

Les grans excentricitats d'un líquid singular: L'aigua

Gregori València Parera

M^a Francesca Reig Isart

Josep M^a García Antón

Excèntrica, singular, la rebelió de l'aigua contra les lleis químiques que, teòricament, haurien de governar-la li dona unes propietats indispensables per a la vida en el nostre planeta. La relació de les seves portentoses facultats ens fa veure fins a quin punt l'aigua s'allunya dels comportaments típics dels altres compostos, de manera que és difícil trobar una sola característica que es pugui considerar normal.

Una molècula amb moltes anomalies

Tan sols un àtom d'oxigen unit a dos d'hidrogen: H₂O.

És la de l'aigua una fórmula ben senzilla i a la vegada molt coneguda. A fe que fou la primera que tots vàrem aprendre.

A primera vista sembla que tot el que cal conèixer d'un producte químic tan senzill com és aquest es pugui trobar escrit en un llibre de química general. ¿Serem massa agosarats si la prenem com a subjecte d'un article sencer?

El primer que se'ns diu de l'aigua és que és un líquid que no té ni color ni olor ni gust; això, és clar, sempre que sigui PURA. Malgrat aquesta manca de propietats senso-

rials, l'aigua sempre ha estat una substància que ha intrigat els homes de ciència per les seves propietats úniques i misterioses que fan que sigui la substància imprescindible per a la vida en el nostre planeta.

Quan Celsius va inventar el termòmetre es va fonamentar en dues d'aquestes propietats: **la temperatura d'ebullició i la temperatura de congelació de l'aigua**. La primera la va fer igual a 100 °C i la segona 0 °C. Dividint a continuació l'interval entre l'una i l'altra en cent parts iguals (cada una de les quals és un grau centígrad) va aconseguir el primer instrument per a mesurar la temperatura. Celsius no sabia, però, és que aquestes dues propietats li són a l'aigua molt anòmales en magnitud. Els científics saben

avui que el punt d'ebullició d'un líquid depèn de la grandària de les seves molècules. En altres paraules, com més petites són les molècules més baix és el punt d'ebullició. És per això que si comparem l'aigua amb altres substàncies que tenen unes dimensions moleculars similars, l'aigua ha de bullir a una temperatura tan baixa com 93 °C.

Un raonament molt més acurat que té en compte les lleis que regeixen el sistema periòdic dels elements ens porta a un resultat semblant: l'aigua ha de bullir a una temperatura antàrtica de 80 °C.

Les propietats dels elements que formen part d'un mateix grup del sistema periòdic varien amb certa regularitat en passar dels elements més lleugers als més pesants. Tanmateix, les propietats dels produc-

tes derivats d'aquests elements no varien també a l'atzar, sinó que depenen de la posició que ocupen els seus elements en la taula que va arranjar Mendeleiev.

Això succeeix amb els productes hidrogenats o hidrurs, dels quals l'aigua -hidrur d'oxigen- pot ser un exemple. L'oxigen pertany al sisè grup juntament amb el sofre, el seleni, el tel·luri, i el poloni. Les molècules dels seus hidrurs tenen la mateixa fórmula que la de l'aigua: H_2S , H_2Se , H_2Te , H_2Po . De cada una d'aquestes substàncies, se'n coneix la temperatura d'ebullició, que varia amb regularitat en passar del sofre als altres elements més pesants.

Ara bé, la temperatura d'ebullició de l'aigua sobresurt bruscament en aquest grup. És molt més alta del que li pertoca. L'aigua no té en consideració les lleis establertes per la taula de Mendeleiev i desplaça el seu punt d'ebullició $180^\circ C$ per so-

bre del que està previst. ($80^\circ C$ — $100^\circ C$).

Per les mateixes lleis del sistema periòdic, la temperatura de congelació de l'aigua ha d'ésser de $100^\circ C$, però com ja sabem, l'aigua tampoc té en compte aquestes exigències i es converteix en gel tan sols a $0^\circ C$.

L'aigua no té en consideració les lleis establertes per la taula de Mendeleiev.

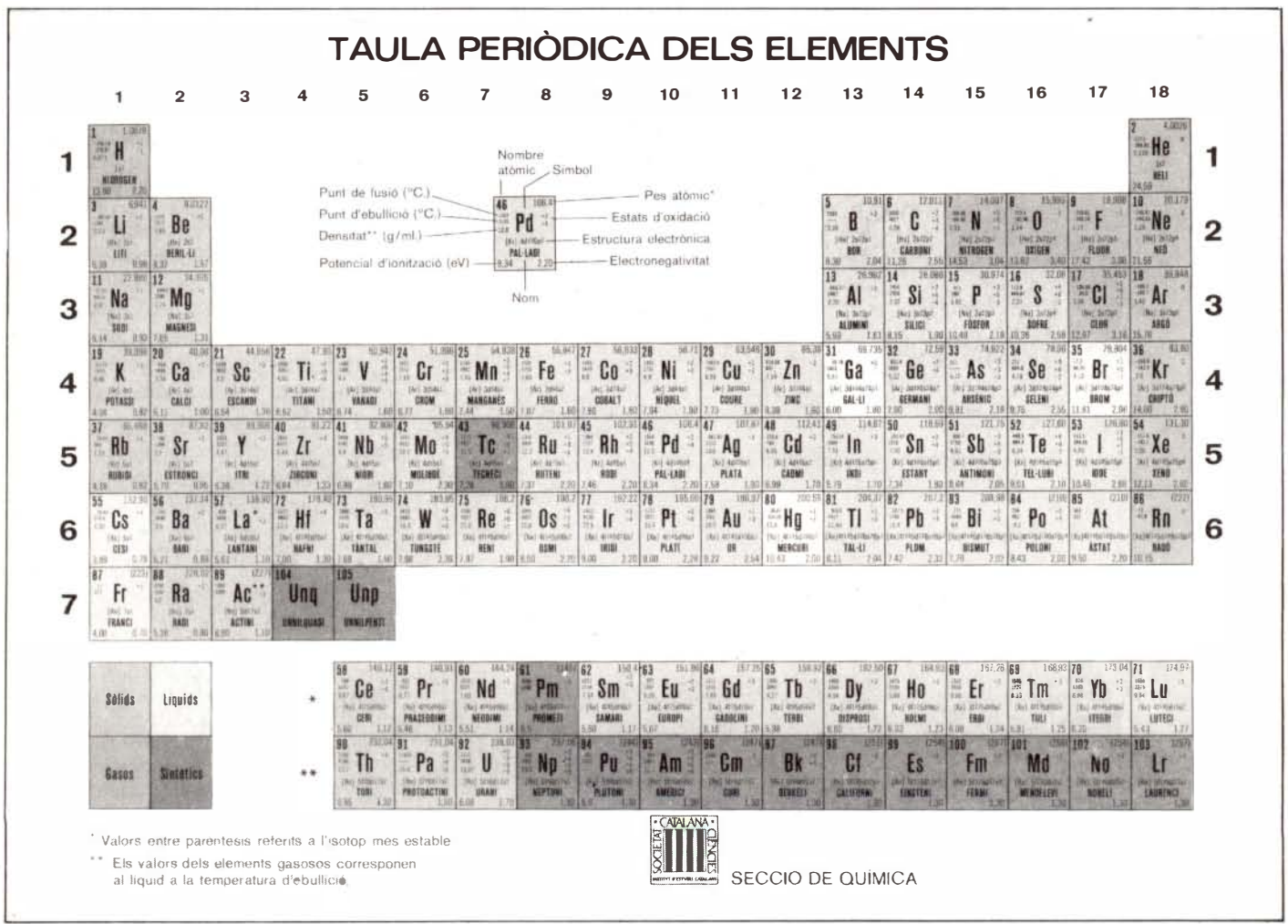
Aquesta rebel·lió de l'aigua en contra de les lleis del sistema periòdic fa que els seus estats líquid i sòlid a la Terra siguin "anormals", ja que, segons els reglaments, l'aigua hi hauria d'estar en forma de vapor. Això és una altra confirmació del fet que la taula de Mendeleiev és una construcció més complexa del que a primera vista sembla i que el caràcter dels seus elements és en alguns sentits semblant al de les

persones. D'aquesta manera, pel que fa al punt de congelació i d'ebullició i a d'altres propietats que a continuació esmentarem, l'aigua se'ns presenta tan capriciosa com aquestes dones boniques que Hollywood ens apropa a les nostres pantalles de televisió.

Amb tota aquesta història de l'aigua també ens cal fer especial esment del "Titanic". Sí, heu llegit bé, del Titanic. Com bé deveu saber, el Titanic deu la seva fama al trist fet que l'any 1912 ensopegà amb un iceberg gegantí i s'enfonsà. Darrera l'espessa boira el capità no va ser capaç de veure la immensa massa de glaç que dugué el vaixell a la catàstrofe.

Des d'un punt de vista estrictament químic, el Titanic va ésser víctima d'una altra "anomalia" de l'aigua. *El gel és més lleuger que l'aigua*. És per això que aquestes muntanyes de gel dites icebergs es troben surant sobre l'aigua del mar. L'experiència química en aquest sentit ens diu ben bé el contrari. Qualsevol substància química és més pesant (té més densitat) en estat sòlid que no pas en estat líquid.

Fig. 1
Taula periòdica dels elements segons Mendeleiev.



És per això que, per exemple, quan damunt d'un metall en fusió es diposita un fragment del mateix metall en estat sòlid, en lloc de surar s'hi enfonsa.

És també molt sorprenent el comportament de la densitat de l'aigua en relació a la temperatura. Tots els cossos es dilaten amb la calor i es contrauen quan es refreden.

Però altra vegada l'aigua continua portant la contrària i a 4°C té la seva màxima densitat. Per sota d'aquesta temperatura, si ja conti-

nuem refredant, en lloc de contraure's augmenta de volum, i això en grau màxim quan esdevé gel.

¿Quantes ampolles de bo i refrescant contingut no hem trencat en ficar-les al congelador i allí oblidar-les? L'ampolla de vidre es comporta normalment i, per tant, es contrau quan es refreda; però l'aigua, sempre tan capriciosa, augmenta considerablement de volum quan es congela. Un capteniment tan oposat ens comporta una altra fatalitat i el nostre preciós contingut es perd dins del congelador.

Una conseqüència ecològica i molt més transcendent d'aquest màxim de densitat és el fet que la congelació dels rius i els llacs es produeix des de la superfície cap a l'interior. D'aquesta manera, la capa de glaç superficial actuant com a aïllant permet la vida a l'interior de les aigües gelades del nostre planeta, fins i tot quan es produeixen fortes fluctuacions tèrmiques.

L'aigua de la pluja pot entrar a les esquerdes que hi ha a les roques, i omplir-les, i un cop la temperatura canvia i aquesta aigua es congela, la pressió del gel en augmentar de volum fragmenta fàcilment la pedra.

Aquesta gran capacitat calorífica de l'aigua té unes implicacions ecològiques indiscutibles en la regulació del clima, tal com veurem tot seguit.

Amb l'arribada dels primers freds l'aigua es comença a congelar en forma de gel i de neu, per tant la calor que ella ha anat acumulant és alliberada en aquest procés tot escalfant la terra i l'aire. D'aquesta manera el pas cap als dies freds de l'hivern no es fa sobtadament i podem gaudir de la tardor.

Al contrari, en descongelar-se el gel i la neu, es retarda l'arribada dels dies calorosos de l'estiu, car l'aigua està absorbint una gran quantitat de calor en aquest procés i es produeix per tant la primavera.

D'altra banda, l'existència de corrents oceànics calents com el del Gulf Stream també té gran importància en la regulació del clima. Aquest corrent d'aigua, en moure's lentament des de les regions de clima tropical cap a les regions fredes de l'Àrtic i l'Antàrtic, va alliberant calor cap a l'atmosfera. La quantitat de calor implicada en aquest fet és veritablement increïble, i si no,

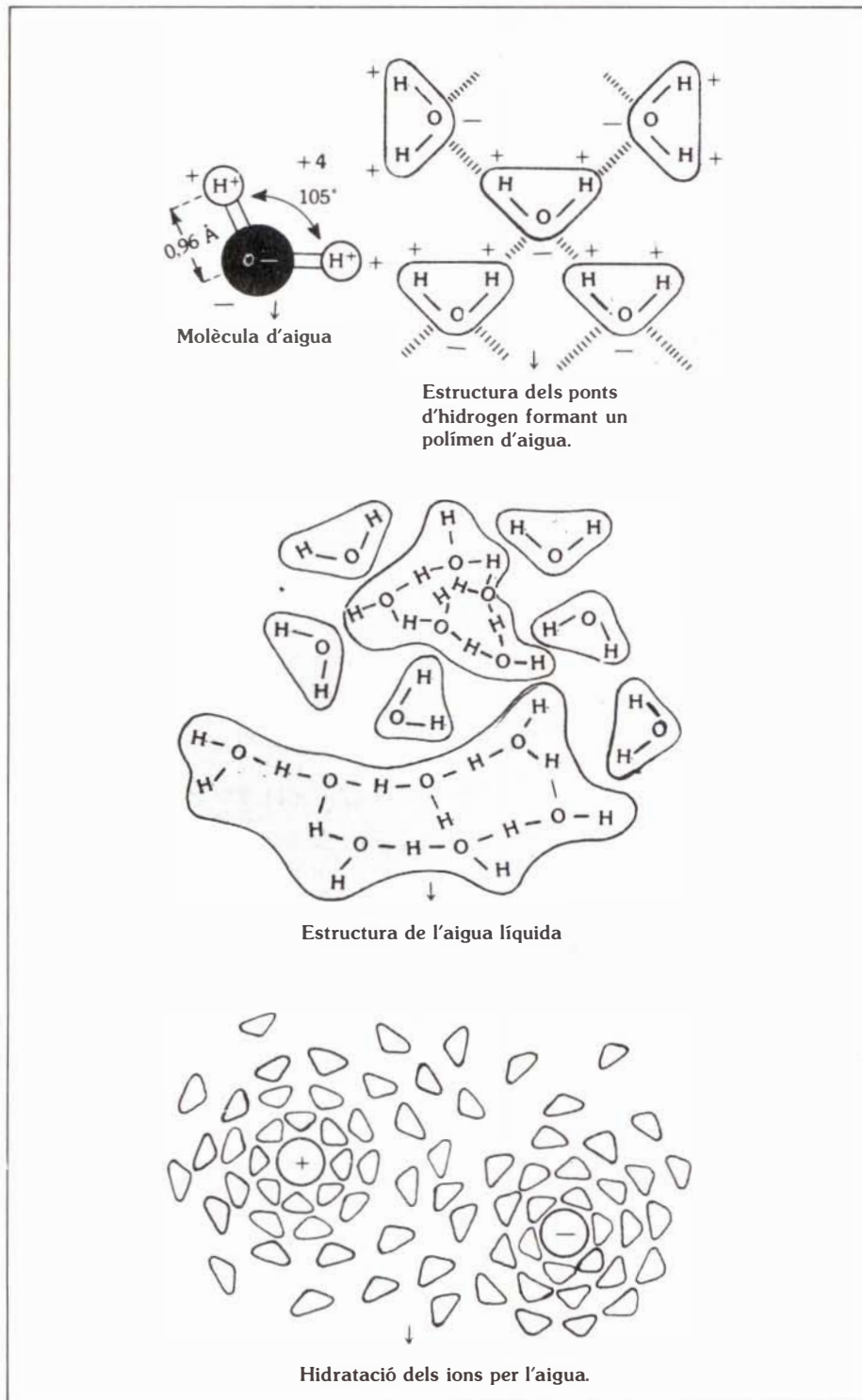


Fig. 2

Representació d'una molècula d'aigua i dels agregats moleculars que forma. L'elevada constant dielèctrica explica la seva gran capacitat per a actuar de dissolvent. Altra- ment, les molècules d'aigua s'enllacen entre elles per punts d'hidrogen i formen agrupacions de moltes molècules, amb molècules aïllades que omplen els buits. Aquesta estructura és extraordinàriament dinàmica, contínuament hi ha agrupacions que es disgreguen i molècules aïllades que s'aglomeren.

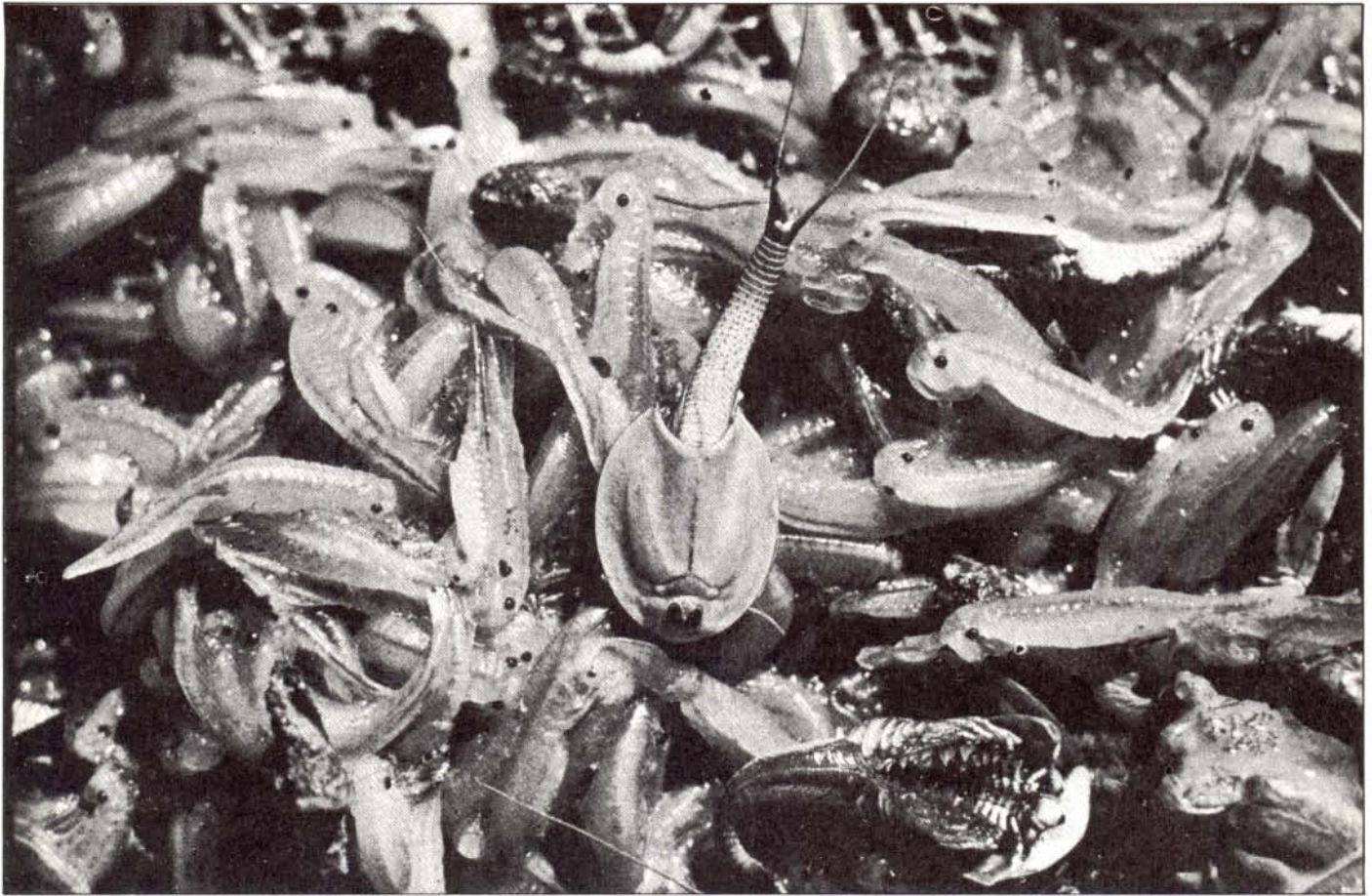


Fig. 3
Després d'un xàfec en un llac dessecat s'origina el naixement de milers de llagostins d'aigua dolça.

vegeu aquestes xifres milionàries que esmentem a continuació.

Cada hora el Gulf Stream allibera cap a l'aire una quantitat d'energia equivalent a la que seria generada per la combustió d'uns 200 bilions de tones de carbó; aquestes tones de carbó són aproximadament els 2/3 de la producció mundial de carbó en un any. Dit d'una altra manera: l'elevada calor específica de l'aigua fa possible que els oceans absorbeixin energia solar i es transformin en immensos dipòsits d'energia. Com ja hem dit, aquestes masses d'aigua, en moure's lentament cap a zones més fredes de la Terra, alliberen l'energia en forma de calor i d'aquesta manera generen un clima temperat, sense violentes fluctuacions de temperatura. Aquesta peculiar característica de

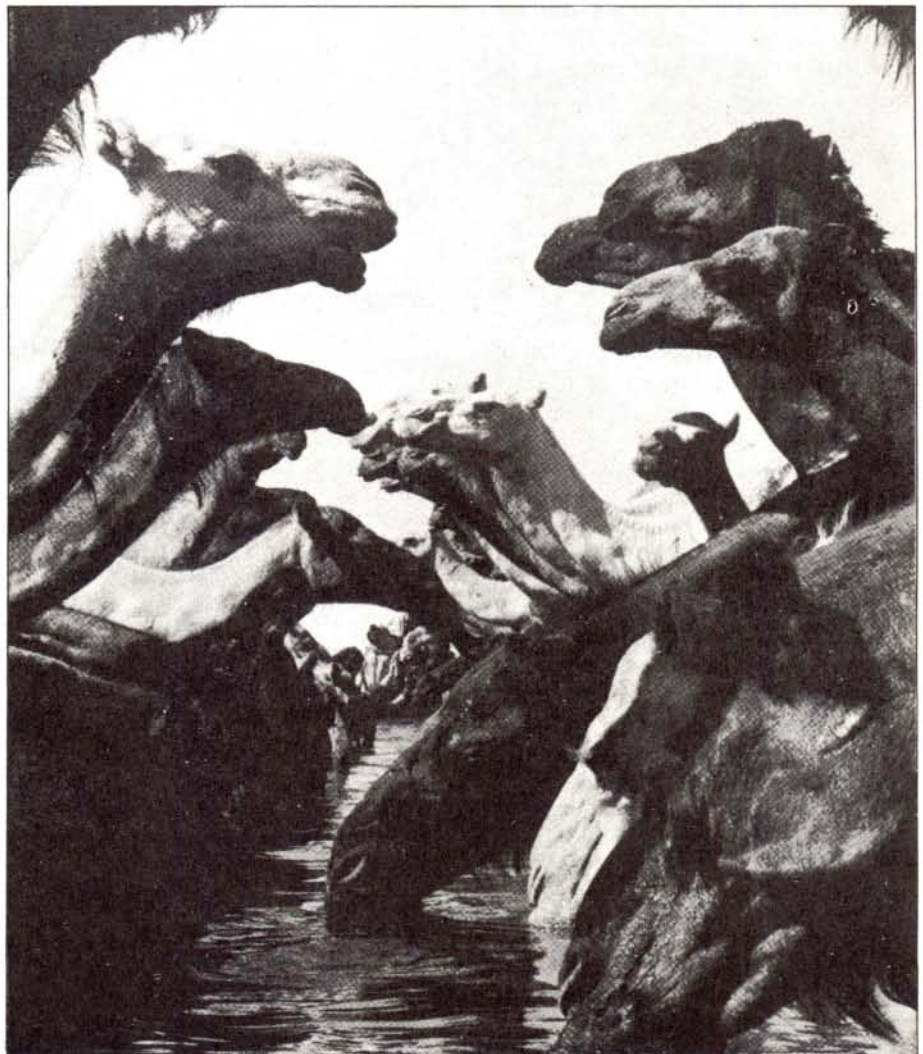


Fig. 4
Evidentment, sense aigua, la possibilitat de sobreviure en determinades zones de la terra es del tot impensable.

l'aigua ha fet possible mantenir a la Terra un ambient idoni per al desenvolupament i continuïtat de la vida.

Realment, cal reconèixer que, davant les moltes coses que a la natura ocorren diàriament, i que per aquesta rutina no ens sorprenen, la nostra curiositat envers aquestes meravelles es veu disminuïda. És per això que segurament no ens hem preguntat mai per què la pluja es manifesta en forma de gotes d'aigua més o menys rodones. Una altra de les excèntriques propietats de l'aigua està involucrada en aquest comportament.

Excepte alguns metalls líquids com el mercuri i algunes sals foses, l'aigua té la tensió superficial més alta que qualsevol substància coneguda, i és per això que podríem dir "anormalment alta". La tensió superficial ens dona idea de les forces que fan que l'aigua no s'estengui sobre una superfície i quedi en forma de gotes tal com passa amb l'oli o la gasolina.

Si no tingués aquesta gran tensió superficial, l'aigua del mar vessaria i s'estendria per les costes que l'envolten amb l'ajut de la brisa més insignificant. Així mateix, els nostres impermeables i paraigües poca cosa farien davant d'una aigua amb poca tensió superficial, ja que fóra capaç d'infiltrar-se pels més recòndits forats. Ara bé, l'aigua rebaixa fàcilment aquesta tensió superficial en dissoldre petites quantitats d'uns productes dits tensioactius. Aquest fet que no presenten d'altres líquids ens permet entendre per què l'aigua (la saba) pot ascendir pels vasos capil·lars dels troncs fins a altures de 80 metres o més per alimentar les fulles més altes dels arbres.

No és gratuït el fet de fregar-se les mans amb la pastilla de sabó o afegir detergent a l'aigua per rentar la roba; si no, la gran tensió de l'aigua no ens permetria de rentar-nos el cos o els vestits.

Fins aquí ja tenim prou arguments amb les propietats esmentades per a entendre que l'aigua és qualsevol cosa menys un líquid tí-

pic. I us podem assegurar que us serà difícil de trobar una propietat de l'aigua que es pugui qualificar de normal.

Tot avançant en el coneixement de les propietats de l'aigua, ja hem anat veient algunes de les conseqüències que aquestes tenen en l'entorn natural que ens envolta.

Cada hora el Gulf Stream allibera una quantitat d'energia igual a la combustió de 200 bilions de tones de carbó.

Ara bé, aquestes excentricitats de l'aigua són també d'una importància capital en moltes branques de la ciència i de la tecnologia, però aquestes les deixarem de banda per a una millor ocasió, ja que ens resulta una temptació irresistible fer-vos coneixedors del fascinant paper que l'aigua té a, fer possible i mantenir la vida al nostre planeta.

La sensació que l'aigua és quelcom més que un fet quotidià i que és una cosa bonica i misteriosa l'advertim a la literatura i a l'art en general des dels temps bíblics. No és estrany, doncs, constatar que el seu so cantador i el seu moviment han inspirat grans obres en el camp de la música i de la pintura. D'altra

banda, en la tradició de molts pobles es troben mites com ara el de l'aigua 'viva', que guaria ferides, resuscitava els morts, feia valents els covards i multiplicava les forces als combatents. Tot aquest cúmul de tradició i d'història no és pas fruit de la casualitat. Un fet diari, inevitable i constant és que l'aigua és present en el nostre entorn; i és tan fonamental en la nostra vida i en la resta dels éssers d'aquest planeta, que és impossible trobar una forma de vida que no requereixi l'aigua fins i tot a les terres més eixutes del desert.

Metabolisme i creixement

Sense anar gaire lluny, però s'aprofundint en el tema, trobem que l'aigua pren part en quasi totes les reaccions bioquímiques que governen el metabolisme i el creixement. Prenem per exemple la manera (el camí) com el cos humà es proveeix d'energia. Tots sabem que a més d'altres substàncies ens alimentem d'hidrats de carboni i que aquests són els precursors de l'energia necessària per a portar a terme totes les funcions fisiològiques necessàries. La conversió d'hidrats de carboni en energia es pot representar simplement en termes químics per la combustió de la glucosa en presència d'oxigen, que dona lloc a la formació d'aigua i de diòxid de

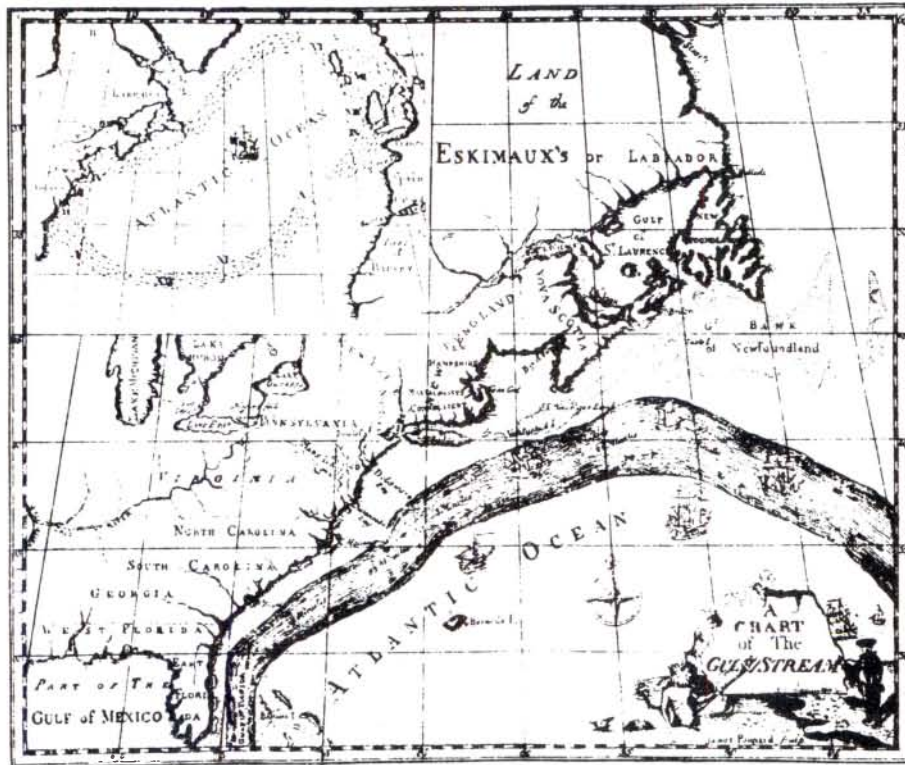
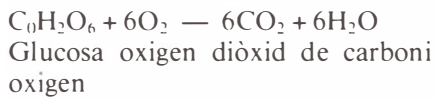


Fig. 5

Aquesta és la primera carta marina coneguda on es representa el Gulf Stream, segons Benjamin Franklin.

carboni com a productes finals. Tota aquesta informació és el que hom intenta representar en l'equació següent:



El volum d'aigua que un ésser humà consumeix en un dia és de 2,5 litres. Aquest volum d'aigua es perd per la respiració, la suor i l'orina, parcialment és reposat pel menjar i el beure. La combustió dels aliments segons l'equació esmentada és una altra font d'aigua. Segons l'equació es produeixen 0,3 litres d'aigua per persona i per dia no menys que 32 milions de calories! Si aquesta energia produïda fos alliberada en forma de calor es produiria un augment fatal de la temperatura corporal de 26°C.

Els animals poden mantenir la temperatura corporal constant conduint l'energia generada en la combustió dels aliments cap a d'altres utilitats. Això és possible a través d'una sèrie de subtils i complexes reaccions químiques, cada una d'elles regulada per un enzim, en les quals l'aigua també té un paper molt important.

Si els hidrats de carboni i l'oxigen que els animals consumeixen per aquesta via no fossin regenerats constantment, les reserves s'acabarien ben aviat. L'equilibri natural és aconseguit mitjançant el treball de les plantes que fan la mateixa operació però en sentit contrari. Elles, a partir d'aigua i de diòxid de carboni amb la col·laboració de l'energia del Sol, sintetitzen els hidrats de carboni. El regne vegetal, per a aquesta senzilla i vital operació, necessita cada dia un volum de 3 bilions de litres d'aigua.

Aquesta reacció també necessita 185 litres d'oxigen per persona i dia. Com que l'aire té solament el 21% d'oxigen i donat que els pulmons humans sols tenen un 14% d'eficiència, hem de respirar uns 6300 litres d'aire. Aquestes xifres realment no vénen massa al cas que ens ocupa, que és l'aigua, però convindreu que ens donen una idea clara de fins a quin punt l'home és dependent del seu entorn i, particularment en aquest cas, del treball de

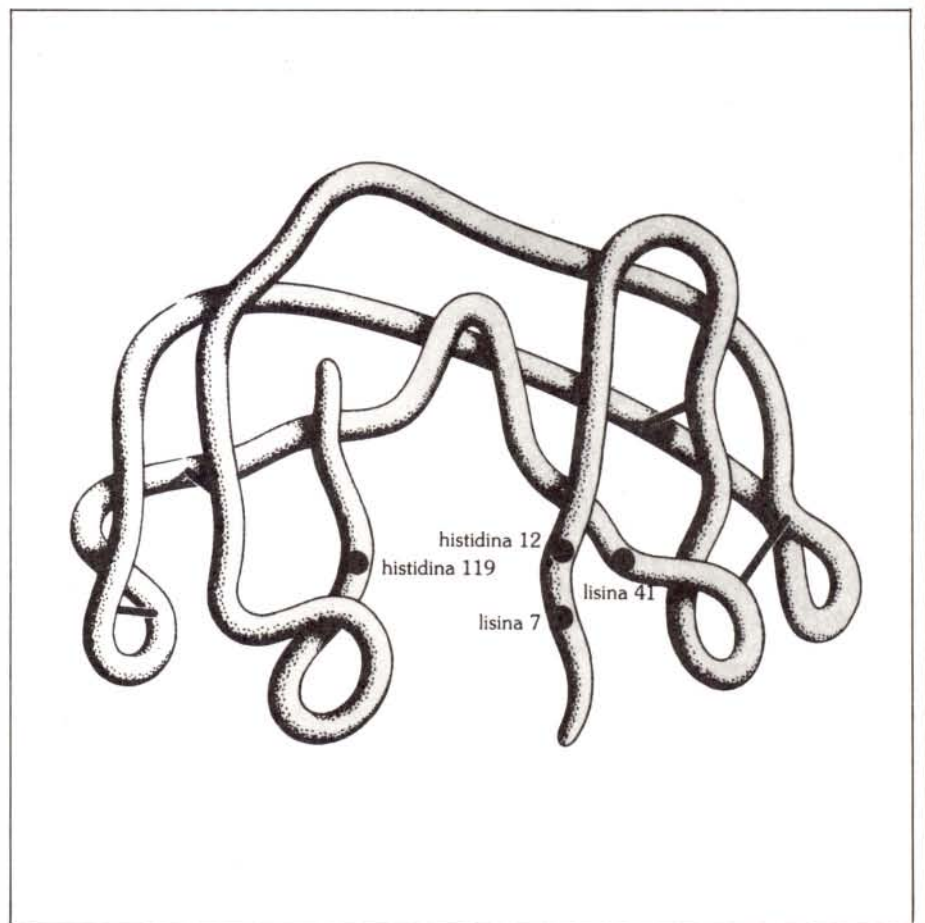


Fig. 6
L'estructura espacial dels enzims és fonamental per a la seva activitat específica. Representació d'un enzim ribonucleasa.

les plantes que en darrer terme també ens subministren aquest oxigen que necessitem.

Un altre aspecte molt important de la implicació de l'aigua en els processos de la vida és conseqüència de les seves prioritats de "dissolvent universal" i al mateix temps de mitjà de transport de substàncies valuoses a través dels organismes vius.

L'aigua és un dels millors dissolvents coneguts. Per a portar a terme la seva acció, l'aigua ha de debilitar aquestes forces que actuen entre els àtoms o les molècules que formen part dels cossos en estat sòlid. En debilitar aquestes forces, les molècules poden separar-se de la superfície del sòlid i passar al si de l'aigua. És d'aquesta manera com les molècules d'un terròs de sucre poden endolcir el cafè amb llet o els ions de la sal de cuina ens salen el menjar.

Una explicació més acurada de la facilitat d'atreure i mantenir en estat de dissolució les molècules de les substàncies que l'aigua dissol ha de tenir en compte l'estructura molt particular de l'aigua.

Un altre aspecte de l'acció dissolvent de l'aigua és la seva funció

com a "ciment bioquímic". Si penseu que fa un moment heu llegit que l'aigua per la seva acció dissolvent "desfà" l'estructura dels cossos que ella dissol i ara llegiu que per aquesta mateixa acció actua com a "ciment bioquímic" en el sentit que pot suportar o construir una estructura biològica, aquesta doble acció a primera vista sembla contradictòria i ens embolica la troca, però el fet en el fons és exactament el mateix. Per al primer cas l'aigua està mantenint en dissolució substàncies tan senzilles com el sucre o la sal, però per al segon cas l'aigua no sols està fent de dissolvent sinó que està ajudant a suportar l'estructura natural de substàncies tan complexes com ara els enzims.

Els enzims són substàncies que la natura ha desenvolupat per tal de fer possible les reaccions bioquímiques necessàries per al creixement, el metabolisme i altres funcions fisiològiques. Els enzims són proteïnes, molècules gegants construïdes



Fig. 7
En el desert, sovint i per sobreviure, les plantes capten l'aigua de l'atmosfera.

per les cèl·lules vives en unir cap amb cua molècules molt més petites anomenades aminoàcids. La idea d'una estructura com aquesta és molt ben representada per un collaret de perles en el qual les perles són els aminoàcids. Els enzims, com els collarets de perles, es poden disposar de moltes maneres a l'espai tot cargolant-se, torçant-se o plegant-se. Aquesta disposició espacial dels enzims és tan important que podem dir que per tal d'exercir la seva activitat, per a cada enzim hi ha tan sols una manera de disposar-se a l'espai i que aquesta és diferent per a cada un d'ells.

Realment els científics encara no coneixen prou bé les forces que fan possible aquesta particular disposició de cada enzim a l'espai, però el que sí és segur és que l'aigua és necessària per a aquesta funció. Si

(Vivim gràcies tan sols al 0,003% de l'aigua dolça que hi ha disponible a la Terra)

per qualsevol motiu la dissolució aquosa que envolta l'enzim canvia la seva composició, la proteïna perd la seva forma natural i per tant la seva activitat.

El mecanisme pel qual l'aigua,

actuant com a "ciment bioquímic", manté l'estructura de la proteïna en la forma correcta és, ara per ara, un misteri. Sí que es pot dir, però, que les forces que actuen entre l'aigua i la proteïna són molt petites i poden ésser pertorbades molt fàcilment. Una idea de la facilitat amb què un sistema com aquest pot ésser des-torbat ens la dona el fet següent.

Tan sols les formes més senzilles de la vida com són els protozous poden créixer en un medi en el qual s'ha substituït l'aigua per "aigua pesant". Val a dir que "l'aigua pesant" és una substància natural que es troba en petites quantitats en el si de la mateixa aigua i que químicament és molt semblant a ella. Per a altres formes de vida superiors "l'aigua pesant" no és sinó verí acumulatiu.

Fig. 8

La major part de la reserva d'aigua dolça del planeta es troba immobilitzada en els casquets polars. Si aquests glaços es fonguessin, el nivell del mar pujaria aproximadament uns 80 metres.

El paper estructural de l'aigua a la biologia no es limita als enzims, els quals hem pres com a exemples; tanmateix l'aigua ajuda a mantenir la integritat d'altres estructures biològiques essencials, com és ara la doble hèlix del DNA.

Aquesta visió microscòpica de la funció de l'aigua com a dissolvent i a la vegada com a "ciment biològic" pot portar a la conclusió que l'aigua té un paper simplement estàtic a la biologia. No us deixeu enganyar: l'aigua vista com a fluid biològic, és l'altra cara de la moneda. L'aigua transporta els components essencials per a la vida (nutrients, oxigen) als llocs on aquests són requerits i al mateix temps de tornada recull els productes resultants del metabolisme que han d'ésser necessàriament excretats. Per a il·lustrar aquest comportament i tan sols a tall d'exemple, valgui aquesta pinzellada que necessàriament ha d'ésser en forma de xifres. Cada batejada del cor fa moure 70 ml de sang, i donat que ho fa 70 vegades per minut, un càlcul senzill ens diu que cada dia el cor fa circular per tot el cos aproximadament 7000 litres de sang. També d'altres òrgans, com és ara els ronyons, per portar a terme la seva funció purificadora, han de reciclar cada dia quantitats considerables d'aigua.

Del que hem dit de l'aigua com a dissolvent, en podríem treure la conclusió que els éssers vius a l'igual de les dissolucions tenen una composició d'aigua homogènia. No caiguem al parany! Totes les formes de vida i també els diferents teixits d'un mateix individu tenen diferent proporció d'aigua. Tirant pel dret, esmentarem dos exemples ben diferents: el cos humà i la medusa. Per al primer el 60% de pes és aigua, mentre que per al segon ho és el 99,5%. Aquestes xifres no volen pas dir que la distribució de l'aigua als

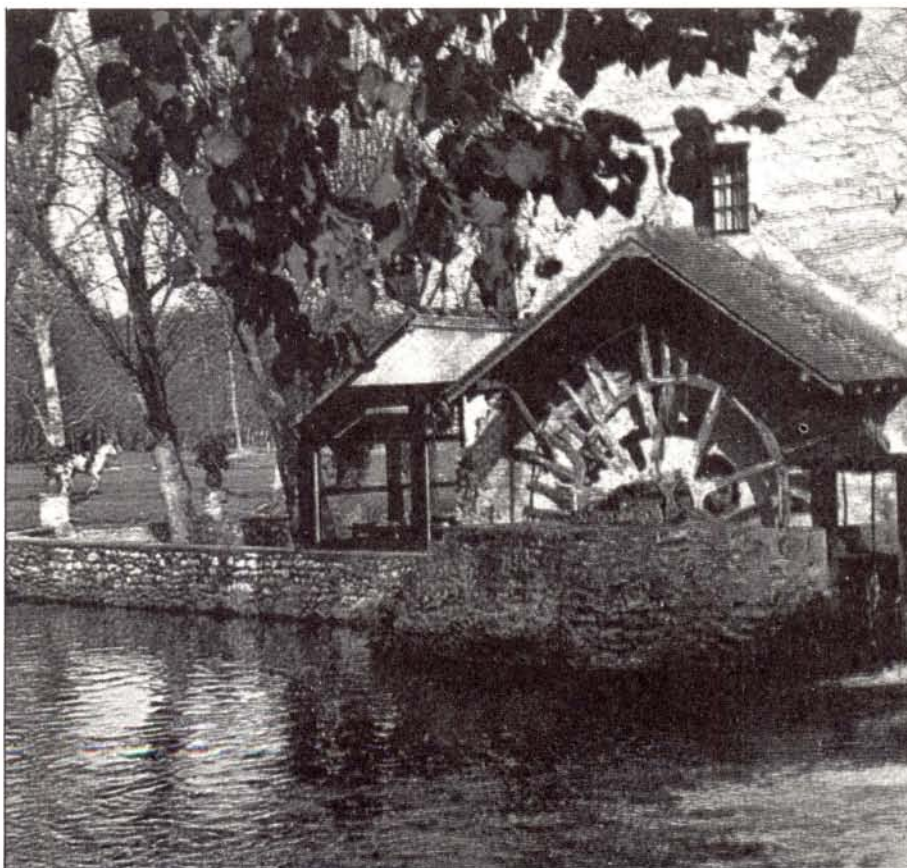
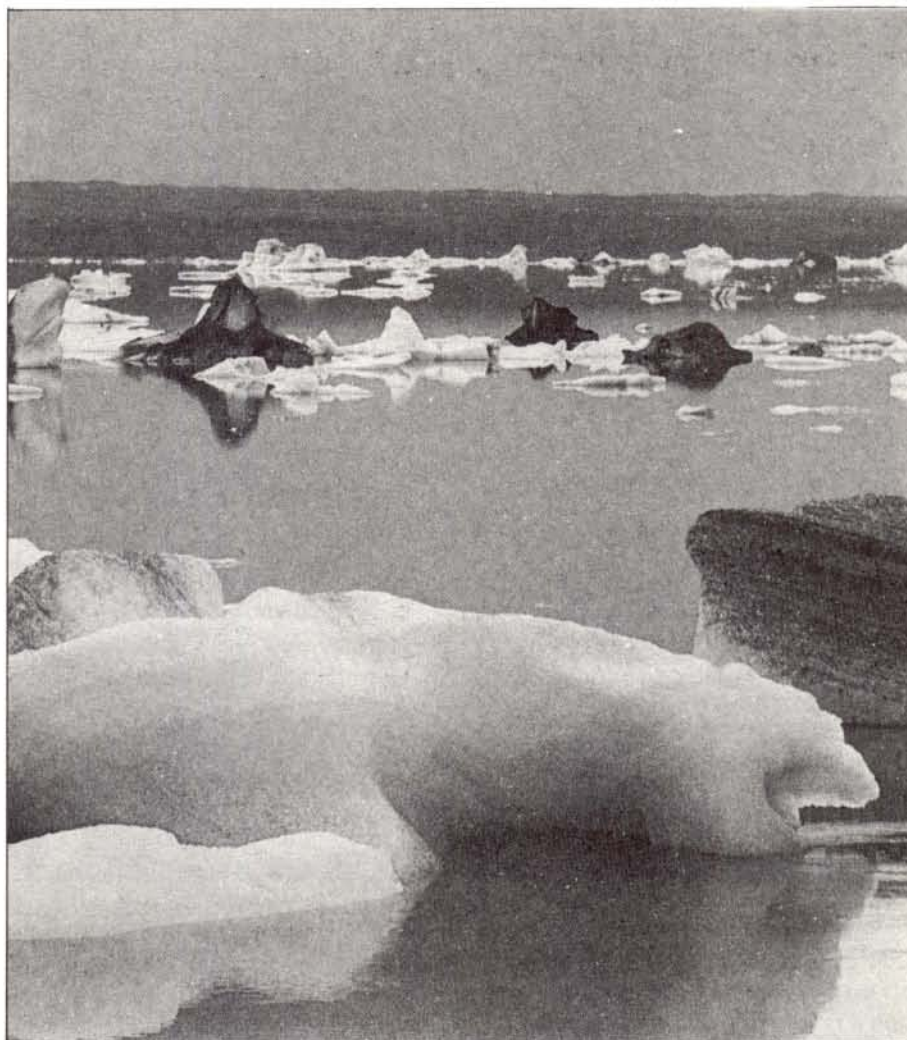


Fig. 9

L'aigua és, sens dubte, una font d'energia molt important.



Fig. 10

Tall transversal de fulla on s'observen els cloroplasts (orgànuls foscos a la il·lustració); la producció d'oxigen requereix aigua.

seus cossos sigui uniforme. Per a l'home el cervell i els músculs són els òrgans més rics en aigua, mentre que els ossos i els greixos són els més pobres. Igual passa a escala microscòpica. Sabem que cada cèl·lula necessita un mínim d'aigua per al seu funcionament, però hem de reconèixer que som molt igno-

rants de les propietats de l'aigua dins de la cèl·lula. El seu estat, distribució, funció i fins i tot els mecanismes de control de la seva entrada i sortida ens són encara desconeguts. És per això que no tenim explicació a fets com aquest. Quan refredem els teixits ens trobem que el 20% de l'aigua que

contenen no es congela fins i tot a temperatures molt baixes. Sembla com si algunes molècules d'aigua es trobessin recloses i fixes de tal manera que quan la temperatura baixa elles no poden anar a ocupar el seu lloc als cristalls de glaç que les seves veïnes ja han format. L'aigua, per dir-ho així, "incongela" no es troba solament al món de la biologia sinó que també ha estat observada en altres espais molt constrets com poden ser les porositats quasi microscòpiques d'alguns minerals.

Per acabar aquest curt viatge a través de la implicació de l'aigua en els processos de la vida, tan sols ens resta fer referència a algunes capricioses propietats de l'aigua que fan que aquesta sigui el medi natural idoni per a moltes plantes i animals.

**Per raons de densitat
qualsevol cos és 800
vegades més lleuger en
aigua que no pas en aire**



L'aigua té una densitat tan alta en comparació de l'aire, que fa que qualsevol cos sigui 800 vegades més lleuger a l'aigua que no pas a l'aire. Aquest és un motiu més que suficient perquè els animals i les plantes aquàtiques no necessitin un esquelet d'estructura tan complexa com els que calen per a la vida terrestre. Ara bé, no totes les propietats de l'aigua comporten avantatges per a la vida com aquest d'un esquelet més simplificat. El fet que l'oxigen tingui una solubilitat molt limitada en l'aigua, fa que

Fig. 11

En certs indrets de la terra, l'aigua no és sempre fàcilment accessible.



respirar en el si d'aquesta sigui un problema molt important. Els animals i les plantes aquàtics han hagut de resoldre necessàriament aquest problema tot desenvolupant sistemes de respiració molt complexos.

Com veiem, el fet de viure envoltat d'aigua comporta el seus problemes; com també en comporta viure en la més completa sequedat del desert. Els organismes que han aconseguit viure en aquestes terres tan eixutes no són des de cap punt de vista menys dependents de l'aigua, ans al contrari, el preu que han hagut de pagar per poder sobreviure en aquestes condicions és el desenvolupament de mecanismes molt refinats de conservació d'aigua.

La major part de l'aigua d'aquest planeta no és dolça sinó que és salada. Realment, vivim gràcies tan sols al 0,003% de l'aigua dolça que

hi ha disponible a la Terra. Una gran part d'aquesta aigua està permanentment immobilitzada al casquet polar. Una altra font molt important d'aigua dolça és el vapor d'aigua que hi ha a l'atmosfera. La quantitat d'aigua que s'evapora cada any és estimada en uns 450.000 bilions de litres; per fer-nos una idea del que això representa s'ha de dir que si aquesta quantitat es repartia uniformement sobre la Terra, cobriria tot el planeta amb una capa d'aigua de 106 cm d'alçària. El 75% d'aquesta aigua d'evaporació retorna directament als oceans en forma de pluja i gran part de la resta va a parar també als oceans a través dels rius o bé directament a l'atmosfera altra vegada per evaporació.

El contingut d'aigua de l'atmosfera és tan sols de 12.000 bilions de litres; per una senzilla divisió sabem, doncs, que l'aigua de l'atmos-

Fig. 12
L'aigua dolça torna al mar, tancant així el cicle d'evaporació de l'aigua.

fera es recicla 37 vegades cada any.

Les estadístiques ens diuen que des de fa més de 2.000 anys el consum d'aigua per persona no ha pujat a gaire més d'uns 230 litres per dia. D'altra banda, la població mundial està augmentant, així com les indústries que consumeixen aigua, tal com les mateixes estadístiques ens confirmen.

Els recursos naturals d'aigua dolça essent tan limitats com hem vist, el problema no solament científic sinó econòmic i polític que se li planteja a la humanitat és obvi.

* Tots tres són doctors en ciències químiques i pertanyen a l'Institut de Tecnologia Química i Tèxtil del CISC a Barcelona.