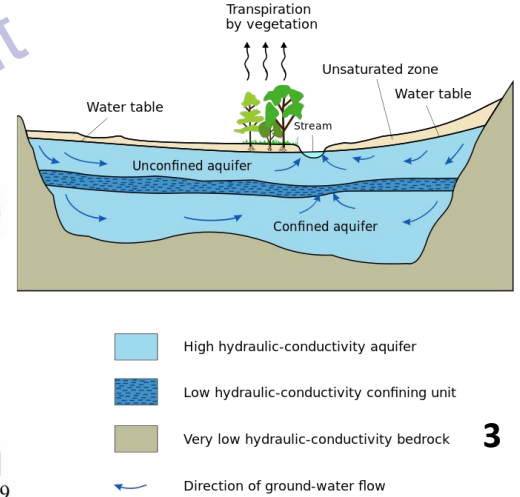
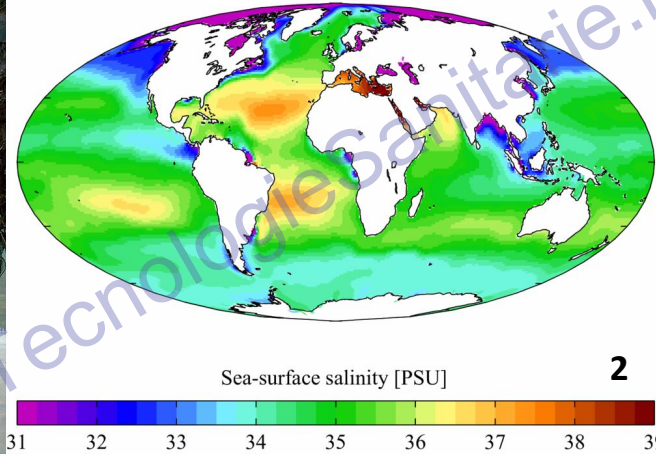
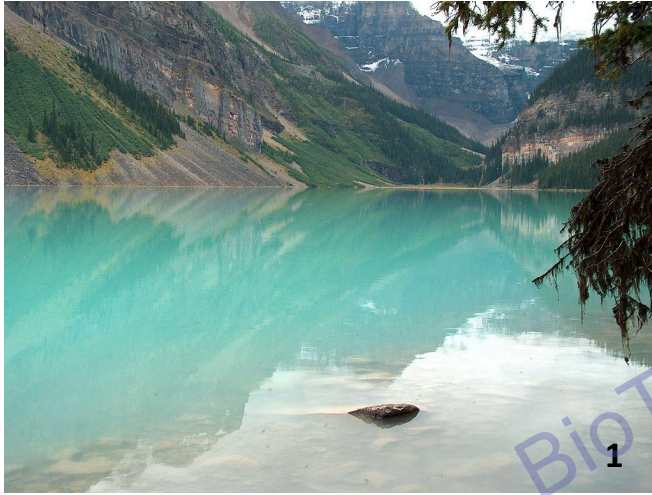


Matrici ambientali e inquinamento



ACQUA: caratteristiche chimico-fisiche, importanza biologica, ciclo, acque dolci e salate, la componente biotica

ACQUA: PROPRIETÀ E CICLO

INDICE

Proprietà
chimico-fisiche

Importanza biologica
dell'acqua

Il ciclo dell'acqua

Acque dolci e
salate

La componente
biotica

Photo credits

Immagini in copertina:

- 1 Lago Louise in Canada
- 2 Salinità dei mari
- 3 Sezione trasversale di una tipica falda

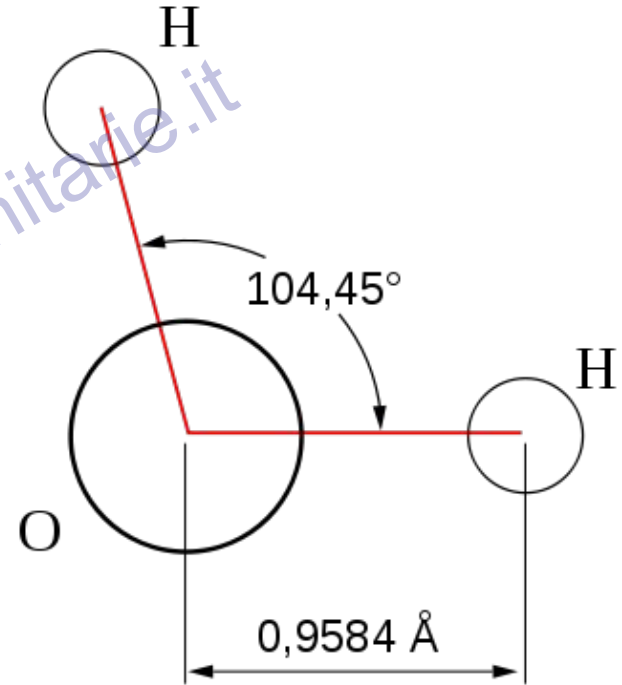
PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

BioTechnologieSanitarie.it

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

L'acqua è una molecola formata da un atomo di ossigeno legato a due atomi di idrogeno con legami covalenti.

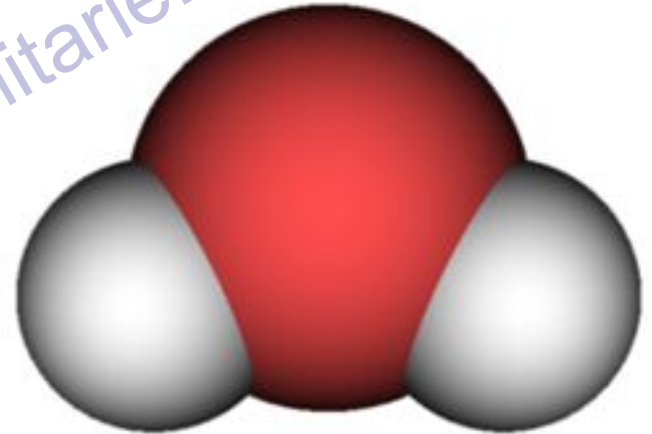
Angolo di legame: $104,45^\circ$



Dimensioni della molecola dell'acqua

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

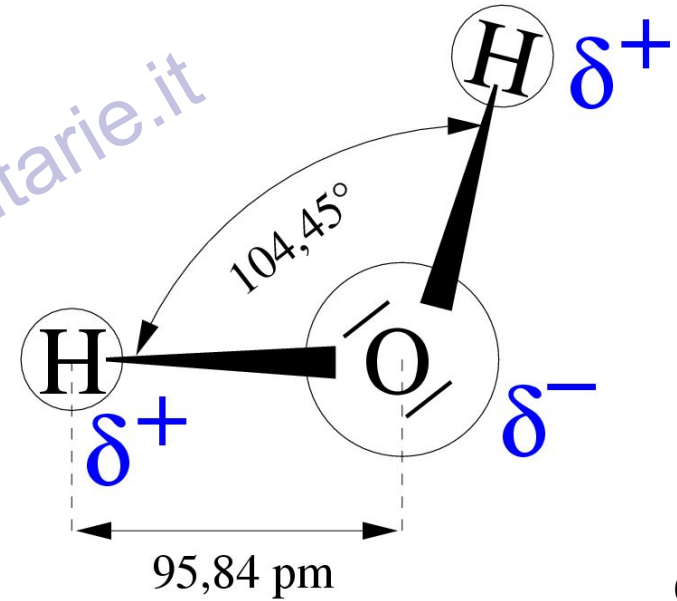
La molecola dell'acqua è planare. Gli elettroni tendono a passare più tempo intorno al nucleo dell'ossigeno che è più elettronegativo.



Molecola dell'acqua

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

I legami tra ossigeno e idrogeno sono quindi covalenti polari. Da notare la parziale carica negativa verso il polo dell'ossigeno e la parziale carica positiva verso il polo degli idrogeni. Nel complesso la molecola dell'acqua risulta però sempre neutra anche se si può parlare di un dipolo elettrico.

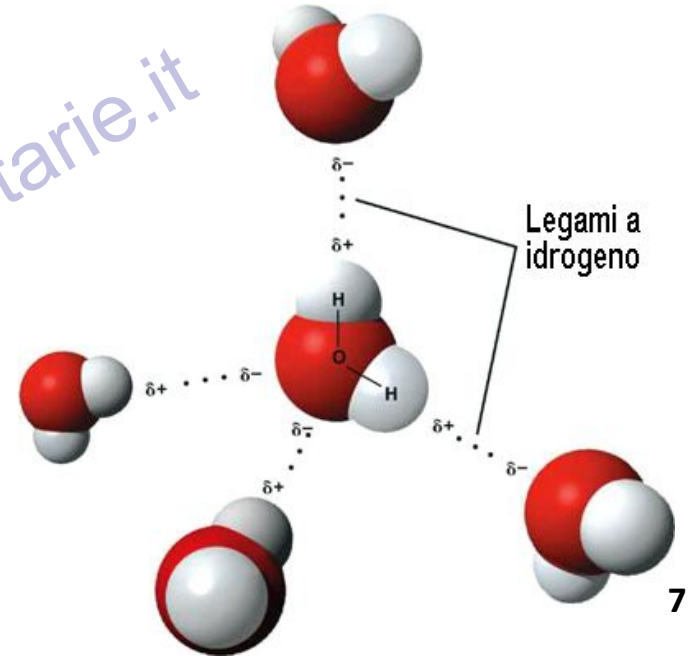


Distribuzione delle parziali cariche positive e negative all'interno della molecola dell'acqua

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Tale situazione spiega molte delle proprietà chimico-fisiche dell'acqua che la rendono l'ambiente vitale per eccellenza.

La natura dipolare prima di tutto spiega l'attrazione tra molecole e la formazione di legami a idrogeno (H-bond).



Legami a idrogeno tra molecole di acqua

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

A loro volta i legami a idrogeno spiegano i relativamente alti punti di ebollizione e di fusione, la elevata capacità termica ...

Alto punto di ebollizione.

L'energia richiesta per allontanare le molecole le une dalle altre e farle passare allo stato di vapore è più alta.



Acqua in ebollizione

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Alto punto di fusione.

Anche in questo caso è richiesta una maggiore energia per allontanare le molecole le une dalle altre e passare allo stato liquido.

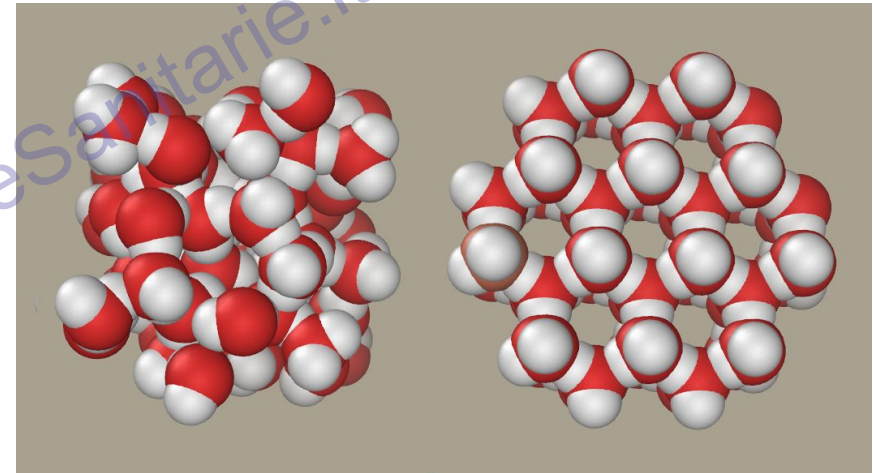
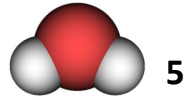


Esempio di fusione del ghiaccio

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Insolito comportamento durante il congelamento.

Quando la temperatura si abbassa fino al punto di congelamento le molecole di acqua si organizzano in una struttura cristallina dalla tipica simmetria esagonale.



A sinistra molecole di acqua liquida
A destra molecole di acqua allo stato solido

10

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Insolito comportamento durante il congelamento.

Grazie a questa disposizione aumenta il volume occupato, la densità diminuisce improvvisamente e il ghiaccio galleggia sull'acqua.

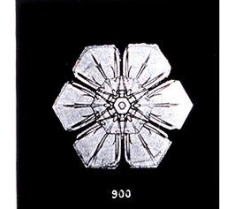
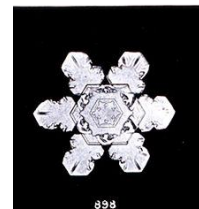
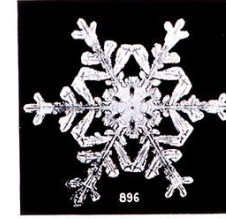
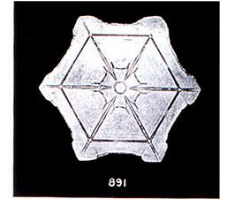
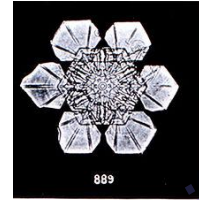


Nell'immagine sono rappresentati tutti i tre stati dell'acqua: solido (iceberg), liquido (mare e nubi) e gassoso (vapore acqueo non visibile)

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Insolito comportamento durante il congelamento.

Fiocchi di neve che evidenziano la struttura cristallina esagonale delle molecole di acqua allo stato solido



PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Insolito comportamento durante il congelamento.

Grazie alla minore densità del ghiaccio questo si stratifica in superficie consentendo la protezione della vita sottostante.



Nave rompighiaccio

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Tensione superficiale.

Si tratta della forza che tende ad attrarre verso l'interno le molecole in superficie.

La forma delle gocce ne è la prova.



Formazione di gocce

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Tensione superficiale.

Si può dedurre osservando il comportamento degli insetti che possono camminare sulla superficie dell'acqua. Come dimostra la foto di lato.



PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Tensione superficiale.

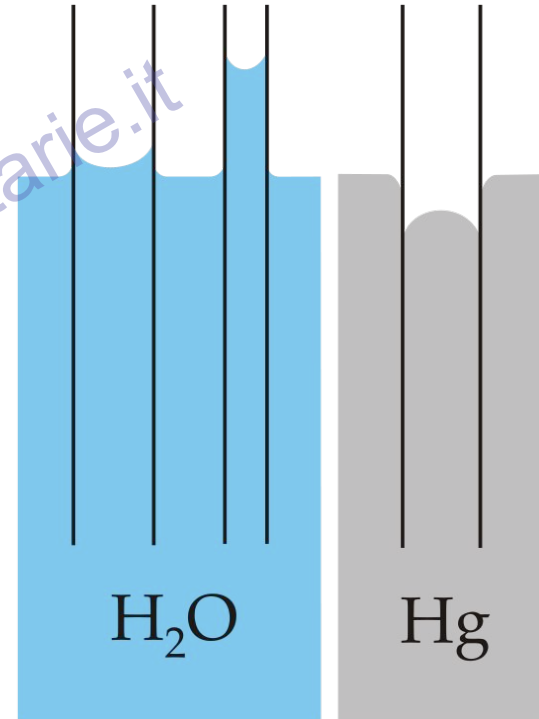
Ancora meglio si può notare il fenomeno della tensione superficiale quando una moneta od un ago, depositi con una certa precauzione sulla superficie dell'acqua, non riescono ad affondare.



PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Tensione superficiale.

Tra i tanti esempi sulla tensione superficiale vale la pena ricordare anche la capacità che ha l'acqua di risalire per brevi tratti in tubi sottilissimi contro l'effetto della forza di gravità. Stiamo parlando della **capillarità**.



PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Tensione superficiale.

Così si spiega come le piante possano trasportare verso l'alto l'acqua assorbita con le radici. I fasci vascolari di cui sono dotate sfruttano la capillarità. Anche se va sottolineato che esistono altre forze in gioco in questo caso.



Fasci vascolari visibili nella sezione trasversale di gambi di sedano

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Elevato calore specifico.

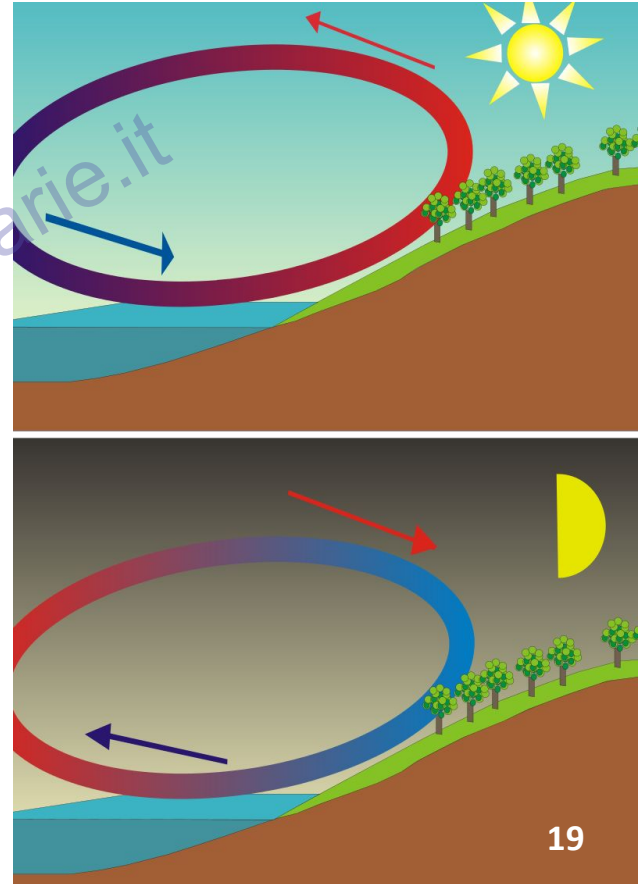
Questa è un'altra importante proprietà dell'acqua che ha ripercussioni in tanti sistemi e spiega l'effetto termoregolatore.

L'acqua si riscalda molto lentamente ed altrettanto lentamente cede il calore accumulato. Questa proprietà si avverte sia a livello cellulare quanto ambientale.

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Elevato calore specifico.

Basti pensare al clima meno rigido delle zone costiere o alle brezze di terra e di mare la cui formazione è descritta nell'immagine accanto. In alto c'è lo schema della brezza di mare (diurna) e in basso quello della brezza di terra (notturna). Maggiori dettagli nell'esercizio CLIL.

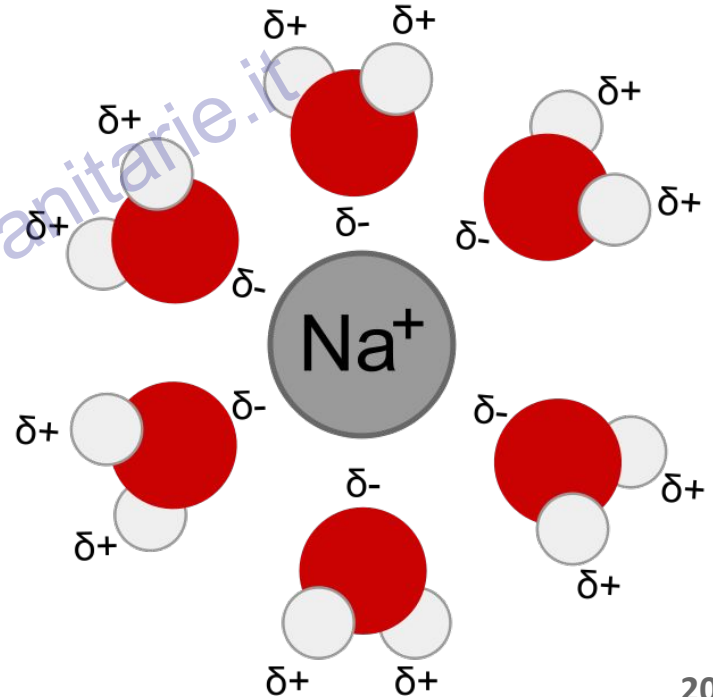


PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Azione solvente.

L'acqua è un ottimo solvente.

I composti ionici si dissociano in acqua in anioni e cationi rivolgendosi verso le regioni delle molecole d'acqua di segno opposto.

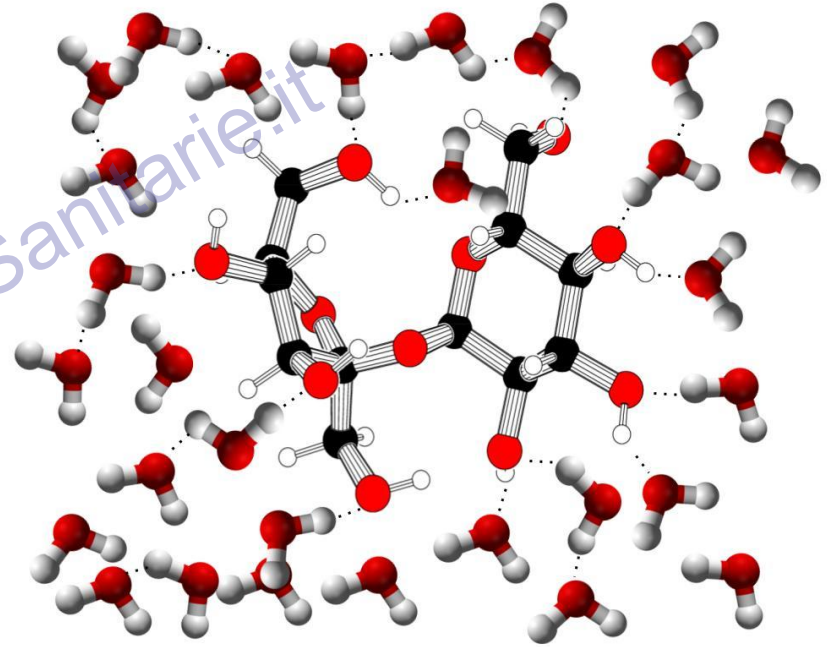


PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE

Azione solvente.

Anche lo zucchero si scioglie in acqua grazie alla presenza di gruppi polari -OH ma non si dissocia in ioni.

Questi gruppi formano legami ad idrogeno con le estremità delle molecole d'acqua come si vede nel disegno accanto.



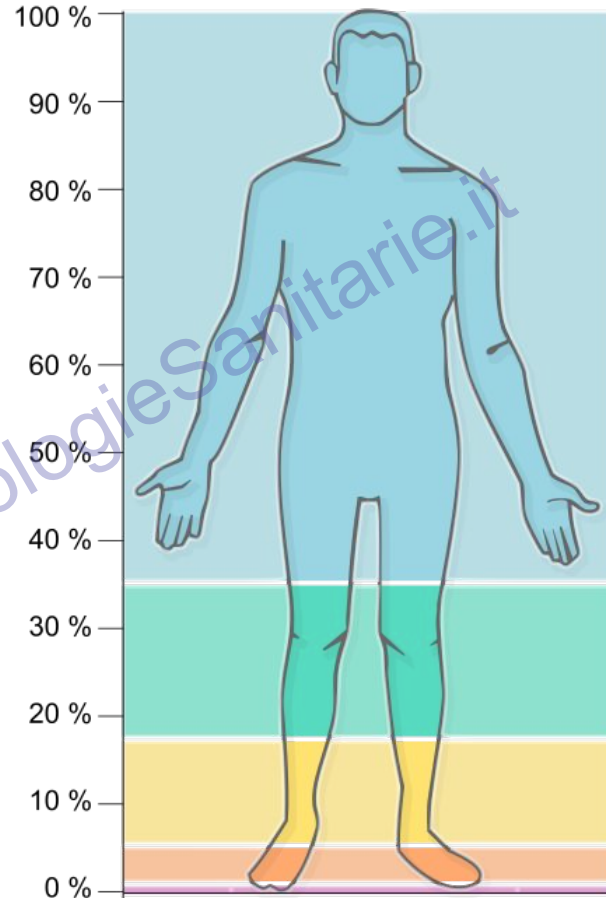
Nell'immagine sono stati usati modelli molecolari diversi per il saccarosio e l'acqua a scopo didattico

IMPORTANZA BIOLOGICA DELL'ACQUA

BiotechnologieSanitarie.it

IMPORTANZA BIOLOGICA DELL'ACQUA

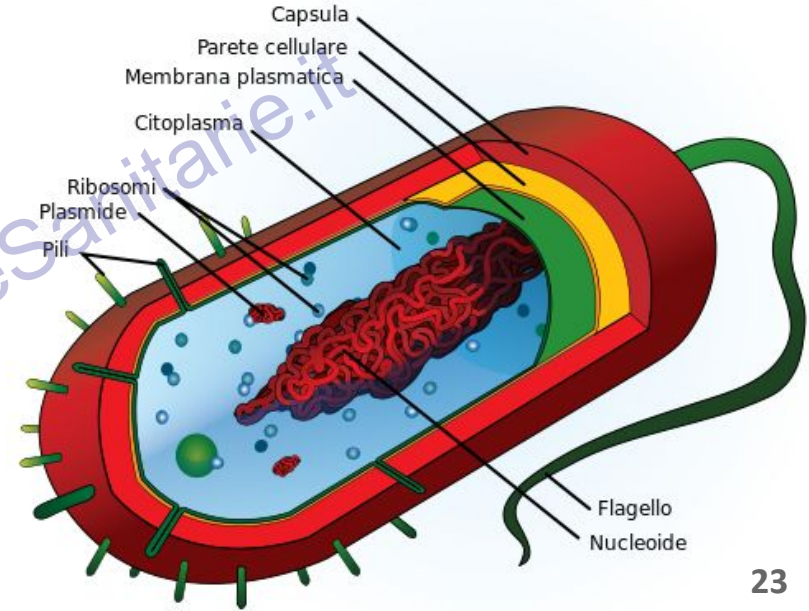
L'acqua rappresenta
circa il **65% del corpo**
umano.



Acqua: 65%
Proteine: 16%
Lipidi: 13%
Sali minerali: 5%
Glucidi: 1%
Vitamine: tracce

IMPORTANZA BIOLOGICA DELL'ACQUA

A partire dalle cellule più semplici, le procariotiche, è uno dei componenti fondamentali.



Cellula batterica

IMPORTANZA BIOLOGICA DELL'ACQUA



Non tutta la popolazione mondiale ha però accesso a risorse di acqua sufficiente e pulita.

Il diritto all'acqua è un'estensione al diritto alla vita affermato dalla Dichiarazione universale dei diritti umani.

IMPORTANZA BIOLOGICA DELL'ACQUA

All'inizio del III millennio si calcola che la disponibilità di acqua per persona stia diminuendo a causa di uno sviluppo non sostenibile.

Oltre un miliardo di persone non ha accesso all'acqua potabile.

IMPORTANZA BIOLOGICA DELL'ACQUA

Il 40% della popolazione mondiale non ha accesso all'acqua dolce per le normali attività igieniche.

Così *nel 2000 oltre 2.200.000 persone sono morte per la scarsità di acqua pulita*. In maggioranza bambini.

IMPORTANZA BIOLOGICA DELL'ACQUA

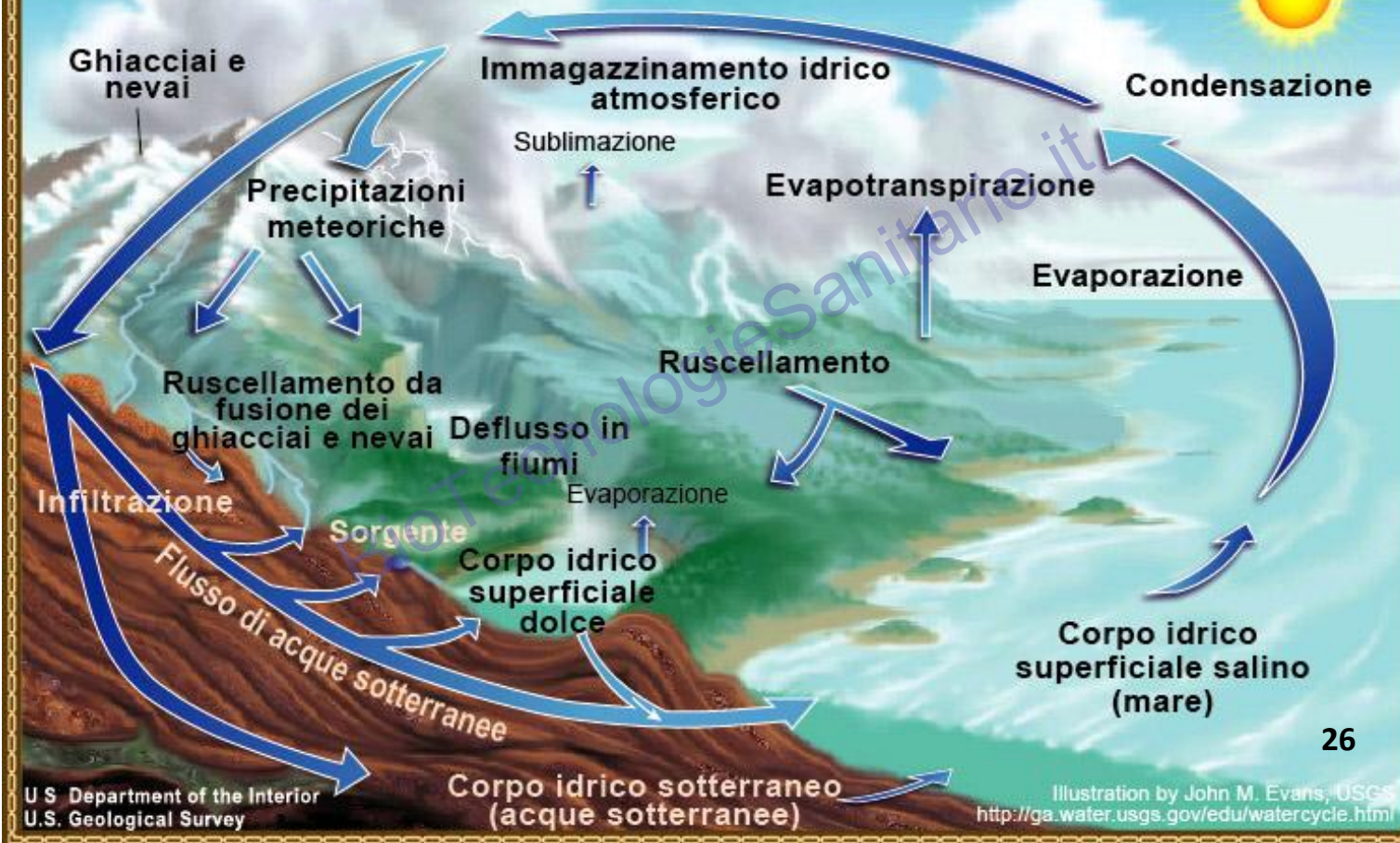
Una donna in Kenya raccoglie acqua da un buco scavato nel letto asciutto di un fiume.



IL CICLO DELL'ACQUA

BioTechnologieSanitarie.it

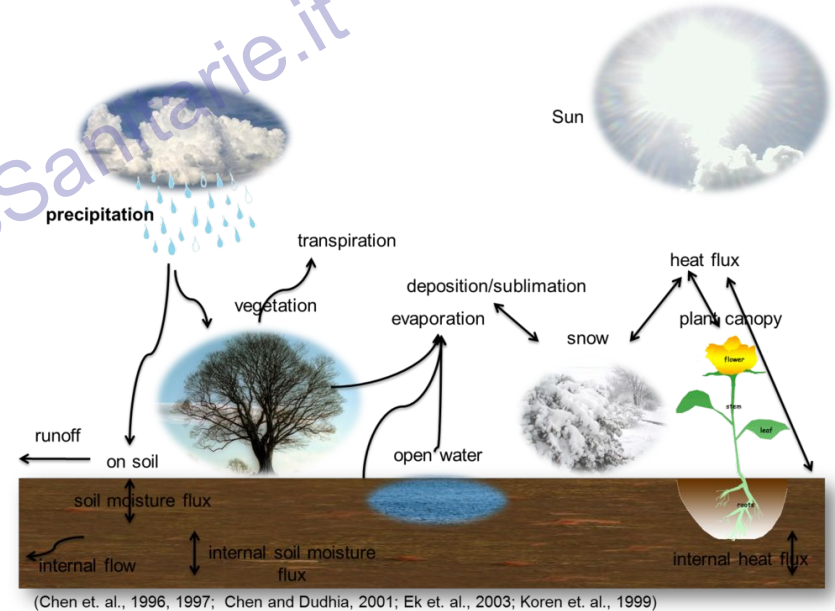
Il ciclo idrologico



IL CICLO DELL'ACQUA

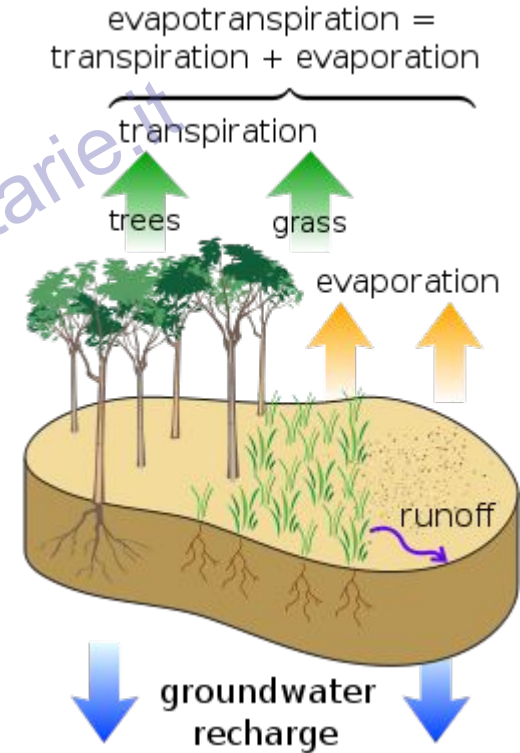
Dopo aver visto il ciclo nella sua complessità esaminiamo le varie fasi.

1 L'acqua evapora dai grandi bacini di acqua salata e dolce o sublima dai ghiacci, sale di quota, condensa nelle nubi. A questa frazione se ne aggiunge un'altra.



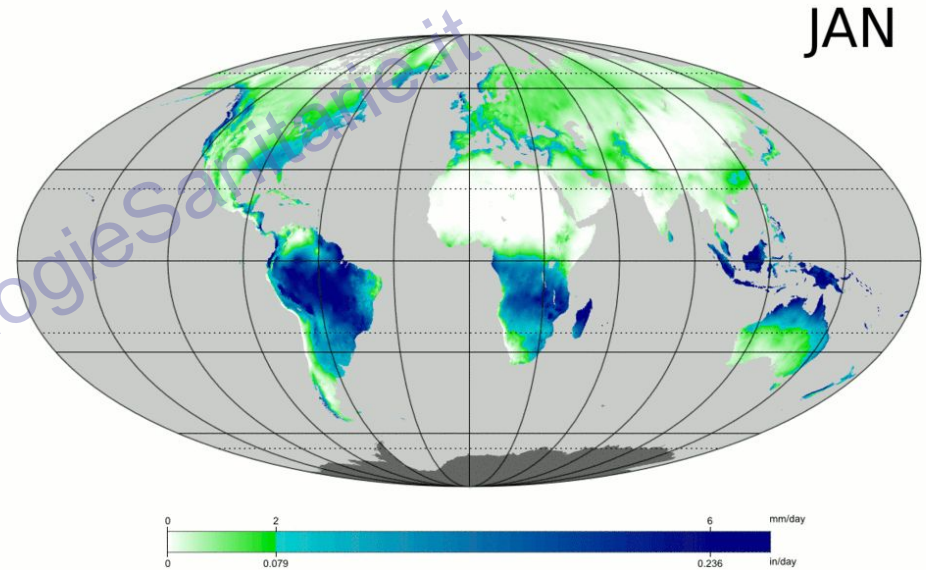
IL CICLO DELL'ACQUA

La frazione che si aggiunge deriva dalla **evapotraspirazione**, cioè dall'evaporazione diretta dal terreno e dalla traspirazione delle piante.
Lo schema accanto mette in evidenza quanto descritto.



IL CICLO DELL'ACQUA

2 A questo punto si possono formare le precipitazioni (**acque meteoriche**) che non comprendono solo le acque piovane ma anche neve, grandine, rugiada e brina.



Ripartizione mensile delle precipitazioni sulla Terra

IL CICLO DELL'ACQUA

Le precipitazioni sono *prive di sale* e *leggermente acide* (pH circa 5,6) per la presenza di CO_2 in atmosfera.

Precipitando a terra possono assorbire sostanze inquinanti dilavando l'atmosfera nel vero senso della parola.

Ma possono anche essere *piogge acide* con valori di pH ben inferiori a 5,6 quando l'atmosfera contiene miscele di NO_x e SO_2 . Le precipitazioni riportano l'acqua nei grandi bacini marini ma anche sulla terraferma (acque litosferiche).

IL CICLO DELL'ACQUA

Le **acque litosferiche** sono suddivise in superficiali e sotterranee.

Acque superficiali: bacini dolci di fiumi e laghi, bacini di acqua salata (mari e oceani)

Acque sotterranee: derivano dalle acque meteoriche che penetrano nel sottosuolo per lenta **percolazione**. Possono dare origine a falde freatiche o superficiali e falde artesiane o profonde.

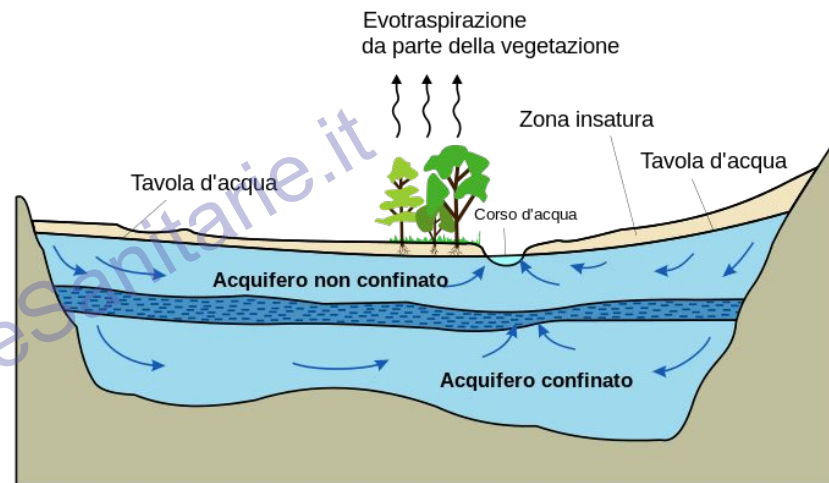
IL CICLO DELL'ACQUA





Acque sotterranee

Falde superficiali o freatiche

Sono presenti tra il piano permeabile di campagna e uno strato sottostante impermeabile.

Di lato uno schema.



-  Acquifero ad elevata permeabilità
-  Livelli scarsamente permeabili
-  Basamento roccioso impermeabile
-  Flusso d'acqua freatica

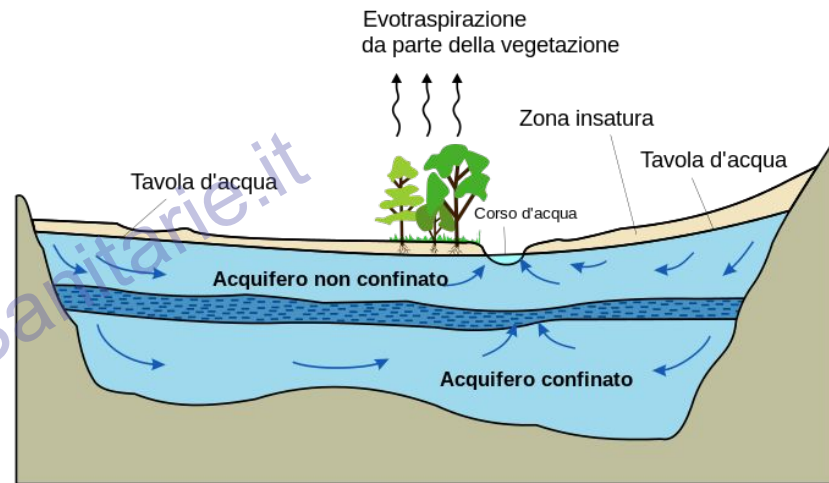
IL CICLO DELL'ACQUA

Acque sotterranee

Falde superficiali o freatiche

L'acqua, in questo caso, deve essere estratta tramite pozzi.

Per la loro posizione superficiale sono più sensibili all'inquinamento



Acquifero ad elevata permeabilità'

Livelli scarsamente permeabili

Basamento rocciosa impermeabile

Filusso d'acqua freatica

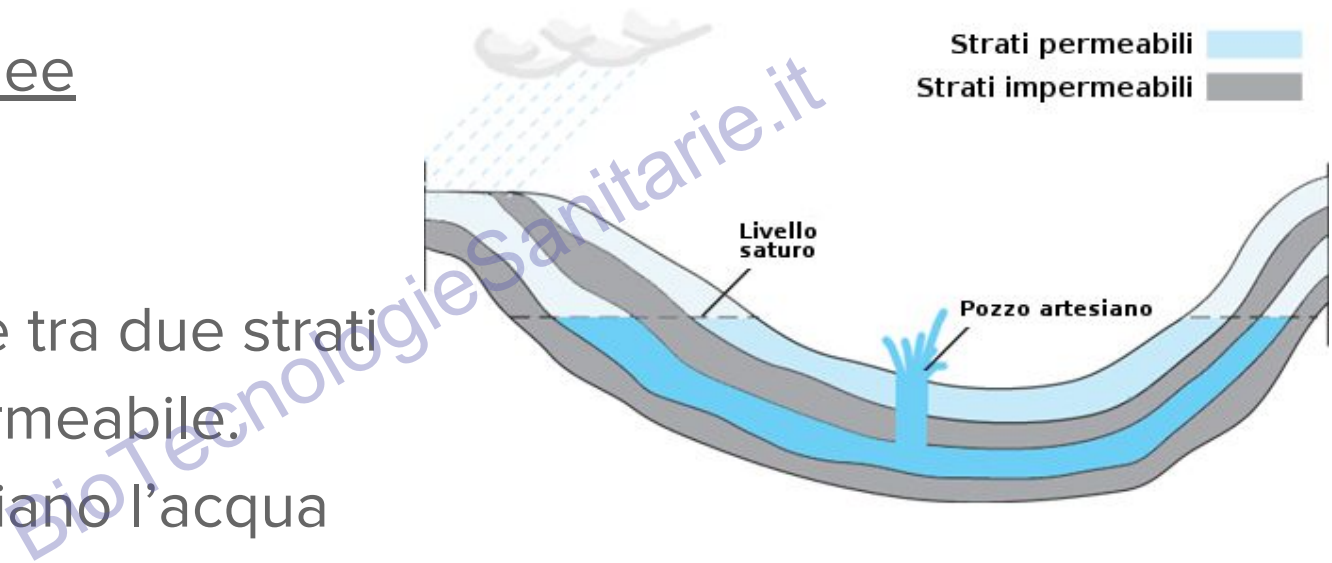
IL CICLO DELL'ACQUA

Acque sotterranee

Falde artesiane

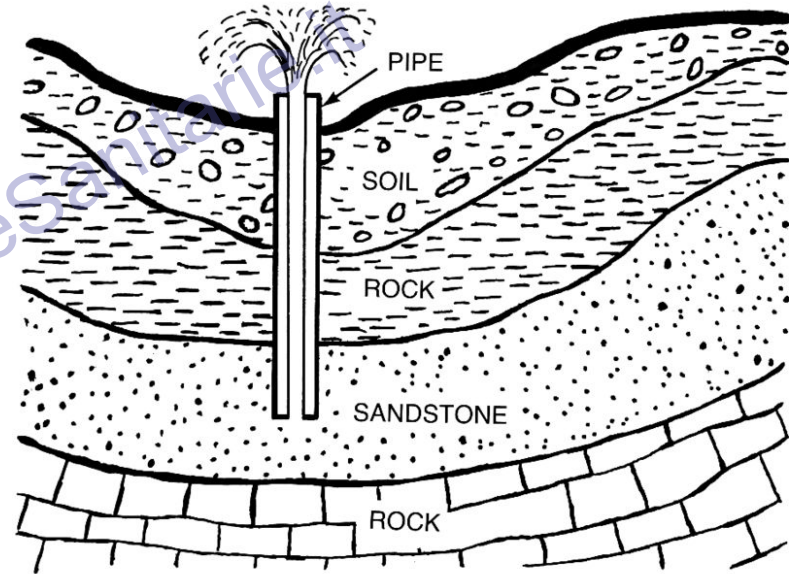
Sono localizzate tra due strati di terreno impermeabile.

Nel pozzo artesiano l'acqua fuoriesce spontaneamente.



IL CICLO DELL'ACQUA

In genere questa acqua è abbastanza garantita dal punto di vista microbiologico per la continua filtrazione a cui è sottoposta nel processo di percolazione.



Schema di un pozzo artesiano

ACQUE DOLCI E SALATE

BioTecnologieSanitarie.it

ACQUE DOLCI E SALATE

Qual è la differenza tra acque dolci e salate? non esistono in natura acque pure, vista la buona capacità solvente dell'acqua.

Ciò che fa la differenza è la concentrazione e il tipo di ioni.



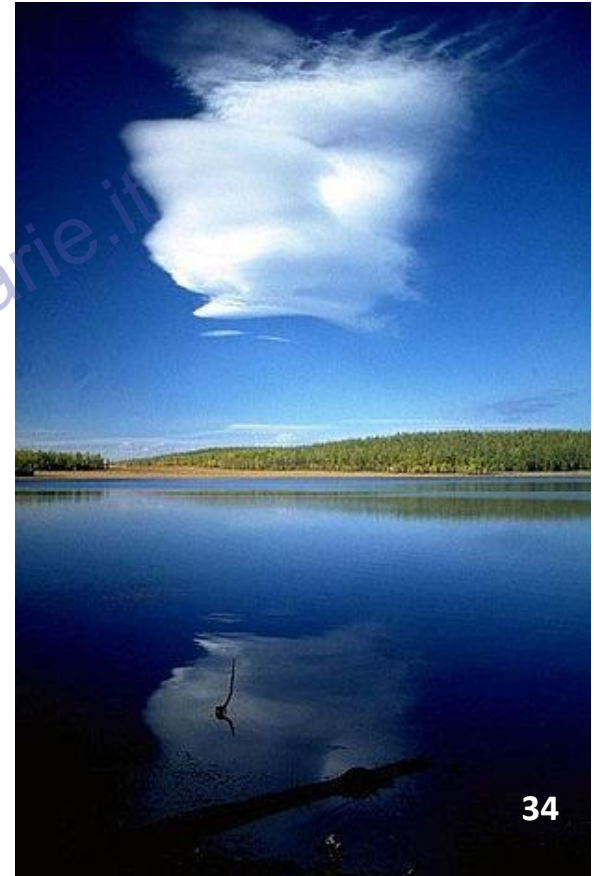
Vasca naturale fiume Cornia, Sasso Pisano

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Deriva solo dall'acqua meteorica (piovana più scioglimento dei ghiacciai).

Forma laghi, fiumi, torrenti, ruscelli a livello superficiale e le falde a livello sotterraneo.



Il lago Hövsgöl, in Mongolia

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Per definizione le acque dolci presentano meno di 500 ppm di sali disciolti

0,05%

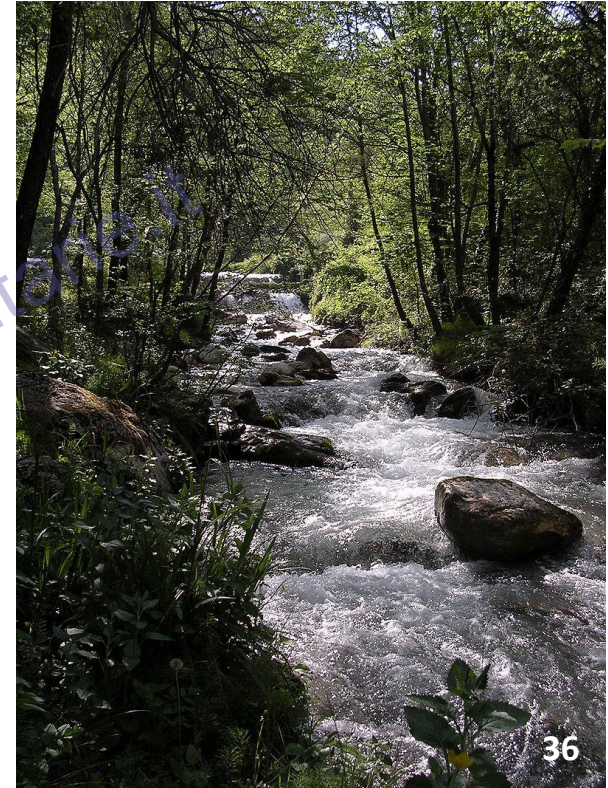


Ponte sul fiume Volturno a Capua

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Gli ioni maggiormente presenti nelle acque dolci sono **calcio** e **bicarbonato** (il bicarbonato è il maggiore)



Il torrente Ambro, nei pressi di Montefortino, nel Parco Nazionale dei Monti Sibillini

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Altri ioni presenti nelle acque dolci sono il solfato, il fosfato, il sodio, il potassio, il magnesio e il cloruro.



Lo Schwarzach nell'alta Defereggental

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Il bicarbonato di calcio $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e di magnesio $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ determinano la *durezza temporanea*

Temporanea perché la situazione è tale a temperatura ambiente. Quando portiamo l'acqua ad ebollizione i due sali precipitano come carbonati insolubili.

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

La **durezza permanente** è invece legata alla presenza dei **solforati di calcio e magnesio** che rimangono in soluzione anche dopo ebollizione.

La **durezza totale** è la somma di entrambi i valori.



Rubinetto con aeratore. Qui, la durezza dell'acqua è visibile ad occhio nudo.

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

La *durezza dell'acqua* si esprime in
mg/L di CaCO_3
oppure in
mg/100mL (gradi francesi)

BioTechnologieSanitarie.it

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Quindi

$$1^\circ \text{ f} = 10 \text{ mg di CaCO}_3 / 1\text{L} = 10 \text{ ppm}$$

Esempi di acque molto dolci (0 - 4°f) le acque piovane, dolci (4 - 8°f) le acque oligominerali, medio dure (8 - 12°f) le potabili, discretamente dure (12 - 18°f) quelle di lago o di fiume ...

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Ci sono anche altri ioni di interesse sanitario nella composizione delle acque dolci destinate alla potabilizzazione:

- fluoruro
- sodio
- fosfati

BioTecnologieSanitarie.it

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Fluoruro

Importante per la *mineralizzazione dello smalto dentario*.

In alcuni paesi viene aggiunto all'acqua potabile o al sale da cucina.



Incisivo umano

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Sodio

Ben conosciuto il suo ruolo nella ipertensione.

Le acque potabili iposodiche sono importanti nei processi di prevenzione.



Sfigmomanometro per la misura della pressione arteriosa

40

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

Solfati

Da tenere sotto controllo perché la loro presenza in eccesso può avere effetti lassativi.



Tratto gastrointestinale

41

ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua dolce

L'acqua dolce è l'unica acqua potabile. Pertanto bisogna controllare tutti i *parametri microbiologici* e ricercare gli *inquinanti di varia natura* per dare una certificazione di potabilità.



ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua salata

L'acqua salata contiene in media **35 g/L** di sali disciolti, soprattutto gli **ioni sodio** e **cloro**. È per definizione l'acqua di mari e oceani.



ACQUE DOLCI E SALATE

Acqua salata

Il 70% di sali disciolti nell'acqua di mare è il **cloruro di sodio** (NaCl).

L'acqua salata ha una densità maggiore rispetto a quella dolce.



Mar Ionio presso Catanzaro

ACQUE DOLCI E SALATE

Per questo gli oggetti immersi ricevono una spinta idrostatica maggiore e galleggiano meglio.



Isola di Procida

LA COMPONENTE BIOTICA

BioTechnologiesSanitarie.it

LA COMPONENTE BIOTICA

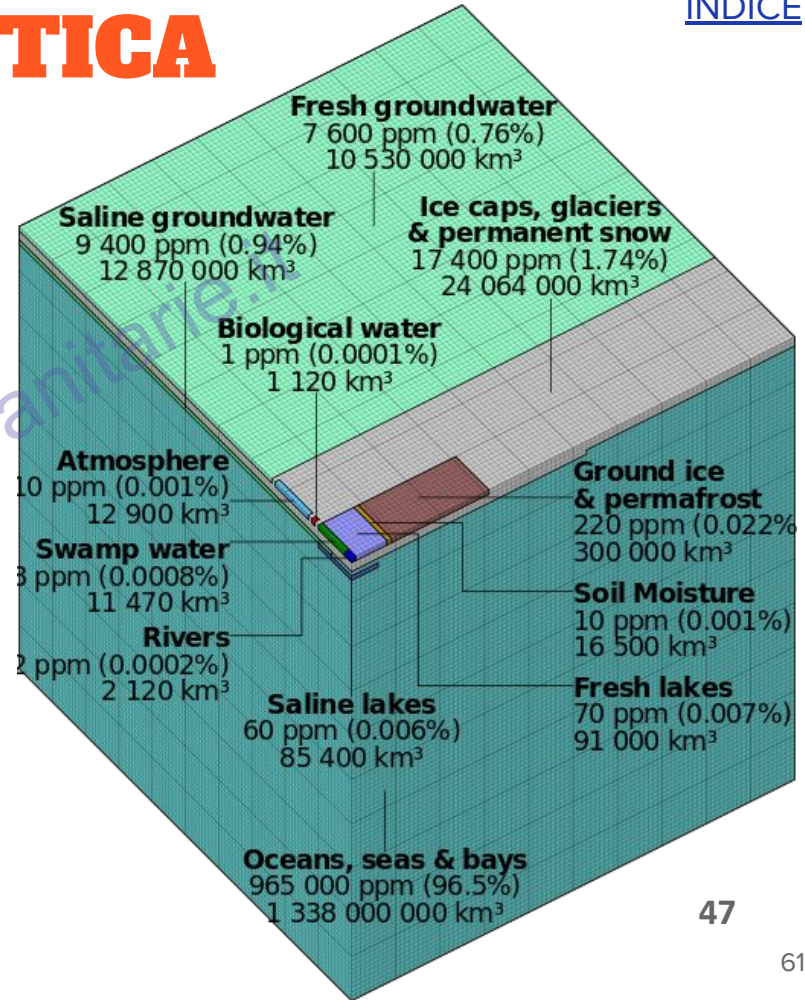
Le acque superficiali comprendono sia le acque salate che le acque dolci che sono solo il 3% e che possono essere stagnanti come i laghi o in movimento come i fiumi e i torrenti.



Le acque superficiali del fiume Alapaha, vicino a Jennings, Florida scorrono verso un inghiottitoio che porta alla falda acquifera.Floridan

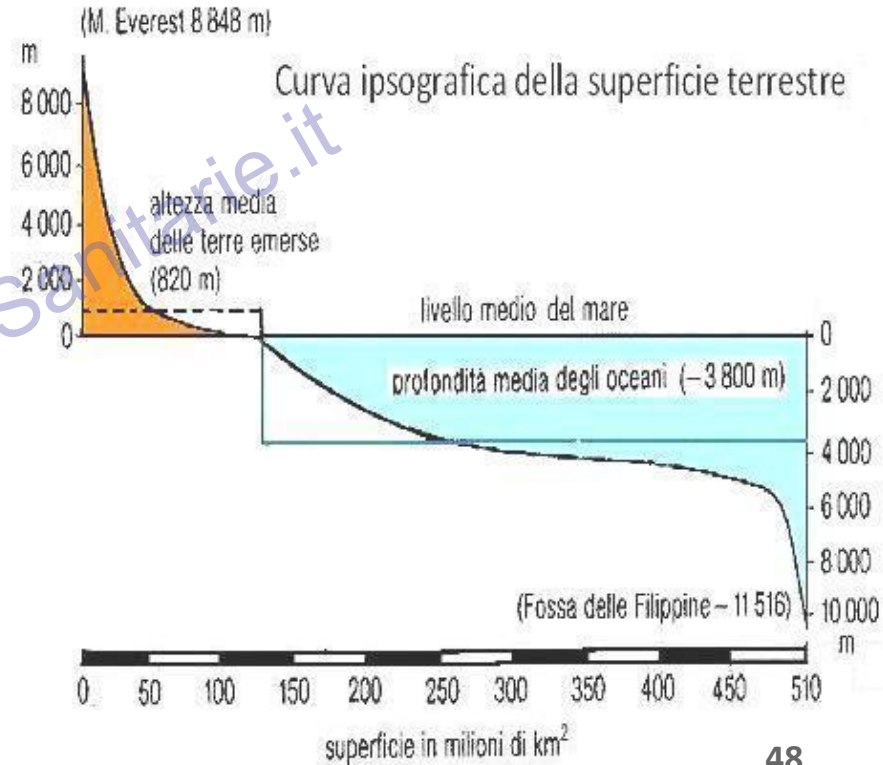
LA COMPONENTE BIOTICA

Visualizzazione della distribuzione (in volume) di acqua sulla Terra. Ogni piccolo cubo corrisponde a circa 1000 km cubi di acqua, con una massa di circa 1 trilione di tonnellate (200000 volte quella della Grande Piramide di Giza). L'intero blocco comprende 1 milione di piccoli cubi.

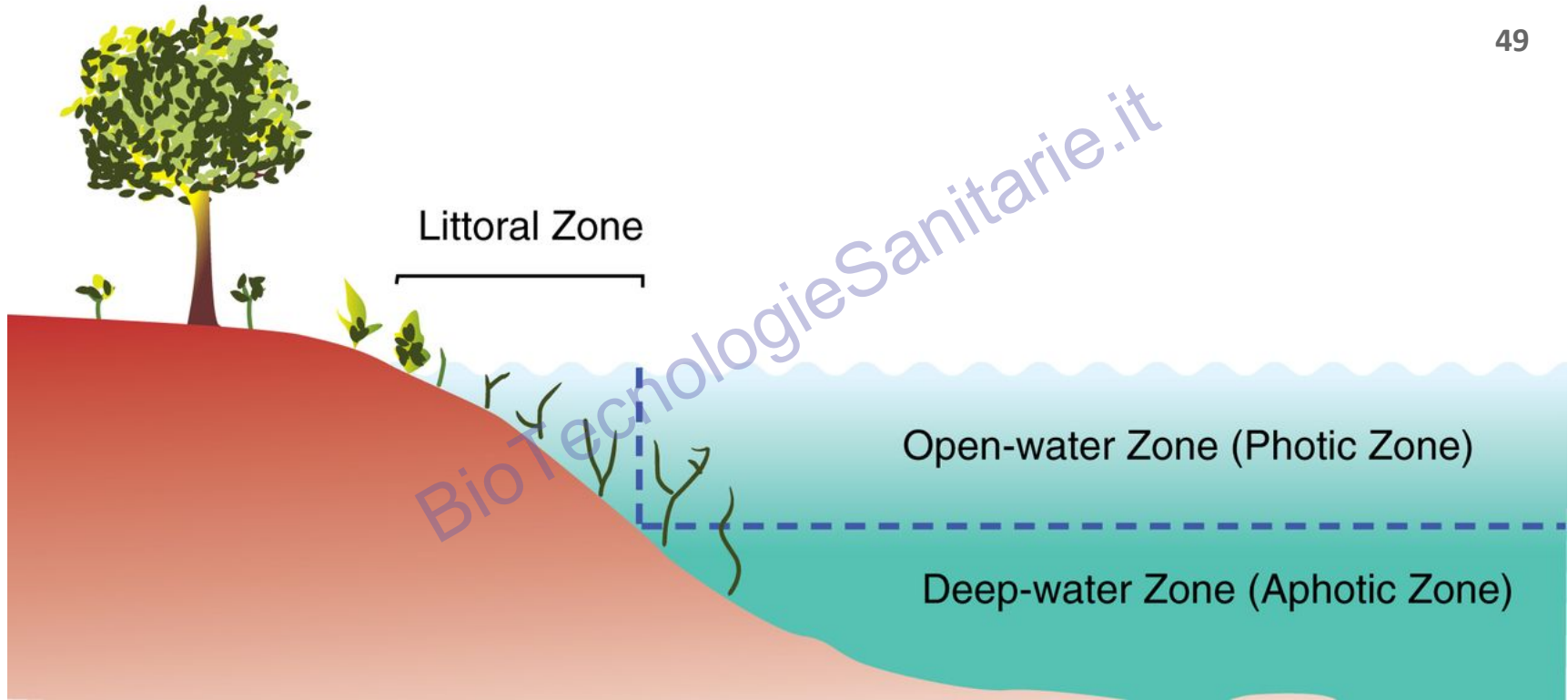


LA COMPONENTE BIOTICA

La **curva ipsografica** di lato evidenzia l'estensione degli oceani e dei continenti e la loro altitudine in relazione al livello del mare.



LA COMPONENTE BIOTICA



Suddivisione verticale dell'ambiente lacustre

LA COMPONENTE BIOTICA

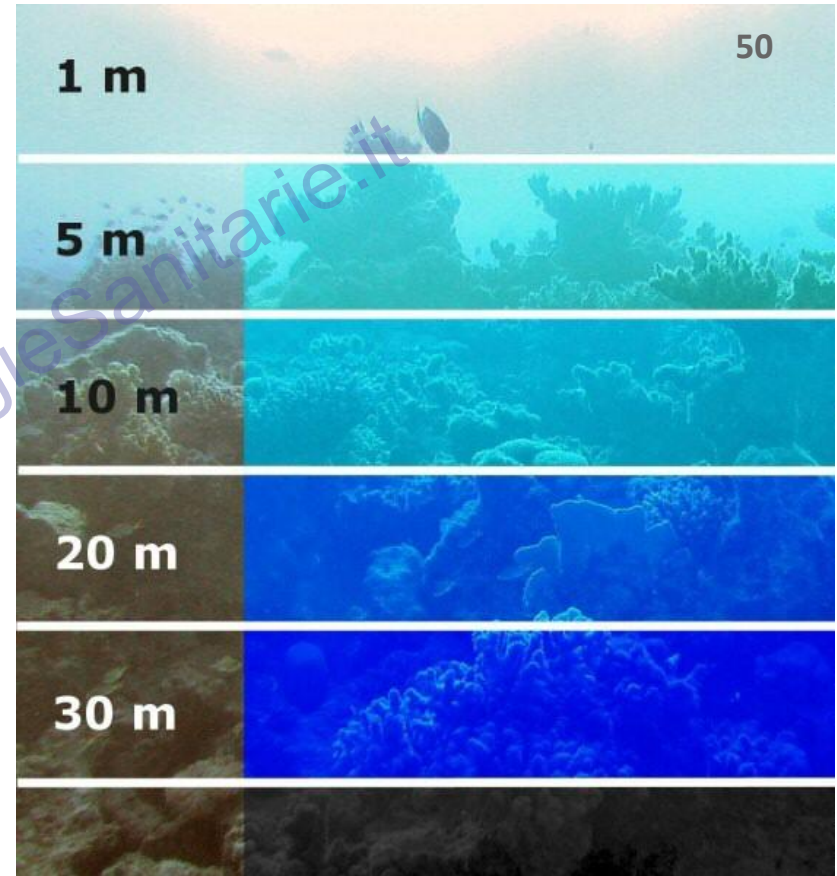
Tutti questi dati ci servono per chiarire la distribuzione della componente biotica nelle acque superficiali. Ma non basta, bisogna tenere conto in maniera più precisa di fattori come luce, temperatura e vento.

BioTechnologiesSanitarie.it

LA COMPONENTE BIOTICA

*Assorbimento della luce
sott'acqua.*

L'intensità della luce
decrece in modo
logaritmico con il
gradiente della
profondità.



LA COMPONENTE BIOTICA

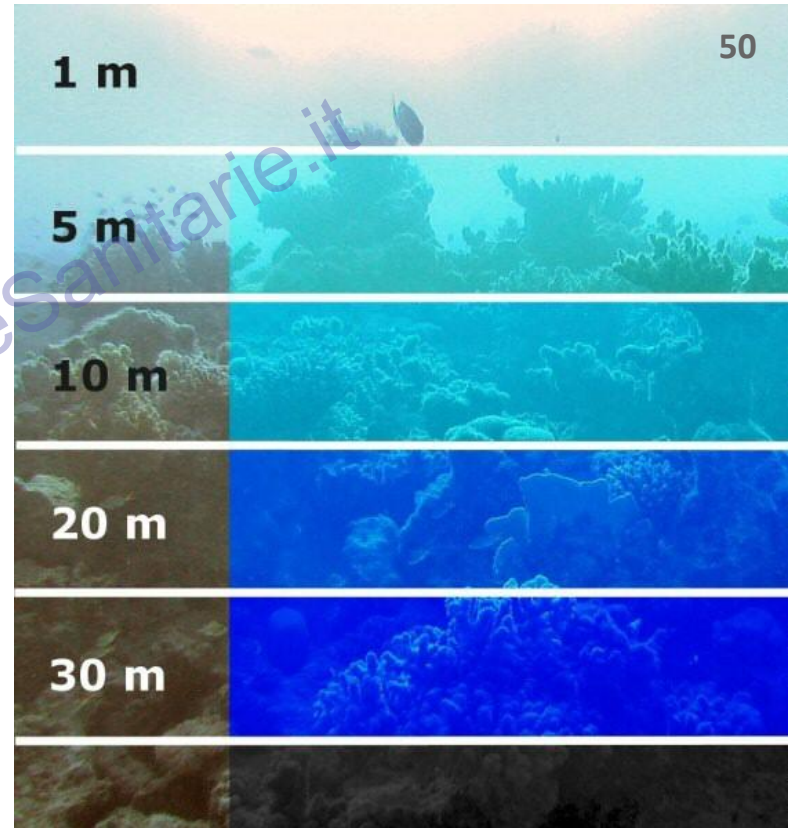
La luce è essenziale per la fotosintesi.

Quindi gli organismi fotosintetici (microrganismi autotrofi e piante acquatiche) sono limitati dalla sua assenza.



LA COMPONENTE BIOTICA

La profondità della **zona** **fotica** (photos = luce) dipende dalla torbidità dell'acqua, dalla temperatura, dalla latitudine ...



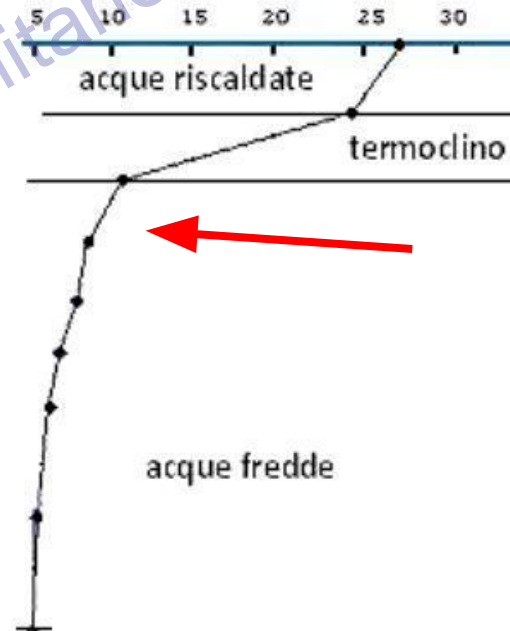
LA COMPONENTE BIOTICA

Osservate come *varia la temperatura in base alla profondità*

Diagramma temperatura –profondità.

La temperatura è stata misurata ad intervalli di 100 metri. In questo caso particolare il termocline si trova tra i 100 ed i 200 metri di profondità per un spessore di 100 metri.

Si osservi l'inclinazione della linea che congiunge i due punti di misurazione e che indica la più lenta caduta della temperatura.



LA COMPONENTE BIOTICA

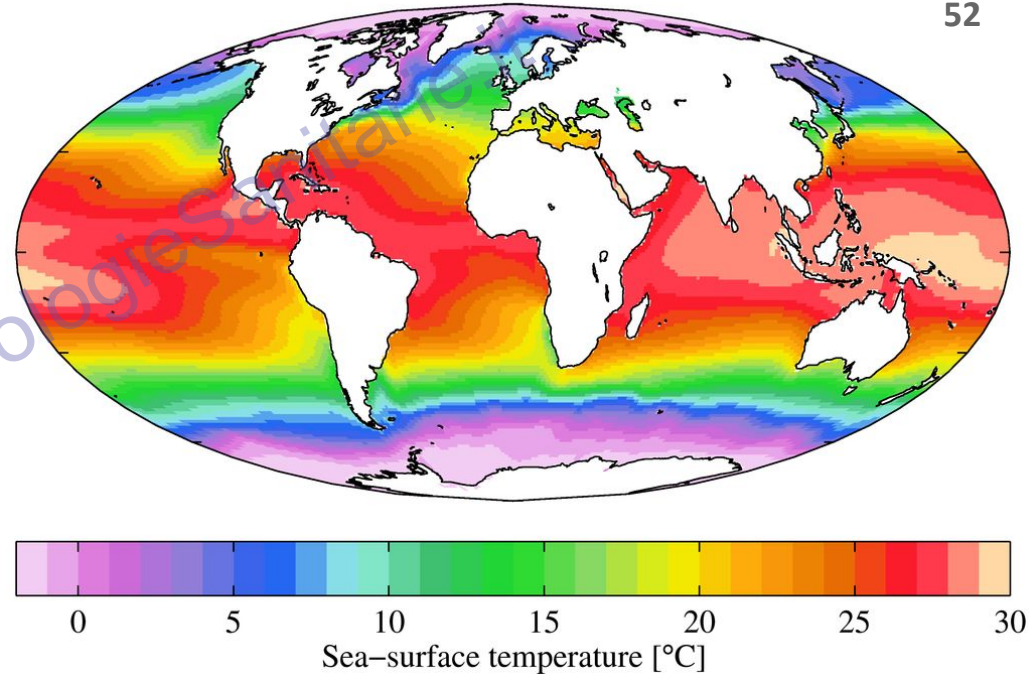
Per **termoclino** si intende la zona di rapido cambiamento della temperatura.

La parte superficiale dei bacini d'acqua subisce l'effetto del calore solare. Diventa più calda e meno densa rispetto a quella sottostante, più densa e più fredda.

LA COMPONENTE BIOTICA

Nei mari e negli oceani la temperatura superficiale può variare dai -2°C dei mari polari ai 36°C del Golfo Persico.

Sotto i mille metri di profondità la temperatura è costantemente tra gli $0,5$ e i 2°C .



LA COMPONENTE BIOTICA

Tutto ciò può causare una barriera al rimescolamento delle due masse d'acqua.

Così può succedere che le sostanze nutritive incorporate dagli esseri viventi nella zona fotica seguano la loro sedimentazione negli strati più profondi in seguito alla morte e non riescano a tornare in superficie subito.

LA COMPONENTE BIOTICA

Si assiste quindi all'impoverimento di sostanze nutritive in superficie e all'arricchimento, a volte eccessivo, degli strati più profondi.

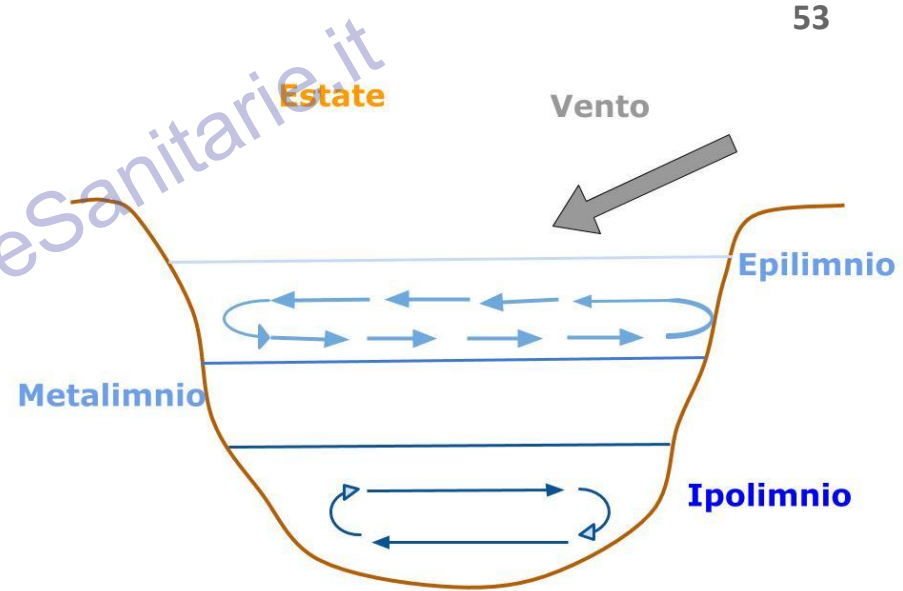
Fino a quando non interviene l'**upwelling**, cioè la risalita delle acque profonde.

LA COMPONENTE BIOTICA

La situazione è chiaramente molto diversa nelle grandi distese oceaniche coinvolte dalle correnti in veri e propri spostamenti di masse d'acqua e nei laghi e mari di piccole dimensioni dove l'unica movimentazione è data dall'azione del vento o del moto ondoso.

LA COMPONENTE BIOTICA

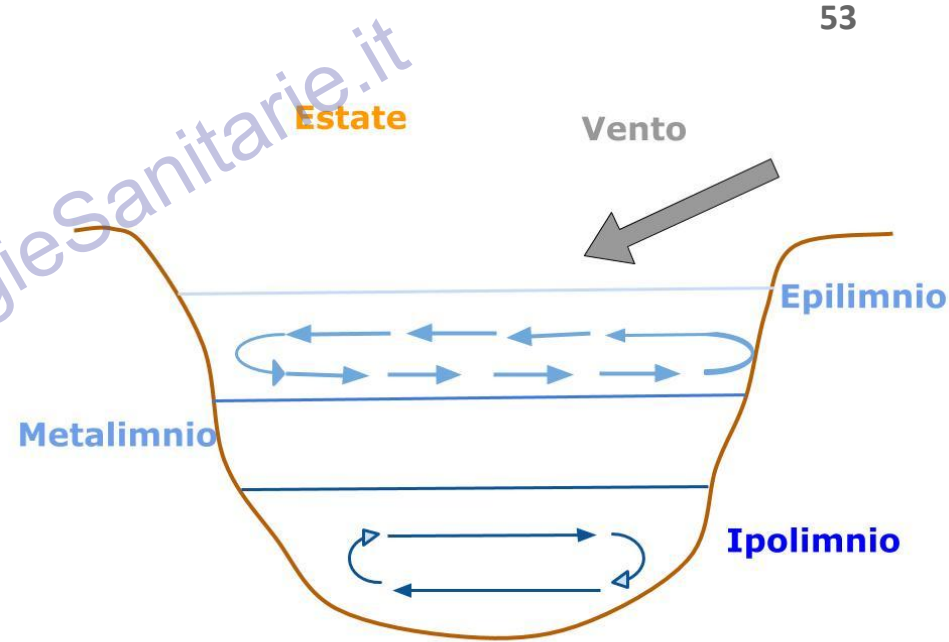
Durante l'estate in un lago lo strato superficiale (**epilimnio**) è soggetto ad un aumento di temperatura.



LA COMPONENTE BIOTICA

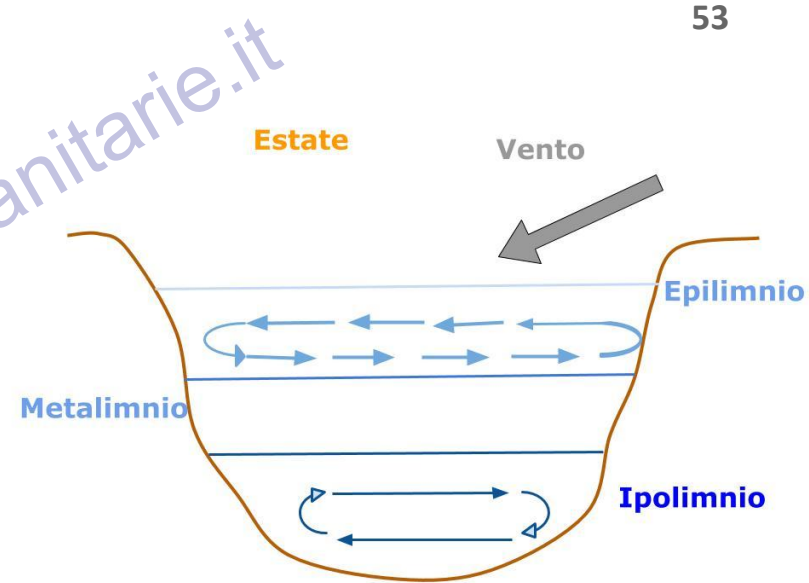
L'unica movimentazione è data dal vento e dal moto ondoso.

Già a 10 metri la temperatura è più bassa.



LA COMPONENTE BIOTICA

Il **metalimnio** rappresenta il termoclino. L'**ipolimnio** risulta molto più freddo e non si può avere un rimescolamento verticale.



LA COMPONENTE BIOTICA

Tutto cambia nelle stagioni intermedie quando la temperatura nei vari strati si uniforma (come si può vedere nella slide n. 79) e si ha l'upwelling.

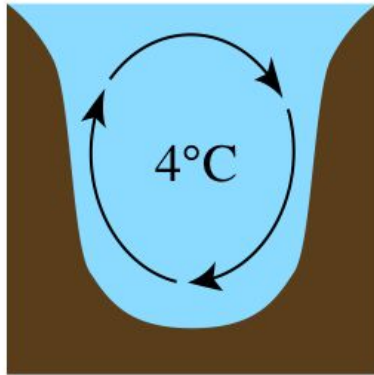
Nella stagione fredda l'eventuale congelamento dello strato superficiale preserva le forme di vita.

LA COMPONENTE BIOTICA

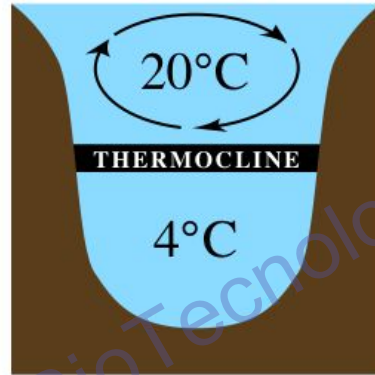
L'upwelling consente di riportare in superficie le sostanze nutritive e di inviare verso il fondo masse d'acqua più ricche di ossigeno.

In pratica un rinnovamento vero e proprio che dà impulso sia alla decomposizione sul fondo che ai processi fotosintetici in superficie.

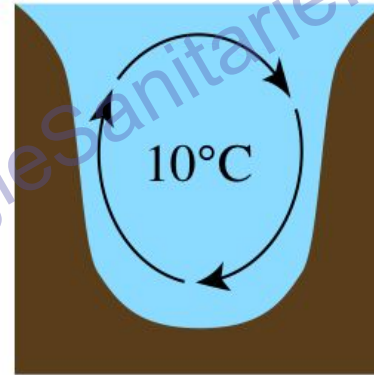
LA COMPONENTE BIOTICA



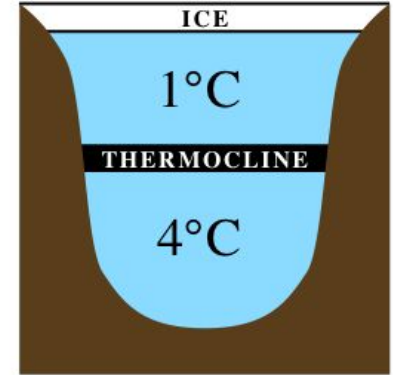
SPRING



SUMMER



FALL



WINTER

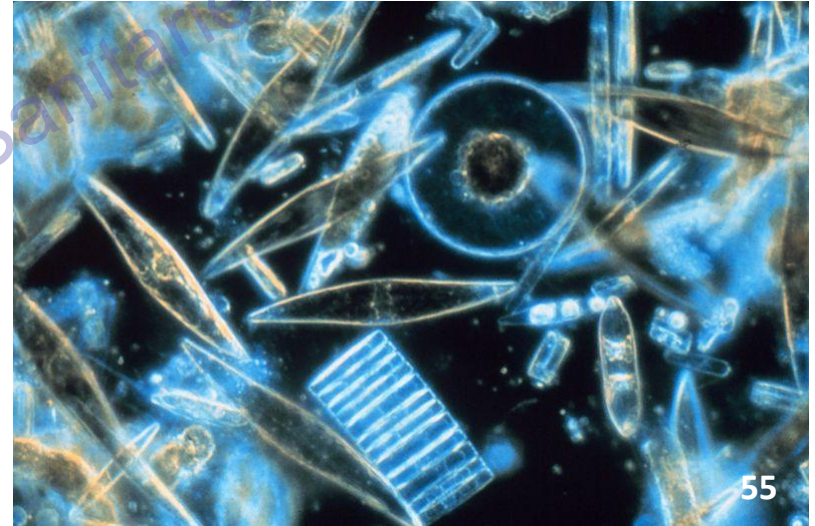
BiotechnologieSanitarie.it

LA COMPONENTE BIOTICA

A questo punto possiamo individuare meglio la distribuzione dei vari organismi viventi in un bacino d'acqua dolce o salata.

Plancton

I primi organismi viventi che troviamo in superficie (galleggianti perché non sono in grado di muoversi attivamente)



Plancton - Diatomee marine al M.O.

LA COMPONENTE BIOTICA

Plancton

Sono sia autotrofi (fitoplancton) che eterotrofi (zooplancton) e sono soprattutto di dimensioni molto diverse.
Anche le meduse ne fanno parte.



Plancton - Medusa

LA COMPONENTE BIOTICA

Plancton

Anche i crostacei anfipodi come questo, che in ogni caso rappresentano il primo anello della catena alimentare per molti animali acquatici di maggiori dimensioni, sono una parte importante del plancton.

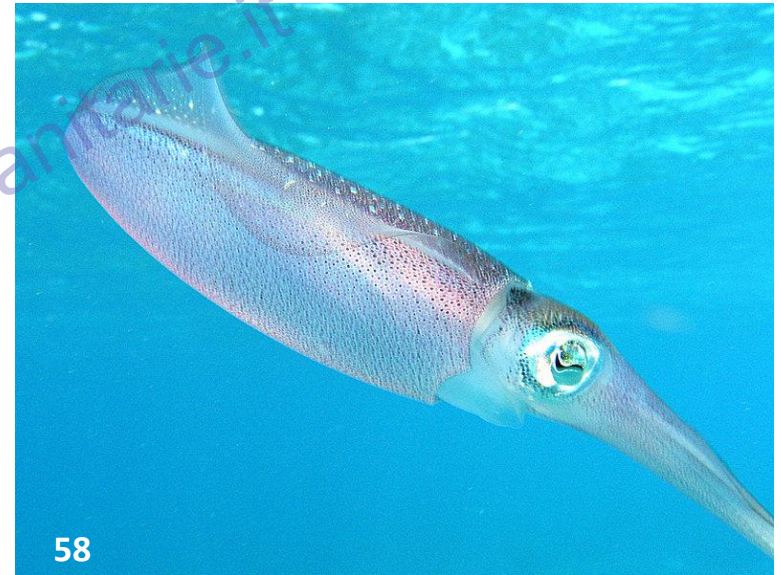


Plancton - Crostaceo

LA COMPONENTE BIOTICA

Necton

Comprende gli animali che nuotano attivamente. Sono molto eterogenei tra di loro e classificabili quindi in modo molto diverso.

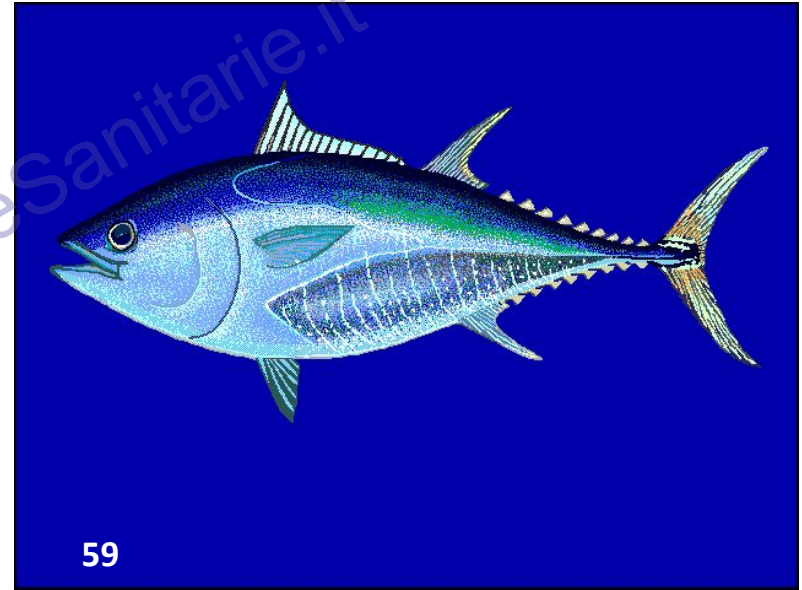


Necton - Seppia

LA COMPONENTE BIOTICA

Necton

Anche le loro dimensioni sono molto diverse e questo è un parametro molto importante nella biomagnificazione.



Necton - Tonno

LA COMPONENTE BIOTICA

Benthos

Fanno parte del benthos tutti gli organismi acquatici che vivono a contatto con i fondali o fissati su un substrato solido.



Benthos - Echinodermi

LA COMPONENTE BIOTICA

Ritorniamo ora ad occuparci del *fitoplancton*. Si tratta dell'unica risorsa di energia trofica per la catena alimentare in questo ambiente.

Le dimensioni sono molto importanti perché deve galleggiare e sfruttare al meglio la fonte luminosa.

LA COMPONENTE BIOTICA

Fitoplancton

Si tratta di microrganismi che hanno dimensioni variabili tra i 2 e i 200 μm .

Queste dimensioni sono dovute al fatto che la materia vivente contiene sali e molecole organiche. Quindi è più densa dell'acqua e le cellule devono lottare con la forza di gravità che tende a trascinarle verso il basso.

LA COMPONENTE BIOTICA

Fitoplancton

Queste dimensioni e la forma (a disco, filamentosa, a cilindro) facilitano sicuramente il galleggiamento. Il fitoplancton è particolarmente presente nelle acque fredde grazie anche all'approvvigionamento di sostanze nutritive, prima di tutto fosforo e azoto.

LA COMPONENTE BIOTICA

Bacterioplancton

Nell'ambiente pelagico abbondano numerosi batteri gram-negativi. Si nutrono dei metaboliti prodotti dal fitoplancton e in acque calde tropicali diventa anche più importante del fitoplancton.

BioTecnologieSanitarie.it

PHOTO CREDITS

- 1** Di Guenter Wieschendahl - own-work--Eigenaufnahme, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3304583>
- 2** Di Plumbago da en.wikipedia.org, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1154651>
- 3** By © Hans Hillewaert /, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2152154>
- 4** Di Water_molecule_dimensions.svg: Booyabazookaderivative work: Neq00 (talk) - Water_molecule_dimensions.svg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15705157>
- 5** Di Lopossumi - White background and resize from PD commons Image:H2O (water molecule).jpg, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1308360>
- 6** CC BY-SA 2.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=265022>
- 7** Di HeNRyKus - Commons, GFDL, <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=2156884>
- 8** Di user:Markus Schweiss - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=69290>
- 9** Di United States National Aeronautics and Space Administration (NASA) - <http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NasaNews/2003/200310021600>
- 10** By P99am - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12354806>
- 11** By Kim Hansen - Own work (Own photo), CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2847421>
- 12** Di Wilson Bentley - Plate XIX of "Studies among the Snow Crystals ... " by Wilson Bentley, "The Snowflake Man." From Annual Summary of the "Monthly Weather Review" for 1902., Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22130>

PHOTO CREDITS

- 13** Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=168>
- 14** Di böhringer friedrich - Opera propria, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2184095>
- 15** Gayda, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=198901>
- 16** Di Roger McLassus - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=665478>
- 17** Di MesserWoland - own work created in Inkscape, based on the graphics by Daniel Stiefelmaier, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1353236>
- 18** By Taken byfir0002 | flagstaffotos.com.auCanon 20D + Tamron 28-75mm f/2.8 - Own work, GFDL 1.2, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=200992>
- 19** Di Corsoderivative work: Ingwik - Diagrama de formacion de la brisa-breeze.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12040294>
- 20** Di Taxman - <http://bio.winona.edu/berg/ILLUST/Na+H2O.gif>, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3648176>
- 21** Disegno realizzato dallo studio associato R&D utilizzando le seguenti immagini Saccarosio di: CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26027>
Acqua di: By Ben Mills (Own work) [Public domain], via Wikimedia Commons
- 22** Di Human_body_features.svg: Vslon (Discussione · contributi), SVG by Sjef (Discussione · contributi), text by tsaitgaist (Discussione · contributi)derivative work: Aushulz (talk) - Human_body_features.svgData: <http://www.medicinaecologica.it/Corpo%20umano%20ed%20acqua%20-%20acqua%20e%20corpo%20umano.htm>, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7010320>

PHOTO CREDITS

- 23** Di Giac83's edit of Image:Average prokaryote cell- en.svg by LadyofHats - edit of Image:Average prokaryote cell- en.svg by LadyofHats, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3793180>
- 24** Di Bob Metcalf - http://solarcooking.wikia.com/wiki/Image:Mwamongu_water_source.jpg, [http://imageevent.com/bobmetcalf/waterrestingpasteurizationinafrica,see also text source.](http://imageevent.com/bobmetcalf/waterrestingpasteurizationinafrica,see_also_text_source.), Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3376802>
- 25** By DFID - UK Department for International Development — Digging for drinking water in a dry riverbed, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26240559>
- 26** Di USGS Georgia Water Science Center Illustration by John M. Evans, Howard Perlman, USGS Italian translation by Maurizio Polemio (CNR-IRPI, Italia) - <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleitalianhi.html>, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26815538>
- 27** By Anishct - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11757304>
- 28** By Mwtoews - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2843655>
- 29** Par PZmaps — Own work by uploader, sources: CRU CL 2.0 (New, M., Lister, D., Hulme, M. and Makin, I., 2002: A high-resolution data set of surface climate over global land areas. Climate Research 21: 1–25) and File:Tissot indicatrix world map Mollweide proj.svg by Eric Gaba., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6043378>
- 30** Di © Hans Hillewaert /, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6256555>

PHOTO CREDITS

- 31** Di Artesian_Well.png: Andrew Dunnderivative work: Luigi Chiesa (talk) - Artesian_Well.png, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11510844>
- 32** By Pearson Scott Foresman - Archives of Pearson Scott Foresman, donated to the Wikimedia Foundation, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2572098>
- 33** Di Edatoscana - Sasso Pisano, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9765289>
- 34** Di Damiano Luchetti - Opera propria, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=878383>
- 35** Di Sedicinoni di Wikipedia in italiano - Trasferito da it.wikipedia su Commons da BreilD utilizzando CommonsHelper., Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11329241>
- 36** Di Paolo Carboni, aka Biopresto - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=783173>
- 37** Di Itti - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3286863>
- 38** Von User:Dschwen - Eigenes Werk, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=561617>
- 39** Di dozenist - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1587222>
- 40** Di Caremate - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19161275>
- 41** Pubblico dominio, <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=70720>
- 42** Di Klaus Ohlenschläger - <http://www.blog.ohlenschlaeger.info>, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29687792>
- 43** Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=404402>
- 44** Di Nicholas Gemini - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20726186>

PHOTO CREDITS

- 45** Di Dr.Conati - Opera propria, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4367780>
- 46** By Stewart Tomlinson, Florida - USGS Surface Water Photo Gallery[1], item 14 01., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19505309>
- 47** By Cmglee - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17487555>
- 48** Di Tremaux - Disegno mio (arrangiato, perché altre immagini erano gravate da copyright), Pubblico dominio, <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=3960651>
- 49** By Geoff Ruth - http://cafreetextbooks.ck12.org/science/CK12_Earth_Science_rev.pdf (page 484) If the above link no longer works, visit <http://www.ck12.org> and search for CK-12 Earth Science., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11041769>
- 50** Di <http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:Asb> - http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Farbabsorption_in_Wasser_small.JPG, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1353178>
- 51** Pubblico dominio, <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=3989945>
- 52** By Plumbago - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23016228>
- 53** Immagine di proprietà dello studio associato R&D
- 54** By Original uploader was Hydrated at en.wikipedia - Transferred from en.wikipedia; transferred to Commons by User:Frokor using CommonsHelper., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16356418>

PHOTO CREDITS

- 55** Di Prof. Gordon T. Taylor, Stony Brook University - corp2365, NOAA Corps Collection, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=246319>
- 56** CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1774977>
- 57** CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=208790>
- 58** Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=134800><https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=208790>
- 59** Pubblico dominio, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=174289>
- 60** Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80028>

BioTecnologie Sanitarie.it