

**SAVANA**  
 uno specchio d'acqua nella savana al quale  
 si abbeverano diverse specie di animali

**IL LUPO DIMORERÀ INSIEME CON L'AGNELLO; IL LEOPARDO SI SDRAIERÀ ACCANTO AL CAPRETTINO;  
 IL VITELLO E IL LEONCELLO PASCOLERANNO INSIEME E UN PICCOLO FANCIULLO LI GUIDERÀ**

Isaia 11, 6

Tutti gli organismi viventi, dalla più piccola cellula al più grande mammifero, dal primo organismo comparso sulla terra 3.5 miliardi di anni fa fino all'ultimo abitante del pianeta, si dissetano nello stesso identico modo: siamo tutti fratelli... d'acqua.

Per "dissetarsi", un semplice organismo monocellulare o un elefante composto da miliardi di cellule o l'uomo stesso deve fare in modo che l'acqua entri all'interno delle cellule. L'acqua, però, non passa

facilmente attraverso la membrana che circonda ogni cellula, ma, soprattutto, non ci entra spontaneamente: ha bisogno di essere "spinta" dentro.

**Chi esercita questa spinta?**

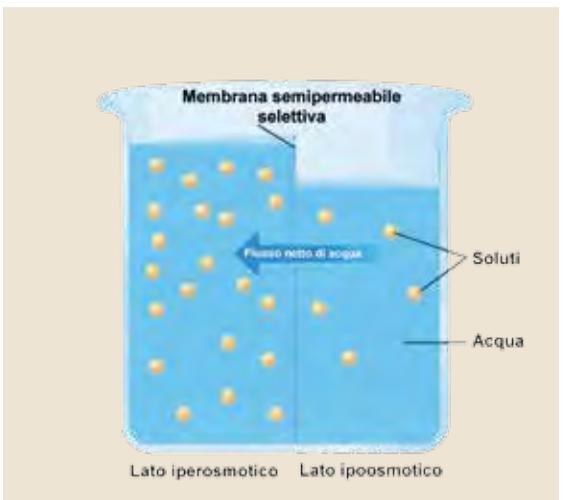
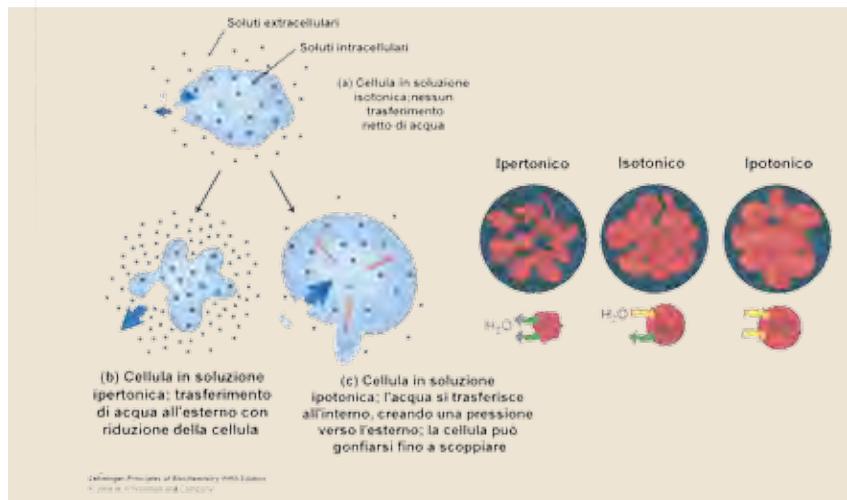
La forza è la pressione osmotica, cioè la forza che i sali, le piccole molecole, i soluti contenuti all'interno della cellula e le molecole di acqua stessa, esercitano sulla membrana cellulare cercando di attraversarla. La membrana cellulare però non si lascia attraversare facil-

mente dai soluti (si dice che è una membrana semipermeabile), mentre è più facilmente attraversata dall'acqua. Se la concentrazione dei soluti all'interno di una cellula è più elevata di quella all'esterno, i soluti all'interno competono con l'acqua per attraversare la membrana, lasciando opportunità minori alle molecole di acqua di uscire. Viceversa, all'esterno, dove la concentrazione dei soluti è più bassa, ci sarà più opportunità per l'acqua di entrare. Il bilancio netto

è che l'acqua entra e la cellula si "disseta". Viceversa, se ci sono più soluti all'esterno, l'acqua esce e la cellula si "secca".

**Ma allora dove sta il trucco?**

Il trucco è che la cellula deve lavorare, cioè spendere energia, per accumulare soluti all'interno: pompando i soluti all'interno e trattendoli, in realtà può "bere" acqua. Sembra strano, ma per dissetarci, noi, come tutti gli organismi viventi, dobbiamo accumulare soluti nelle nostre cellule.





Se è un fatto che tutti gli organismi viventi, unicellulari o pluricellulari, vegetali o animali, hanno bisogno d'acqua, cioè devono bere (anche quegli organismi che vivono nell'acqua, come i pesci), la domanda più ovvia è: come mai?

La necessità nasce dal fatto che il metabolismo cellulare, l'insieme delle reazioni chimiche alla base del funzionamento delle cellule, produce delle scorie (ammoniaca, urea, acido urico, ecc.) che devono essere eliminate e, per eliminarle, bisogna mantenerle sciolte nell'acqua. È chiaro che, in questo modo, non si eliminano solo le scorie, ma si perde anche acqua e, per non disidratarsi, essa va reintegrata e questo può accadere solo bevendo. Essendo l'acqua una risorsa preziosa, bisogna cercare di perderne il meno possibile senza compromettere la funzione depuratrice. La soluzione trovata nella storia evolutiva dei viventi è molto antica: nella sua forma più primitiva, rinvenibile negli esseri viventi meno evoluti, consiste in una cavità interna dell'organismo piena di acqua, connessa ad un tubulo, circondato da cellule specializzate, in connessione con l'ambiente esterno. Le scorie, insieme ai sali, vengono ri-

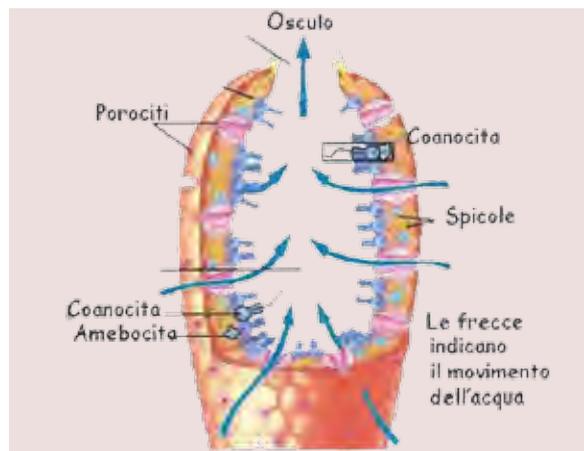
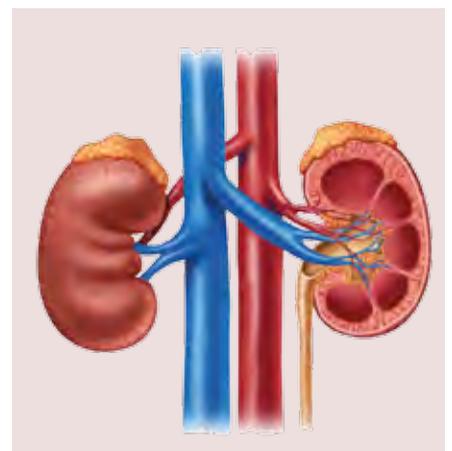


FOTO E SCHEMA del funzionamento interno di una spugna

versate nella cavità centrale e il liquido è sospinto dal movimento di ciglia nel tubulo: qui le cellule del tubulo provvedono a riassorbire l'acqua concentrando quindi le scorie. Ovviamente, per riassorbire l'acqua, devono usare la pompa osmotica, cioè prelevare i sali presenti nel liquido del tubulo e concentrarli all'interno delle cellule. Negli organismi più evoluti, con circolazione sanguigna, questa funzione viene svolta dal rene che riassume i sali e l'acqua filtrata e li riversa nel torrente circolatorio.



SCHEMA MEDICO DEL RENE UMANO Sezione trasversale dell'organo interno

PERCHÈ CI VIENE SETE E DOBBIAMO BERE?



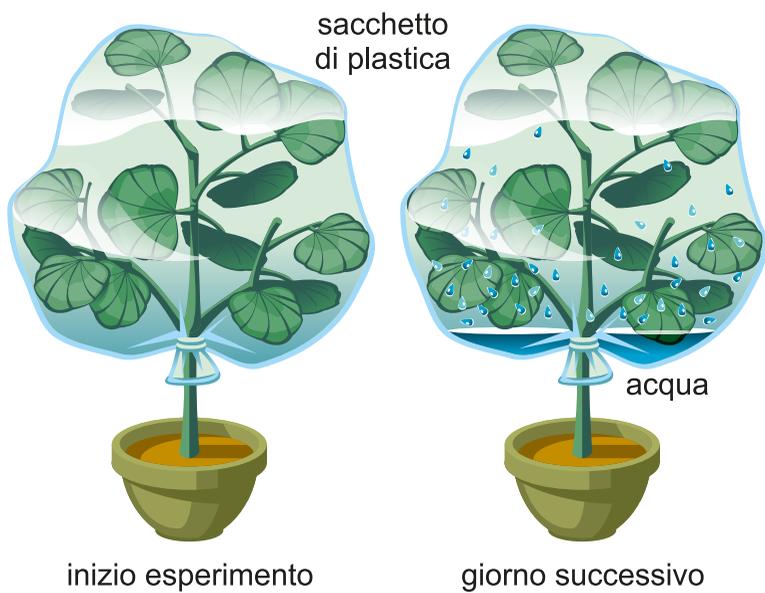
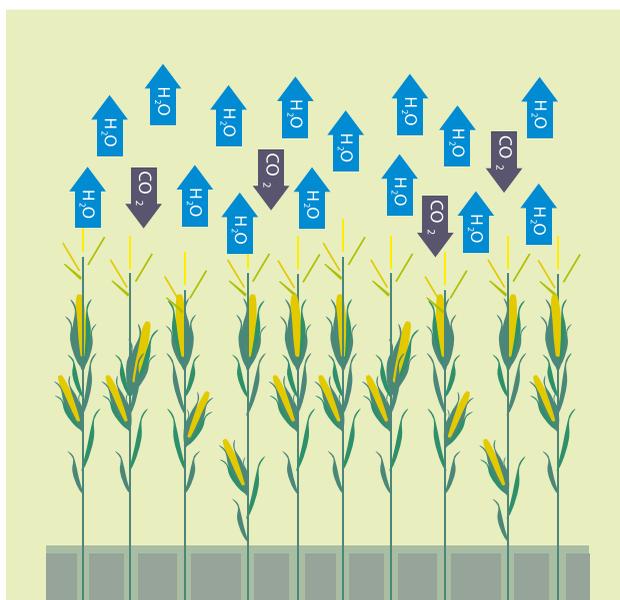
**POPCORN sull'AMAZZONIA**  
 questa immagine, presa dal satellite Aqua della NASA, mostra come la foresta e l'atmosfera interagiscono creando uno stato uniforme di popcorn di nubi in un pomeriggio estivo. Le nubi sono formate dal vapore acqueo rilasciato dagli alberi e da altre piante durante il giorno per traspirazione.

Quando si vive sull'asciutto non si perde acqua solo per eliminare le scorie, ma anche per traspirazione, quando l'acqua si cede all'ambiente esterno sotto forma di vapore. Proviamo a calcolare quanta acqua perde in media una pianta di granturco durante tutto il suo ciclo vitale (150-200 giorni), dal seme che germina alla spiga matura.

Tutti sappiamo che le piante crescono assorbendo l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) dall'aria, ma forse non sappiamo che, per ogni molecola di CO<sub>2</sub> che entra, si perdono in media 800 molecole d'acqua per traspirazione. Una pianta di mais a maturità pesa circa 600 grammi e per metà è fatta di carbonio che proviene dalla CO<sub>2</sub> assorbita.

Ci sono quindi nella pianta 300 grammi di carbonio, che corrispondono a  $156 \times 10^{23}$  atomi di carbonio. Siccome ognuno di questi atomi deriva dalla CO<sub>2</sub> assorbita e per ogni CO<sub>2</sub> assorbita si perdono 800 molecole d'acqua, per fare quella pianta di granturco si sono perse per traspirazione  $800 \times 156 \times 10^{23}$  molecole di acqua pari a 360 litri.

E' ovvio che la pianta deve recuperare quest'acqua dal terreno assorbendola dalle radici. Pensate che un campo di mais di un ettaro evapora, nella stagione, 25.200.000 litri di acqua = 25.200 metri cubi: se solo potessimo vedere il vapore d'acqua che esce dalle foglie, vedremmo salire una colonna d'acqua.



**PER FARE UNA PIANTA...  
 QUANTA ACQUA CI VUOLE?**



L'acqua è il principale componente del corpo umano: nel bambino rappresenta il 75% del peso corporeo, il 60% nell'adulto. Un uomo di 70 Kg contiene quindi 42 litri d'acqua così ripartiti: 25 litri all'interno delle cellule, 12 litri negli interstizi tra le cellule e 5 litri nel sangue. Il 40% è intracellulare, il 20% extracellulare (15% di acqua negli interstizi tra le cellule e 5% di acqua plasmatica). L'acqua intracellulare è separata da quella extracellulare dalle mem-

brane cellulari, la cui permeabilità selettiva ai sali regola i movimenti dell'acqua e dei soluti disciolti. E' indispensabile che la quantità di acqua totale presente nel corpo ri-

manga costante: se se ne perdesse solo il 10% , cioè 4.2 litri, l'organismo andrebbe incontro alla morte. D'altra parte, ogni giorno, come tutti gli organismi viventi, noi perdiamo

acqua: dobbiamo quindi bere per mantenere inalterato l'equilibrio idrico. Il fabbisogno di acqua giornaliero è di circa 2.5 litri: sembra poco, ma pensiamo che se ogni uomo che vive oggi sulla terra, bevesse 2.5 litri al giorno, in 1 anno il consumo di acqua totale per dissestare la specie umana sarebbe pari a qualcosa come 6 miliardi di metri cubi, cioè 6000 volte tutta l'acqua contenuta nel lago di Garda.





Sentiamo la bocca asciutta, la gola secca, non riusciamo a deglutire: bocca e gola sono le sentinelle avanzate che ci danno notizia che ci stiamo disidratando ed è venuto il momento di bere per compensare la mancanza di liquido. Ma qual è il sensore, dove è localizzato e cosa percepisce? E come reagisce il nostro corpo?

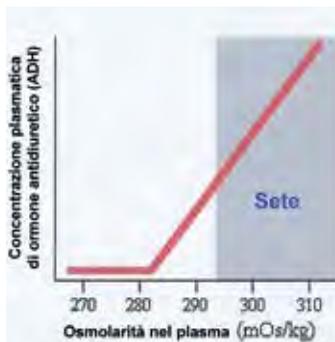
Il segnale parte dal sangue. Se manca acqua nel sangue, aumenta la concentrazione dei sali e la pressione osmotica fa sentire la sua voce: l'acqua dalle cellule passa nel liquido interstiziale e le cellule cominciano ad asciugarsi e ci comunicano la sensazione di secchezza. Bisogna intervenire o riducendo la diuresi (urine più concentrate), o bevendo o tutte e due le cose insieme. L'incipiente disidratazione è percepita da poche cellule specializzate, gli osmorecettori, cellule neuronali modificate, collocate principalmente in 2 cisterne all'interno del terzo ventricolo cerebrale.

Queste cellule segnalano all'ipotalamo, una struttura nervosa alla base dei due emisferi cerebrali, le modificazioni fisiologiche del torrente circolatorio. Il segnale viene raccolto dai neuroni ipotalamici, che inducono lo stimolo della sete

e favoriscono la liberazione dell'ormone antidiuretico vasopressina (ADH) da parte dell'ipofisi. L'ADH a sua volta stimola il recupero renale di acqua, riducendo la diuresi.

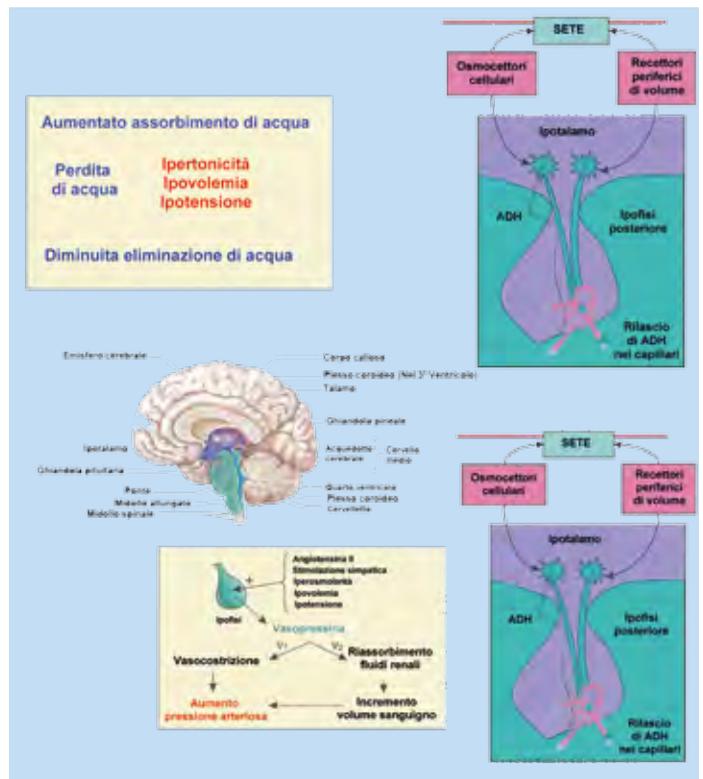
È interessante osservare che la produzione di ADH inizia quando la variazione della concentrazione è tra 280 e 290 milliosmolare/Kg, e questo, prima che insorga lo stimolo della sete.

Questo cosa vuol dire? Cioè, di quanto deve concentrarsi il sangue per cominciare a sentire sete? Di molto poco: basta inghiottire un cucchiaino di sale da cucina.



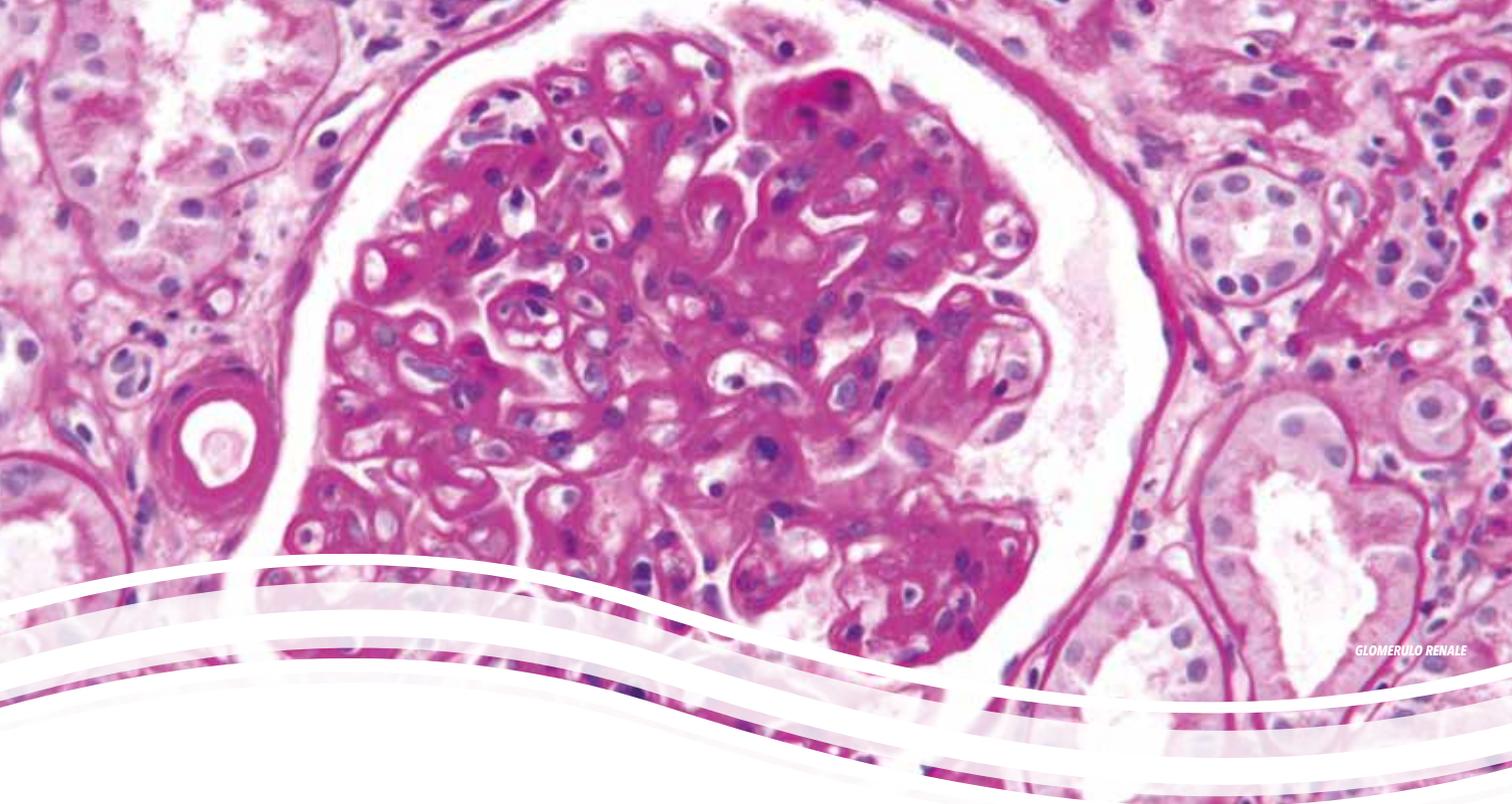
Incremento della concentrazione dell'ormone antidiuretico (ADH) nel sangue in funzione dell'aumento della concentrazione salina nel sangue. Da notare che la sensazione di sete inizia quando già è aumentata la concentrazione di ADH nel sangue

#### CONTROLLO DEL BILANCIO IDRICO DELL'IPOTALAMO



La figura riporta il complesso circuito che regola il controllo del bilancio idrico nell'uomo. La disidratazione, come anche l'aumento della concentrazione salina nel sangue, viene percepita da appositi recettori sia della pres-

sione sanguigna, sia della concentrazione salina. Il segnale è trasportato per via nervosa al cervello dove è elaborato e veicolato all'ipotalamo che controlla la produzione di ormone antidiuretico



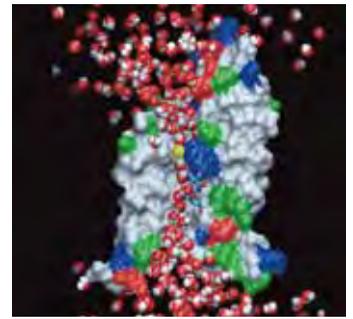
GLOMERULO RENALE

La funzione del rene è filtrare tutto il sangue più volte al giorno, circa 15, trattenendo la parte corpuscolata, cellule, piastrine ecc., e le grosse proteine come l'albumina. La filtrazione avviene attraverso la membrana del glomerulo renale che permette il passaggio di acqua e sali. Il liquido che ne deriva segue i tubuli del nefrone per essere eliminato, ma dei 180 litri filtrati ogni giorno, se ne espellono solo 1.5 - 2

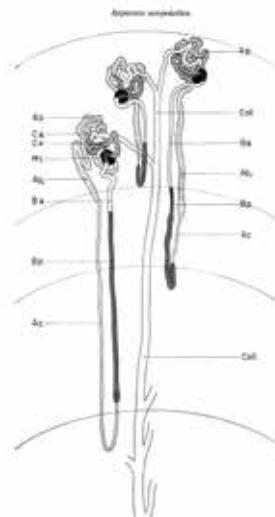
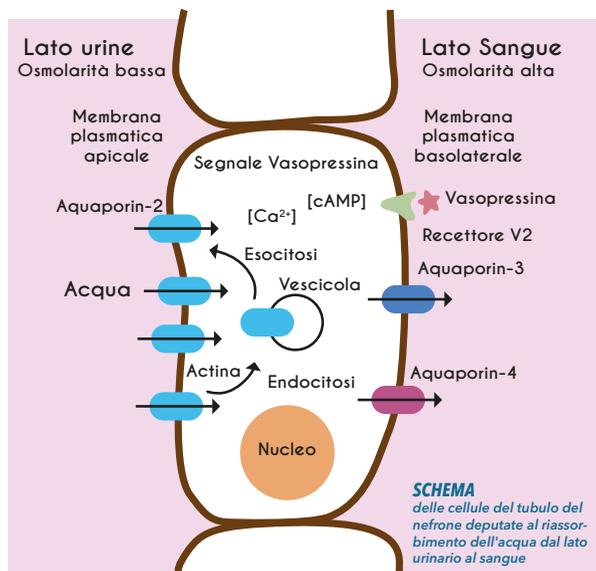
litri, contenenti i prodotti metabolici da eliminare. La parte restante viene riassorbita in base alle differenti concentrazioni dei tessuti circostanti oltre che da secrezioni, diffusioni passive e trasporti attivi. Al termine del percorso, nel tubulo contorto distale e nel dotto collettore, ci sono cellule che hanno sulle loro membrane le acquaporine, canali per l'acqua, scoperti dal biologo ricercatore Peter Agre, premio

Nobel per la chimica 2003. La vasopressina (ADH) ha la funzione di modulare il riassorbimento dell'acqua, agendo su dei recettori che fanno aumentare il numero delle acquaporine sulla membrana rivolta verso il lume dei tubuli di queste cellule.

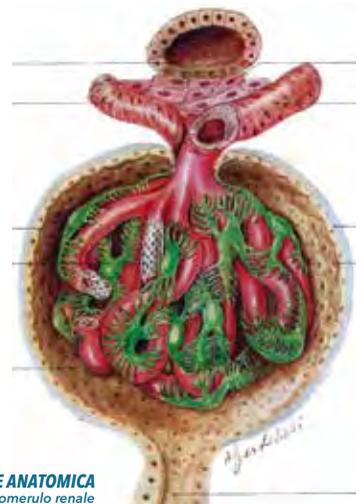
Si crea così un aumento del flusso di acqua dai tubuli al sangue, che viene riassorbita insieme a numerosi soluti.



**RAFFIGURAZIONE DEL CANALE ACQUAPORINA**  
Un poro nella membrana plasmatica della cellula che permette il passaggio dell'acqua



**IMMAGINE ANATOMICA**  
del tubulo renale



**IMMAGINE ANATOMICA**  
del glomerulo renale

**IN CASO DI SETE  
IL RENE RICUPERA L'ACQUA**



Il deserto, si sa, è un posto dove di acqua ce n'è proprio poca. Eppure i cactus sono praticamente delle botti d'acqua. Cosa se ne fanno e come se la procurano? Cominciamo dal fondo: raramente, ma qualche volta, piove anche nel deserto. La strategia dei cactus è di assorbire, quando piove, attraverso le radici, tutta l'acqua che possono: vista la loro forma, possono immagazzinarne tanta. Ma cosa se ne fanno? Si potrebbe pensare che tutta quell'acqua sia la riserva per i mesi in cui non cade neppure una goccia di pioggia, infatti stanno bene attenti a non perderne neanche un po', hanno un'epidermide ricoperta da uno strato ceroso che impedisce l'evaporazione; gli stomi, le aperture attraverso le quali passa la CO<sub>2</sub> (e da dove può evaporare l'acqua), di giorno sono chiusi e si aprono solo di notte, quando la temperatura è bassa e l'evaporazione minima.

Ma non è finita qui: il deserto è un posto molto caldo di giorno e se non c'è evaporazione si rischia il colpo di calore. Ecco il trucco dei cactus: sfruttano il calore specifico dell'acqua (approssimativamente la quantità di calore necessaria per innalzare di un grado centigrado la

temperatura di un litro di acqua) che è molto elevato. Con tanta acqua immagazzinata al suo interno, il cactus può stare al sole senza andare arrosto. Se al posto del cactus ci fosse un banano con le sue larghe foglie, che contengono poca acqua, dopo un paio d'ore di sole sarebbe tutto secco.

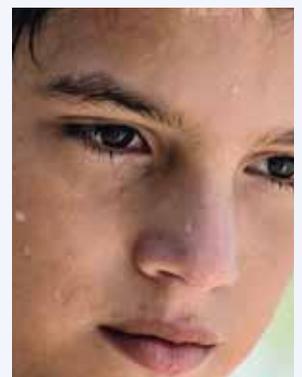
Il sugo della storia quindi è che l'acqua non serve agli organismi

viventi solo per mantenere i componenti cellulari in soluzione, ma anche per regolare la temperatura mediante evaporazione, che sottrae energia e quindi raffredda (cosa che sperimentiamo tutti d'estate) e un po' funziona come serbatoio termico, grazie alla grande quantità di acqua che è contenuta negli organismi e al suo elevato calore specifico.

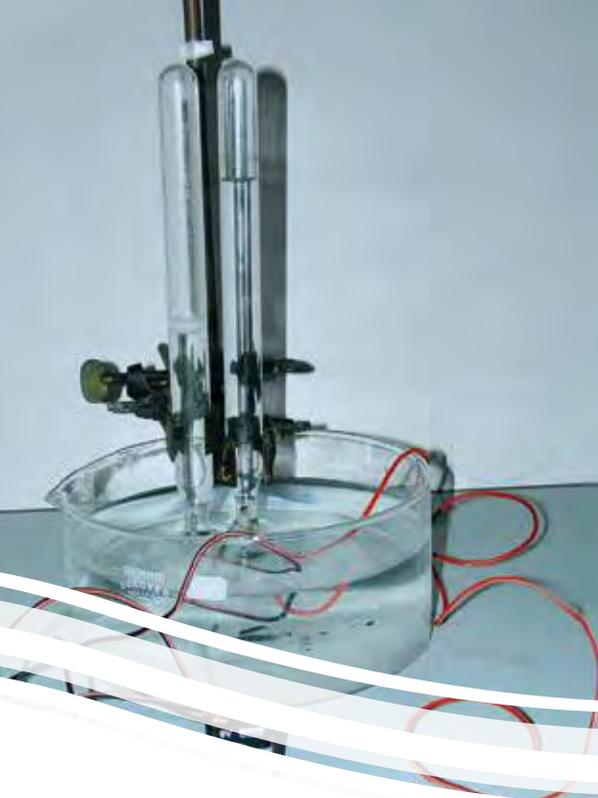


#### E NELL'UOMO? QUAL È IL TRUCCO?

Per resistere alle temperature elevate il corpo umano, non potendosi imbottire di acqua, per termoregolare, usa il sistema della sudorazione, oltre ad eliminare acqua calda attraverso le urine. Con la sudorazione, prodotta attraverso le ghiandole sudoripare, le molecole di acqua si allontanano dalla superficie del corpo sottraendo energia, che si disperde come calore e il corpo si raffredda.



**PERCHE' CI SONO  
I CACTUS NEL DESERTO?**



**ELETTROLISI**  
 Setup sperimentale per la divisione mediante elettrolisi dell'acqua nei suoi elementi costitutivi. Dall'altezza delle colonne di liquidi raccolti si può desumere il rapporto 2:1 fra Idrogeno e Ossigeno.

**GUARDATE L'IDROGENO TACERE NEL MARE. GUARDATE L'OSSIGENO AL SUO FIANCO DORMIRE: SOLTANTO UNA LEGGE CHE IO RIESCO A CAPIRE, HA POTUTO SPOSARLI SENZA FARLI SCOPPIARE...**

*Fabrizio De Andrè - Un chimico*

L'acqua è forse l'unica molecola di cui tutti conoscono la formula: H<sub>2</sub>O. Ma quando e come si è scoperto che l'acqua non è un elemento ma un composto di idrogeno e ossigeno? Andiamo a Parigi, negli anni precedenti la rivoluzione francese. Secondo le teorie dell'epoca i costituenti ultimi della materia erano ancora quelli anticamente enunciati da Aristotele: terra, aria, fuoco, acqua. L'acqua era quindi comunemente ritenuta una sostanza elementare e perciò indecomponibile. Per potersi porre il problema scien-



**RAPPRESENTAZIONE DEI QUATTRO ELEMENTI DI ARISTOTELE: fuoco, aria, acqua, terra, secondo G.W. Leibniz (Dissertatio de arte combinatoria, 1666).** Vi sono chiaramente individuati i passaggi da un elemento all'altro per perdita o somma di una delle quattro qualità: secchezza, caldo, umidità e freddo e le combinazioni possibili e non possibili fra qualità diverse.

tifico della ricerca dei componenti dell'acqua era necessario andare oltre il luogo comune, rispondendo alle seguenti domande:

1. È possibile decomporre l'acqua?
2. Se è possibile, quali sono i suoi costituenti?
3. In che rapporto relativo sono i suoi costituenti?
4. È possibile riottenere l'acqua a partire dai suoi costituenti?

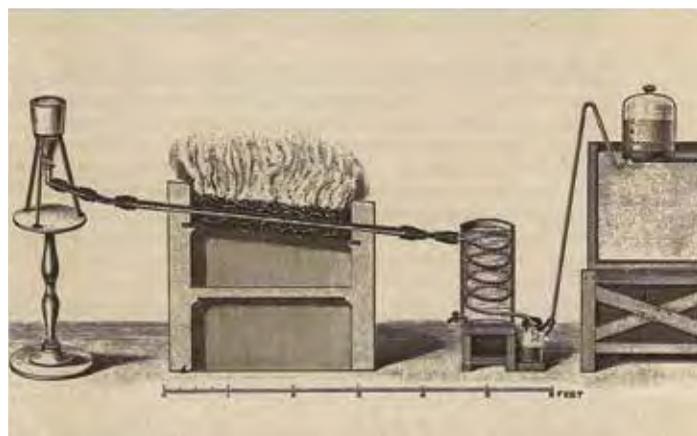
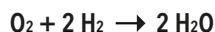
Nel 1784 Lavoisier descrive i risultati di un esperimento. In un pallone ha fatto bollire una quantità nota di acqua, convogliando il vapore in un tubo di ferro riscaldato al rosso e raccogliendo il gas residuo in un contenitore graduato. Quello che ottiene è la decomposizione termica dell'acqua a dare idrogeno e ossido di ferro, dimostrandone così la natura composta. Usando il linguaggio moderno della chimica:



Con lo stesso esperimento Lavoisier riesce anche a quantificare la composizione dell'acqua. Pesando il tubo di ferro prima e dopo l'esperienza determina la quantità di ossigeno incorporata; sottraendo il

peso dell'ossigeno a quello della massa d'acqua di partenza ottiene per differenza la quantità di idrogeno. Ottiene un rapporto in peso di idrogeno e ossigeno di 15 e 85% (in realtà i valori sono, rispettivamente, 11.1 e 88.9%). Più o meno negli stessi anni Cavendish in Inghilterra descrive un suo esperimento: facendo scoccare una scintilla in un pallone contenente ossigeno e idrogeno ottiene un liquido: sono goccioline d'acqua pura.

Gira il secolo e nel 1805 Humboldt e Gay-Lussac precisano che in questa reazione si consumano due volumi di idrogeno e uno di ossigeno. Nove anni dopo, collegando i volumi di gas al numero di molecole, sarà un italiano, Avogadro, a proporre per l'acqua la formula chimica che tutti conosciamo: H<sub>2</sub>O. E per completare l'opera, prima Nicholson nel 1800 e poi Faraday nel 1833 descrivono la reazione opposta, ottenendo così l'elettrolisi dell'acqua:



**L'ESPERIMENTO DI LAVOISIER**



GHIACCIO  
Un iceberg dell'Antartide

Per comprendere le proprietà di una molecola occorre conoscere:

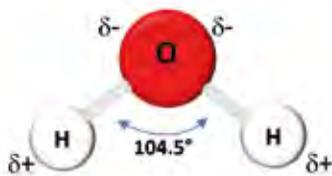
- 1) Da quanti e quali atomi è formata (formula).
- 2) Come i suoi atomi sono reciprocamente disposti nello spazio (struttura).

La formula ci dice di cosa la molecola è fatta, la struttura rappresenta la 'forma' che la molecola assume nello spazio.

In termini di formula e struttura, la molecola d'acqua è una delle più semplici possibili. Come abbiamo visto ha la formula  $H_2O$ , essendo formata da un atomo di ossigeno e due di idrogeno. Nello spazio assume una struttura con l'atomo di ossigeno al centro e i due di idrogeno che stringono due legami con esso in modo da formare un angolo di circa  $104^\circ$ . C'è però un importante dettaglio: l'ossigeno esercita una forte attrazione verso gli idrogeni delle altre molecole d'acqua. Questa attrazione (dovuta alla loro asimmetrica disponibilità di elettroni) è molto forte, inferiore solo alla forza che porta due atomi a formare un legame chimico vero e proprio, e prende il nome di legame a idrogeno.

Si chiama così perché è come se due

atomi di ossigeno, di due molecole di acqua diverse, si trovasse uniti grazie ad un atomo di idrogeno.



Il legame a idrogeno, oltre ad essere molto forte, è direzionale. L'ossigeno di una molecola d'acqua può instaurare due legami con idrogeni di due altre molecole. Il risultato è che le molecole d'acqua formano una rete estesa in tre dimensioni i cui nodi (gli atomi di os-

sigeno) sono circondati da quattro atomi di idrogeno (due legati chimicamente e due mediante legami a idrogeno) formando un tetraedro regolare. A pressione atmosferica questa rete è rigida nel ghiaccio e dinamica nell'acqua liquida. La rottura di queste interazioni richiede parecchia energia e per questo a pressione atmosferica l'acqua bolle solo a  $100^\circ C$ . Questo permette l'esistenza dei mari, dei laghi e dei fiumi sulla Terra.

Il ghiaccio che si forma a pressione atmosferica ha una struttura "ariosa", per questo è poco denso e galleggia sull'acqua (con importantissime conseguenze sull'origine e sul mantenimento della vita sulla Terra), ma non è l'unico ghiaccio possibile. Cambiando le condizioni di congelamento si possono ottenere strutture più compatte e quindi più pesanti dell'acqua. Ne sono state caratterizzate ben 18 cristalline, più 3 amorf.

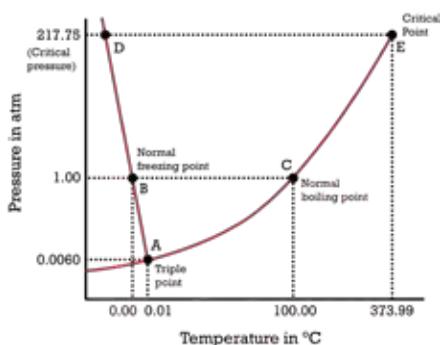
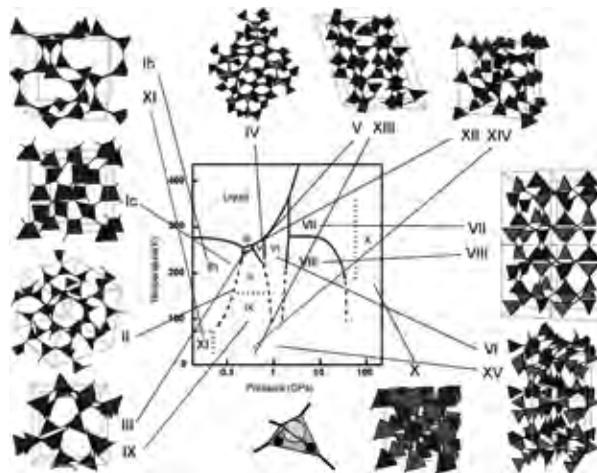


GRAFICO TEMPERATURA VS PRESSIONE DELL'ACQUA



16 DELLE DIFFERENTI FORME DI GHIACCIO OTTENUTE IN LABORATORIO  
A pressioni altissime, e/o a temperature bassissime si possono ottenere forme cristalline del ghiaccio anche molto diverse fra loro



VAPORE CONDENSATO  
formazioni nuvolose sul Monte Bianco

Il vapore è lo stato fisico in cui le molecole d'acqua non sono legate e non interagiscono tra di loro (con buona approssimazione, secondo il modello del gas ideale). **Quanta acqua c'è in una stanza?**

Per rispondere abbiamo bisogno di un termometro, di un igrometro e di questo grafico:

alla sua superficie avviene l'evaporazione, si forma cioè vapore.

**Perché sudiamo?**

Per passare dal liquido al vapore le molecole d'acqua devono rompere i forti legami che abbiamo visto esistere tra le molecole, quindi il vapore sottrae energia al liquido sotto forma di calore ed il liquido

è bassa stiamo bene, perché il meccanismo di raffreddamento tramite sudorazione è più efficiente.

Se invece fa caldo, ma l'aria è anche molto umida, sudiamo, ma il sudore non evapora: il meccanismo di raffreddamento non funziona bene ed in più ci copriamo di sudore.

**ACQUA DALL'ARIA?**

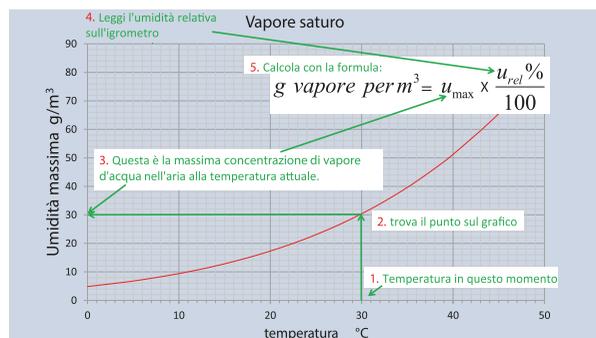
Il grafico ci mostra che ad umidità relative medio-alte nell'aria c'è una discreta quantità di acqua: possiamo estrarla per le nostre necessità?

Sembra che sin dalla preistoria fossero utilizzati stagni di rugiada per questo scopo.

In paesi caldi e aridi come il Marocco è necessario sfruttare ogni goccia d'acqua: sistemi di canalizzazione sotterranea detti *khattara* non solo catturano le scarse acque di falda e piovane, ma per mezzo di canali e pozzi sapientemente costruiti convogliano l'aria umida notturna in canali freddi che recuperano ogni possibile goccia d'acqua.

Questi sistemi sono noti da secoli, ma nel tempo sono stati spesso abbandonati: oggi sono di nuovo oggetto di studi come mezzi sostenibili per irrigare zone aride.

Una tecnologia molto recente è stata utilizzata per rifornire di acqua pura l'ospedale da campo dell'Università John Hopkins durante le operazioni di soccorso dopo il terremoto di Haiti del 2010. La tecnologia si basa sulla captazione del vapore da parte di sali igroscopici e sulla successiva distillazione.



La curva ci dice quanti grammi di acqua al massimo possono essere dispersi in un metro cubo di aria sotto forma di vapore.

Se l'umidità relativa è inferiore al 100% significa che la concentrazione del vapore d'acqua è inferiore al valore massimo indicato dalla curva: in questo caso se nell'ambiente c'è una massa d'acqua liquida (per esempio sulla nostra pelle umida!),

perciò si raffredda.

Ecco perché il nostro corpo ci fa sudare quando ha bisogno di raffreddarsi: il sudore evapora e ci raffredda.

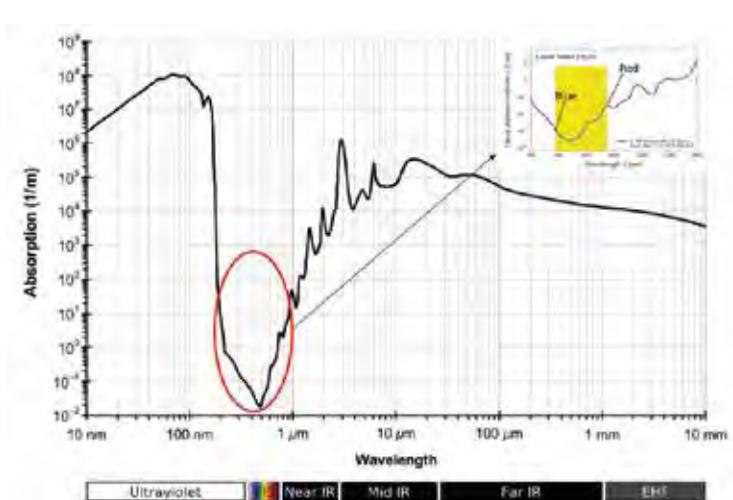
L'evaporazione è veloce quando l'umidità relativa è bassa e rallenta quando si avvicina al 100%; quando l'umidità relativa è al 100% l'evaporazione non avviene più.

Perciò quando fa caldo e l'umidità

Se per caso la concentrazione del vapore d'acqua nell'ambiente fosse superiore al valore sulla curva, cioè l'umidità relativa fosse superiore a 100%, il vapore condenserebbe in gocce d'acqua: è quello che succede quando aria umida raggiunge superfici fredde o gli strati alti (freddi) dell'atmosfera, o quando dell'aria calda ricca di vapore raggiunge una superficie fredda.



**BLU**  
 Le lunghezze d'onda della luce penetrando nell'acqua del mare vengono filtrate. Quelle che riescono a penetrare più in profondità sono quelle nella regione del blu



**DIAGRAMMA**  
 Coefficiente di assorbimento delle radiazioni elettromagnetiche (luce) da parte dell'acqua liquida. Esso presenta un crollo in corrispondenza del visibile; in particolare (vedi figura più piccola), il blu viene assorbito meno del rosso ed è così che l'acqua profonda appare tendenzialmente blu

L'occhio umano è sensibile solo alla luce visibile, che è solo una piccola parte di tutte le radiazioni elettromagnetiche presenti in natura. Quotidianamente infatti, abbiamo a che fare anche con altre lunghezze d'onda (le onde radio per le telecomunicazioni, le microonde per riscaldare i cibi e i raggi X). Ogni materiale a seconda della sua struttura microscopica interna è in grado di assorbire determinate onde elettromagnetiche, lasciando passare le

altre. L'acqua ha la specifica proprietà di essere quasi completamente trasparente alla luce visibile. Se essa invece appare blu, a volte, è sia a causa delle sostanze che contiene, che filtrano i vari colori della luce in base alla profondità, sia perché assorbe il rosso circa 100 volte di più del blu. Invece, l'H<sub>2</sub>O assorbe molto nell'infrarosso (il vapore acqueo atmosferico è il maggior assorbitore di luce solare in questa fascia di energie, con no-

tevoli e benefiche conseguenze sulla temperatura terrestre) e il suo elevato calore specifico le permette di non disperdere in fretta il calore accumulato.

La particolarità della finestra di trasparenza risulta ancora più stupefacente se si pensa che il picco di emissione della radiazione del Sole cade proprio nel visibile. Ciò è particolarmente importante perché, se

così non fosse, il vapore acqueo presente nell'atmosfera non farebbe passare la luce del Sole, con conseguenze drammatiche a livello biologico sulla Terra: negli ambienti acquatici (lacustri e marini in particolare), ciò risulta determinante per la sopravvivenza degli ecosistemi basati sulla fotosintesi, almeno fino a circa 150/200 m di profondità.

**IMMAGINE DEL CERVELLO IN MRI**

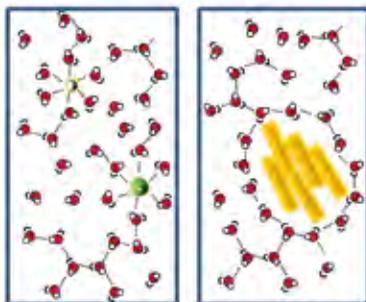
L'acqua, essendo il più abbondante componente degli organismi viventi, permette attraverso la sua interazione con particolari radiofrequenze, la costruzione di immagini utili alla diagnostica medica, come il cervello riportato in figura. Si tratta della Risonanza Magnetica per Immagini (MRI): l'MRI, utilizza un'energia molto più bassa (dell'ordine di 10<sup>-7</sup> eV) rispetto a quelle utilizzate nelle emissioni gamma e X (1-100 Kev), registrando il segnale NMR degli atomi di idrogeno principalmente proveniente da acqua e grasso.



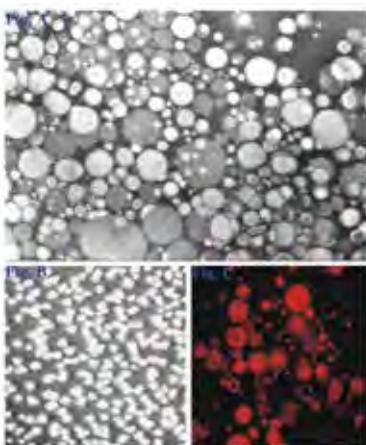
EMULSIONE  
olio versato in acqua

Una domanda comune quando offriamo un caffè a un amico è: "quanto zucchero?". Tutti sappiamo che lo zucchero si scioglie in acqua e così pure il sale da cucina, mentre l'olio galleggia e non si mescola. Perché?

La molecola dell'acqua è elettricamente neutra, perché contiene uno stesso numero di protoni e di elettroni, ma l'atomo di ossigeno tende ad attrarre molto fortemente gli elettroni degli atomi d'idrogeno, perciò la parte della superficie della molecola intorno agli idrogeni ha una carica positiva e la parte intorno all'ossigeno ha una carica negativa. Molecole con una distribuzione di carica asimmetrica come l'acqua, o addirittura cariche come quelle dei sali, si dicono polari. Per sciogliersi in acqua una molecola deve rompere il reticolo delle molecole di H<sub>2</sub>O tra cui esiste una forte attrazione. I sali e le molecole polari (per esempio quelle degli zuccheri, degli amminoacidi e delle proteine) formano con le molecole d'acqua legami elettrostatici, che sostituiscono i legami a idrogeno. Ci sono molecole però che hanno una distribuzione più omogenea della carica elettrica, e che quindi



**RETICOLO DI MOLECOLE D'ACQUA**  
che interagiscono con il cloruro di sodio (a)  
e con molecole di grasso (b)



**LIPOSOMI**

Fig. A - visti al microscopio elettronico a trasmissione  
Fig. B - visti al microscopio elettronico a scansione  
Fig. C - visti al microscopio confocale

hanno una superficie neutra: sono le molecole apolari. Una molecola apolare che entra nell'acqua rompe il reticolo dei legami a idrogeno senza formare nuovi saldi legami, perciò il reticolo tende a riformarsi e a espellerla: l'acqua non scioglie le molecole apolari. Per questo non si mescolano con l'acqua e tendono a legarsi tra di loro con un altro tipo di legame chiamato "interazione idrofobica". Queste molecole che non si sciolgono in acqua sono dette anche lipofile, (cioè: "che amano il grasso") perché si sciolgono nel grasso che è apolare come loro. Da qui il detto "il simile scioglie il simile". Le molecole apolari si possono però sciogliere in acqua per mezzo di sostanze dette anfifiliche (o tensioattivi), come i saponi o, nelle cellule, le lipoproteine e i glicolipidi. Queste molecole sono formate da una catena che porta ad una estremità una parte polare, che quindi si scioglie bene in acqua, e dall'altra una parte apolare. Nel processo di solubilizzazione la testa polare si inserisce nel reticolo di molecole d'acqua, mentre la coda non polare tende a essere respinta. Quando due o più code non polari vengono a contatto, si aggregano e, in funzione del numero

e della struttura delle molecole, si possono formare aggregati stabili. Uno di questi, detto "micella", è costituito da grumi nanoscopici, in cui le parti idrofile (che amano l'acqua) sono tutte rivolte all'esterno mentre quelle idrofobe (che respingono l'acqua) sono raccolte all'interno e possono inglobare altre sostanze non polari: questa è l'azione del sapone nel processo di detergenza. Oppure si possono formare "vescicole" che separano "isole" d'acqua dal resto della soluzione come nel caso dei liposomi. E' questo tipo di aggregazione il modello base per i vari tipi di membrane biologiche, strutture a "doppio strato lipidico" dove le parti non polari sono disposte in modo ordinato.



MODELLO DI MICELLA



**ZUCCHERO**  
fase di preparazione di  
uno sciroppo di zucchero

L'effetto solvente dell'acqua è sempre stato simbolicamente associato al potere di purificare.

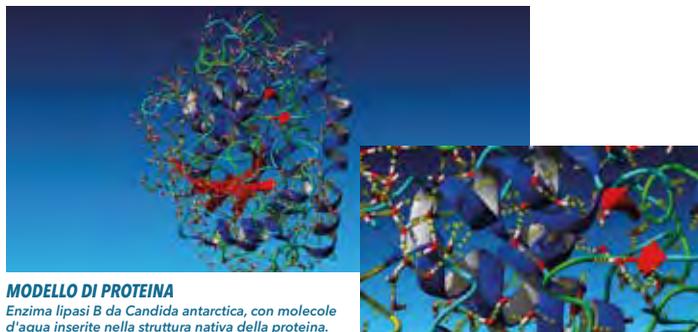
L'acqua ci lava, ci pulisce, toglie da noi lo sporco materiale e, per trasposizione, anche quello spirituale, il peccato.

Abbiamo visto che l'acqua è davvero un forte solvente, ma a volte ha bisogno di un "aiutino": senza i detersivi, i saponi, l'acqua non riuscirebbe a rimuovere lo sporco dovuto alle sostanze grasse. Sostanze grasse che invece si scioglierebbero bene con degli idrocarburi liquidi ("il simile scioglie il simile").

Così in un oceano di etano, come quello che probabilmente esiste su

Titano, una delle lune di Saturno, sarebbero i sali e gli zuccheri a non sciogliersi. E le molecole anfipatiche formerebbero ancora micelle, ma con le code idrofobe all'esterno e le teste idrofile all'interno (le cosiddette "micelle inverse").

Ma anche sulla nostra Terra, spesso l'acqua non agisce solo come solvente. Per esempio le interazioni idrofile e idrofobiche generate dai legami idrogeno dell'acqua sono fondamentali per mantenere la forma tridimensionale delle proteine e degli enzimi, assicurando la presenza delle cavità e delle protuberanze essenziali per l'interazione delle proteine tra loro e con altre molecole.



**MODELLO DI PROTEINA**

Enzima lipasi B da *Candida antarctica*, con molecole d'acqua inserite nella struttura nativa della proteina. Esse (in bianco e rosso nel modello) condizionano le strutture locali del polimero che circondano

In situazioni particolari, paradossalmente, l'acqua forma legami idrogeno con molecole diverse, contribuendo a stabilizzare la struttura di materiali solidi. Esemplare è il caso del gesso, che solo grazie alla presenza di molecole d'acqua può assumere forme definite e aspetti diversi a seconda della loro posizione relativa nei cristalli.



foto di Beatrice Boccardi

**CRISTALLO DI GESSO ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )**  
(selenite)



Cosa ha a che fare la composizione chimica H<sub>2</sub>O dell'acqua con quel liquido trasparente che scende dal nostro rubinetto? A ben pensarci, avere a disposizione "acqua pura" è molto difficile: per esempio se si lascia un bicchiere di questa mitica "acqua pura" sul tavolo dopo poco scopriamo che il suo "pH" (la scala con cui si misura l'acidità di una so-

luzione) è sceso a circa 5,6, cioè è diventata lievemente acida. Cosa è successo? Semplicemente è stata assorbita dall'aria anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e si è creato un nuovo equilibrio in soluzione.

#### COS'È L'ACQUA CHE BEVIAMO?

Per i chimici è una "soluzione", cioè la somma di un "solvente" (l'insieme

delle molecole d'acqua) e di un "soluto" (sali in forma ionica dispersi nel solvente). Osservando la pubblicità sui media è evidente quanto la nostra cultura dia importanza al "solvente" (l'acqua che depura, l'acqua che scioglie le scorie ecc.), evocando per esso una qualità benefica o lenitiva. Qualcuno, affascinato dai termini "acqua pura", ha

cominciato a bere acqua distillata, che è quasi un'acqua pura, con risultati disastrosi per la salute, causati da una perdita di sali indispensabili al buon funzionamento dell'organismo umano.

In realtà l'acqua è un alimento, cioè qualcosa che apporta sostanze di cui abbiamo bisogno, in questo caso sia il solvente che il soluto.

#### COME SI CARATTERIZZA UN'ACQUA?

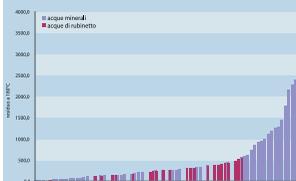


L'acqua che beviamo deve avere delle proprietà ben precise che seguono le indicazioni di leggi e della Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS). I parametri che caratterizzano un'acqua destinata al consumo umano sono:

- **parametri microbiologici**, in particolare assenza di *Escherichia Coli* ed *Enterococchi* (che segnalano contaminazione fecale);
- **parametri chimici indicatori** delle possibili forme di inquinamento industriale;
- **parametri indicatori** che, se da una parte sono soglie di attenzione sulla base delle quali porre in atto adeguati adempimenti correttivi, dall'altra caratterizzano la qualità intrinseca dell'acqua, cioè la sua salinità misurata come: **conduttività** (massimo con-

gliato 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ), **durezza** (intervallo accettabile 15 - 50° F (gradi francesi), **residuo secco a 180°C** (massimo consigliato 1500 mg/l). I valori di queste misure indicano in forme diverse il grado salino di un'acqua e vengono riportati obbligatoriamente in tutte le etichette delle acque in commercio. All'interno degli intervalli indicati non vi è ragione di pensare a graduatorie di "salubrità" delle diverse acque, che rimangono comunque "acque diverse".

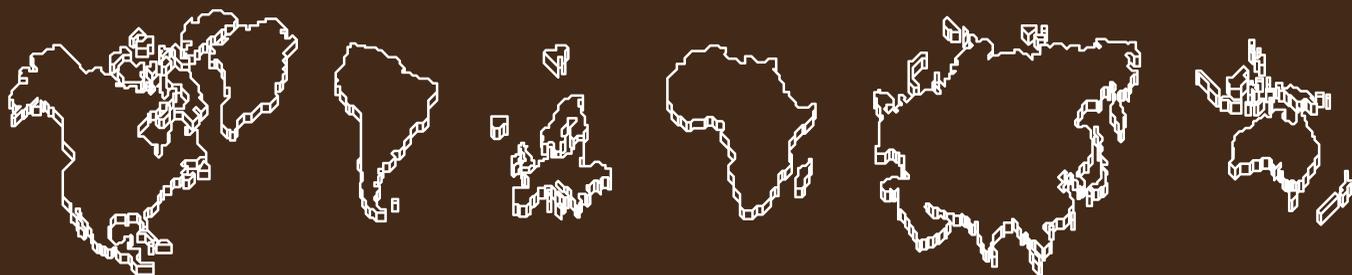
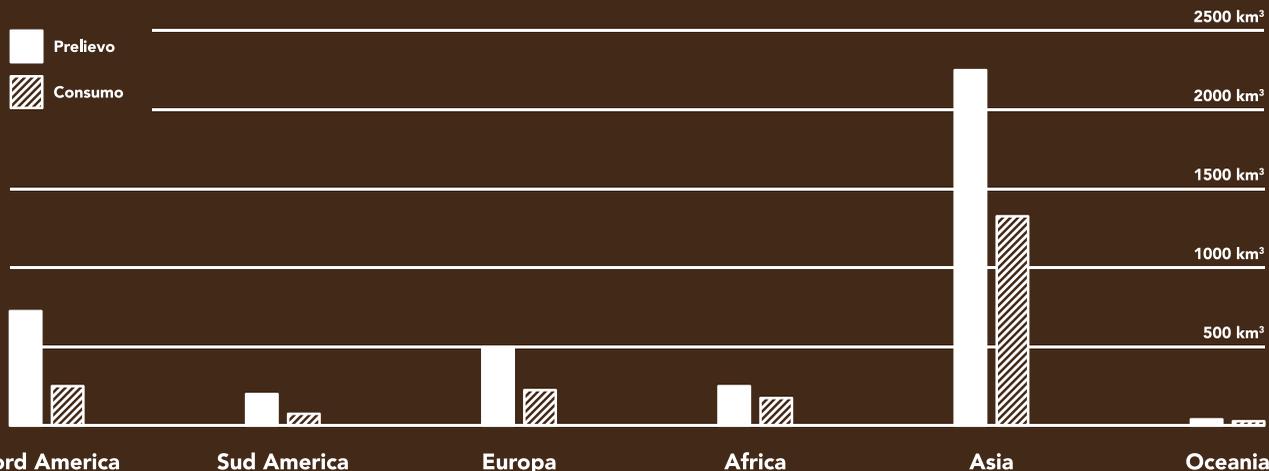
#### ACQUE MINERALI



Sulla base dei sali minerali presenti calcolati come residuo secco a 180°C si possono distinguere acque:

- a) «**minimamente mineralizzate**», residuo non superiore a 50 mg/l;
- b) «**oligominerali**» o «**leggermente mineralizzate**», residuo non superiore a 500 mg/l;
- c) «**mediamente mineralizzata**», 500 - 1500 mg/l di residuo secco;
- d) «**ricche di sali minerali**», residuo superiore a 1500 mg/l. Come si vede dal grafico che riporta il dato di residuo secco per 56 acque in commercio in Italia e alcune acque municipali, le differenze sono davvero considerevoli, andiamo da valori di poche decine a oltre 3000 mg/l!

## PRELIEVO E CONSUMO D'ACQUA NEL MONDO



### DIRITTO ALL'ACQUA

1. Recognizes the right to safe and clean drinking water and sanitation as a human right that is essential for the full enjoyment of life and all human rights;
2. Calls upon States and international organizations to provide financial resources, capacity-building and technology transfer, through international assistance and cooperation, in particular to developing countries, in order to scale up efforts to provide safe, clean, accessible and affordable drinking water and sanitation for all;
3. Welcomes the decision by the Human Rights Council to request that the independent expert on human rights obligations related to access to safe drinking water and sanitation submit an annual report to the General Assembly and encourages her to continue working on all aspects of her mandate and, in consultation with all relevant United Nations agencies, funds and programmes, to include in her report to the Assembly, at its sixty-sixth session, the principal challenges related to the realization of the human right to safe and clean drinking water and sanitation and their impact on the achievement of the Millennium Development Goals.

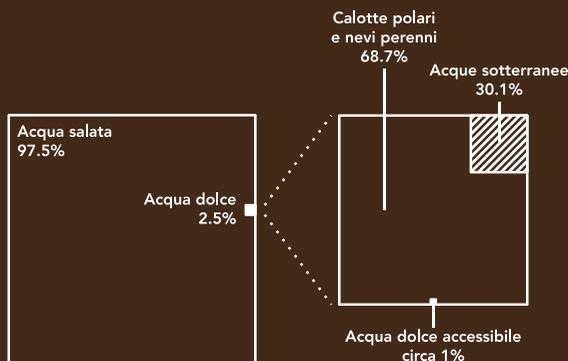
*Dichiarazione ONU sul diritto all'acqua*

L'accesso all'acqua rientra, infatti, nei diritti inalienabili di ogni essere umano, poiché rappresenta un pre-requisito per la realizzazione di gran parte degli altri diritti umani, come il diritto alla vita, all'alimentazione, alla salute. Per questo motivo l'acqua «non può essere trattata come una mera merce tra le altre e il suo uso deve essere razionale e solidale [...]». Il diritto all'acqua si basa sulla dignità umana e non su valutazioni di tipo meramente quantitativo, che considerano l'acqua come un bene economico. Senza acqua la vita è minacciata. Dunque, il diritto all'acqua è un diritto universale e inalienabile»

Benedetto XVI, 22 marzo 2007  
*Compendio della dottrina sociale della Chiesa n. 485*

### DISPONIBILITÀ E SORGENTI D'ACQUA

SORGENTE D'ACQUA	VOLUME IN KM³	% SULL'ACQUA TOTALE	% SULL'ACQUA DOLCE
Oceani, mari e golfi	1.338.000.000	96,5	/
Calotte glaciali e nevi perenni	24.064.000	1,74	68,7
Acqua sotterranea salata	12.870.000	0,94	/
Acqua sotterranea dolce	10.530.000	0,76	30,1
Acqua di stagno	1.147	0,008	0,0030
Laghi dolci	910	0,007	0,0026
Laghi salati	854	0,006	/
Ghiaccio sotterraneo	300	0,002	0,0009
Fiumi	212	0,0002	0,0006
Umidità nel suolo	165	0,0001	0,0005
Atmosfera	129	0,0001	0,0004
Acqua in organismi viventi	112	0,0001	0,0003
Totale	1.386.000.000		





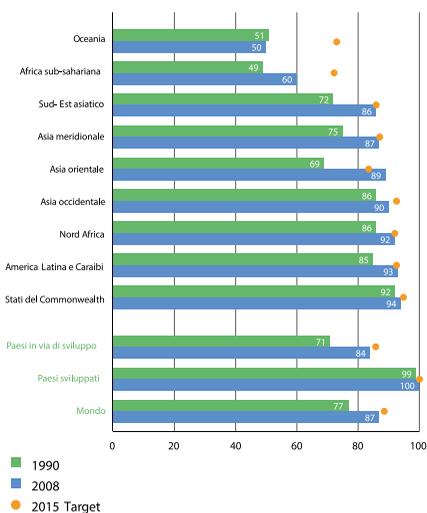
**PER L'UMANITÀ L'ACQUA È UNA FORZA DI CAMBIAMENTO SOCIALE: UNA PREZIOSA RISORSA DELLA QUALE FAR TESORO, DA PROTEGGERE E USARE SAGGIAMENTE, PERCHÉ L'ALTERNATIVA È LA PRIVAZIONE, LA MALATTIA, IL DEGRADO AMBIENTALE, IL CONFLITTO E LA MORTE**  
 Philip Ball, *H2O: A Biography of Water*, 2000

Nel 2010 l'ONU ha definito "diritto umano universale e fondamentale" l'accesso all'acqua; nonostante questo proclama, nel mondo si rilevano situazioni di scarsità idrica che possono arrivare all'emergenza. Le cause sono differenti: climi troppo aridi, uso eccessivo di acqua rispetto alle risorse disponibili, problemi economici e/o istituzionali che limitano l'accesso alle risorse idriche.

Alcuni paesi soffrono in maniera acuta la presenza di almeno uno dei fattori sopra citati e vivono perciò situazioni di emergenza permanente rispetto all'accessibilità all'acqua: per esempio, nei paesi del Medio Oriente, in alcuni paesi dell'Africa Subsahariana o in zone aride dell'India, dove la reperibilità dell'acqua può rivelarsi molto difficile, oltre a esserci problemi sociali ed economici, anche il tasso di

malattie e mortalità è molto alto (soprattutto tra i bambini per tifo, colera, dissenteria), conseguenza diretta della mancanza di acqua pulita adeguata al fabbisogno sanitario della popolazione. Si stima che nel mondo più di 1 miliardo di persone non abbiano accesso con facilità all'acqua potabile e circa 2.5 miliardi non abbiano accesso ai servizi igienici di base. Il diritto all'acqua deve tradursi nel

rendere gratuita la fruizione di acqua in tutte le parti del globo? Considerando tutti i fattori in gioco è facile comprendere come avere acqua di qualità liberamente disponibile è possibile solo se la gestione non è improvvisata: questo implica una spesa che non può essere ignorata (infrastrutture, manutenzione, energia) ma che al tempo stesso non dovrebbe riguardare il bene che si consuma. Molti lamentano come inaccettabile dover spendere per avere l'acqua, ma l'alternativa a un servizio idrico efficiente e tecnologicamente adeguato (pensiamo alla sicurezza di bere acqua non inquinata o infetta) è chiaramente impossibile, soprattutto in un mondo nel quale il tasso di urbanizzazione è destinato a crescere. Tornare a scavare un pozzo nel giardino di casa non è una soluzione praticabile e non ci libererebbe dalla vera spesa per la garanzia dell'accesso all'acqua, cioè quella energetica per il trasporto e la depurazione e per la manutenzione degli impianti.



**PERCENTUALE**  
 di popolazione con accesso all'acqua potabile, 1990-2008 e target 2015



Una donna sta riempiendo una tanica con acqua sporca e imbevibile al pozzo di Bormonata, in Sudan. La regione di Valaga, vicino al Sudan, soffre di una alta incidenza di disagi ambientali. L'incidenza della diarrea, altissima fra i bambini sotto i 5 anni, affligge fino al 50% dei bambini per settimana.



**MEGALOPOLI**  
 Uno scorcio di Città del Messico, il più grande  
 agglomerato urbano al mondo

Nonostante l'acqua sia presente in grande quantità sulla Terra e l'uomo utilizzi una frazione molto piccola di tutta l'idrosfera (circa lo 0.001 % del totale), scenari consolidati e storiche situazioni di difficoltà stanno andando incontro a situazioni sempre più preoccupanti. A fronte di una potenziale riduzione della disponibilità di acqua in diverse regioni del mondo a causa dell'inquinamento delle riserve d'acqua (soprattutto nei paesi a forte sviluppo industriale, come la Cina) e dei cambiamenti climatici, che rendono più aride certe zone della Terra, l'umanità avrà sempre più bisogno d'acqua. Perché?

**INCREMENTO DEMOGRAFICO E PROCESSO DI URBANIZZAZIONE**

Si stima che entro il 2025 i prelievi di acqua necessari a soddisfare i bisogni idrici aumenteranno del 50% nei Paesi in via di sviluppo e del 18% in quelli sviluppati. Contestualmente crescerà il fabbisogno alimentare, comportando un aumento del fabbisogno idrico per l'irrigazione pari ad almeno il 14%, e la domanda idrica per esigenze igienico-sanitarie, per la produzione di energia, per lo sviluppo industriale. La popolazione mondiale vivrà sempre di più nei contesti ur-

bani. Nel 2007, per la prima volta nella storia, la popolazione urbana ha superato quella rurale, con conseguenze dirette in termini di infrastrutture per l'accesso all'acqua: aumentano, infatti, gli investimenti per la distribuzione dell'acqua a un numero crescente di cittadini e per il trattamento e la depurazione delle acque derivanti dagli usi domestici e industriali.

**AUMENTO DEL BENESSERE E CAMBIAMENTO DELLE ABITUDINI ALIMENTARI**

La maggiore capacità di spesa della popolazione dei Paesi in via

di sviluppo determina un cambiamento delle abitudini alimentari e la crescita delle calorie consumate. La produzione di carne, latte, zucchero e olii vegetali richiede l'utilizzo di una maggiore quantità d'acqua rispetto a quella di cereali e leguminose: l'aumento del prelievo delle risorse idriche è perciò un dato inevitabile cui si dovrà porre attenzione. Per una dieta vegetariana sono necessari più o meno 2 litri di acqua al giorno, contro i 5 litri giornalieri di una dieta ricca di carne bovina: per alimentare una popolazione di 9 mi-

liardi di persone nel 2050, considerando un apporto calorico giornaliero medio di 3.000 calorie, cioè una dieta a basso contenuto proteico, saranno necessari almeno ulteriori 2.500-3.000 km cubici di acqua dolce.

**SVILUPPO SOCIO-ECONOMICO E PRODUZIONE DI BIOCARBURANTI**

Il miglioramento delle condizioni economiche e di vita di popolazioni nei Paesi emergenti comporta pressioni crescenti sulle risorse idriche disponibili e sull'ecosistema naturale. Negli ultimi anni la domanda di risorse idriche destinate alla produzione energetica è molto aumentata a causa della crescita esponenziale della produzione di biocarburanti. Le coltivazioni per la produzione di biocarburanti (come mais o canna da zucchero) necessitano di grandi quantità d'acqua: si stima che produrre un litro di biocarburante richieda l'utilizzo di circa 2.500 litri d'acqua (con differenze a seconda delle aree geografiche e delle tecniche utilizzate per coltivare), vale a dire l'equivalente dell'acqua necessaria alla produzione di cibo sufficiente al fabbisogno calorico giornaliero di un uomo.

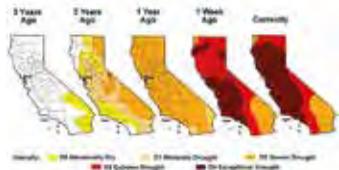


**DOMANDA E OFFERTA DELL'ACQUA:  
 UN EQUILIBRIO SEMPRE PIÙ DIFFICILE**



**ASCIUTTO**  
rami essiccati nella zona del delta  
del fiume Colorado

I problemi che si possono presentare nel difficile lavoro necessario a garantire acqua pulita e in quantità adeguata a tutti possono avere origini differenti. I problemi di gestione possono essere originati da fattori esterni, come l'aumento di siccità di certe regioni. Questo è il caso della California, colpita dal 2010 da continua siccità che rischia di prosciugare il lago Mead, fonte di più della metà dell'acqua utilizzata nella baia di Los Angeles.



**CALIFORNIA**

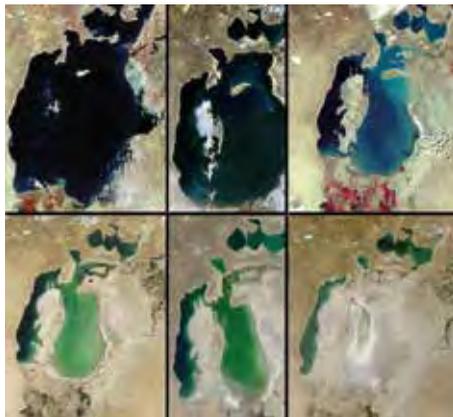
*Il drammatico aumento della siccità in tutta la California negli ultimi anni*

Anche lo Stato di San Paolo (Brasile) è vittima della siccità che, sommata alla crescente deforestazione, all'aumento demografico e all'inquinamento dei fiumi, sta attraversando una delle peggiori crisi idriche degli ultimi ottanta anni. Oltre ad avere significativi impatti ambientali, la mancanza d'acqua sta penalizzando l'economia di sessantamila fabbriche e di tutto il Paese.

Oltre a fattori naturali o esterni, una cattiva gestione di risorse idriche comunque presenti può causare danni ambientali ed economici. Alcuni bacini naturali furono e sono tuttora usati impropriamente, come nel caso del Lago d'Aral, al confine tra Uzbekistan e Kazakistan. Nei primi anni sessanta il governo dell'Unione Sovietica decise di costruire una serie di canali che prelevassero acqua dai fiumi immissari del Lago d'Aral per irrigare il deserto e coltivare cotone e cereali. Questo rientrava in un progetto volto a far diventare l'Unione Sovietica una

delle massime potenze esportatrici di cotone. Ma il piano si rivelò un fallimento. Già dal 1961 al 1970 il livello del lago calò in media di 20 cm annui, e negli anni ottanta la media salì a 90 cm annui. Ritirandosi, il lago ha scoperto uno strato di sabbia densa di sale e residui delle armi chimiche usate dai sovietici durante la prima guerra afgana. Questi residui, trasportati dalle correnti, causano malattie respiratorie e danneggiano terreni e raccolti. Vi sono poi fattori di ordine politico che spingono i governanti a costruire dighe per razionare le acque dolci,

come nel caso di quelle del fiume Colorado, che a partire dagli inizi del Novecento vennero razionate dal governo statunitense per mettere in difficoltà quello che era il regime dittatoriale messicano. Terzo e ultimo fattore che contribuisce a generare difficoltà nell'approvvigionamento di acqua pulita è l'inquinamento. Esempio lampante di questo è la Cina, dove la rapidissima crescita dell'industria ha causato l'inquinamento dei fiumi e del territorio, fino a rendere i territori praticamente incultivabili, e il 70% delle acque dolci dello Stato contaminate.



**LAGO D'ARAL**

*in una serie di scatti dal 1977 ad oggi*



**INQUINAMENTO**

*L'allarmante stato di contaminazione delle acque di un fiume in Cina*

**STIAMO  
SUPERANDO IL LIMITE?**





**AGRICOLTURA**  
 Campi di irrigazione  
 a pivot centrale in Kansas

L'esigenza di avere disponibilità di acque pulite è un punto essenziale per la crescita economica e sociale di ogni Stato, in particolare di quelli dell'Asia e dell'Africa. A questo proposito molti governi si stanno muovendo per cercare di sfruttare al meglio le risorse idriche dei loro Paesi attraverso programmi ad hoc, come il progetto Sahara Forest Project, inserito nel più ampio progetto Greening the Desert. Greening the Desert è un progetto

di riqualifica e riutilizzo di zone desertiche per ragioni ecologiche ed economiche, in particolare per favorire la biodiversità e l'introduzione di nuove colture. Si cerca di ridurre l'evaporazione e l'erosione dei terreni, mantenerne stabili le temperature, introducendo specie pioniere di alberi e rigenerando suoli inquinati. Ma per far questo serve disponibilità di acqua. Ed ecco che i governi dell'area sub sahariana e della Pe-

nisola Araba hanno sviluppato e promosso il progetto Sahara Forest Project il quale vuole "utilizzare ciò che abbiamo in abbondanza per produrre ciò che manca" utilizzando tecniche innovative di depurazione di acque salate in "serre" appositamente pensate. Lo Stato di Israele è stato uno dei primi a creare un programma nazionale per la tutela delle risorse idriche e lo sviluppo dell'agricoltura. Il programma KKL, acronimo di

Kere Kayemeth Lelsrael, nacque nel 1901 e nel corso della sua storia ha contribuito alla costruzione di oltre 240 bacini che insieme forniscono il 40% del fabbisogno idrico per l'agricoltura del Paese. Il KKL ha inoltre il compito di prevenire l'erosione e la desertificazione attraverso la riparazione dei danni causati dalle alluvioni, regolamentare il drenaggio e depurare le acque con tecniche di fitodepurazione e biofiltri ecocompatibili.

All'interno di un quadro caratterizzato da indubbie complessità, un elemento di ottimismo è rappresentato dalle stime dell'UNESCO, secondo le quali l'incremento del volume di risorse idriche richieste per l'irrigazione (+14%) potrà essere inferiore rispetto all'incremento delle superfici irrigate (+34%), grazie all'adozione di tecniche più efficienti. In questo settore le vie da seguire sono due: da una parte migliorare l'efficienza di uso di acqua da parte delle piante, attraverso tecniche di miglioramento genetico tradizionale e non. Esempi di piante cis e transgeniche che richiedono minor apporto d'acqua sono già disponibili.



**IRRIGAZIONE A GOCCIA**

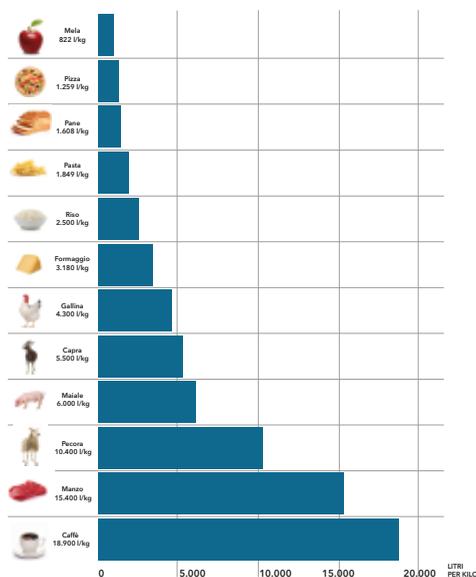


**IRRIGAZIONE A PIVOT CENTRALE**

L'uomo utilizza l'acqua non solo per bere e irrigare, ma per molteplici impieghi. E' possibile valutare quanta acqua venga utilizzata nella realizzazione di determinati prodotti, siano essi alimentari o no?

Nel 1993 il Professor John Anthony Allan del King's College di Londra pensò al concetto di acqua virtuale, che indica la quantità di acqua impiegata nella

produzione di un qualsiasi prodotto. Per esempio Allan stimò che per una tazzina di caffè sono necessari 140 litri di acqua, utilizzati per la coltivazione e il trasporto del caffè. In seguito Arjen Hoekstra dell'università di Twente, introdusse il concetto, strettamente correlato di Water Footprint, che negli ultimi anni ha preso piede a livello internazionale.



### COS'È LA «WATER FOOTPRINT»

L'impronta idrica è un indicatore del consumo di acqua dolce che include sia l'uso diretto che indiretto di acqua da parte di un consumatore o di un produttore. L'impronta idrica di un singolo, una comunità o di un'azienda è definita come il volume totale di acqua dolce utilizzata per produrre beni e servizi, misurata in termini di volumi d'acqua consumati (evaporati o incorporati in un prodotto) e inquinati per unità di tempo. [...] Il compito globale della water footprint è dato dalla somma di tre componenti:

- Acqua blu: si riferisce al prelievo di acque superficiali e sotterranee

destinate ad un utilizzo per scopi agricoli, domestici e industriali. È la quantità di acqua dolce che non torna a valle del processo produttivo nel medesimo punto in cui è stata prelevata o vi torna, ma in tempi diversi;

- Acqua verde: è il volume di acqua piovana che non contribuisce al ruscellamento superficiale e si riferisce principalmente all'acqua evapo-traspirata per un utilizzo agricolo;

- Acqua grigia: rappresenta il volume di acqua inquinata, quantificata come il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti al punto che la qualità delle acque torni sopra gli standard di qualità.

L'utilizzo delle tre componenti di acqua virtuale incide in modo diverso sul ciclo idrogeologico. Ad esempio, il consumo di acqua verde esercita un impatto meno invasivo sugli equilibri ambientali rispetto al consumo di acqua blu. La water footprint offre quindi una migliore e più ampia prospettiva su come il consumatore o produttore influisce sull'utilizzo di acqua dolce. Essa è una misura volumetrica del consumo e dell'inquinamento dell'acqua. Non misura quindi la gravità dell'impatto a livello locale, ma fornisce un'indicazione sulla sostenibilità spazio-temporale dalla risorsa acqua utilizzata per fini antropici.

Dal sito del ministero dell'ambiente: <http://www.minambiente.it>

**COSÌ TANTA...  
COSÌ POCA?**



## LA NATURA È UN DONO

LA NATURA VIENE SPESSO INTESA COME UN SISTEMA CHE SI ANALIZZA, SI COMPRENDE E SI GESTISCE, MA LA CREAZIONE PUÒ ESSERE COMPRESA SOLO COME UN DONO CHE SCATURISCE DALLA MANO APERTA DEL PADRE DI TUTTI, COME UNA REALTÀ ILLUMINATA DALL'AMORE CHE CI CONVOCA AD UNA COMUNIONE UNIVERSALE

IL MONDO È QUALCOSA DI PIÙ CHE UN PROBLEMA DA RISOLVERE, È UN MISTERO GAUDIOSO CHE CONTEMPLIAMO NELLA LETIZIA E NELLA LODE..

## RICONOSCERE IL DATO

NOI NON SIAMO DIO. LA TERRA CI PRECEDE E CI È STATA DATA.

TUTTO L'UNIVERSO MATERIALE È UN LINGUAGGIO DELL'AMORE DI DIO, DEL SUO AFFETTO SMISURATO PER NOI. SUOLO, ACQUA, MONTAGNE, TUTTO È CAREZZA DI DIO.

LA VIOLENZA CHE C'È NEL CUORE UMANO FERITO DAL PECCATO SI MANIFESTA ANCHE NEI SINTOMI DI MALATTIA CHE AVVERTIAMO NEL SUOLO, NELL'ACQUA, NELL'ARIA E NEGLI ESSERI VIVENTI. (...) DIMENTICHIAMO CHE NOI STESSI SIAMO TERRA. IL NOSTRO STESSO CORPO È COSTITUITO DAGLI ELEMENTI DEL PIANETA, LA SUA ARIA È QUELLA CHE CI DÀ IL RESPIRO E LA SUA ACQUA CI VIVIFICA E RISTORA.

## TUTTO È CONNESSO

QUANDO NON SI RICONOSCE NELLA REALTÀ STESSA L'IMPORTANZA DI UN POVERO, DI UN EMBRIONE UMANO, DI UNA PERSONA CON DISABILITÀ — PER FARE SOLO ALCUNI ESEMPI —, DIFFICILMENTE SI SAPRANNO ASCOLTARE LE GRIDA DELLA NATURA STESSA. TUTTO È CONNESSO. SE L'ESSERE UMANO SI DICHIARA AUTONOMO DALLA REALTÀ E SI COSTITUISCE DOMINATORE ASSOLUTO, LA STESSA BASE DELLA SUA ESISTENZA SI SGRETOLA, PERCHÉ «(INVECE DI SVOLGERE IL SUO RUOLO DI COLLABORATORE DI DIO NELL'OPERA DELLA CREAZIONE, L'UOMO SI SOSTITUISCE A DIO E COSÌ FINISCE COL PROVOCARE LA RIBELLIONE DELLA NATURA)»

*(Giovanni Paolo II Centesimus Annus).*

OGGI L'ANALISI DEI PROBLEMI AMBIENTALI È INSEPARABILE DALL'ANALISI DEI CONTESTI UMANI, FAMILIARI, LAVORATIVI, URBANI, E DALLA RELAZIONE DI CIASCUNA PERSONA CON SÉ STESSA, CHE GENERA UN DETERMINATO MODO DI RELAZIONARSI CON GLI ALTRI E CON L'AMBIENTE.

## ECOLOGIA INTEGRALE

dall'Enciclica *Laudato si*

## LA CURA DELLA COMUNE DIMORA

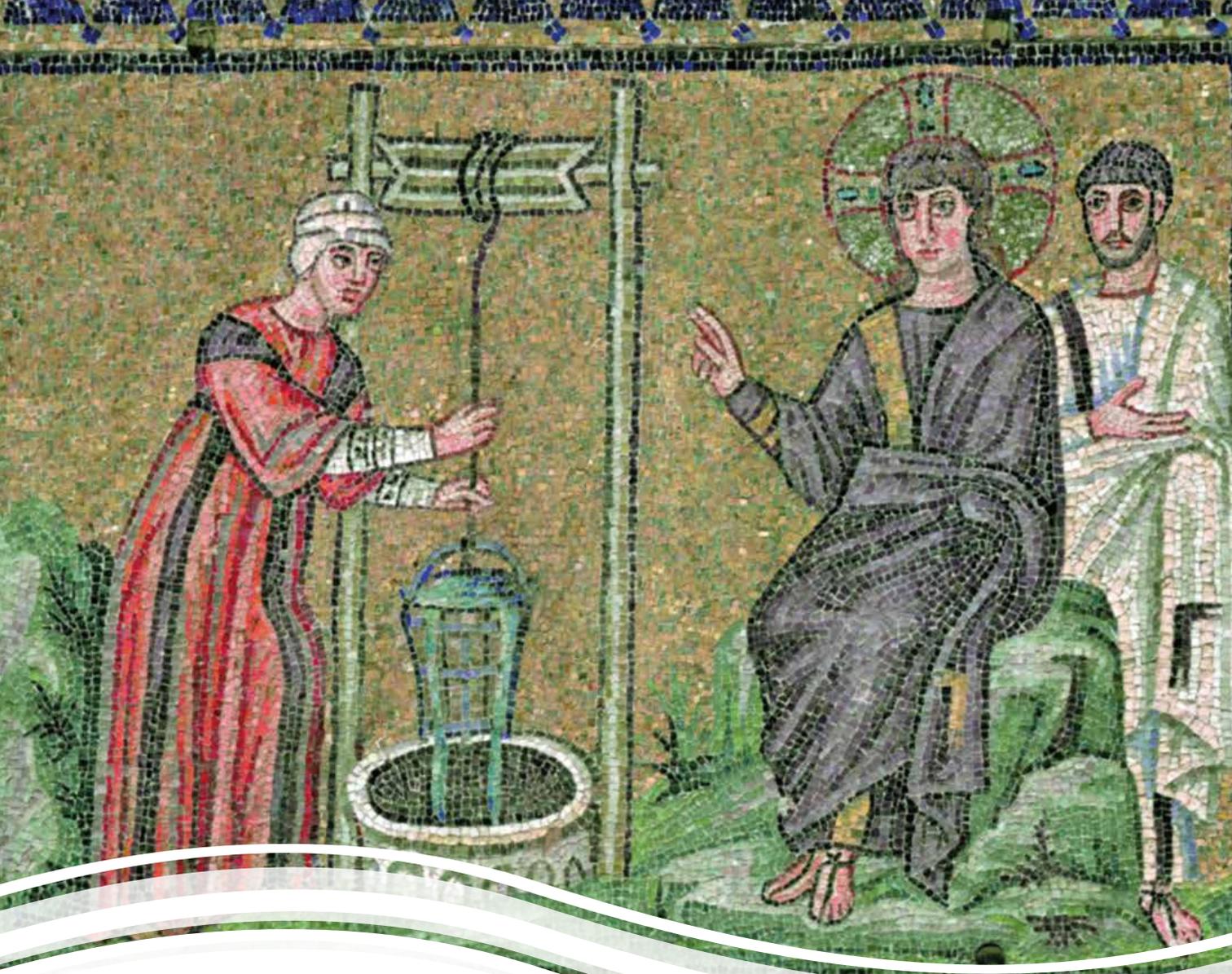
L'INTERPRETAZIONE CORRETTA DEL CONCETTO DELL'ESSERE UMANO COME SIGNORE DELL'UNIVERSO È QUELLA DI INTENDERLO COME AMMINISTRATORE RESPONSABILE.

TRASCURARE L'IMPEGNO DI COLTIVARE E MANTENERE UNA RELAZIONE CORRETTA CON IL PROSSIMO, VERSO IL QUALE HO IL DOVERE DELLA CURA E DELLA CUSTODIA, DISTRUGGE LA MIA RELAZIONE INTERIORE CON ME STESSO, CON GLI ALTRI, CON DIO E CON LA TERRA. QUANDO TUTTE QUESTE RELAZIONI SONO TRASCURATE, QUANDO LA GIUSTIZIA NON ABITA PIÙ SULLA TERRA, LA BIBBIA CI DICE CHE TUTTA LA VITA È IN PERICOLO.

## NELLA COMUNE DIMORA, L'ACQUA ....

L'ACCESSO ALL'ACQUA POTABILE E SICURA È UN DIRITTO UMANO ESSENZIALE, FONDAMENTALE E UNIVERSALE, PERCHÉ DETERMINA LA SOPRAVVIVENZA DELLE PERSONE, E PER QUESTO È CONDIZIONE PER L'ESERCIZIO DEGLI ALTRI DIRITTI UMANI.





**CHIUNQUE BEVE DI QUEST'ACQUA  
AVRÀ DI NUOVO SETE;  
MA CHI BERRÀ DELL'ACQUA CHE IO GLI  
DARÒ, NON AVRÀ PIÙ SETE IN ETERNO.  
ANZI, L'ACQUA CHE IO GLI DARÒ  
DIVENTERÀ IN LUI UNA SORGENTE D'ACQUA  
CHE ZAMPILLA PER LA VITA ETERNA**

Giovanni 4, 13-14

**IO SONO L'ALFA E L'OMÈGA,  
IL PRINCIPIO E LA FINE.  
A COLUI CHE HA SETE  
IO DARÒ GRATUITAMENTE DA BERE  
ALLA FONTE DELL'ACQUA DELLA VITA**

Apocalisse 21, 5-6