

Tema 2 : **L'aigua i les sals minerals**

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. L'aigua<ol style="list-style-type: none">1.1. Contingut hídric dels éssers vius.1.2. Estructura de l'aigua.1.3. Propietats i funcions biològiques de l'aigua2. Les sals minerals |
|--|

1. L'aigua

L'aigua és el component més abundant de la matèria viva- entre el 65 i el 95% del pes de la majoria dels éssers vius , cosa gens estranya ja que cobreix les 2/3 parts de la superfície del planeta. Es presenta en els tres estats: líquida (mars , oceans , llacs i rius) , sòlida (glaceres i casquets polars) i en forma de vapor d'aigua (atmosfera) Tot i la seua abundància , l'aigua no és un compost químic corrent. L'aigua és una molècula simple i extranya, que podem considerar com el líquid de la vida. És una molècula amb un comportament molt particular que la fan diferent a la majoria dels líquids i, encara que sembla un líquid inert , manifesta una gran reaccionabilitat; les seues propietats físiques i químiques són les responsables de la seua importància biològica. Cal recordar per últim que la vida va sorgir al si de l'aigua i que totes les cèl·lules necessiten un ambient aquós per poder viure. 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.

1.1. Contingut d'aigua dels éssers vius

L'aigua constitueix aproximadament un 70% del pes dels éssers vius. Aquesta proporció depèn de tres factors:

- + Tipus d'organisme : medusa: 98% , algues: 95% , fongs: 80% , cos humà: 63%
- + Classe d'òrgan o teixit : cervell: 90% , músculs: 77% , os: 22% , dentina: 10%
- + Edat de l'organisme: embrió: 94% , nounat: 69% , adult: 63%

Hi ha una relació directa entre **contingut hídric** i **activitat fisiològica**. El contingut en aigua d'un organisme està en contínua renovació. Una pèrdua d'un 10% pot suposar la mort de l'organisme. Alguns organismes primitius (bacteris i protozous) o els vegetals poden reduir-ne el seu contingut sense morir, tot entrant en un estat de **vida latent** (espores , llavors). Amb la rehidratació retorna l'activitat fisiològica.

2- Estructura de l'aigua.

De la mateixa manera que la configuració electrònica del carboni va ser responsable de la seua idoneïtat per formar part dels compostos orgànics i va justificar la seua selecció com a element fonamental de la matèria viva, l'estructura de la molècula de l'aigua és la responsable de les **propietats físico-químiques** anòmales que presenta aquesta molècula i també determinen la seua funció biològica i justifiquen la importància en l'aparició i el manteniment de la vida sobre la Terra.

La molècula d'aigua està composta per un àtom d'oxigen unit covalentment amb dos àtoms d'hidrogen. La disposició tetraèdrica dels orbitals sp^3 de l'oxigen determina un angle entre els enllaços H-O-H 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. Tot això fa que aquesta molècula, tot i restar neutra, tinga un caràcter polar, com a conseqüència de la distribució asimètrica dels electrons compartits, atesa la diferent electronegativitat de l'àtom d'oxigen i hidrogen; al voltant de l'oxigen hi ha una densitat de càrrega elèctrica negativa δ^- (deguda a la densitat electrònica), mentre que els nuclis d'hidrogen resten nus, desproveïts parcialment dels seus electrons i manifesten, per tant, una densitat de càrrega positiva δ^+ .

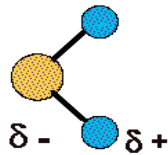


Fig 1 L'aigua és un dipol.

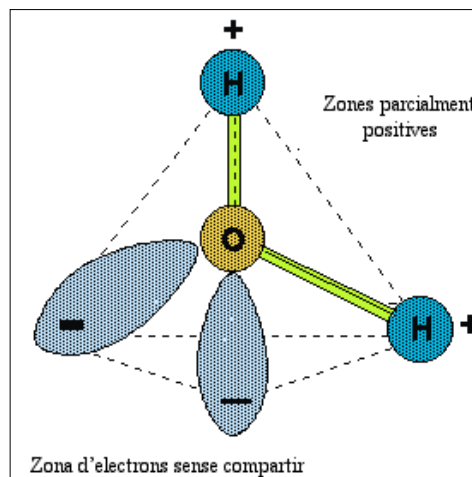


Fig. 2 Estructura de la molècula d'aigua

Aquest marcat caràcter dipolar que presenten les molècules d'aigua farà que interaccionen entre sí i amb altres molècules polars mitjançant **enllaços (ponts) d'hidrogen**, un tipus d'enllaç feble. Tot i ser enllaços molt febles, el fet que al voltant de cada molècula d'aigua hi haja quatre molècules unides per ponts d'hidrogen permet l'establiment d'una estructura de tipus reticular, responsable del seu comportament anormal i de la peculiaritat de les seues propietats.

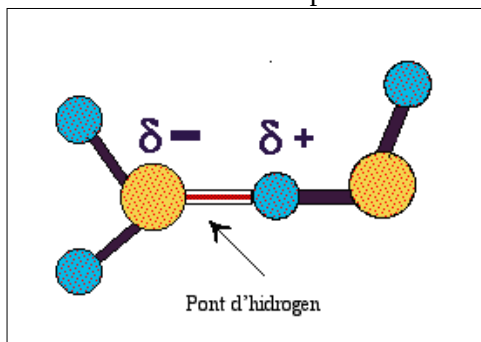


Fig.3 Pont d'hidrogen entre dues molècules d'aigua

1.3. Propietats de l'aigua. Funcions biològiques

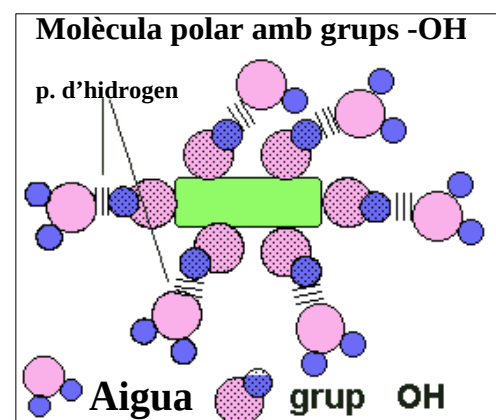
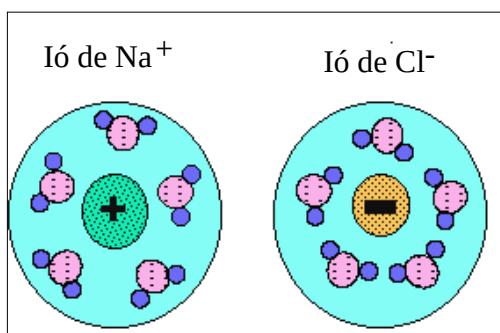
1.3.1. L'aigua com a dissolvent

L'aigua és el líquid que més substàncies dissol, i per això se li ha donat el qualificatiu de dissolvent universal. Aquesta acció dissolvent consisteix en la dispersió d'un **solut** (sòlid) en una fase dispersant (**dissolvent**) i és deguda a la seua capacitat per formar ponts d'hidrogen amb altres substàncies polars (grups -OH d'alcohols i sucres, grups -NH₂ d'aminoàcids, proteïnes i àcids nucleics, etc) ja que es dissolen quan interaccionen amb les molècules polars de l'aigua. 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 hidrattats o solvatats**.

Tipus dispersió	Molecular (dissolució)	Soluts amb baix pes molecular (PM) Transparents Ex: Sucre + aigua
	Col·loidal	Soluts amb PM elevat Transparents però amb efecte Tyndall No sedimenten. Separables per centrifugació Ex: clara d'ou + aigua

Hi ha tres tipus de substàncies si considerem el seu comportament respecte amb l'aigua:

- * **Polars** (hidròfiles): hi són solubles
 - ** **Composts iònics**; atracció ió - aigua
 - ** **Composts no iònics**; atracció entre els grups funcionals polars i l'aigua mitjançant ponts d'hidrogen.
- * **Substàncies no polars** (hidròfobes). Hi són insolubles. Tenen tendència a unir-se entre elles tot exclouent l'aigua. Formen emulsions (definitives o transitòries). Ex: oli.
- * **Substàncies amfipàtiques**: es tracta de molècules que posseeixen en la seua estructura grups polars i no polars. Se solubilitzen mitjançant la formació de micelles o bicapes lipídiques. Ex: àcids grassos, fosfolípids.



La capacitat dissolvent és responsable de dues importants funcions que té l'aigua als éssers vius:

- * És el medi on es donen la majoria de les reaccions del metabolisme.
- * L'entrada de nutrients i l'eliminació de productes de rebuig es realitzen a través de sistemes de transport aquosos (sang, saba de les plantes) on es dissolen prèviament.

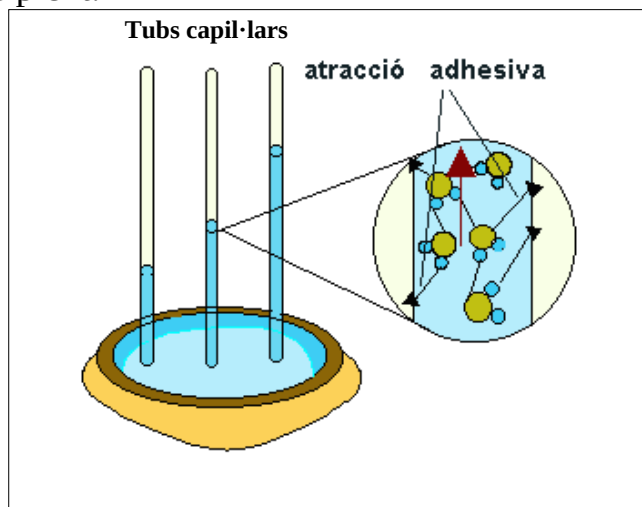
2- Elevada força de cohesió entre les seues molècules ,

És provocada pels ponts d'hidrogen existents entre elles , cosa que la transforma en un líquid prou incompressible. D'aquesta manera l'aigua actua com a esquelet hidrostàtic d'alguns invertebrats o comunica rigidesa i turgència a les plantes

3- Elevada força d'adhesió.

Aquesta força 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 de l'anomenat fenomen de **capil·laritat**⁺ , que pot explicar l'ascensió de la saba pels vasos llenyosos de les plantes.

Quan s'introdueix un *capil·lar* (Fig. en un recipient amb aigua, aquesta ascén pel el capil·lar com si grimpés agarrant-se per les parets, fins assolir un nivell superior al del recipient.



4- Gran calor específica.

S'anomena calor específica la quantitat d'energia necessària per aconseguir elevar la temperatura d'un gram d'aigua pura 1 °C. L'aigua pot absorbir grans quantitats de calor , mentre que , proporcionalment , la seua temperatura s'eleva únicament lleugerament. De la mateixa manera , la seua temperatura baixa amb més lentitud que la d'altres líquids a mesura que va perdent energia en refredar-se. Gràcies a aquesta propietat , l'aigua actua com un regulador tèrmic dels éssers vius .

Aquesta propietat està relacionada amb l'existència de ponts d'hidrogen. Part del calor que absorbeix l'aigua és utilitzat per trencar els ponts d'hidrogen, fet que provoca que l'augment de temperatura siga molt lent.

⁺ Quan s'introdueix un capil·lar (tub de vidre molt prim) en un recipient amb aigua , aquesta va pujant pel capil·lar com si grimpés agafant-se per les parets , fins arribar a un nivell superior al del recipient

5- Elevat calor latent de vaporització

A 20°C es necessiten 540 cal per evaporar un gram d'aigua, fet que ens dóna idea de l'energia necessària per trencar els ponts d'hidrogen i, posteriorment, per donar a les molècules la suficient energia cinètica perquè abandonen la fase líquida i passen a l'estat de vapor. Per evaporar l'aigua, cal primer trencar els ponts i posteriorment dotar les molècules de la suficient energia cinètica per passar de la fase líquida a la gasosa.

Quan s'evapora l'aigua disminueix la temperatura del cos, cosa que constitueix un mètode eficaç als vertebrats per dissipar calor per sudoració o també altres processos de refrigeració a les plantes (evapotranspiració a nivell dels estomes).

6- Aigua líquida i aigua sòlida

L'aigua es manté líquida en un ampli interval de temperatures (0°C-100°C). Quan es refreda contrau el seu volum, com és normal; però quan arriba als 4°C la contracció s'atura i es dilata fins a transformar-se en gel, menys dens que l'aigua. Aquesta anormalitat permet que la vida continue desenvolupant-se a les masses d'aigua (rius, mars, llacs) cobertes de gel.

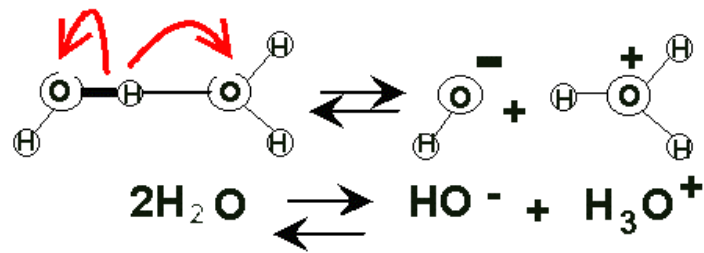
Funcions de l'aigua

Les funcions de l'aigua es relacionen íntimament amb les **propietats** anteriorment esmentades. Es poden resumir en els punts següents:

1. **Soport** o medi on tenen lloc les reaccions metabòliques
2. **Amortidor** tèrmic
3. **Transport** de substàncies
4. **Lubricant**, amortidora del fregament entre òrgans
5. Afavoreix la circulació i la **turgència**
6. Dóna **flexibilitat** i elasticitat als teixits
7. Pot intervenir com a **reactiu** en reaccions del metabolisme, aportant **hidrogenions o hidroxils** al medi.

Ionització de l'aigua

Dissociació de l'aigua



Dues molècules d'aigua es poden ionitzar gràcies a forces d'atracció per ponts d'hidrogen que es formen entre elles: Un ió hidrogen (H^+) d'una molècula es dissocia del seu àtom d'oxigen al qual es troba unit covalentment i passa a unir-se amb l'àtom d'oxigen d'altra molècula, amb la qual mantenia contacte mitjançant l'enllaç d'hidrogen. Per això, l'aigua no és un líquid químicament pur, ja que conté alguns ions H^+ i OH^- . es pot considerar una barreja de:

- * aigua molecular (H_2O)
- * protons hidratats (H_3O^+)
- * ions hidroxil (OH^-)

En realitat aquesta dissociació és molt feble en l'aigua pura, i així el **producte iònic de l'aigua** a 25° és

$$K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$$

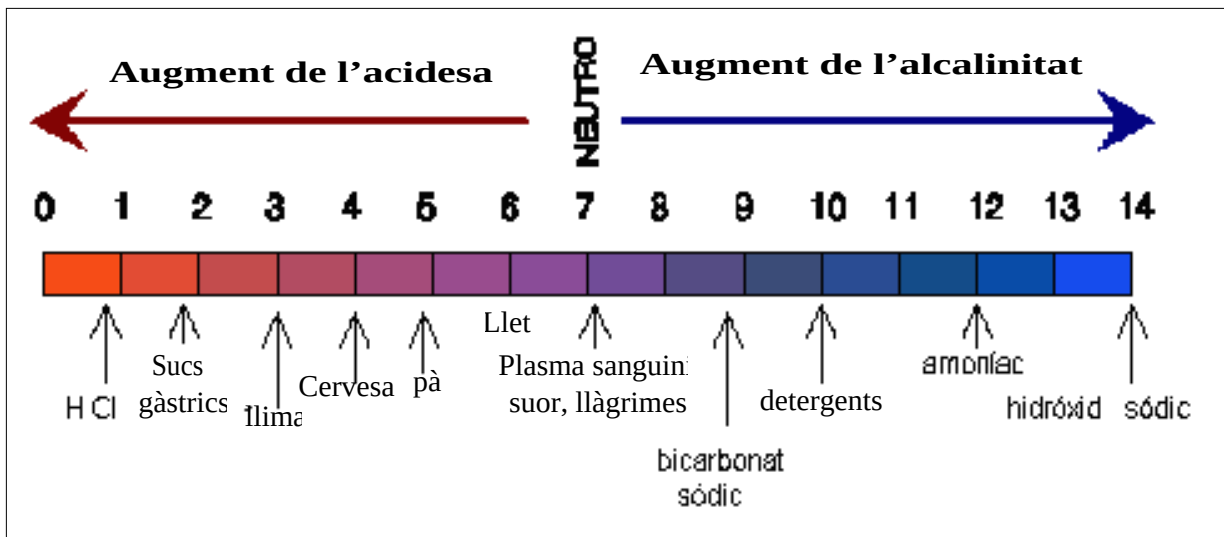
Aquest producte iònic és constant. Com que en l'aigua pura la concentració d'hidrogenions i d'hidroxils és la mateixa, significa que la **concentració d'hidrogenions és de 1×10^{-7}** . Per a simplificar els càlculs *Sorensen* ideà expressar aquestes concentracions mitjançant logaritmes, i definí el **pH** com el logaritme canviat de signe de la concentració d'hidrogenions.

$$\text{pH} = -\log_{10} (\text{H}^+)$$

Segons això tenim:

- * dissolució neutra **pH = 7**
- * dissolució àcida **pH < 7**
- * dissolució bàsica **pH > 7**

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



2. Les sals minerals

Aquests principis immediats inorgànics es poden presentar de tres maneres:

- **Precipitades.** Sòlides, insolubles en aigua. Formen estructures amb funció estructural de protecció i sosteniment. Exemple: CO_3Ca de les petxines o dels ossos.

- **Dissoltes** , en forma d'ions:

Cations : Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{+}

Anions : Cl^- , SO_4^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- .

Tenen funcions dinàmiques: Mantenen la pressió osmòtica , són amortidors del pH o realitzen accions específiques : el Ca^{2+} participa en la contracció muscular o la coagulació de la sang; el Na^+ , i el K^+ en la transmissió de l'impuls nerviós , etc.

- **Associades a molècules orgàniques** com als fosfolípids , hemoglobina etc.

Funcions de les sals minerals

1) **Esquelètica:**

- * Closques de CO_3Ca de les petxines i altres mol·luscs o closques silícies (SiO_2) dels frústuls de les diatomees .

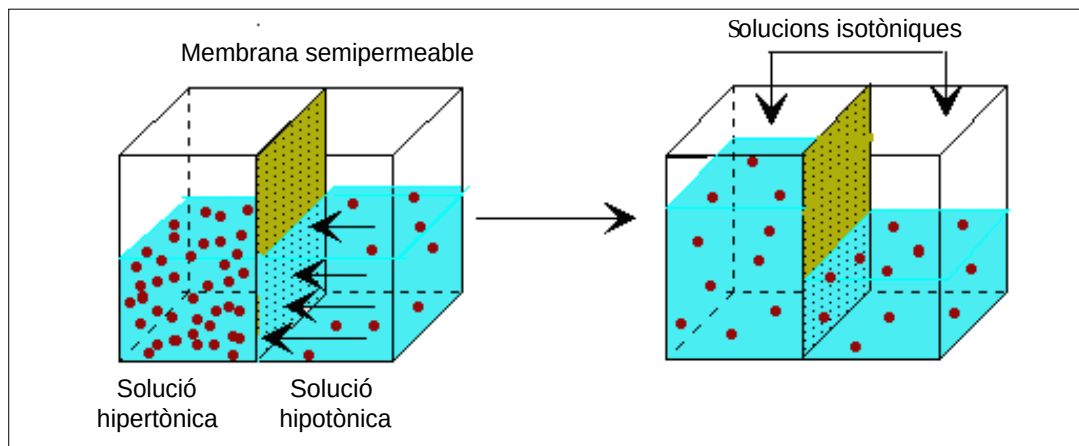
- * Esquelet intern dels vertebrats , la part mineral dels quals està formada per fosfats i carbonats de calci; el Ca F_2 és present a l'esmalt dentari.

- * Determinades cèl·lules vegetals incorporen sals minerals a la seua paret de cel·lulosa: impregnacions de silici a les tiges de blat , pèls d'ortiga , etc.

2) **Manteniment del grau de salinitat del medi intern**, és a dir, la regulació dels processos osmòtics.

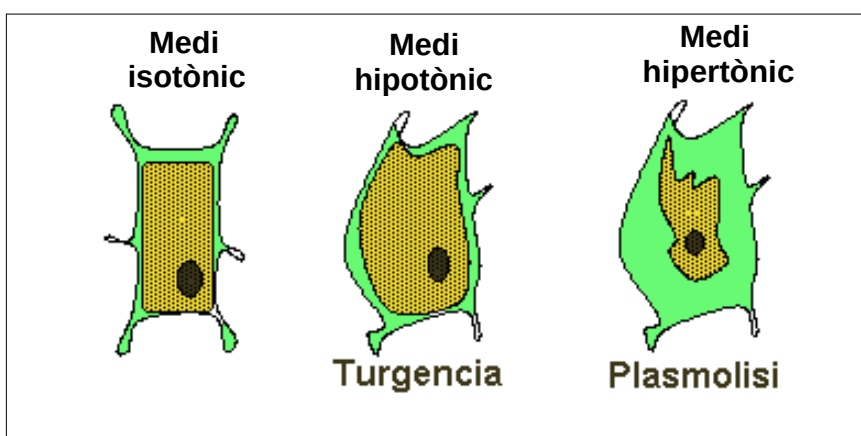
Osmosi: tipus de difusió passiva caracteritzada pel pas de l'aigua a través d'una membrana semipermeable de la solució més diluïda cap a la més concentrada .

Si tenim dues dissolucions aquoses de concentració diferent separades per una **membrana** (deixa passar el dissolvent però no el solut) té lloc el fenomen de l'**osmosi** que seria un tipus de **difusió passiva** caracteritzada pel pas de l'aigua (dissolvent) a través de la *membrana semipermeable* des de la solució **més diluïda** (hipotònica) a la **més concentrada** (hipertònica), aquest pas d'aigua continuarà fins que les dues solucions tinguin la mateixa concentració (isotòniques o isoosmòtiques).



s'entén per **pressió osmòtica** la pressió que seria necessària per detindre el flux d'aigua a través de la membrana semipermeable.

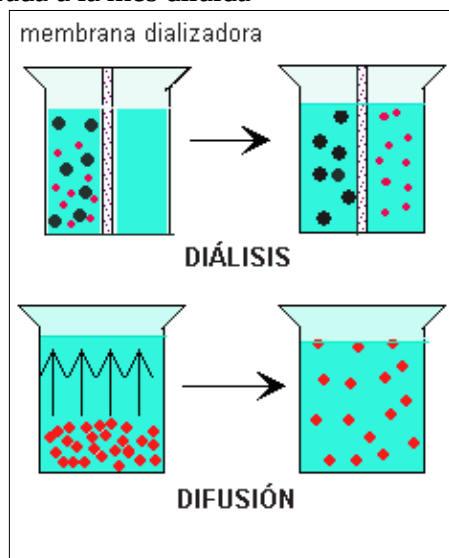
La **membrana plasmàtica** de la cèl·lula pot considerar-se com a *semipermeable*, i per això les cèl·lules han de romandre en *equilibri osmòtic amb els líquids que l'envolten*



Quan la concentració de soluts dels fluids extracel·lulars és igual a la concentració intracel·lular , totes dues solucions son **isomètiques** (isotòniques); si els líquids extracel·lulars augmenten la seua concentració , es fan **hipertònics** respecte a les cèl·lules i aquestes perden aigua , es deshidraten i moren (plasmolisi). De manera semblant si els líquids extracel·lulars es dilueixen , es

fan **hipotònics** respecte al contingut cel·lular , l'aigua tendeix a passar al citoplasma i les cèl·lules s'inflen , es posen turgents i arriben fins i tot a esclatar, si no disposen d'una paret de cel·lulosa com les cèl·lules vegetals.

Diàlisi: Si el diàmetre de la membrana semipermeable és suficientment gran per deixar passar, a més del dissolvent , molècules de solut de pes molecular baix , es produeix un fenomen anomenat diàlisi, pel qual aquestes petites molècules travessen la membrana des de la solució més concentrada a la més diluïda



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

3- Equilibri iònic i sistemes tampó.

Ionització de l'aigua i escala de pH

Els organismes vius no suporten variacions de pH superiors a unes dècimes d'unitat , ja que afecten a l'estabilitat de l'estructura de les proteïnes i per tant la seua funció biològica. (els aminoàcids constituents , segons el pH , poden comportar-se com a compostos ionitzats o no. Veure el tema 5).

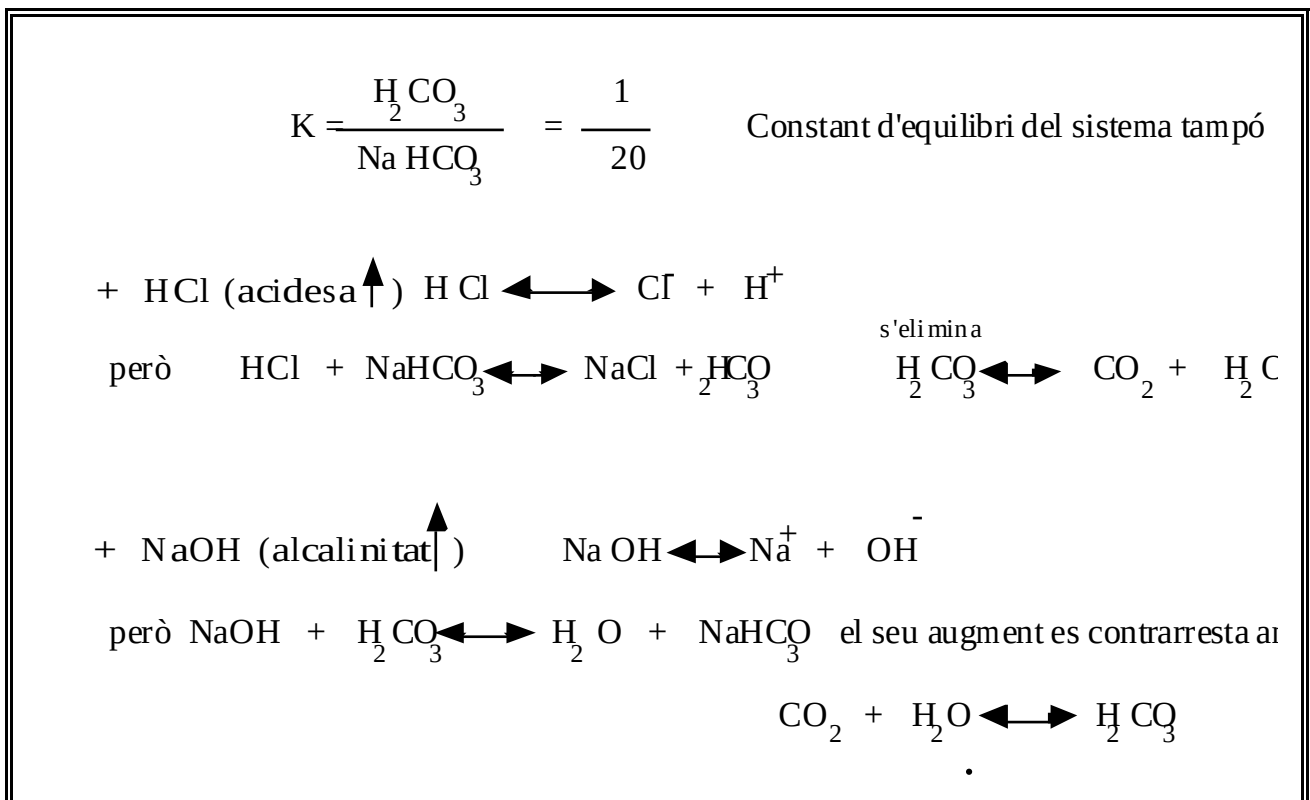
Es necessita , doncs , un mecanisme de control que mantinga constant el pH de les cèl·lules i del medi intern: El pH del plasma es manté constant sobre un valor $\text{pH}=7,4$. Si fallara el mecanisme regulador i el pH passara a valors $< 7,0$ o $> 7,8$ el resultat podria ser letal; el pas de pH des de 7,0 a 7,8 suposa únicament un augment de $3 \cdot 10^{-8}$ mols.

Els organismes vius controlen les variacions de pH mitjançant els sistemes tampó o *buffer* , els quals tendeixen a impedir la variació del pH quan s'afegeixen quantitats moderades d'ions H^+ o

OH^- . Aquest sistema es basa en una parella de compostos formada per un àcid i la seua sal conjugada, que actuen com a donador i acceptor de protons, respectivament.

Exemples d'aquests sistemes tampó els tenim en la parella àcid carbònic-bicarbonat ($\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$) i la parella $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-}$; Les proteïnes també tenen capacitat tamponadora (veure tema 5).

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** i l'**àcid carbònic**, que al seu torn es dissocia en diòxid de carboni i aigua:



Bibliografia

- # ALBERTS B. (1986) Biologia molecular de la cèlula. Ed. Omega Barcelona (B)
- # LEHNINGER Curso breve de Bioquímica. Ed Omega. Barcelona (B)
- # PANADERO J. (1990) Biologia COU. Ed. Bruño. Sant Adrià de Besòs.(B)

PREGUNTES DE REPÀS

1* Comenta algunes adaptacions per a l'ús i la conservació de l'aigua que han desenvolupat els éssers vius al llarg de l'evolució.

2* És cert que organismes com un ésser humà podem viure sense contacte amb un medi aquós , com és el cas del medi desèrtic?

3* Per què els esquimals poden viure prou confortablement dintre dels seus iglús mentre a l'exterior hi ha temperatures de -20°C ?

4 * Pot l'aigua dissoldre qualsevol substància orgànica ?Per què? Exemples

5 * Enumera les substàncies solubles i insolubles en aigua que recordes.

6 * Per què el bacallà salat, es pot conservar molt de temps? Per què no es floreix la llet condensada?

7 * Quines substàncies transporta l'aigua a l'interior del teu cos?

8 * Què li passa a una planta quan no és regada , massa sovint a l'estiu?

9 * A què és deguda la polaritat de l'aigua? Quines són les conseqüències químiques i biològiques d'aquest fenomen ?

10 * Què passa si injectem aigua destilada a la vena?

11* Dibuixa un grup de molècules d'aigua enllaçades mitjançant ponts d'hidrogen. Explica en què consisteix eixe tipus d'enllaç?

12 * Explica què és l'efecte tampó. Quina és la seua importància per al funcionament dels organismes vius? Posa i explica amb detall un exemple de sistema tampó

1) Los enlaces por puente de Hidrógeno son

a) Más débiles que los covalentes

b) Más fuertes que los covalentes

- c) Igual de fuertes que los covalentes
- 2) El agua es un líquido casi incompresible debido a:
- a) Elevada fuerza de adhesión
 - b) La fuerza de cohesión entre sus moléculas
 - c) Elevado grado de ionización
- 3) En el agua la concentración de iones OH⁻ y H⁺ es :
- a) Muy alta
 - b) Baja
 - c) Muy Baja
- 4) ¿Cuál es el producto iónico del agua?
- a) $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$
 - b) $[H^-] \cdot [OH^+] = 10^{-14}$
 - c) $[H^+] \cdot [OH^-] = 7$
- 5) ¿Para qué utilizan los seres vivos los sistemas tampón?
- a) Para elevar o bajar su pH.
 - b) Para que su pH varíe con el medio.
 - c) Para mantener su pH constante.
- 6) Entendemos por presión osmótica
- a) La presión de la atmósfera sobre los seres vivos.
 - b) La necesaria para detener el flujo de agua a través de la membrana semipermeable.
 - c) La necesaria para aumentar el flujo de agua a través de la membrana semipermeable.
- 7) Los cristales de oxalato cálcico ...
- a) pueden producir agujetas
 - b) pueden originar cálculos renales
 - c) pueden dar anemia perniciosa
- 8) El carbonato de calcio se encuentra en ...
- a) la retina.
 - b) el oído interno.
 - c) la piel.
- 9) El Mn²⁺
- a) Forma estructuras de sosten en células vegetales.
 - b) Regula el pH de la sangre de los vertebrados.
 - c) Actúa como cofactor enzimático.
- 10) ¿Qué elemento interviene en la contracción muscular?
- a) Mn²⁺
 - b) Ca²⁺.
 - c) Cu²⁺

Lectura :

Per què són tan petits els pigmeus?

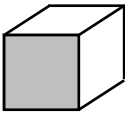
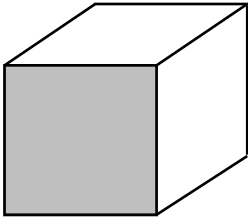
Del llibre Qui som ; història de la diversitat humana. Luca i Francesco Cavalli-Sforza. Enciclopèdia Catalana. Barcelona 1994

Els pigmeus són famosos des de l'antiguitat pel fet de ser els hòmens més petits que existeixen. Avui els pigmeus viuen tots a la selva africana. S'observa que els pobles que habiten la selva tropical, on el clima és molt càlid i humit són sempre molt xicotets.

La selva té un clima particular: no hi fa una calor extremadament alta, però hi ha sempre una humitat del 100%. encara que la temperatura no és elevadíssima, és força constant, de manera que no baixa prou per ajudar a eliminar la calor interna del cos ni per provocar una sudoració intensa.

La suor ens ajuda a refrescar-nos, perquè quan s'evapora produeix fred. És el mateix mecanisme amb el qual es genera fred en el frigorífics, on un fluid especial, que s'evapora en un recipient tancat, absorbeix calor i la sostrau a l'ambient intern del frigorífic; després torna a l'estat líquid fora del frigorífic, i el procés torna a començar. Amb una humitat del 100% la sudoració, que és el nostre mecanisme normal de defensa contra la calor excessiva, no és gaire eficaç o no ho és gens, perquè si la suor no s'evapora i continua en estat líquid no ens refreda. En els moments més crítics hi ha el risc que la temperatura corporal augmente per damunt dels 37°C i fins i tot del límit de 42°C que és el màxim que es pot tolerar sense morir.

El pigmeu sua moltíssim, però amb això no hi hauria prou. es protegeix gràcies a la petita alçada de dos maneres diferents. La primera és que si l'alçada és petita la superfície del cos, la superfície del cos és més gran respecte al volum. És un fet matemàtic que es pot observar en el següent esquema:

		
	1 cm	2 cm
Superfície d'una cara	1cm ²	4cm ²
Superfície del cub	6 cm ²	24 cm ²
Volum	1cm ³	8 cm ³
Relació	6:1	3:1

La calor es produeix a la massa del cos, especialment al fetge i als músculs, i es dispersa a través de la superfície; si aquesta massa és relativament més gran, perquè l'alçada és menor, la calor es dispersa més fàcilment i l'acció de refredament és més eficaç. En un ambient calorós-humit convé ser petits. Aquest és el primer mecanisme de protecció.

Un altre avantatge de la poca alçada és que s'utilitza menys energia per moure el propi cos. Els atletes que es dediquen a la marató, sovint són de complexió relativament menuda, encara que es podria pensar que és millor que siguin molt alts, per aprofitar les passes més llargues. El

pigmeu quan es mou fa un esforç menor que el d'un individu més alt que ell , perquè el pes que ha de moure és més petit

La poca alçada apareix , doncs , com una adaptació a la vida de la selva . A més a més , tenen una altra adaptació : el nas més ample del món. Els nassos minúsculs serveixen quan l'aire és molt fred , perquè així té temps d'escalfar-se abans d'arribar als pulmons; però si l'aire és calent i humit no hi ha cap necessitat de modificar la temperatura i la humitat a través del filtre del nas , i convé que els nassos siguin amples.

Qüestions

1- Destaca quines són les principals característiques climàtiques de la selva tropical, tot comparant-lo amb un clima desèrtic. Per ajudar-te, afegim les dades climàtiques de cada clima

	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANY
Sandakan. Borneo septentrional	26,5	26,5	27	28	28	28	28	28	28	27,5	27	26,5	27,5°C
05°15'N. 118°07'E. 46m.	482	274	218	114	157	188	170	200	236	259	368	470	3154 l/m ²
Asuan. Egipte	16,5	18,5	22,5	27	31,5	33,5	33,5	33,5	31,5	29	23,5	18,5	27°C
24°02'N. 32°53'E. 111m	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	<2 l/m ²

2- Importància de la suor en el manteniment de les constants vitals

3- Explica tres adaptacions dels pigmeus a la vida de la selva

4- Resum: 10 línies

solucions a algunes respostes

Iglú: L'aiga del fons (éssers humans) queda protegida tèrmicament per la capa de gel a l'igual que als rius gelats.

Adaptacions: Fecundació interna. Pell o epidermis impermeables

Ronyó , pulmons , vida latent