a la mioglobina (imatge) i a l'hemoglobina



activitats proposades

1 Fes un esquema que representi la dissociació d'una sal.

2 Observa la taula de contingut d'aigua en diferents òrgans de l'ésser humà i raona el sentit biològic d'aquesta distribució irregular.

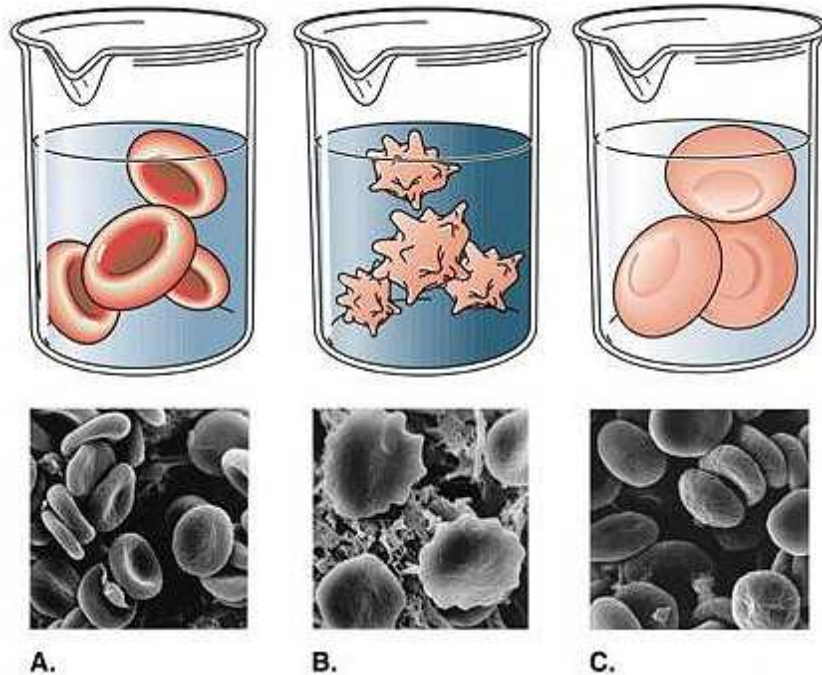
Contingut hídric	
Cervell	86%
Sang	79%
Músculs	75%
Fetge	70%
Cartílags	55%
Ossos	22%
Dents	10%

3 Si l'aigua té un pH igual a 7, per què es diu que aquest és neutre?

4 Què vol dir que una substància té un pH 4?

5 Explica com es solucionaria un augment en l'alcalinitat del nostre medi intern i escriu les reaccions necessàries.

- 6** Observa els següents dibuixos. Representen glòbuls vermells en diferents dissolucions aquoses:



a) Indica quina és una dissolució hipertònica, quina hipotònica i quina isotònica.

b) Quins fenòmens pateixen els glòbuls de l'esquema B, i els del C?

- 7** Explica què passaria si a una persona l'injectessin en vena una solució salina hipotònica amb el plasma sanguini.

- 8** Fes una taula on relacionis les diferents funcions biològiques de l'aigua amb les propietats que les fan possible.



TEST: Biomolècules Inorgàniques

Indica la resposta correcta.

1. Una de les següents funcions NO és de l'aigua:

a	Dissolvent.
b	Termoreguladora.
c	Esquelètica.
d	Medi de transport.
e	Enzimàtica.

2. Principalment, l'aigua juga un paper en la matèria viva...

a	Com a dissolvent d'ions minerals.
b	Per mantenir la humitat externa de les cèl·lules.
c	Per mantenir la temperatura interior dels òrgans.
d	Per mantenir l'estat gelatinós del citoplasma.
e	Totes les respostes anteriors són correctes.

3. En introduir una alga marina en aigua dolça es produeix:

a	La seva plasmòlisi.
b	Una immersió cel·lular.
c	Un procés de turgescència.
d	Un inflament per exosmosi.
e	Un arrugament per exosmosi.

7. Identifica l'afirmació CORRECTA:

a	Les sals regulen el pH gràcies a la seva funcionalitat estructural.
b	L'aigua és imprescindible en la matèria viva, però les sals no tant.
c	Les sals regulen la pressió osmòtica gràcies al seu control del pH.
d	Les sals fan que l'aigua sigui un líquid incompressible.
e	Totes les afirmacions anteriors són incorrectes.

4. Una cèl·lula dintre d'un medi isotònic experimentarà un dels següents fenòmens:

a	Osmosi.
b	Exosmosi.
c	Endosmosi.
d	Difusió.
e	Cap de les anteriors.

5. L'hemòlisi dels eritròcits en col·locar-los en aigua destil·lada és un exemple de:

a	Difusió.
b	Osmosi.
c	Plasmòlisi.
d	Turgescència.
e	Bany a "l'aigua Maria".

6. El pH del medi intern dels organismes es manté pràcticament constant degut a:

a	Cl^- .
b	HCO_3^- .
c	SO_4^{2-} .
d	Ca^{2+} .
e	Cap de les anteriors.

8. En els fenòmens osmòtics cel·lulars a través de la membrana plasmàtica...

a	L'aigua la travessa en totes direccions.
b	L'aigua només passa de la zona més diluïda a la més concentrada.
c	El medi hipertònic està més diluït respecte a l'hipotònic.
d	Al final, sempre les concentracions a ambdós costats de la membrana s'igualen.
e	Totes les afirmacions anteriors són correctes.

9. Els ponts d'hidrogen de l'aigua...

a	Són molt estables.
b	Es trenquen en augmentar la temperatura.
c	Es trenquen per sota els 0 °C.
d	Són estables quan l'aigua bull.
e	Són inestables a l'aigua en fase sòlida.

10. Indica, respecte l'aigua, quina és la CORRECTA relació propietat-funció:

a	Elevada cohesió - Turgència (volum).
b	Alta calor específica - Esmorteïdor tèrmic.
c	Alta calor de vaporització - Termoregulació.
d	Molècula dipolar - Poder dissolvent.
e	Totes les relacions anteriors són correctes.

11. Identifica l'afirmació INCORRECTA:

a	No existeixen H^+ lliures a l'aigua.
b	Una alta $[H^+]$ és índex d'acidesa d'una dissolució.
c	Una baixa $[OH^-]$ és índex de basicitat d'una dissolució.
d	Una alta $[OH^-]$ és índex d'alcalinitat d'una dissolució.
e	Una baixa $[H^+]$ és índex de basicitat d'una dissolució.

12. El fenomen de la capil·laritat és degut a:

a	L'adhesió de les molècules d'aigua a les parets dels conductes.
b	La cohesió de les molècules d'aigua entre sí.
c	L'elevada calor específica de l'aigua.
d	Cap de les propietats anteriors.
e	Les dues primeres propietats.