

# BIOELEMENTS I PRINCIPIS IMMEDIATS INORGÀNICS

(Basat en apunts de J. A. Cortés i Lurdes Luengo)

## BIOELEMENTS

Els bioelements són els **elements** químics que formen part de la matèria viva. L'anàlisi química de la matèria viva posa de manifest que en la seva composició es troben una sèrie d'elements anomenats bioelements o elements biogènics. Cap d'ells és propi i exclusiu de la matèria viva ja que formen part també, de la matèria mineral, de tal manera que només un nombre relativament reduït dels elements que es troben en la naturalesa entra a formar part de la matèria viva (uns 22). Els principals elements biogènics són quatre: C, H, O i N. Aquests 4 elements formen part de la matèria viva en un percentatge molt superior als restants gràcies a posseir dues propietats fonamentals:

1. Tenir un pes atòmic baix: C=12, H=1, O=16 i N=14. Això els permet formar combinacions d'una banda molt complexes i per altre bastant inestables, la qual cosa resulta molt útil per al continu construir i destruir de matèria que es produeix en els éssers vius pel seu metabolisme. Aquests 4 elements són a més molt solubles en aigua, circumstància favorable per a ser incorporats a l'ésser viu o ser-ne eliminats.
2. Abunden en les capes més externes de la Terra, és a dir, atmosfera, hidrosfera i litosfera, que són les quals es troben més en contacte amb els éssers vius. Aquesta propietat és important ja que els éssers vius necessiten formar-se amb elements que puguin aconseguir-se amb facilitat, és a dir, que abundin en la naturalesa per a poder disposar d'ells en qualsevol moment.

Un detall important respecte al C i al N és que, a causa de la seva posició central en el Sistema Periòdic, presenten la mateixa afinitat per a unir-se amb l'Oxigen que amb l'Hidrogen, és a dir, poden passar amb facilitat de l'estat oxidat ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_3\text{H}$ ) al reduït ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ).

L'oxigen és un important oxidant (acceptor d'electrons) i participa en multitud de reaccions redox amb transferència d'energia.

A més d'aquests 4 bioelements, el sofre (S) i el fòsfor (P) també es troben sempre en la matèria viva i un fan en una proporció important i formant part de molècules molt característiques dels éssers vius com són les proteïnes i els àcids nuclèics. Aquests sis elements són els anomenats **bioelements primaris**. (Nota: alguns autors exclouen el fòsfor i el sofre).

En la matèria viva es troben altres en menor quantitat (menor del 2%); són els anomenats **bioelements secundaris**. Alguns es troben sempre en la matèria viva (K, Na, Ca, Mg i Cl), però d'altres poden ésser absents en alguns organismes ((Mn, Fe, Cu, Zn, Co, Al, ...)).

La proporció que es troba un bioelement no està en relació amb la seva importància biològica doncs alguns d'ells entren a formar part de la matèria viva en quantitats insignificants i no obstant això tenen funcions de gran transcendència, de tal manera que la seva manca provoca seriosos trastorns perquè són indispensables perquè els fenòmens vitals es desenvolupin amb normalitat. A aquests elements se'ls denomina oligoelements (proporció menor al 0,1%) i entre ells poden citar-se:

1. Ferro (Fe): Forma part de l'hemoglobina, pigment vermell de la sang dels Vertebrats. També forma part dels citocroms. El Fe quasi bé no s'elimina de l'organisme ja que és utilitzat diverses vegades quan es destrueixen els compostos de que forma part, per això les seves necessitats alimentaries són mínimes. No obstant això, la seva escassetesa o manca produeix anèmia.

2. Coure (Cu): Forma part de l'hemocianina, pigment verdós de la sang dels Invertebrats, de paper semblant a la hemoglobina.
3. Manganès (Mn): És bàsic perquè les plantes verdes puguin sintetitzar la clorofil·la. Actua a més com catalitzador de moltes reaccions metabòliques.
4. Cinc (Zn): També important com catalitzador.
5. Iode (I): Element bàsic per a la formació de la tiroxina, hormona produïda per la glàndula tiroides la deficiència de la qual origina la malaltia anomenada goll.
6. Cobalt (Co): necessari per a sintetitzar la vitamina B12

## BIOMOLÈCULES

Els elements biogènics rars vegades es troben en estat lliure. En general, es combinen entre si per a formar substàncies compostes definides. Aquests compostos que es poden aïllar per mitjans purament físics com la dissolució, la filtració, la destil·lació, la centrifugació, etc. constitueixen els anomenats principis immediats. Poden ser inorgànics (aigua i sals minerals) o orgànics (glúcids, lípids, pròtidos i àcids nuclèics).

## AIGUA: PROPIETATS I IMPORTÀNCIA BIOLÒGICA

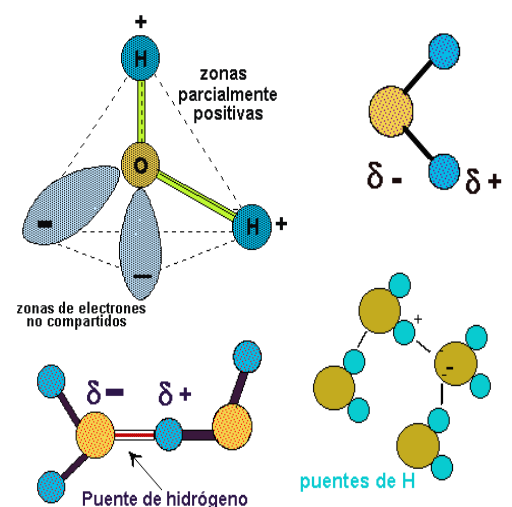
### Importància

La vida, tal com es coneix en 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. Per tot això no és d'estranyar que l'aigua sigui el principal component dels éssers vius quan a la seva quantitat. El cos humà, per exemple, està format de mitjana per un 75% 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.

### Estructura

L'aigua reuneix una sèrie de característiques que la converteixen en un dissolvent únic i insubstituïble en la Biosfera. Quant a les seves propietats fisicoquímiques cap destacar:

**La molècula d'aigua té un marcat caràcter dipolar.** Encara que té una càrrega total neutra (posseeix el mateix nombre de protons i d'electrons), presenta una distribució asimètrica dels seus electrons: al voltant de l'O es concentra una densitat de càrrega negativa ( $\delta^-$ ) degut al fet que és un element molt més electronegatiu que l'H, per això els nuclis d'H queden nus, desproveïts parcialment dels seus electrons i manifesten, per tant, una densitat de càrrega positiva ( $\delta^+$ ). Aquest caràcter dipolar de la molècula d'aigua és de transcendental importància i té múltiples conseqüències: La més rellevant és que es poden establir interaccions dipol-dipol entre les pròpies molècules d'aigua formant unions electrostàtiques anomenades ponts o enllaços d'Hydrogen: la càrrega parcial negativa de l'O d'una molècula exerceix atracció electrostàtica sobre les càrregues parcials positives dels àtoms d'H d'altres molècules adjacents.



Encara que són unions febles, el fet que al voltant de cada molècula d'aigua es disposin altres 3 molècules unides per ponts d'hidrogen permet que es formi en l'aigua (líquida o sòlida) una estructura reticular, responsable del seu comportament anòmal i de la peculiaritat de les seves propietats fisicoquímiques. Totes les restants propietats de l'aigua són, doncs, conseqüència d'aquesta.

## Propietats

### Propietats tèrmiques

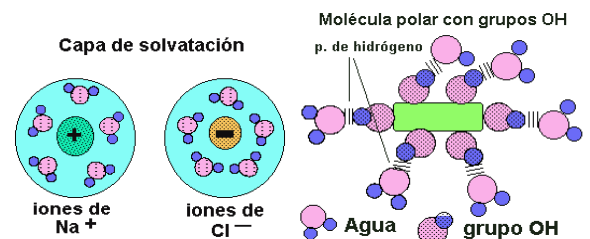
1.- L'ampli **marge de temperatures** en que roman en fase líquida ( $0^{\circ}$ - $100^{\circ}$ ) proporciona variades possibilitats de vida, des dels organismes psicrófils que poden desenvolupar-se a temperatures pròximes a  $0^{\circ}$ , fins als termòfils que viuen a  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ . A les temperatures habituals en que viuen els organismes es manté en estat líquid, el que permet que sigui la base del seu medi intern i un bon sistema de transport a dins de l'organisme.

2.- L'aigua posseeix una elevada **calor específica**. Es denomina calor específica a la capacitat d'emmagatzemar energia per a un augment determinat de la temperatura: l'aigua pot absorbir grans quantitats de calor, mentre que, proporcionalment, la seva temperatura només s'eleva lleugerament. 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 permet que el contingut aquós de les cèl·lules serveixi de protecció a les sensibles molècules orgàniques davant els canvis bruscs de temperatura (fa d'esmortidor tèrmic). A més, la calor que es desprèn en els processos metabòlics no s'acumula en els llocs on es produeix, sinó que es difon en el medi aquós i es dissipa finalment cap al medi extern. En relació a això l'aigua té **elevat calor de vaporització**, el que permet als éssers vius eliminar calor evaporant-la.

### Propietats de disolvent

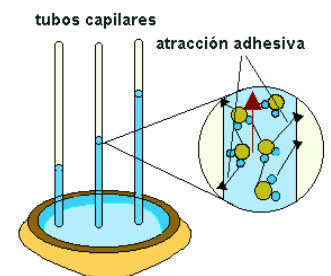
3.- L'aigua és el líquid que més substàncies dissol (**dissolvent universal**).

Aquesta propietat, tal vegada la més important per a la vida, es deu a la seva **capacitat per a formar ponts d'H**, a més d'amb altres molècules d'aigua com es va dir anteriorment, amb altres substàncies polars (grups -OH d'alcohols i sucres, grups  $-NH_2$  d'aminoàcids, proteïnes, àcids nuclèics, etc.), doncs es dissolen quan interaccionen amb les molècules de l'aigua. A més, el fet d'ésser una molècula dipolar li confereix una elevada **capacitat dielèctrica**, és a dir molta facilitat per a rompre l'enllaç iònic de les sals, el que fa que es dissolguin.



### Propietats mecàniques

4.- L'aigua posseeix una **elevada força de cohesió** entre les seves molècules. Els ponts d'H mantenen a les molècules d'aigua fortament unides, formant una estructura compacta que la converteix en un líquid gairebé incompressible. Gràcies a aquesta propietat alguns éssers vius utilitzen l'aigua com esquelet hidrostàtic. Aquesta força també evita que els fluxos vasculars s'interrompin.



5.- L'aigua posseeix una **elevada força d'adhesió**. Aquesta força està també en relació amb els ponts d'hidrogen que s'estableixen entre les molècules d'aigua i altres molècules polars i és responsable,

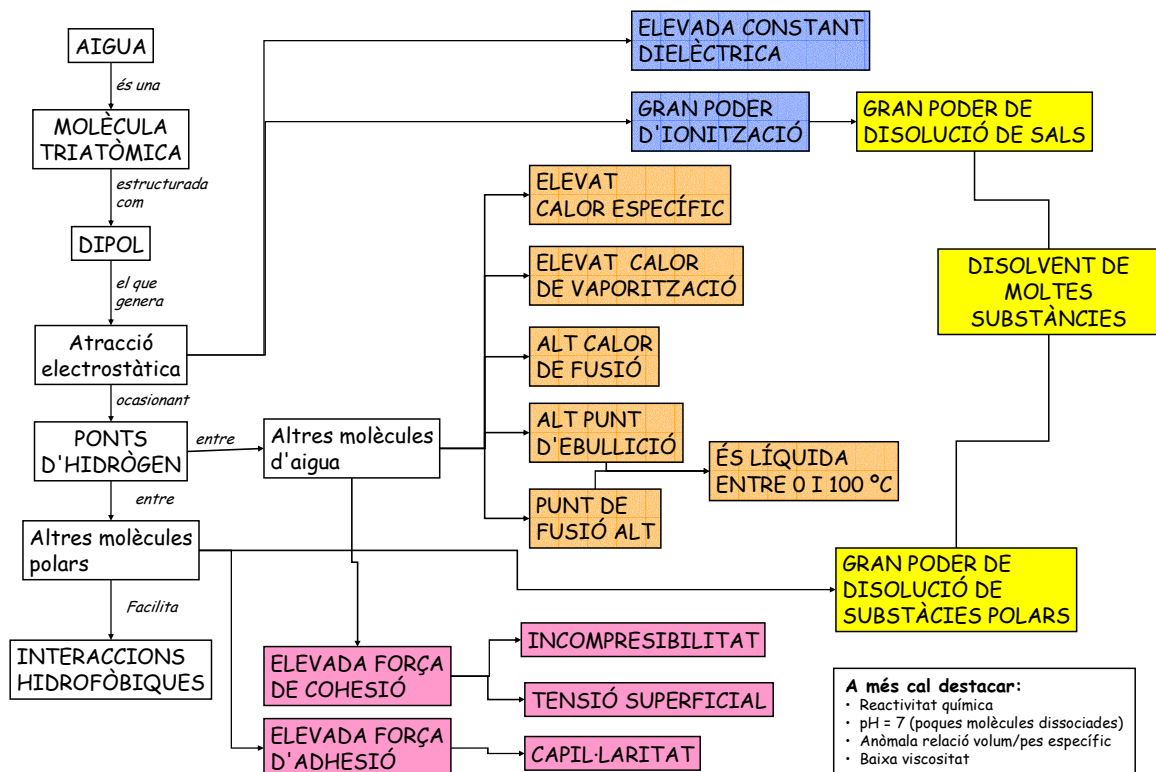
juntament amb la cohesió, de l'anomenat fenomen de la capil·laritat, és a dir, l'ascens d'aigua a través de les parets d'un capil·lar (prim tub de vidre).

Altres propietats

6.- L'anòmala variació de la densitat amb la temperatura, amb una **densitat màxima a 4°C**, determina que el gel flotació en l'aigua líquida actuant com aïllant tèrmic i, en conseqüència, possibilitant el manteniment de la gran massa d'aigua dels oceans en fase líquida albergant a la major part de la Biosfera.

7.- El **coeficient de dissociació baix** explica que el pH sigui 7, i que el nombre d'H<sup>+</sup> (hidrogenions) i d'OH<sup>-</sup> (hidroxilions) sigui idèntic.  $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$ ;  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$

8.- És químicament activa i participa en gran quantitat de reaccions metabòliques.



A causa d'aquestes propietats, l'aigua té importància biològica en aquests aspectes:

- Termorregulador (propietats tèrmiques)
- Medi adequat de dissolució adient
- Medi de transport (propietats de dissolució i mecàniques)
- Reactiu químic.

Els éssers vius van renovant contínuament el seu contingut en aigua, ingerint-la amb l'alimentació i perdent-la amb la respiració com vapor i amb la excreció (orina, suor, etc.)

## SALS MINERALS: PROPIETATS I IMPORTÀNCIA BIOLÒGICA

En tots els éssers vius, animals i vegetals, es troben sempre determinades quantitats de sals minerals. Es classifiquen en funció de la seva solubilitat en aigua. Les substàncies salines insolubles en aigua formen estructures sòlides que solen complir funcions de protecció i sustentació i que estan molt esteses en tots els éssers vius. Els Crustacis i els Mol·luscs presenten closques de carbonat càlcic ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ) mentre que en la Diatomees són de sílice ( $\text{SiO}_2$ ). L'esquelet intern dels Vertebrats presenta una part mineral formada per l'associació de diversos components minerals, sobretot carbonat i fosfat càlcic ( $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$ ). A més, l'esmalt de les dents presenta fluorur càlcic ( $\text{F}_2\text{Ca}$ ).

Quan a les sals minerals solubles en aigua, aquestes es troben dissociades en els seus ions corresponents, que són els responsables de la seva activitat biològica. Els principals ions són:

- Cations:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  i amoni ( $\text{NH}_4^+$ ).
- Anions:  $\text{Cl}^-$ , fosfats ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ ,  $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) i carbonats ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ).

Els ions minerals realitzen múltiples funcions en l'organisme, destacant les següents:

1. Regulació dels fenòmens osmòtics: quan dues dissolucions salines de diferent concentració es posen en contacte a través d'una membrana semipermeable (anomenada així perquè permet el pas d'aigua però no dels ions dissolts en ella) les dues dissolucions tendeixen a equilibrar les seves concentracions i, com els ions no poden travessar la membrana, és l'aigua de la dissolució més diluïda la qual va passant a la més concentrada. Aquest tràfec d'aigua cessa quan ambdues dissolucions adquireixen la mateixa concentració. La dissolució més concentrada rep el nom de hipertònica respecte a la menys concentrada que és la hipotònica; en el moment de l'equilibri es diu que les dues dissolucions són isotòniques. Aquest fenomen es coneix amb el nom d'osmosi i el pas de l'aigua a través de la membrana semipermeable genera una pressió anomenada pressió osmòtica. Aquesta serà major com més gran sigui la diferència en la concentració de les dues dissolucions. Els éssers vius mantenen en les seves cèl·lules una pressió osmòtica constant gràcies a les sals minerals, fenomen anomenat homeòsmia, i són molt sensibles a les variacions de la mateixa, la qual cosa implica seriosos trastorns. Per aquesta raó tota dissolució que es posi en contacte directe amb les cèl·lules d'un organisme ha de ser isotònica pel que fa a la dissolució salina del seu interior, ja que les membranes cel·lulars es comporten com semipermeables. Existeixen dos exemples típics que demostren la importància dels fenòmens osmòtics en el manteniment de la integritat cel·lular:
  - a. Les cèl·lules vegetals posseeixen un gran vacúol que comprimeix el citoplasma contra la paret cel·lular. Al posar-les en contacte amb una solució salina hipertònica respecte del líquid de la vacuola, l'aigua d'aquesta flueix cap a l'exterior de la cèl·lula i, com a conseqüència, la vacuola es redueix de grandària arrossegant al citoplasma, que pot arribar a separar-se de la paret cel·lular. Aquest fenomen es denomina plasmòlisi. Per contra, si la solució que es posa en contacte amb la cèl·lula és hipotònica, el corrent d'aigua s'estableix cap a l'interior, comprimint el citoplasma contra la paret cel·lular. Aquest cas es diu turgència.
  - b. Repetint la mateixa experiència amb glòbuls vermells, com aquests manquen de paret cel·lular vegetal, al posar-los en contacte amb una solució hipertònica, disminueixen de volum i s'arruguen al sortir aigua a l'exterior. Si els posem en contacte amb una solució hipotònica, l'aigua passa a l'interior i el glòbul vermell es dilata, podent arribar a esclatar trencant-se la seva membrana. Aquest cas extrem es diu hemolisi.
2. Regulació de l'equilibri àcid-base: En els éssers vius existeix sempre una certa quantitat de hidrogenions ( $\text{H}^+$ ) i d'ions hidroxil ( $\text{OH}^-$ ) que procedeixen de:

- a) La dissociació de l'aigua que proporciona els dos ions:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$   
 b) La dissociació de cossos amb funció àcida que proporcionen  $\text{H}^+$ :  $\text{ClH} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}^+$   
 c) La dissociació de cossos amb funció bàsica que proporcionen  $\text{OH}^-$ :  $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

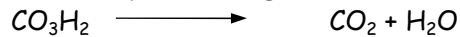
Els hidrogenions tenen caràcter àcid, mentre que els hidroxilions ho tenen alcalí. Per tant l'acidesa o alcalinitat del medi intern d'un organisme dependrà de la proporció que es trobin els dos ions. Així serà neutre quan  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ , àcid quan  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$  i alcalí quan  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ . Perquè els fenòmens vitals puguin desenvolupar-se amb normalitat és necessari que la concentració d' $\text{H}^+$ , que s'expressa en valors de pH sigui més o menys constant i pròxima a la neutralitat, és a dir,  $\text{pH} = 7$ . No obstant això, en les reaccions que tenen lloc durant el metabolisme s'estan alliberant productes tant àcids com bàsics que tendiran a variar aquesta neutralitat si no fora perquè els organismes disposen d'uns mecanismes químics que s'oposen automàticament a les variacions de pH. Aquests mecanismes es denominen sistemes esmoreïdors o sistemes tampó, i en ells intervenen de forma fonamental les sals minerals. El més corrent és que el pH tendeixi a desplaçar-se cap al costat àcid pel que els sistemes tampó més importants actuen evitant aquest desplaçament. Un tampó està format per una barreja d'un àcid feble i una sal del mateix àcid; el més estès és el format per l'àcid carbònic ( $\text{CO}_3\text{H}_2$ ) i el bicarbonat sòdic ( $\text{CO}_3\text{HNa}$ ). Suposem que l'organisme es veu sotmès a un excés d'àcid clorhídric que, en conseqüència alliberarà protons que faran disminuir el pH. En aquest moment entra en funcionament el sistema esmoreïdor i ocorre el següent:

- 1.- La sal (bicarbonat sòdic) reacciona amb l'àcid clorhídric:



La sal que es forma ( $\text{NaCl}$ ) és neutra i, encara que es dissociï, no allibera protons i, a més, és habitualment expulsada per l'orina.

- 2.- L'àcid carbònic que s'ha format podria incrementar l'acidesa, però ràpidament es descompon en  $\text{CO}_2$ , que s'allibera amb la respiració, i aigua que és neutra:



En resum, tots els hidrogenions que podrien provocar un estat d'acidesa desapareixen mantenint-se l'estat de neutralitat.

3. Contribueixen a l'estat elèctric de la cèl·lula. Per exemple, generant càrregues positives a la part exterior de la membrana plasmàtica i contribuint a les negatives de l'interior.
4. Modifiquen les propietats de l'aigua. Per exemple els punts d'ebullició i congelació o la capacitat de dissolució.
5. Estabilitzen les dissolucions col·loïdals.
6. Intervenien en processos químics cel·lulars.

## CONCEPTE DE DISPERSIÓ AQUOSA

Definició de dispersió: mescla homogènia de molècules distintes. En aquest cas aigua i altres components. Fases de que consta: fase dispersant (aigua) i fase dispersa (formada per molècules de baix pes molecular (anomenades dispersions moleculars o dissolucions) o partícules grans (dispersions col·loïdals, emulsions i suspensions).