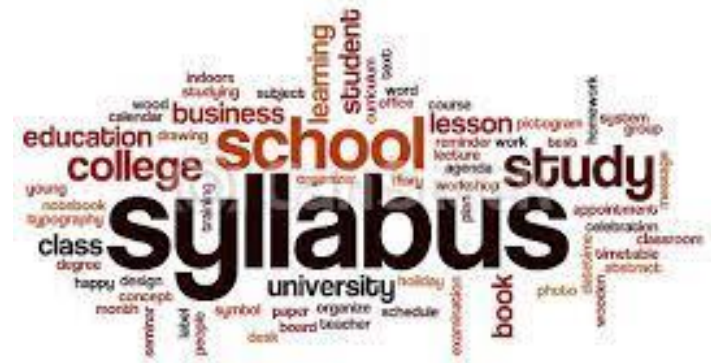




Meccanismi funzionali di adattamento all'ambiente

Course outline



- ✓ Circulatory system
- ✓ Respiratory system
- ✓ Osmoregulation and excretion

A Balancing Act

- Physiological systems of animals operate in a fluid environment
- Relative concentrations of water and solutes must be maintained within fairly narrow limits
- **Osmoregulation** regulates solute concentrations and balances the gain and loss of water

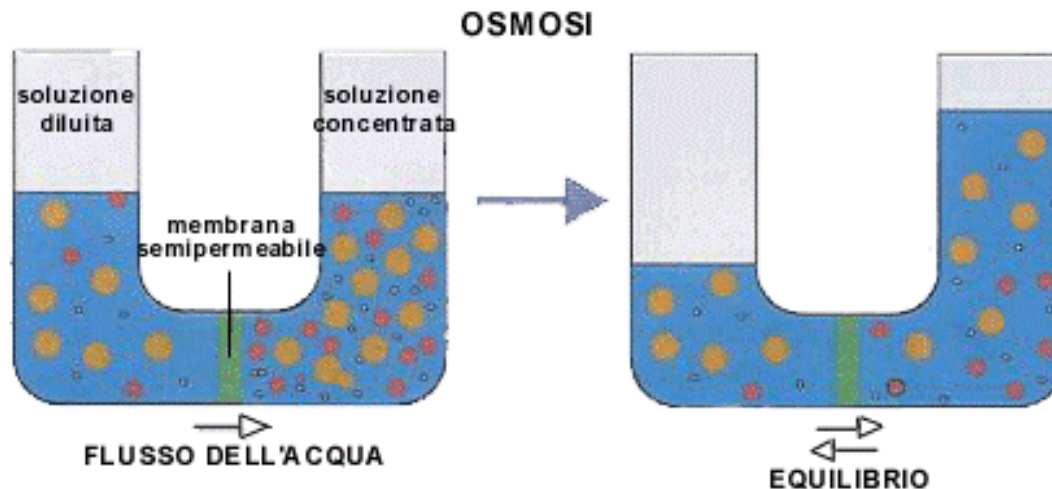
- Freshwater animals show adaptations that reduce water uptake and conserve solutes
- Desert and marine animals face desiccating environments that can quickly deplete body water
- **Excretion** gets rid of nitrogenous metabolites and other waste products



Osmoregulation balances the uptake and loss of water and solutes

Osmoregulation is based largely on controlled movement of solutes between internal fluids and the external environment.

Osmosis is a process of movement of solvent molecules through a semipermeable membrane from a region of low solute concentration to a region of high solute concentration, in order to achieve a balance of solute concentrations on both sides of the membrane.



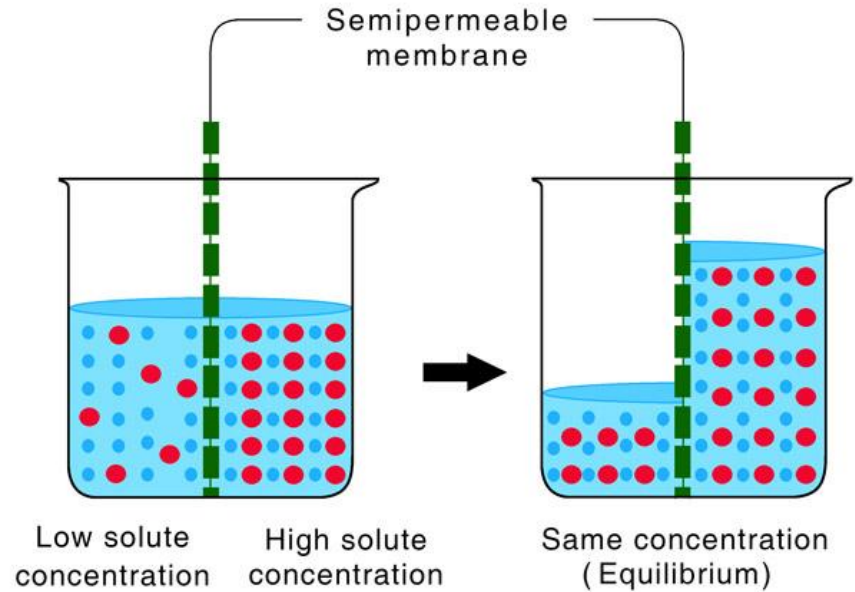
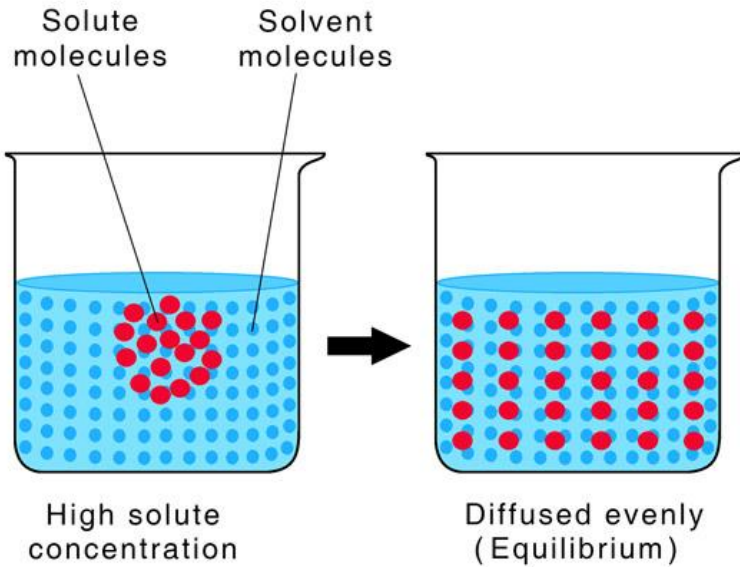
Diffusion

VS

Osmosis

Solute molecules move from high to low concentration

Solvent molecules move from low to high solute concentration



$$\pi = iMRT$$

π = osmotic pressure

i = van't Hoff's factor

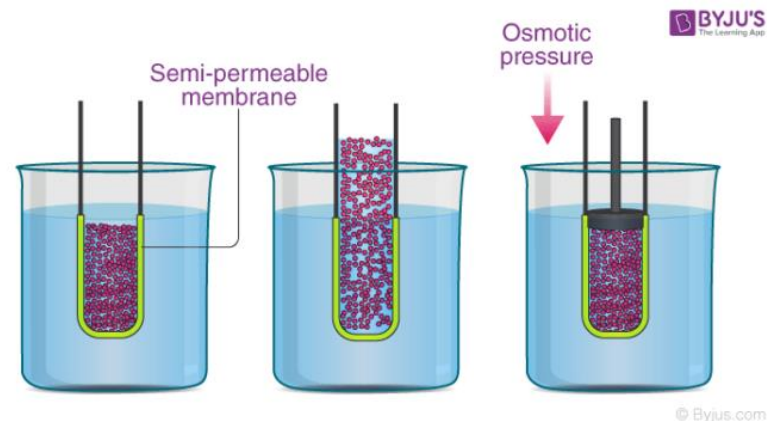
M = Molar concentration of solution (mol/ L)

R = Ideal gas constant (0.08206 L atm mol⁻¹ K⁻¹)

T = Temperature in Kelvin (K)

The molar concentration is determined by dividing the number of grams of solute used to make the solution by the molecular weight of the solute.

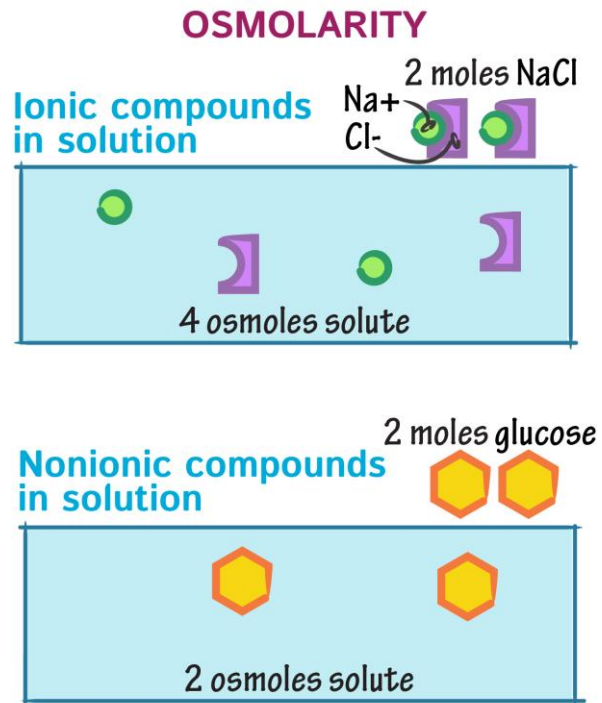
van't Hoff's factor is a measure of the number of ions a solute will form when dissolved in water.



Osmosis and Osmolarity

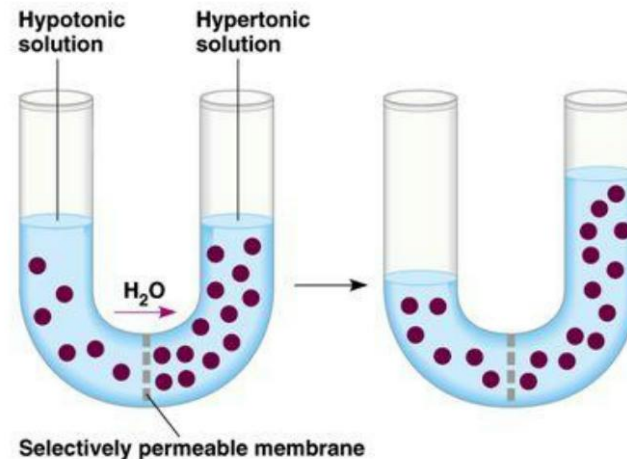
Cells require a balance between uptake and loss of water

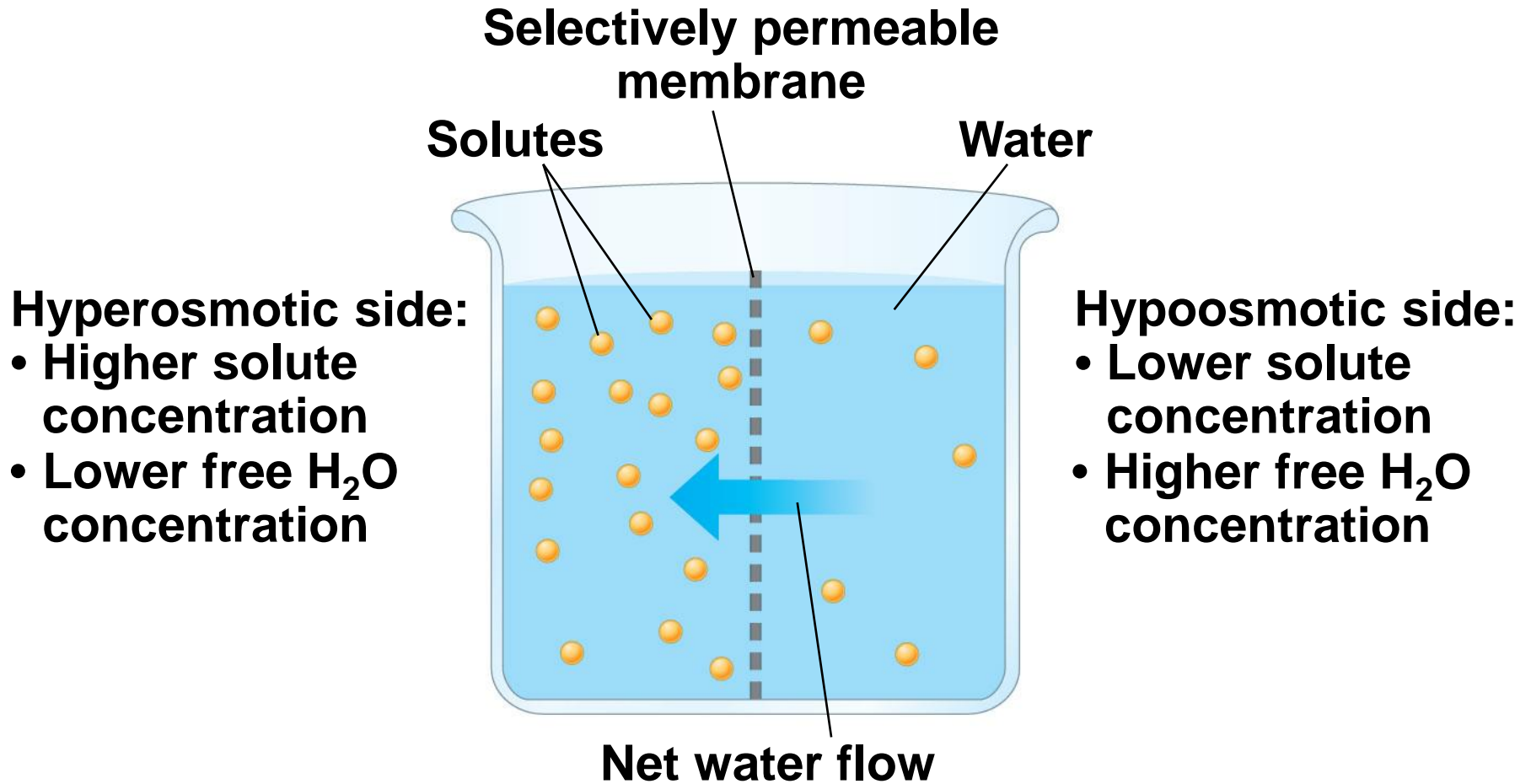
Osmolarity, the solute concentration of a solution, determines the movement of water across a selectively permeable membrane



Osmotic Concentration

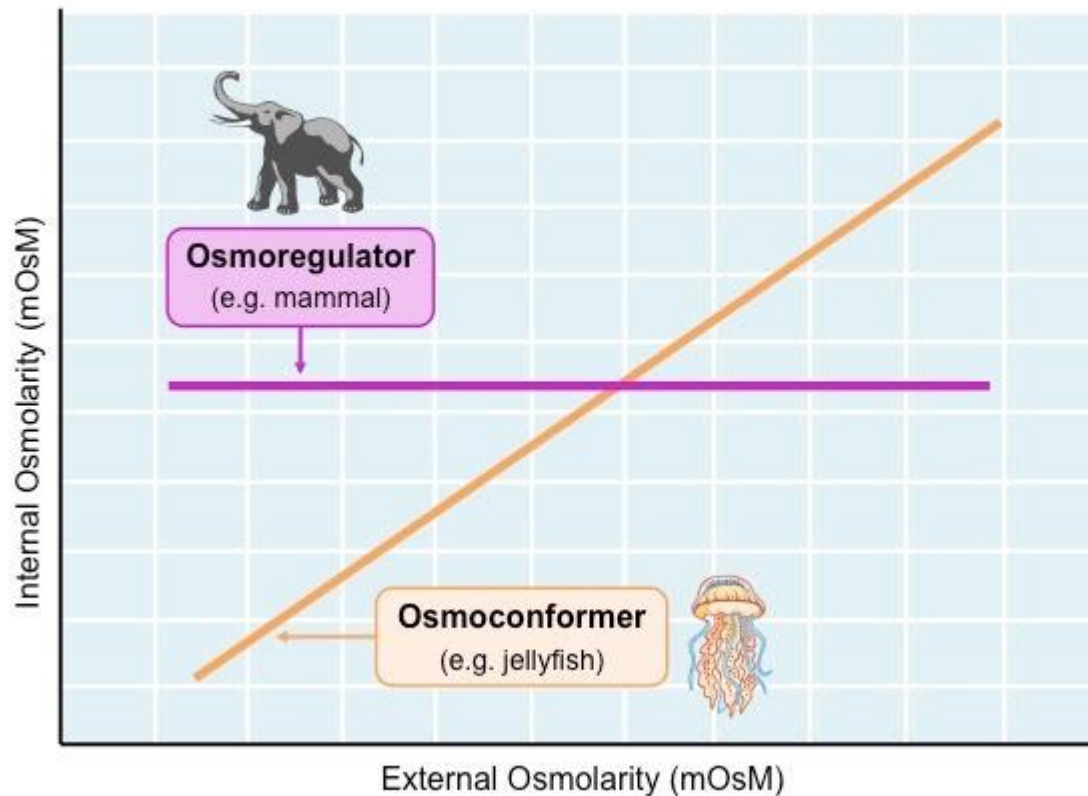
- The concentration of all solutes in a solution.
- When a selectively permeable membrane separates 2 solutions, each solution can be identified as either:
 - **Hypotonic** or **Hypoosmotic**
 - The solution with the lower solute concentration.
 - **Hypertonic** or **Hyperosmotic**
 - The solution with the higher solute concentration.
 - **Isotonic** or **Isoosmotic**
 - The solute concentrations in both solutions are the same.





Osmotic Challenges

- **Osmoconformers**, consisting only of some marine animals, are isoosmotic with their surroundings and do not regulate their osmolarity
- **Osmoregulators** expend energy to control water uptake and loss in a hyperosmotic or hypoosmotic environment



Most animals are **stenohaline**; they cannot tolerate substantial changes in external osmolarity

Euryhaline animals can survive large fluctuations in external osmolarity

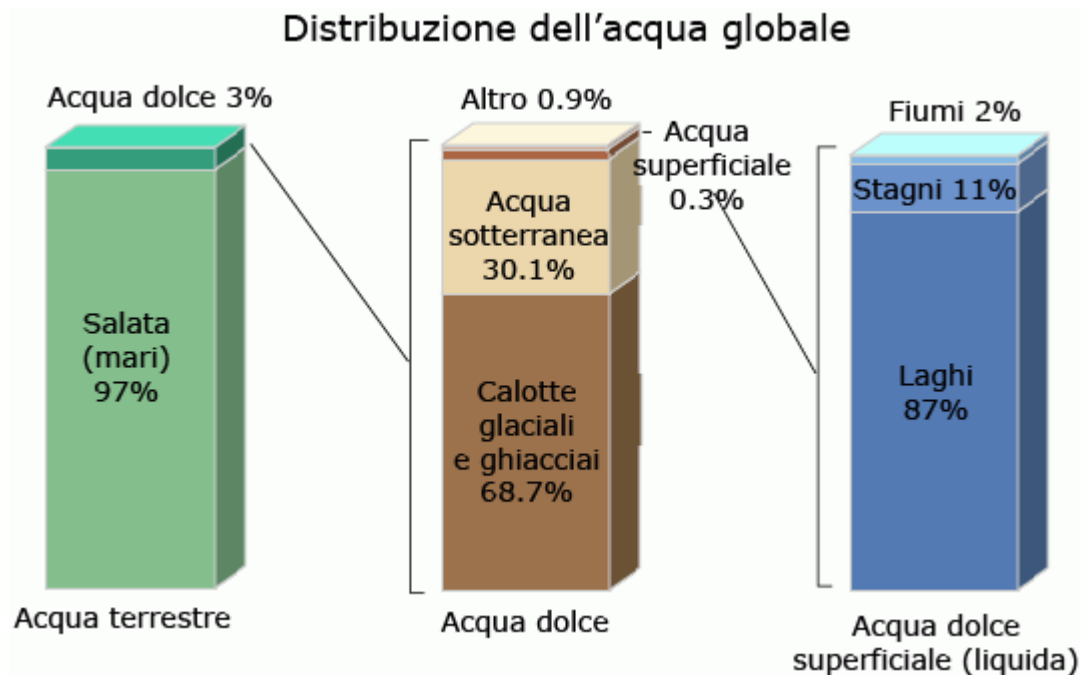
Euryhaline organisms can adapt to a wide range of salinities, whereas stenohaline organisms can only adapt to a narrow range of salinities (Furthermore, euryhaline organisms can survive either in freshwater, saltwater or brackish water, while most freshwater stenohaline organisms are unable to survive in salt water and vice versa.

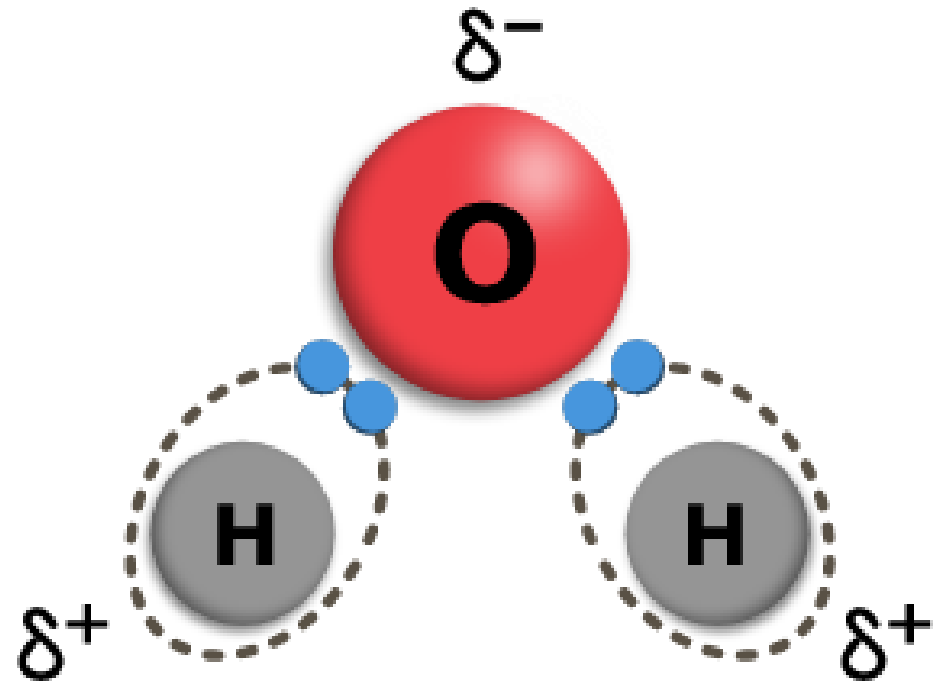
	Stenohaline	Euryhaline
1.	These animals can tolerate only narrow fluctuations in the salt concentration.	These animals are able to tolerate wide fluctuations in the salt concentrations.
	<i>e.g.</i> Gold fish	<i>e.g.</i> Artemia, Tilapia and Salmon.

Acqua e soluzioni acquose

L'acqua è una molecola comune nell'Universo, presente in forma gassosa e ghiaccio (per esempio, nelle comete e negli asteroidi) ed è probabilmente arrivata sulla terra dallo spazio. La gran parte dell'acqua è oceanica, con un solo 3% di acqua dolce, prevalentemente nelle calotte polari.

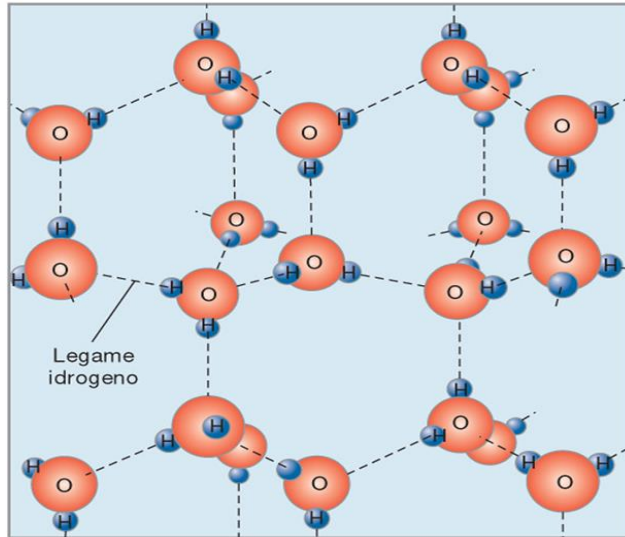
L'acqua è priva di odore e di gusto, ed è trasparente.



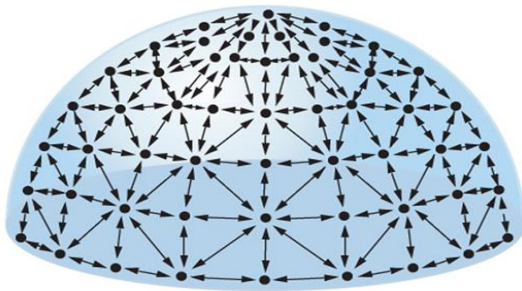


Properties of Water (H₂O)

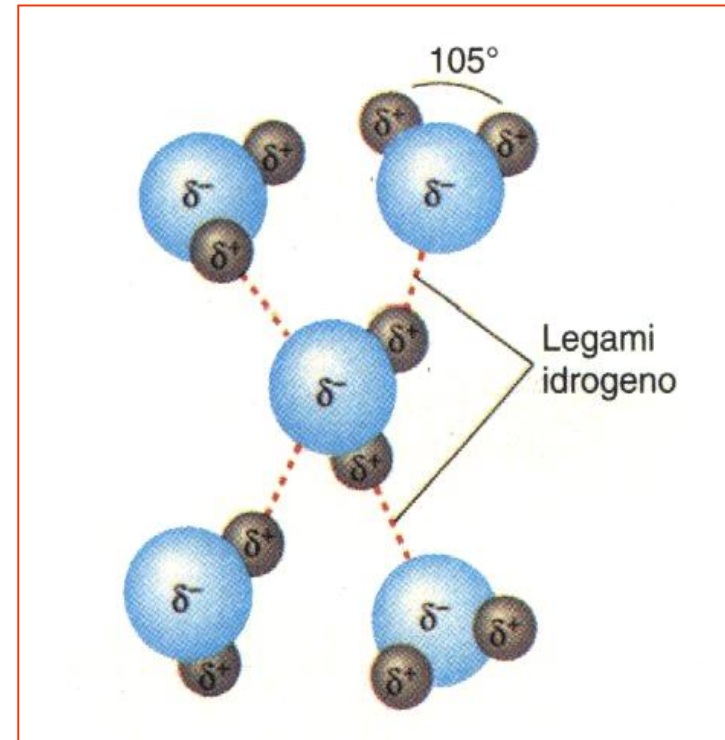
Water structure



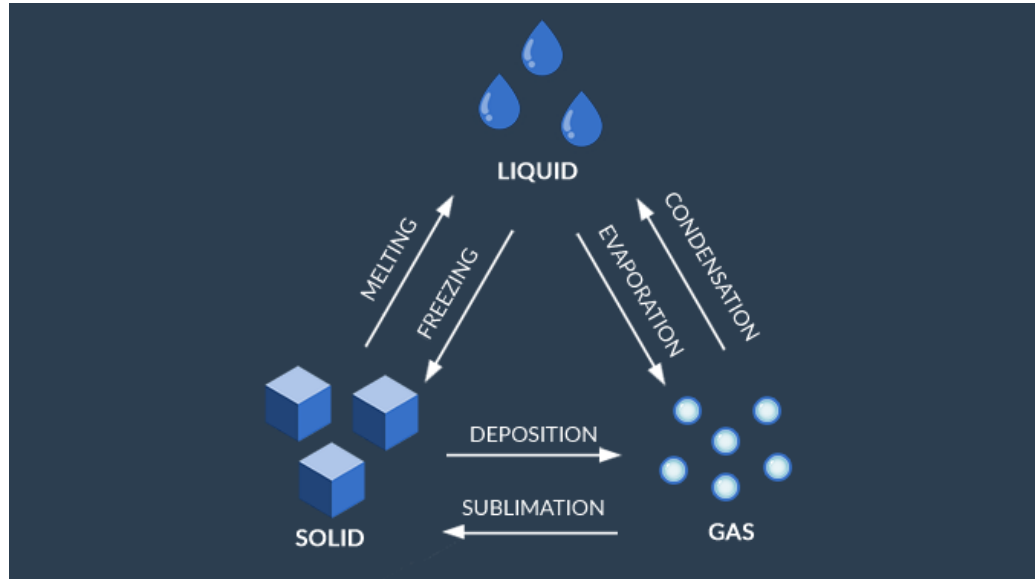
(a) Le regioni polari di molecole di acqua adiacenti consentono loro di formare legami idrogeno



(b) La tensione superficiale creata dai legami idrogeno costringe una goccia d'acqua ad assumere forma semisferica.



Water can exist in three states: solid, liquid, and gas.



1.Solid: Water in its solid state is known as ice. At temperatures below 0°C (32°F), water molecules lose energy and come closer together, forming a rigid, crystalline structure.

2.Liquid: Water in its liquid state is the most common form of water we encounter in our daily lives. It is a clear, colorless, odorless, and tasteless liquid that flows easily and takes the shape of its container.

3.Gas: Water in its gaseous state is known as water vapor. At temperatures above 100°C (212°F), water molecules gain energy and move more quickly, breaking their bonds and escaping into the air as an invisible gas. Water vapor can be seen when it condenses into clouds or fog, or when it is released from a boiling pot of water.

How much variation in water's hydrogen bond is acceptable for life to exist?

Effect of variation of hydrogen bond strength.

Water hydrogen bond strength	Main consequence
No Hydrogen-bonding at all	No life
Hydrogen bonds slightly weaker	Life at lower temperatures
No change	Life as we know it
Hydrogen bonds slightly stronger	Life at higher temperatures
Hydrogen bonds very strong	No life

Water is a vital substance for all forms of life on Earth, and its importance cannot be overstated. Below are some of the **biological significance of water**:

Facilitates metabolic processes: Water is a crucial component in the chemical reactions that occur in the body, such as in the breakdown of food molecules during digestion, the production of energy through cellular respiration, and the removal of waste products from the body.

Maintains body temperature: Water helps regulate body temperature through sweating and evaporative cooling. When we sweat, water on the skin's surface evaporates, cooling the body.

Lubricates joints: Water is a component of synovial fluid, which lubricates and cushions the joints, allowing for smooth and painless movement.

Supports the transport of nutrients and waste products: Water is the medium through which nutrients, oxygen, and other essential substances are transported throughout the body via the blood. It also helps to remove waste products, such as carbon dioxide and urea, from the body.

Acts as a solvent: Water is an excellent solvent, allowing many substances to dissolve in it. This property makes it easier for the body to absorb nutrients and eliminate waste products.

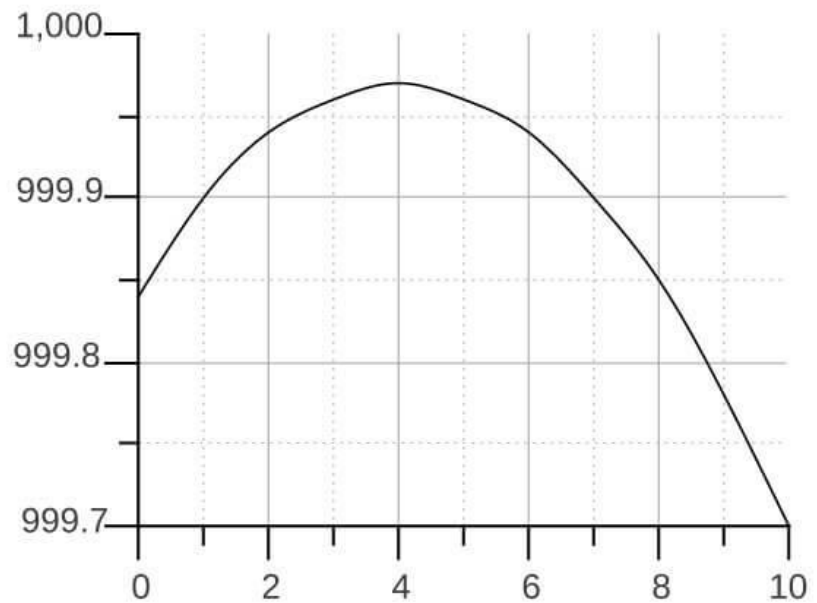
Provides structure and support: Water provides the structure and support for cells and tissues. The shape and integrity of cells are maintained by the water they contain.

Supports photosynthesis: Water is essential for photosynthesis, the process by which plants convert sunlight into energy. In photosynthesis, water is split into oxygen and hydrogen, with the oxygen released into the atmosphere and the hydrogen used to produce energy.

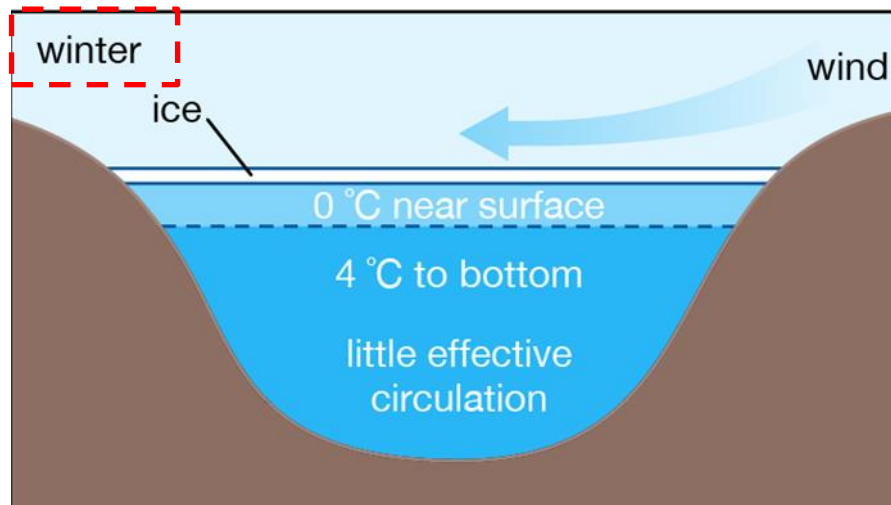
Densità e congelamento dell'acqua dolce

L'acqua dolce ha la massima densità a 4 C°.

<u>Temp.</u>	<u>Densità</u>
22	997,7735
20	998,2071
15	999,1026
10	999,7026
4	999,9720
0	999,8395
-10	998,117
-20	993,547



Quando la temperatura esterna comincia a raffreddarsi e l'acqua raggiunge i 4 °C, questa scende in basso, sostituita da acqua più calda, che, raggiunti i 4 °C, scende in basso. Tutta l'acqua tende a rimescolarsi, aumentando l'ossigenazione delle parti più profonde. Se l'aria diventa più fredda di 4 °C, l'acqua si raffredda sotto i 4 °C, resta in superficie e può congelare, isolando l'acqua sottostante, che resta a circa 4 °C, preservando flora e fauna.



Densità e congelamento dell'acqua marina

La salinità dell'acqua marina fa sì che, all'abbassarsi della temperatura, l'acqua diventa più densa prima che possa congelare e vi è un continuo rimescolamento, limitato però a circa 100 metri di profondità.

Questo rallenta la formazione dello strato ghiacciato (i ghiacci stagionali sono spessi non più di 2 metri), che diventa tale in seguito alla comparsa di una sequenza di differenti formazioni di acqua congelata.





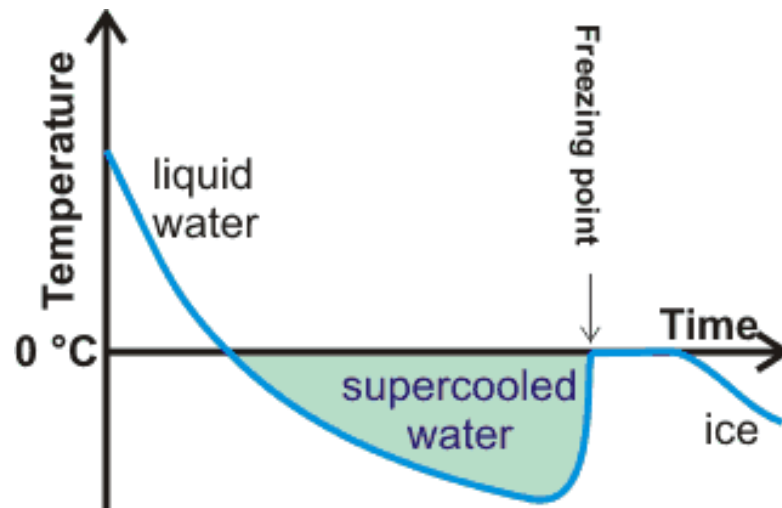
Nilas



Pancake Ice

Supercooled water

In ice, the individual molecules of water align to all face the same direction, and lock into a rigid lattice. Molecules slow down as temperature decreases, yet it is very unlikely for all them to spontaneously arrange themselves into the correct pattern to form ice as soon as temperature falls below 0 C. In fact, in bulk water only small groups of molecules arrange themselves into ordered 'ice-like' clusters, forming a “nucleus” of ice within the liquid. If the nucleus is small, it is likely to be dissolved, immediately disappearing again. However, if it happens to be large enough, other water molecules will join this arrangement from the liquid, the nucleus will grow and the ice crystal forms. **This nucleation process almost never happens in bulk water (homogeneous nucleation), unless the temperatures falls well below the freezing point, to around -30 C.** Instead, small impurities or dirt help the initial phase of nucleation by assisting the first few molecules in finding the correct 'ice like' arrangement (heterogeneous nucleation). These impurities are said to be acting as 'nucleating agents'.



Evaporative Cooling

Quando il ghiaccio si forma dando luogo alla struttura cristallina quasi tutte le molecole sono unite da legami idrogeno. La fusione del ghiaccio comporta la rottura di un certo numero di questi legami e richiede un calore latente di fusione.

Analogamente anche l'evaporazione richiede la rottura di legami idrogeno e necessita del calore latente di evaporazione

Molti animali terrestri sfruttano questa proprietà attuando il **raffreddamento per evaporazione**.

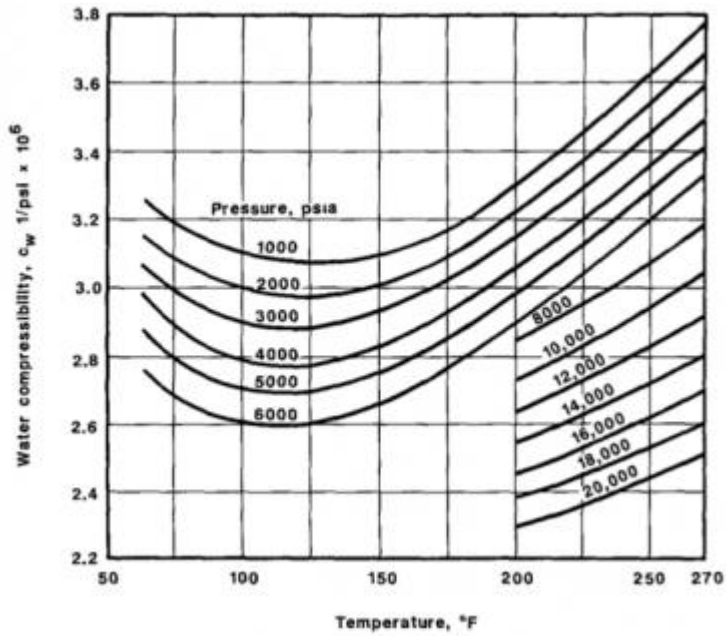


Surface tension of water

La presenza dei legami idrogeno conferisce all'acqua anche una notevole **tensione superficiale**, sfruttata dal sistema di trasporto dei liquidi nelle piante e da molti piccoli animali che vivono all'interfaccia aria / acqua, negli stagni o nelle pozze di scogliera.



Low compressibility of water



Hydra vulgaris

Guscio di idratazione

L'acqua si lega debolmente con macromolecole e membrane biologiche e può formare degli STRATI DI CONFINE relativamente organizzati all'interno delle cellule.

L'acqua si lega con molta forza agli ioni, cosicché i cationi e gli anioni sono sempre circondati da un “guscio” costituito da un numero non irrilevante di molecole di acqua.

Questo guscio influisce sul passaggio degli ioni attraverso i canali ionici.

Regulation of water-salt balance

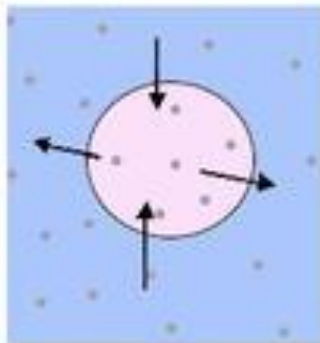
Volume dell'acqua e concentrazione dei soluti

Uno dei requisiti essenziali alla regolazione dell'ambiente interno riguarda la capacità di trattenere l'acqua in quantità appropriate. Contemporaneamente anche la concentrazione dei vari soluti deve rimanere entro ambiti compatibili con la vita.

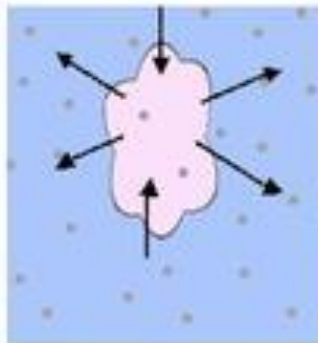
Negli habitat iposmotici si deve evitare l'eccesso di assunzione di acqua: la proporzione di energia metabolica dedicata a questo compito può essere maggiore rispetto ad altri habitat.

Negli habitat iperosmotici si deve evitare l'eccessiva perdita di acqua.

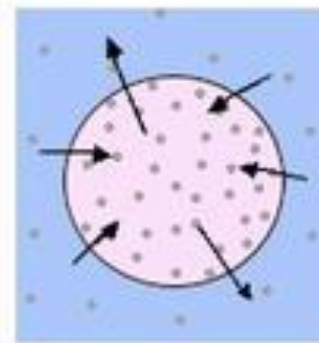
Negli ambienti terrestri la disidratazione è una minaccia continua.



Cellula in soluzione isotonica. Se una cellula si trova in una soluzione con una concentrazione di soluti pari a quella intracellulare, il flusso di acqua in uscita è pari a quello in entrata (situazione definita "equilibrio dinamico").



Cellula in soluzione ipertonica. Una cellula posta in una soluzione con una concentrazione di soluti maggiore rispetto a quella intracellulare, vedrà i suoi fluidi uscire all'esterno e "raggrinzirà" (shrinkage).

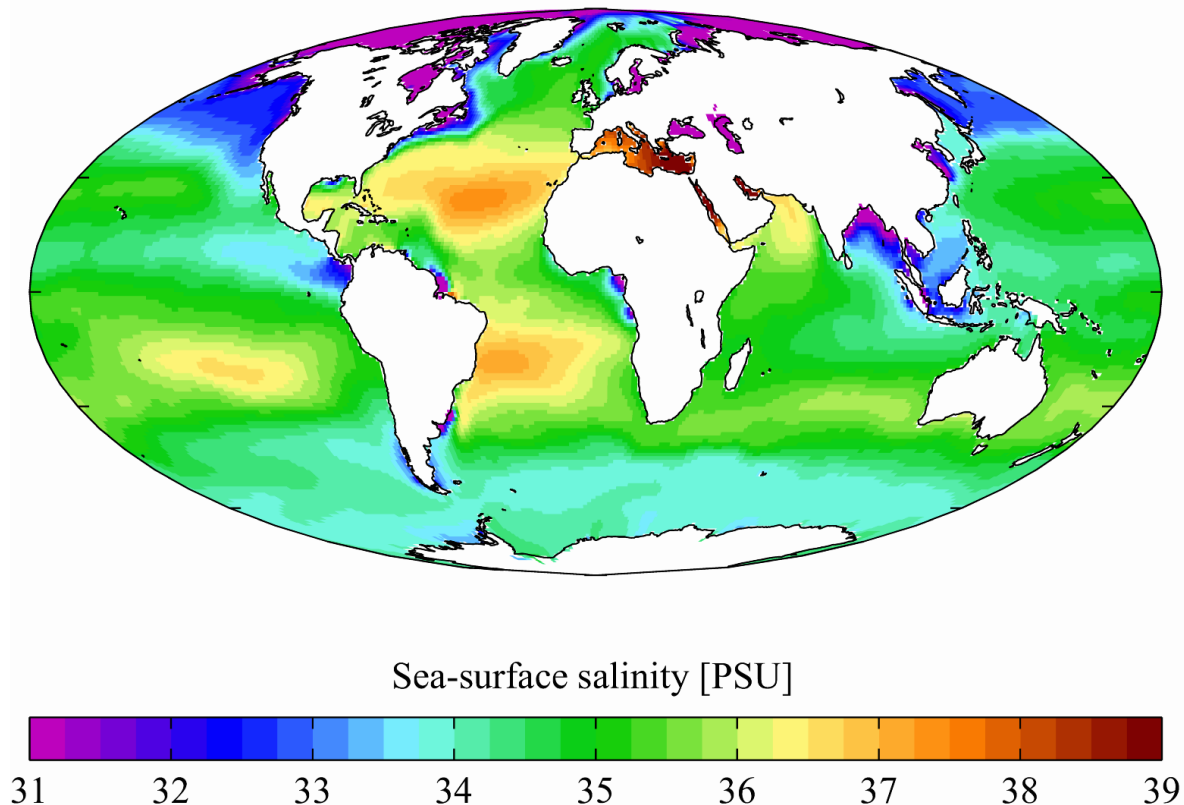


Cellula in soluzione ipotonica. Se una cellula è posta in una soluzione ipotonica, l'acqua tenderà a entrare nella cellula e a gonfiarla (swelling). Se la soluzione è eccessivamente ipotonica, la cellula si gonfierà fino a "scoppiare".

Gli ambienti acquatici: concentrazione salina dell'acqua dolce e marina

Gli ambienti acquatici sono classificati in relazione alla concentrazione dei sali disciolti (salinità): ambienti di acqua dolce, di mare e di acqua salmastra.

La salinità varia da mare a mare. Nei mari caldi vi è una salinità maggiore. La salinità dell'acqua influenza anche la sua densità: più essa è salata, maggiore è la sua densità.



Concentrazione (mM) dei principali ioni e osmolarità (mOsm) dell'acqua dolce e dell'acqua di mare.

Ioni (mM)	Acqua dolce	Acqua di mare
Na+	0,35	470
K+	0,08	10
Mg²⁺	0,21	54
Ca²⁺	0,75	10
Cl-	0,23	548
SO₄²⁻	0,19	28
HCO₃⁻	1,72	2
Osmolarità (mOsm)	2 - 5	980 - 1050

La concentrazione dei liquidi extracellulari

Habitat/ gruppo animale	Genere	Concentrazione ionica (mM)						Osmolarità (mOsm)	
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		HPO ₄ ²⁻
MARINO									
Acqua di mare		470	10	10	55	570		1100	
Cnidari	<i>Aurelia</i>	454	10	10	51	554	15		
Molluschi	<i>Aplysia</i>	492	10	13	49	453	28		
	<i>Loligo</i>	419	21	11	52	522	7		
	<i>Sepia</i>	465	22	12	58	591		1160	
	<i>Eledone</i>	432	14	11	54	516		1061	
	<i>Mytilus</i>	490	13	13	56	573	29	1148	
Anellidi	<i>Strombus</i>	503	11	11	60	577			
	<i>Nerita</i>	484	11	11	55	554			
	<i>Arenicola</i>	459	10	10	52	527	24		
	<i>Neanthes</i>	483	14	13	44	545		1108	
Crosteacei	<i>Homarus</i>	472	10	16	7	470			
	<i>Carcinus</i>	525	13	14	21	502	17	1100	
	<i>Pachygrapsus</i>	465	12	11	29				
	<i>Nephrops</i>	512	9	16	10	527		1108	
Chelicerati	<i>Ligia</i>	586	14	36	21	596			
	<i>Limulus</i>	445	12	10	46	514		1042	
Echinodermi	<i>Asterias</i>	428	10	12	49	487	27		
	<i>Parastichopsis</i>	473	10	10	53	548		1117	
	<i>Echinus</i>	444	10	10	51	519	28	1065	
CORDATI									
Cnidroitti	<i>Scyllium</i>	269	4	3	1	258	1	1	1075
	<i>Squalus</i>	296	7	3	4	276			1096
Teleostei	<i>Paralichthys</i>	180	4	3	1	160	<1		337
	<i>Gadus</i>	174	6	7	3	150			308
ACQUA DOLCE									
Acque molto dolci		<1	<0,01	<0,1	<0,1	<1			1±2
Molluschi	<i>Anodonta</i>	16	<1	8	<1	12	<1		66
	<i>Theodoxus</i>	45	2	2	3	33			
	<i>Viviparus</i>	34	1	6	<1	31			
Crosteacei	<i>Cambarus</i>	146	4	8	4	139			
	<i>Potamon</i>	259	8	13		242			522
	<i>Astacus</i>	208	5	14	1	250			477
	<i>Asellus</i>	137	7			125			
Teleostei	<i>Carassius</i>	142	2	6	3	107			
	<i>Salmo</i>	161	5	6	1	120			
Anfibi	<i>Rana</i>	92	3	2	2	70			210
Rettili	<i>Alligator</i>	140	4	5	3	111			278
Uccelli	<i>Anas</i>	138	3	2		103		2	294
TERRESTRE									
Molluschi	<i>Poteria</i>	31	2	5	2	25			
	<i>Pomatias</i>	110	6	16	3	106			
Anellidi	<i>Lumbricus</i>	76	4	3		43			
Crosteacei	<i>Oniscus</i>	230	8	17	9	236			
	<i>Porcellio</i>	227	8	15	11	279			
	<i>Gecarcinus</i>	468	12	17	8				
Insetti	<i>Holthusiana</i>	270	6	16	5	266			
	<i>Locusta</i>	60	12	17	25				
	<i>Periplaneta</i>	161	8	4	6	144			
Mammiferi	<i>Homo</i>	142	4	5	2	104	1	2	295
	<i>Rattus</i>	145	6	3	2	116			

Tabella 5.1. Composizione del fluido extracellulare di vari animali viventi in habitat differenti.

La concentrazione dei liquidi intracellulari

Animali	Concentrazione dei soluti (mM)							NPN ** totale
	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	Ca ²⁺ *	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Amminoacidi	
ACQUA DI MARE								
Anellidi								
<i>Neanthes</i> (polichete nereide)	125	195	124	14				412
Molluschi								
<i>Mytilus</i>	79	152	94	7	9	39	289	
<i>Sepia</i>	31	189	45	2				678
Crostacei								
<i>Nephrops</i>	24	188	53		1	164	476	602
<i>Carcinus</i>	54	146	53	5				617
Chelicerati								
<i>Limulus</i>	29	129	43	4	1	96	136	
Vertebrati								
<i>Myxine</i>	32	142	43		104		290	
<i>Chimaera</i>	28	120	37	3	189		378	767
<i>Salmo</i>	21	264	3		46		49	
ACQUA DOLCE								
Molluschi								
<i>Anodonta</i>	5	21	2	12		20	11	
Crostacei								
<i>Astacus</i>	11	122	14	9				153
Insetti								
<i>Sialis</i>	1	135	1					
AMBIENTE TERRESTRE								
Vertebrati								
<i>Rana</i>	15	126	1	5		10		68
<i>Rattus</i>	16	152	5	2				70
<i>Homo</i>	14	140	4		4		8	

Tabella 4.4. Composizione intracellulare dei soluti nel tessuto nervoso e muscolare di alcuni animali viventi in habitat differenti.

* I valori del calcio si riferiscono alla concentrazione totale; lo ione è per la maggior parte sequestrato e il livello del calcio libero è in genere ampiamente inferiore a 1 mM, spesso inferiore a 1 μ M.

** Per alcune specie viene riportato l'azoto totale non-proteico (NPN; Non-Protein Nitrogen) piuttosto che il contenuto in amminoacidi e i valori risultano così più elevati.

Energetics of Osmoregulation

- Osmoregulators must expend energy to maintain osmotic gradients
- The amount of energy differs based on:
 1. How different the animal's osmolarity is from its surroundings
 2. How easily water and solutes move across the animal's surface
 3. The work required to pump solutes across the membrane



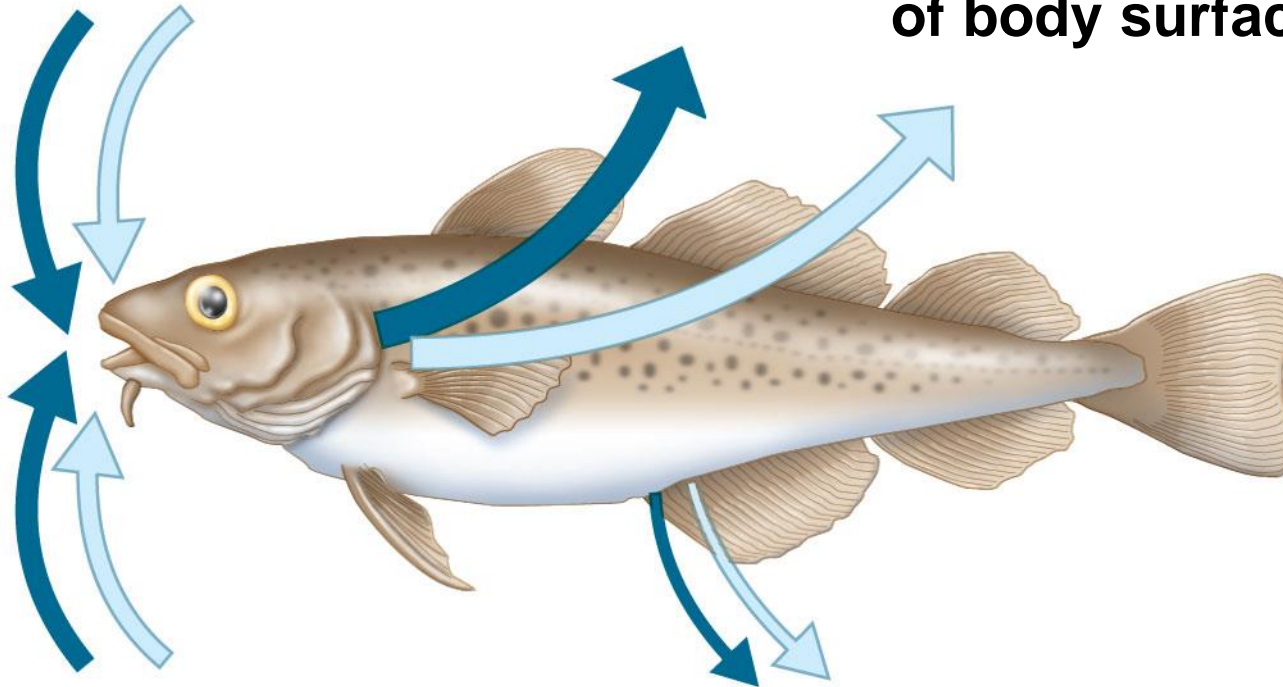
Marine Animals

Bilancio idrico-salino nei teleostei marini

Gain of water and salt ions from food

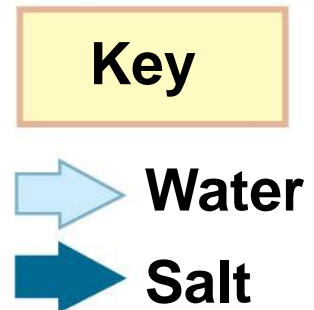
Excretion of salt ions from gills

Osmotic water loss through gills and other parts of body surface

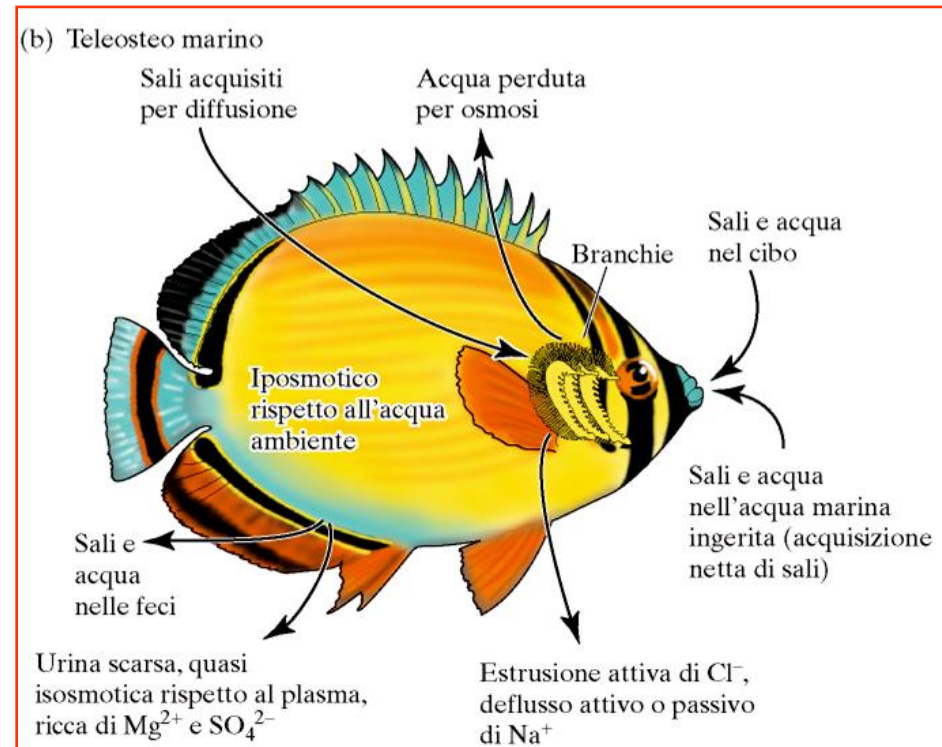
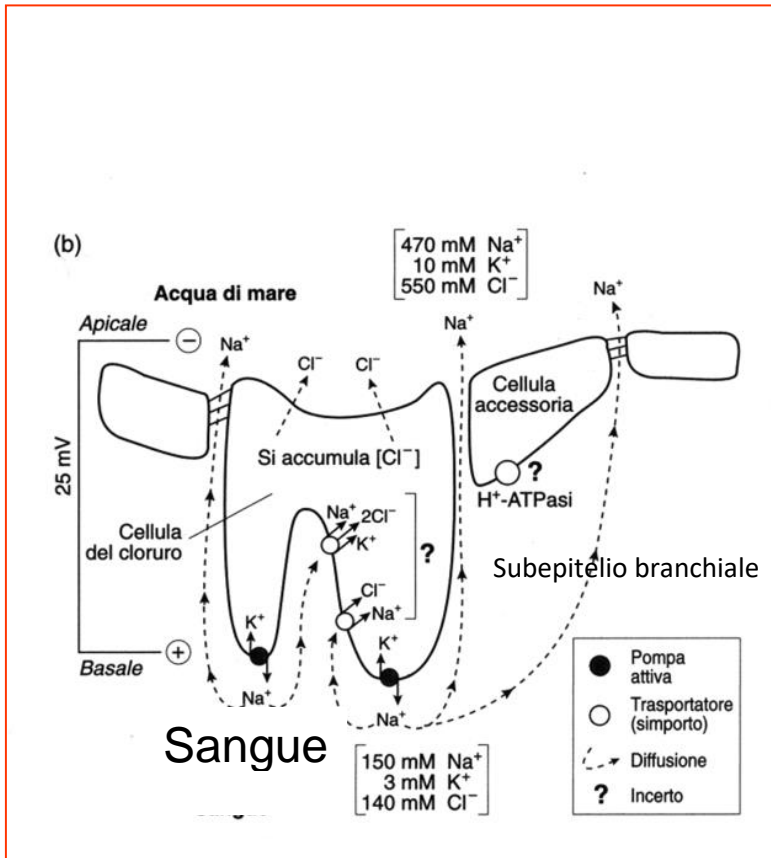


Gain of water and salt ions from drinking seawater

Excretion of salt ions and small amounts of water in scanty urine from kidneys



1. 80% dell'acqua ingerita è assorbita a livello intestinale, insieme all' NaCl e al KCl presenti.
2. L'eccesso di Na⁺, Cl⁻ e parte del K⁺ viene eliminato dal sangue attraverso un altro meccanismo di trasporto attivo a livello delle branchie.

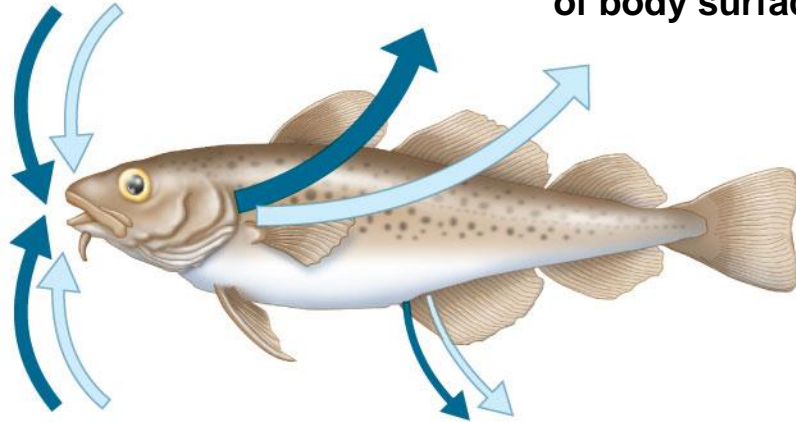


(a) Osmoregulation in a marine fish

Gain of water and salt ions from food

Excretion of salt ions from gills

Osmotic water loss through gills and other parts of body surface



Gain of water and salt ions from drinking seawater

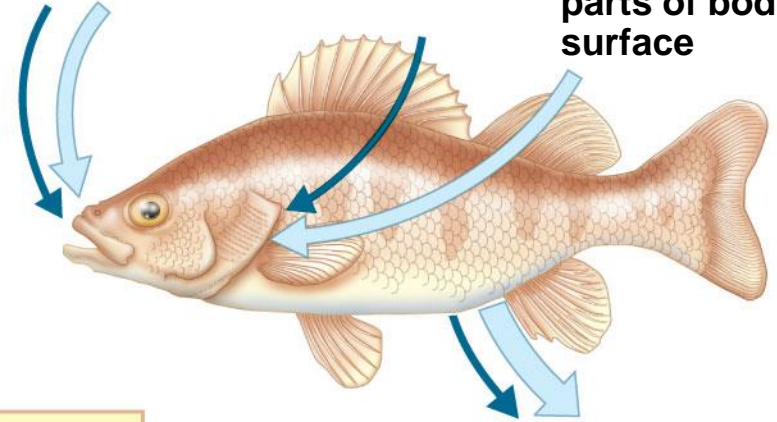
Excretion of salt ions and small amounts of water in scanty urine from kidneys

(b) Osmoregulation in a freshwater fish

Gain of water and some ions in food

Uptake of salt ions by gills

Osmotic water gain through gills and other parts of body surface



Key

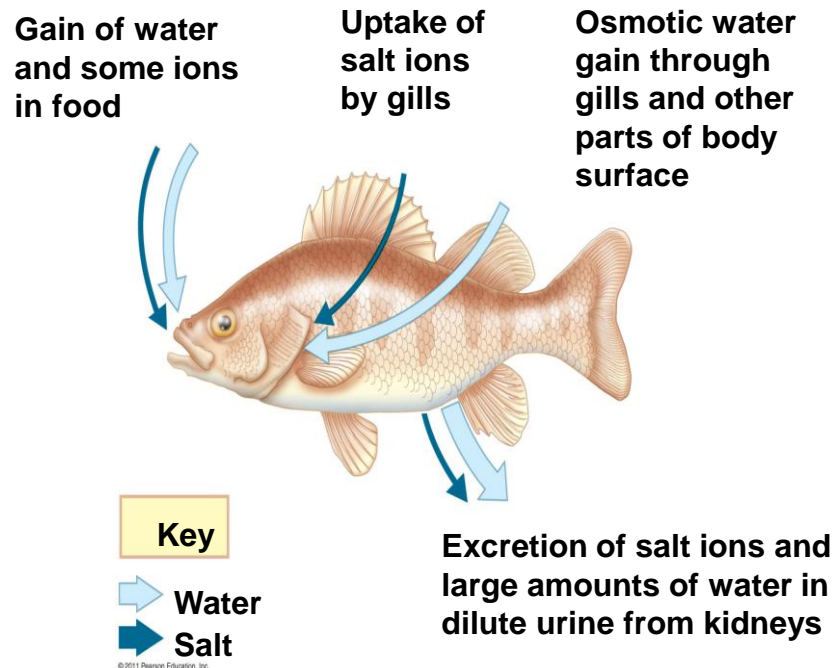
 **Water**
 **Salt**

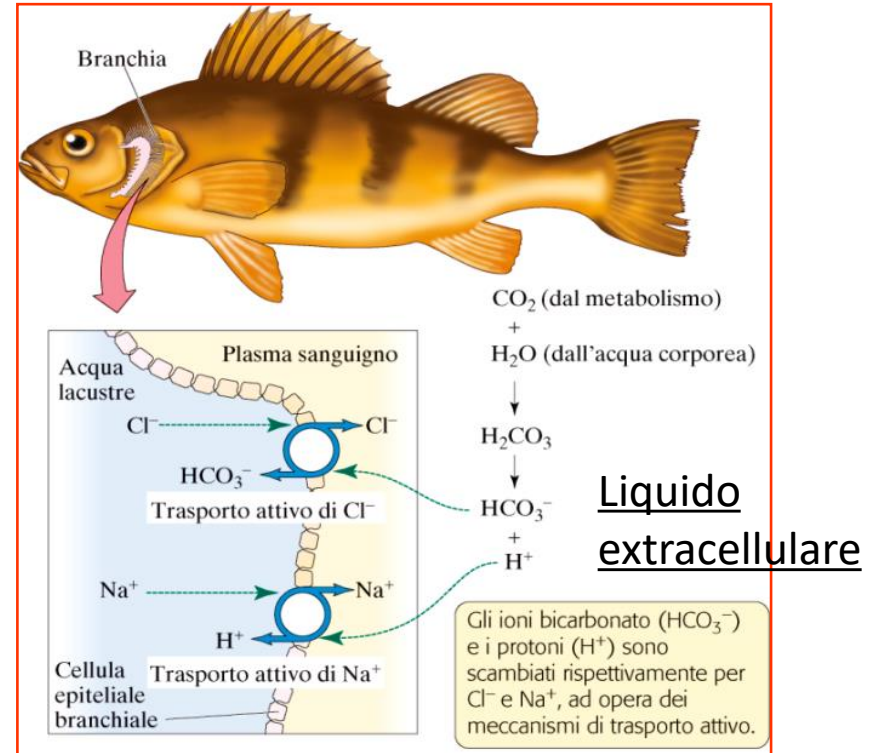
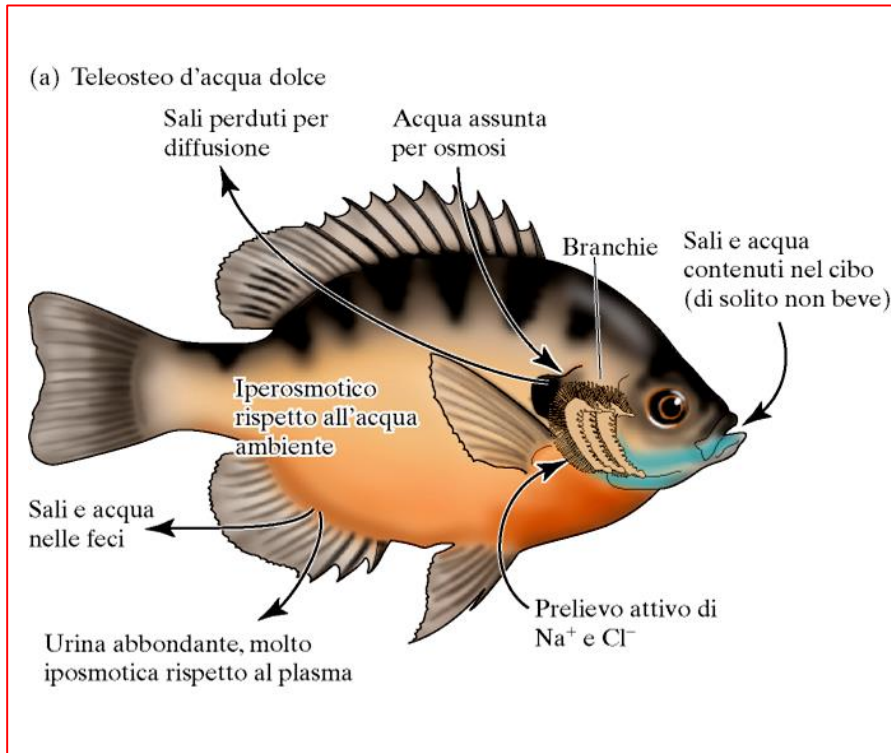
Excretion of salt ions and large amounts of water in dilute urine from kidneys

Bilancio idrico-salino in teleostei di acqua dolce

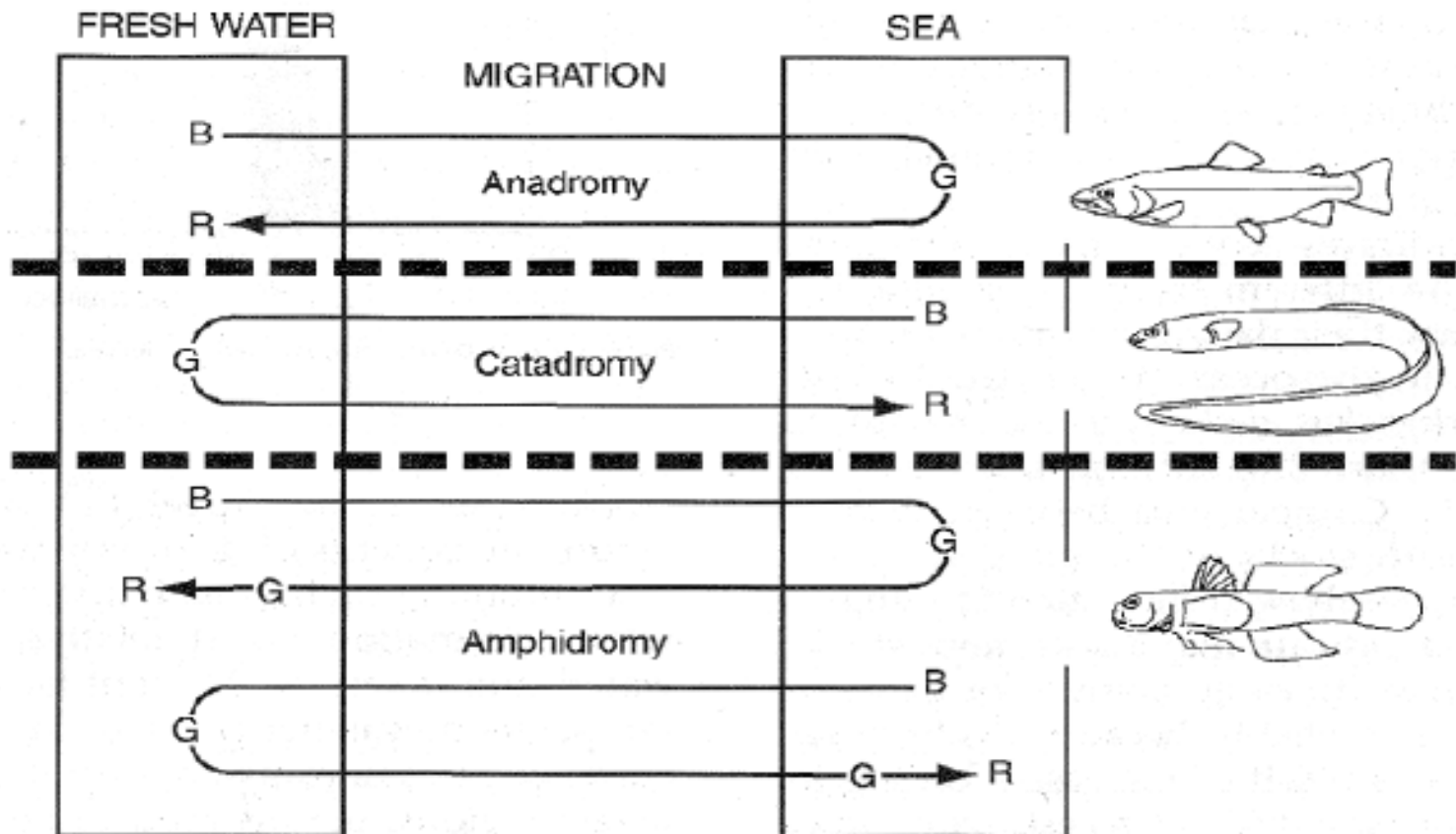
I loro liquidi sono generalmente iperosmotici rispetto all'ambiente acquatico, per cui vi è un ingresso di acqua ed una perdita di sali. Per cui si trovano nella condizione di dover fronteggiare continuamente due problemi:

1. il continuo ingresso di acqua dall'esterno e il relativo rigonfiamento
2. la continua perdita di sali verso l'esterno





- L'accumulo di acqua** viene evitato rimuovendone l'eccesso attraverso la produzione di urina molto diluita ed evitando di bere acqua.
- I sali sono integrati** attraverso l'alimentazione e attraverso branchie. Le branchie dei pesci di acqua dolce e quelle degli invertebrati acquatici sono l'organo principale deputato all'osmoregolazione.



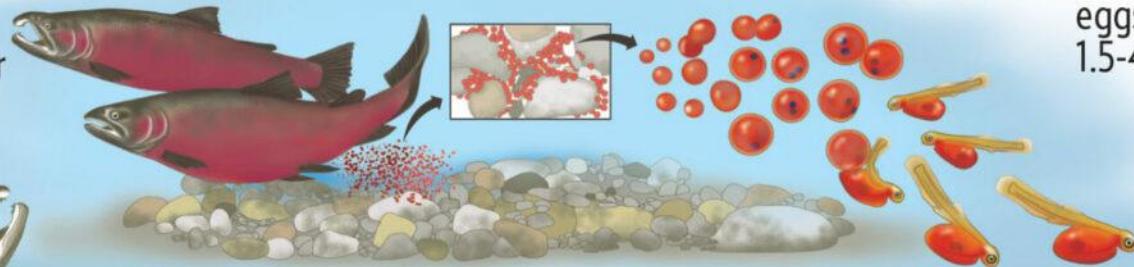
Three forms of diadromy: B = birth, G = growth, and R = reproduction



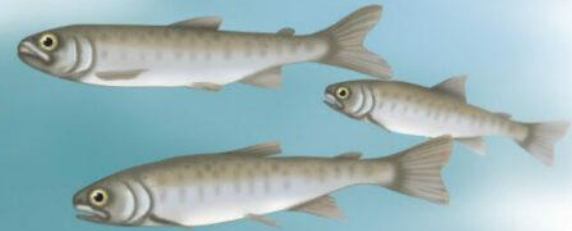
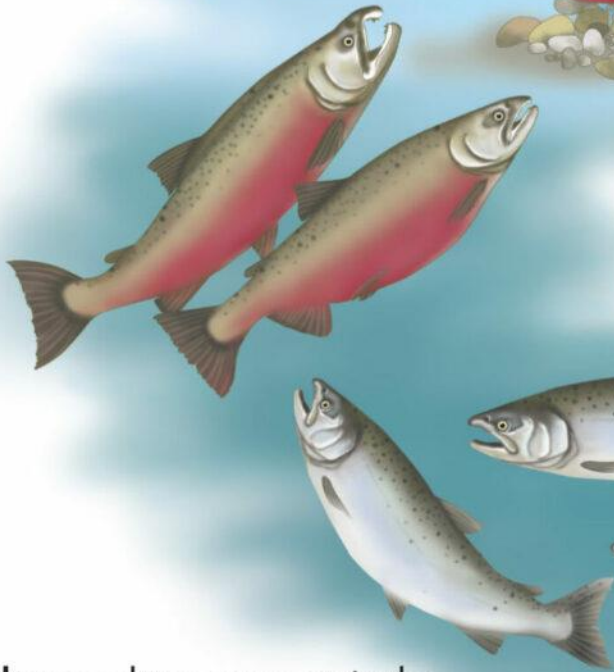
Eggs are deposited by spawning adults in **redds** (gravel nests) from Nov-Jan. Successful spawning requires cold, oxygen-rich water, and gravels that are free of fine sediments. Coho die after spawning.

Alevins emerge from eggs in the spring after 1.5-4 months incubation.

Spawners re-enter freshwater Oct-Nov and return to their natal stream as 3 year olds.



Fry rear in slow moving, protected streams with pools, beaver ponds, and side channels.



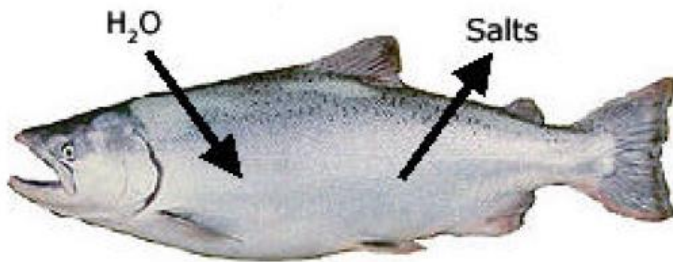
Adults spend two summers in the ocean before returning ("jacks" return after just 6 months).

Smolts migrate to the ocean April-June after 12-18 months in freshwater and 1-4 weeks in estuary.

	Salmon Body Fluids	Ocean Water	Fresh Water
Total Solute Concentration	1.0%	3.5%	< 0.1%
% NaCl	50% (approx.)	> 99%	n/a

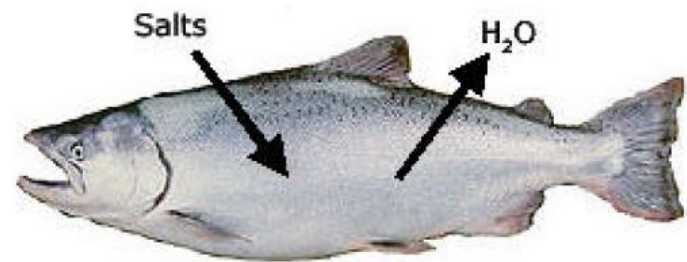
Salmon in Freshwater

$$[\text{solute}]_{\text{body}} \gg [\text{solute}]_{\text{amb}}$$

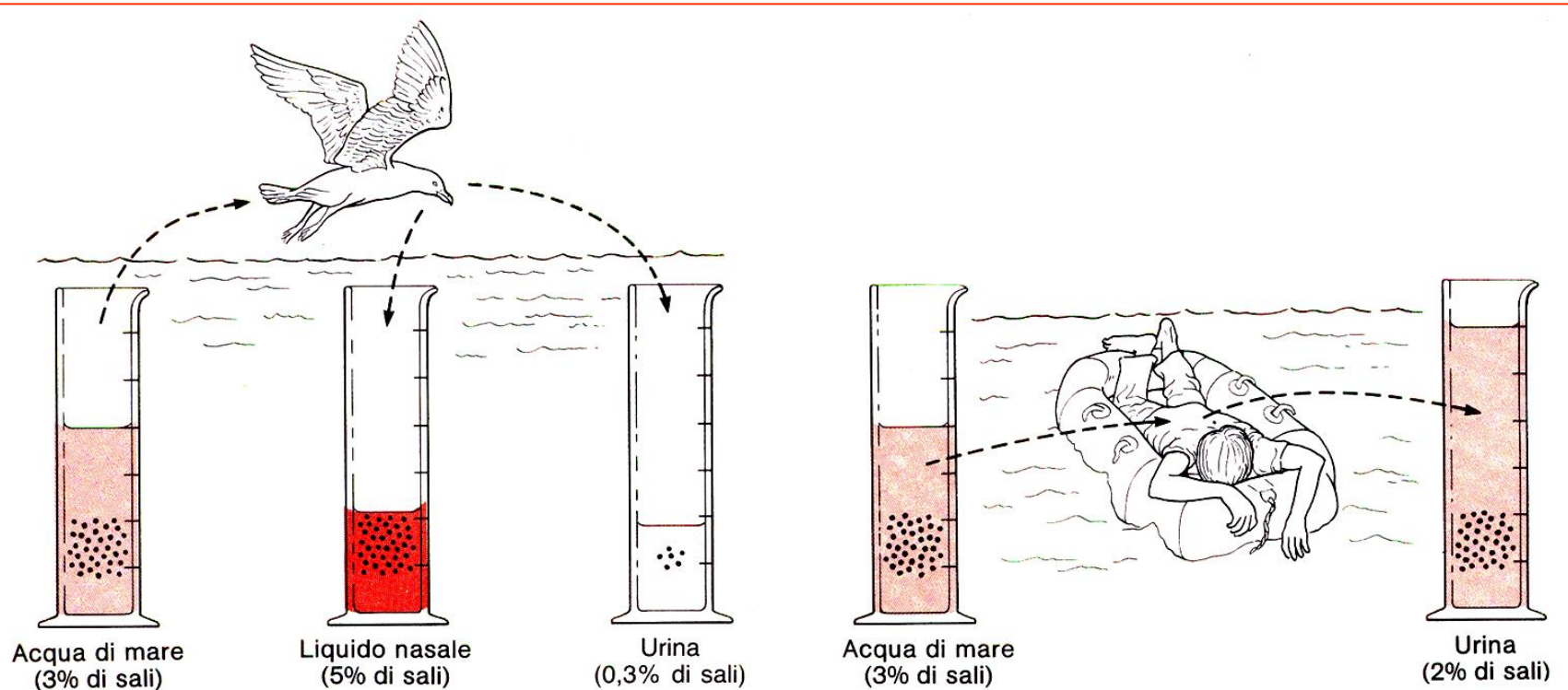


Salmon in Saltwater

$$[\text{solute}]_{\text{body}} < [\text{solute}]_{\text{amb}}$$



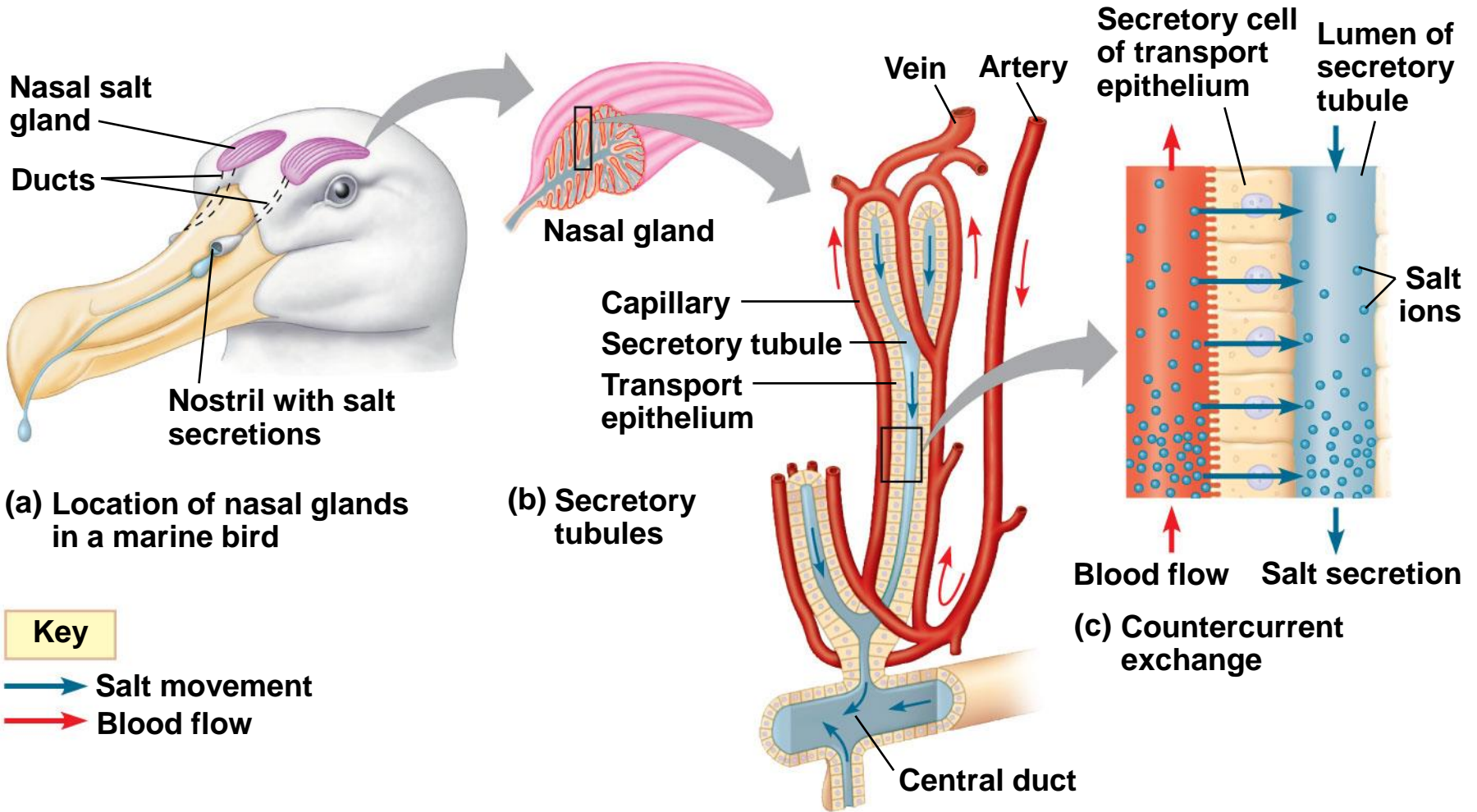
Adattamenti degli uccelli e rettili marini

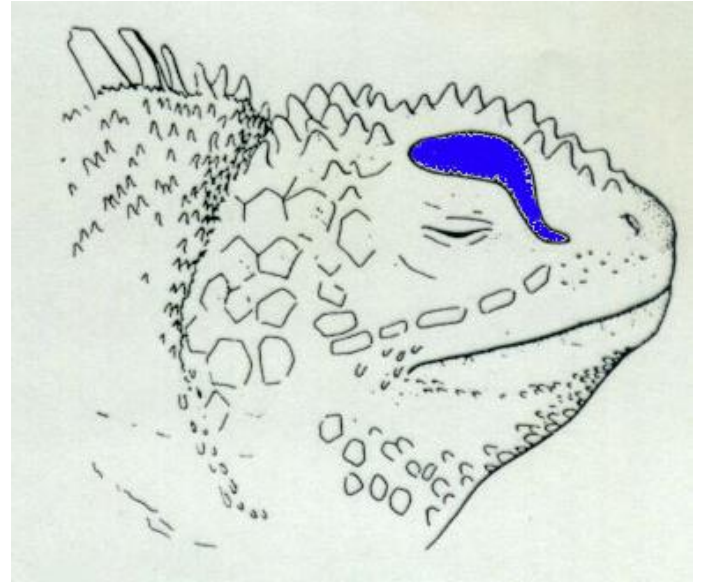


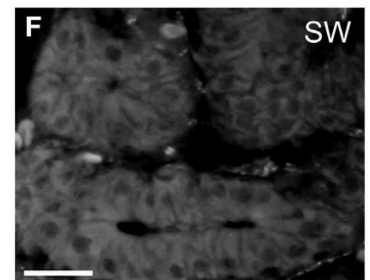
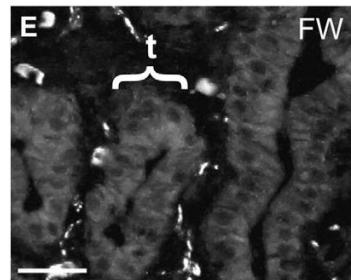
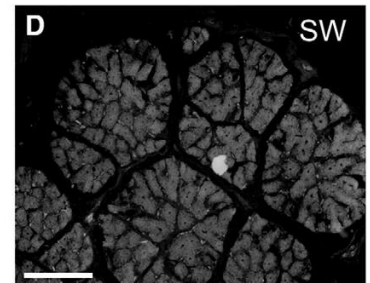
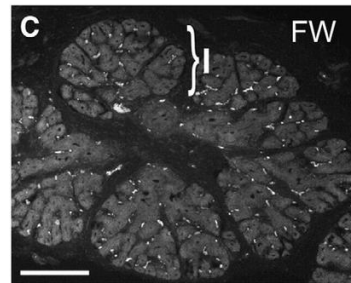
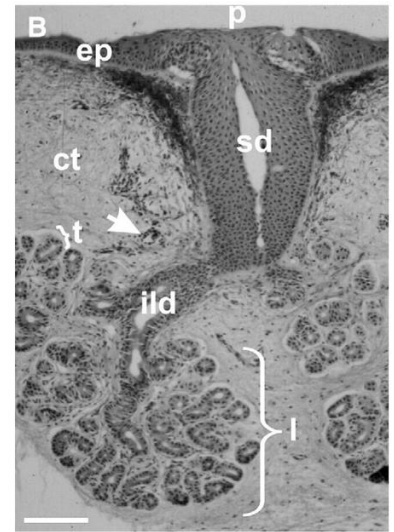
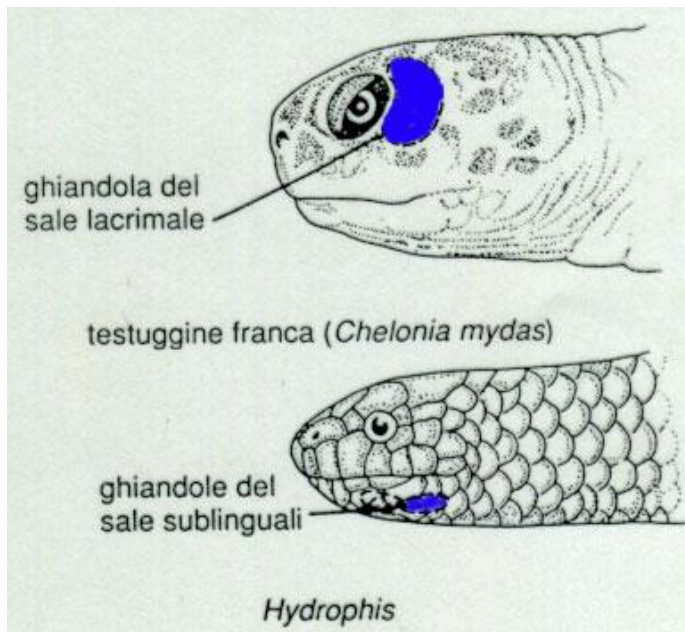
I rettili marini e gli uccelli bevono l'acqua di mare per procurarsi acqua, mentre la maggior parte dei mammiferi si disidraterebbe se bevesse acqua marina. **(A)** Quando gli uccelli marini bevono acqua di mare, secernono NaCl attraverso la ghiandola del sale, con ciò eliminano l'80% di sale ingerito insieme a solo il 50% dell'acqua assunta. Di conseguenza, questi uccelli possono produrre urina ipotonica senza disidratarsi. **(B)** Quando l'uomo e altri mammiferi, privi della ghiandola del sale, bevono acqua di mare, non sono in grado di eliminare il sale ingerito concentrando l'urina in quantità sufficiente per conservare l'acqua. Come i mammiferi terrestri, i mammiferi marini non possono bere acqua marina; questi animali, per sopravvivere, utilizzano diversi meccanismi per la conservazione dell'acqua. [Da: "Salt Glands" di K. Schmidt-Nielsen. Copyright ©1959, Scientific American, Inc. Tutti i diritti riservati.]

Transport Epithelia in Osmoregulation

- Animals regulate the solute content of body fluid that bathes their cells
- **Transport epithelia** are epithelial cells that are specialized for moving solutes in specific directions
- They are typically arranged in complex tubular networks
- An example is in nasal glands of marine birds, which remove excess sodium chloride from the blood







Do Marine Mammals Drink Seawater?

Marine Mammals

- | | |
|---|---|
| (1) Blue whale – 100 feet long, 300,000 pounds | (7) Manatee – 14 feet long, 2,000 pounds |
| (2) Sperm Whale – 60 feet long, 100,000 pounds | (8) Dolphin – 12 feet long, 1,400 pounds |
| (3) Humpback Whale – 52 feet long, 100,000 lbs | (9) Walrus – 10 feet long, 2,600 pounds |
| (4) Killer Whale – 20-30 feet long, 20,000 pounds | (10) Leopard Seal – 10 feet long, 1,000 lbs |
| (5) Narwhal – 20 feet long, 2,000 pounds | (11) Harbor Seal – 6 feet long, 300 pounds |
| (6) Beluga – 14 feet long, 2,000 pounds | (12) Sea Otter – 4 feet long, 75-100 pounds |



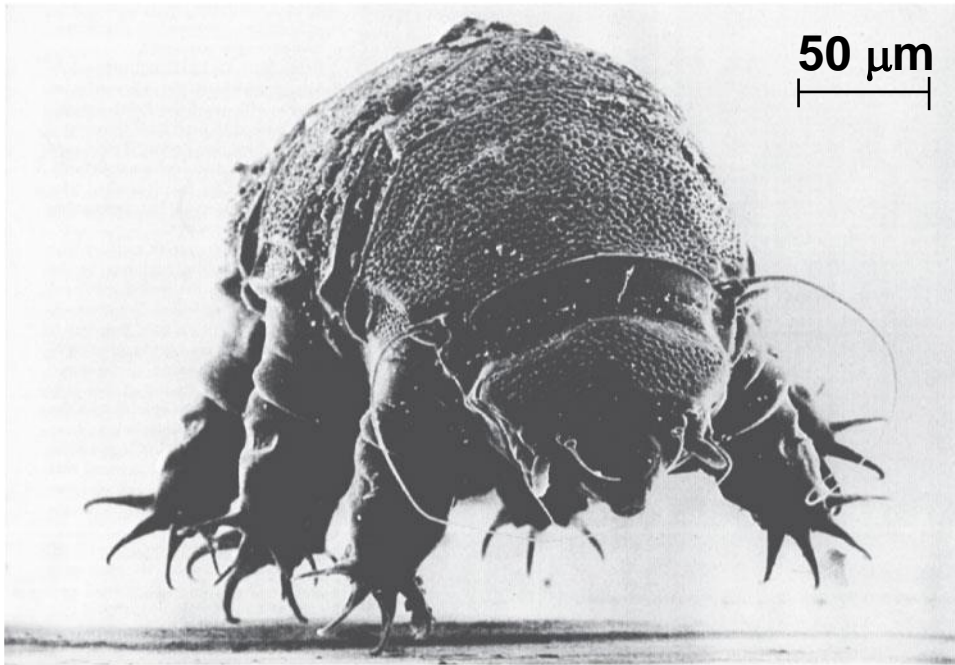
Animals That Live in Temporary Waters

- Some aquatic invertebrates in temporary ponds lose almost all their body water and survive in a dormant state
- This adaptation is called **anhydrobiosis**

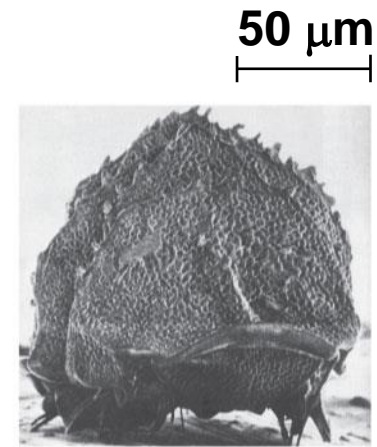


Shutterstock



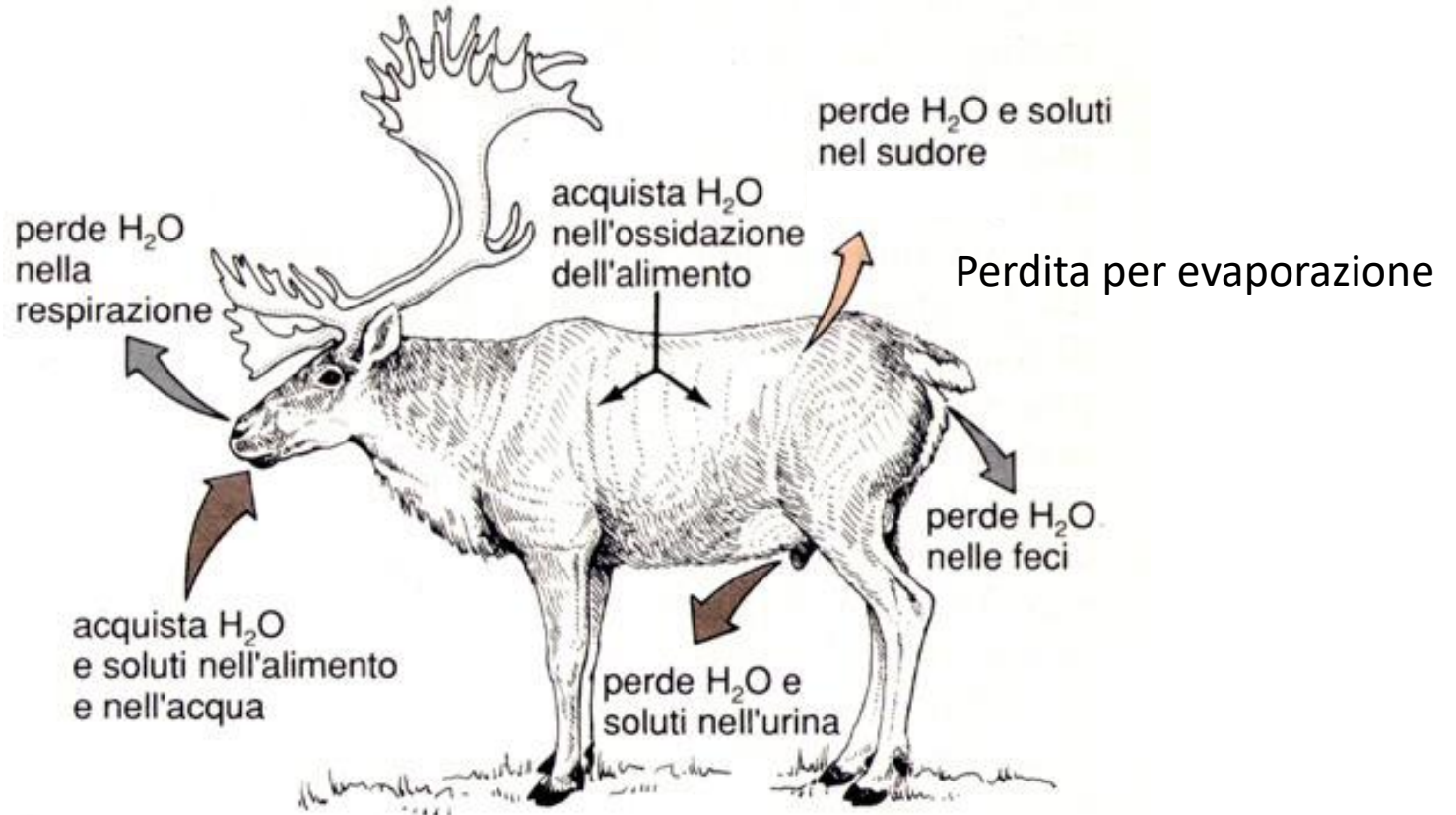


(a) Hydrated tardigrade



(b) Dehydrated tardigrade

Land Animals



Water balance in a kangaroo rat (2 mL/day)



Water gain (mL)

Ingested in food (0.2)



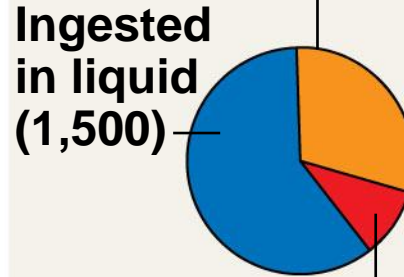
Derived from metabolism (1.8)

Water balance in a human (2,500 mL/day)



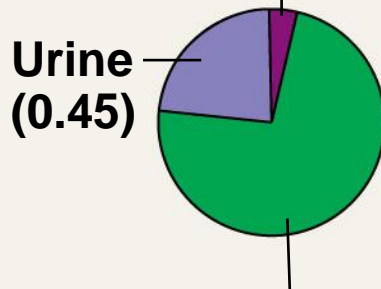
Water loss (mL)

Ingested in food (750)



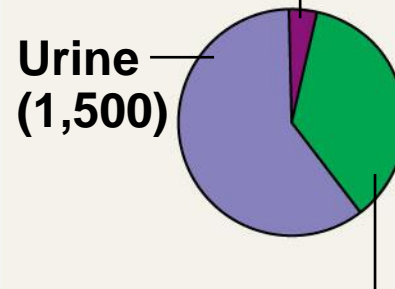
Derived from metabolism (250)

Feces (0.09)



Evaporation (1.46)

Feces (100)



Evaporation (900)

Land Animals adaptations

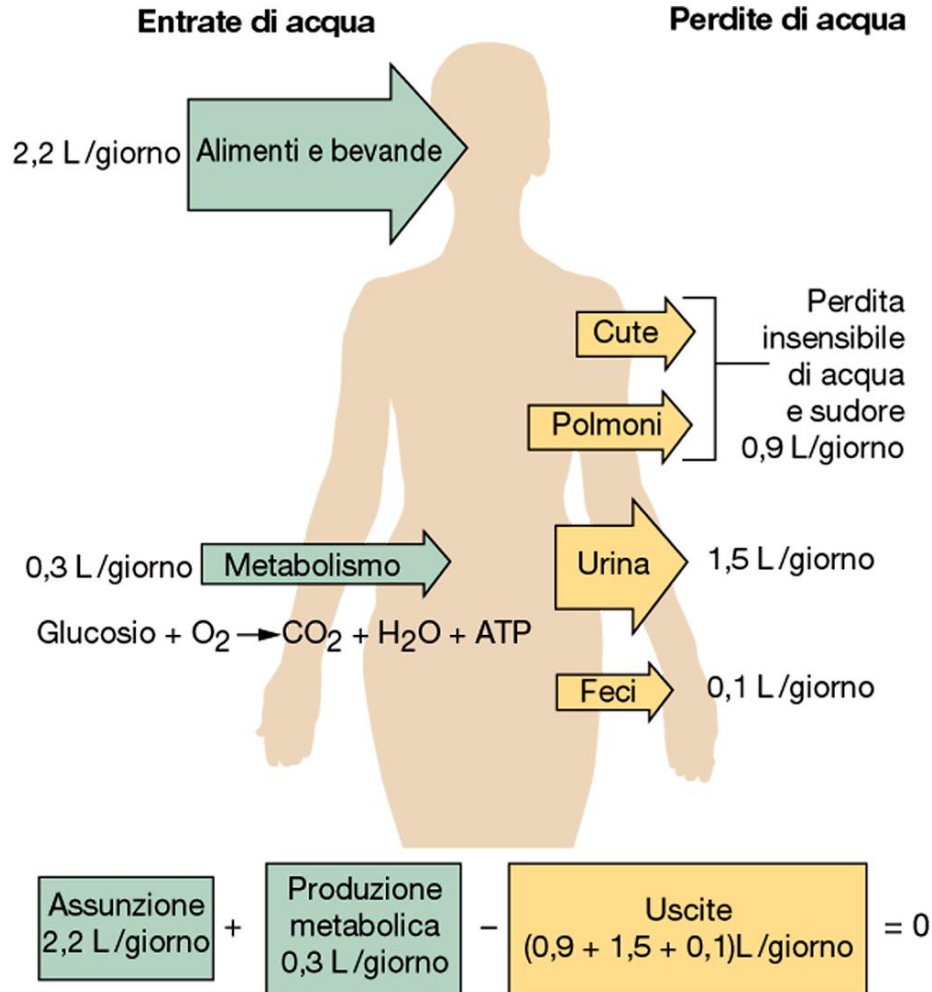
- Adaptations to reduce water loss are key to survival on land
- Body coverings of most terrestrial animals help prevent dehydration
- Desert animals get major water savings from simple anatomical features and behaviors such as a nocturnal lifestyle
- Land animals maintain water balance by eating moist food and producing water metabolically through cellular respiration

Nell'uomo, l'acqua è il 40% - 60% della massa corporea

Il 38% dell'acqua è nel compartimento extracellulare (plasma, liquido interstiziale). Il 62% è nel compartimento intracellulare. L'acqua è distribuita in modo differente nei tessuti e ce n'è molto poca nel tessuto adiposo.

Tessuto/organo	[%]
Sangue	83.6
Reni	82.7
Cuore	79.2
Polmoni	79.0
Milza	75.8
Muscolo	75.7
Encefalo	74.8
Intestino	74.5
Cute	72.0
Fegato	68.3
Scheletro	31.0
Adipe	10.0
Totale	
Valore Medio	62.6

Assunzione e perdita d'acqua nell'uomo



Contenuto medio di acqua in diversi alimenti

Verdure in genere	95-90%
Latte	90-80%
Frutta in genere	90-80%
Pesci	85-50%
Patate	78%
Pasta asciutta	75-65%
Uova	74%
Carni crude	70-65%
Pane	40-35%
Emmental, parmigiano	35-30%
Burro	17-15%
Pasta, riso, fagioli secchi	12-10%
Zucchero e olio	0%

I piccoli mammiferi che vivono nel deserto



N NATURAL
HISTORY
MUSEUM

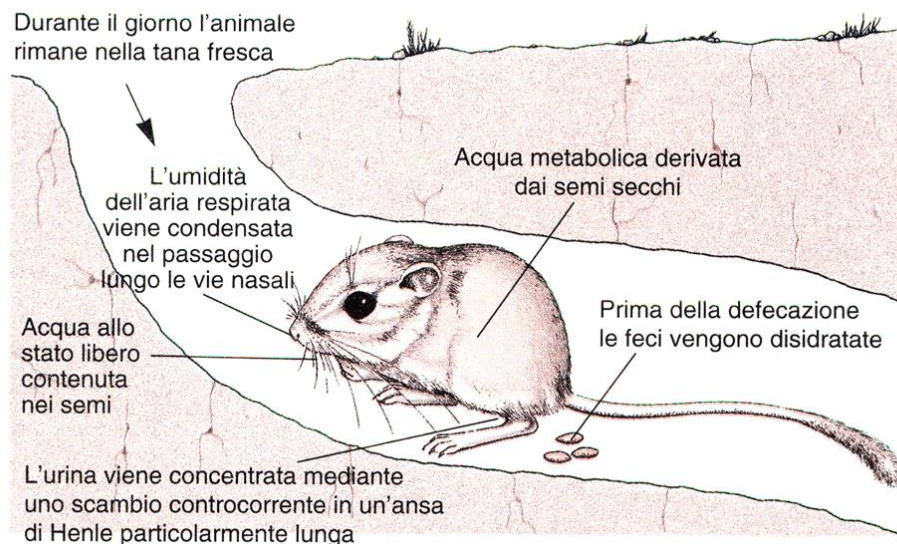
@SHUTTERSTOCK/BCFC

Il **ratto canguro** può vivere nel deserto senza bere, poiché riduce al minimo le perdite di acqua e produce il 90% dell'acqua necessaria tramite il metabolismo.

Tabella 14.7 Bilancio dell'acqua nel ratto canguro

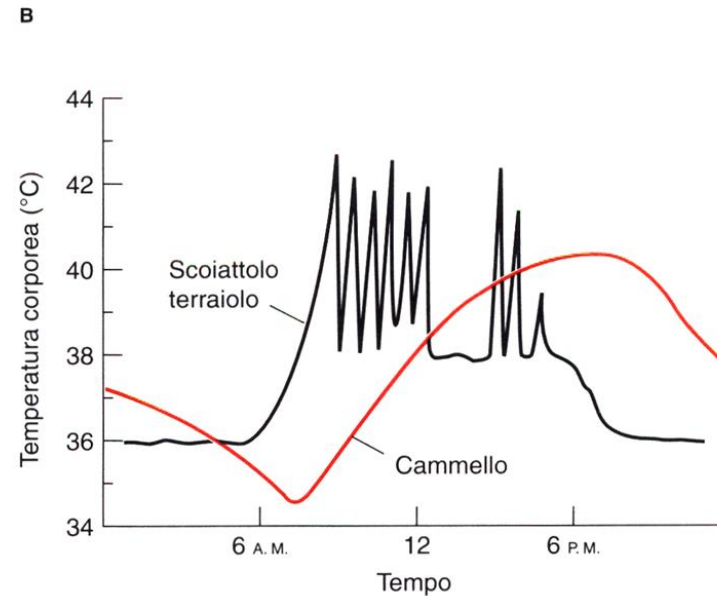
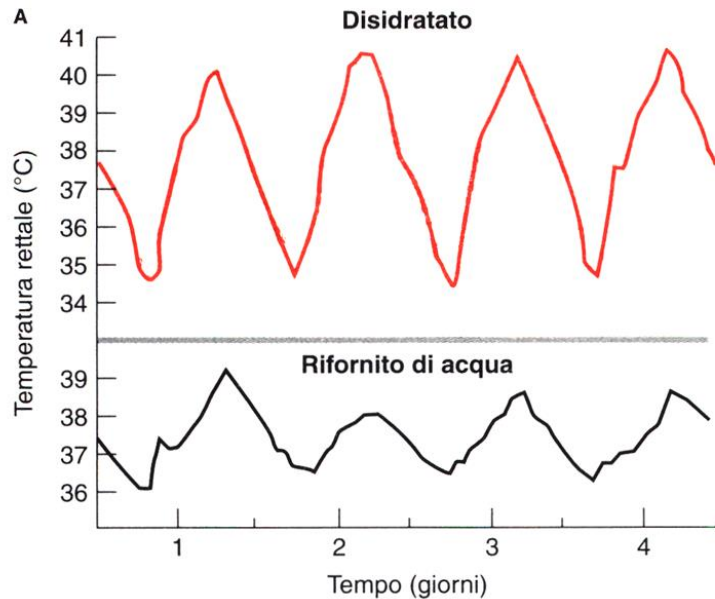
<i>Entrate</i>		<i>Uscite</i>	
Acqua metabolica	90 %	Evaporazione + traspirazione	70 %
Acqua libera presente nei cibi "secchi"	10 %	Urina	25 %
Bevande	0 %	Feci	5 %
	100 %		100 %

Fonte: Schmidt-Nielsen, 1972.



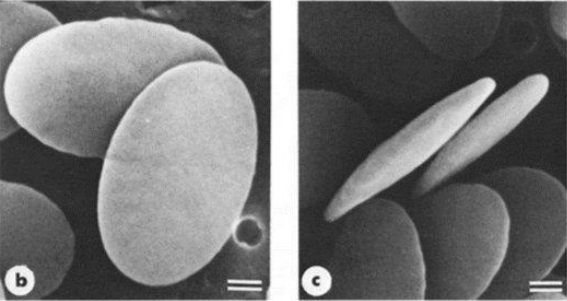
Le strategie del ratto canguro per la conservazione dell'acqua sono caratteristiche di molti piccoli mammiferi del deserto.

I grandi animali del deserto: il cammello

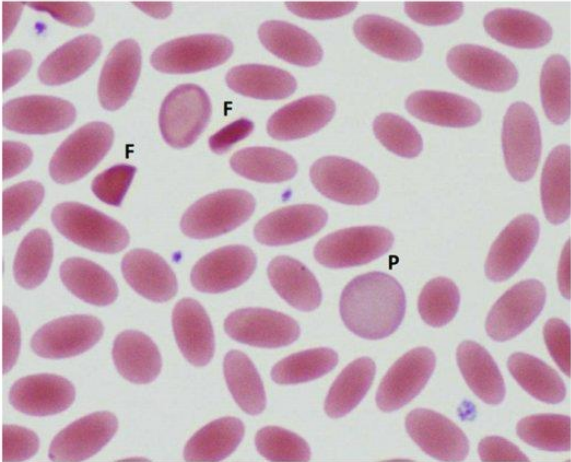


Quando l'acqua scarseggia, i grossi animali del deserto come il cammello subiscono un grande, ma lento incremento della temperatura durante il giorno, mentre gli animali più piccoli si riscaldano più velocemente quando vengono esposti al sole. **(A)** Fluttuazione giornaliera della temperatura corporea di un cammello ben approvvigionato di acqua e di un cammello disidratato. Quando il cammello viene privato dell'acqua, la fluttuazione giornaliera può aumentare anche di 7 °C. Ciò ha una grande influenza sull'utilizzo dell'acqua per la regolazione della temperatura. **(B)** Diagramma delle variazioni giornaliere della temperatura corporea in un grosso e in un piccolo mammifero soggetti a stress calorico nel deserto. I piccoli animali devono rientrare periodicamente nelle tane per evitare un eccessivo surriscaldamento. [Parte A da Schmidt-Nielsen, 1963; parte B da Bartholomew, 1964.]

I grandi animali del deserto: il cammello



Scanning EM of camel RBCs



Peripheral blood smear from camel



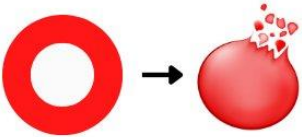
Rehydration:
50 liters in a
few minutes!



Camel RBC



Human RBC



Camel RBCs are elliptical in states of dehydration and round following rehydration. How cool is that?



Do frogs drink water?

Frogs do not drink water. Instead, they have a unique ability to soak up water through their rubbery skin via a process called osmosis. If a frog's skin dries out, it can be fatal, so a supply of fresh water must be available to your frog at all times.

Assunzione di vapore acqueo

Artropodi non volatori assumono acqua dall'aria anche se non satura.

Ciascuna specie possiede una umidità critica all'equilibrio: rappresenta il più basso valore di umidità dell'aria al quale l'animale può captare il vapore acqueo.

Tabella 5.5. Valori dell'umidità critica all'equilibrio (CEH) in vari artropodi non volatori, capaci di assumere vapore acqueo dall'aria insatura. Quando per una specie è dato un intervallo di valori, gli estremi rappresentano la variazione con la temperatura.

Taxon	CEH (% dell'umidità relativa)
ARACNIDI	
Acari e zecche	
<i>Ornithodoros</i>	94
<i>Ixodes</i>	92
<i>Echinolaelaps</i>	90
<i>Acarus</i>	70
<i>Dermatophagoides</i>	52÷69
<i>Amblyomma</i>	87÷89
INSETTI	
Tisanuri-apterigoti	
<i>Ctenolepisma</i>	48
<i>Thermobia</i>	44÷47
Mallofagi/Sifonatteri-pulci	
<i>Ceratophyllus</i>	82
<i>Goniodes</i>	60
<i>Xenopsylla</i>	50
<i>Liposcelis</i>	54
Firatteri-pidocchi	43÷52
Psocotteri-pidocchi dei libri	
<i>Liposcellis knulleri</i>	70
<i>L. bostrychophilus</i>	60
<i>L. rufus</i>	58
Ortotteri-blatte + cavallette	
<i>Arenivaga</i>	80÷83
Ninfe di <i>Chortophaga</i>	92
Lepidotteri	
Larva di <i>Tinea</i>	95
Coleotteri-blatte	
Larva di <i>Tenebrio</i>	88
Larva di <i>Lasioderma</i>	43
Larva di <i>Onymacris</i>	84
CROSTACEI	
Isopodi-oniscoidei	
<i>Porcellio</i>	87÷91

Meccanismi di assunzione di vapore acqueo

Negli acari e nelle blatte del deserto vi è assunzione a livello della bocca in associazione con le ghiandole salivari. Attraverso la secrezione di elevate quantità di soluti ipertonici sui quali si condensa l'acqua e/o l'uso di superfici complesse allo scopo di trattenere questo fluido e di assumerlo per capillarità.

In altri casi, l'assunzione avviene attraverso superfici rettali o anali, specializzate per l'assorbimento dell'acqua.

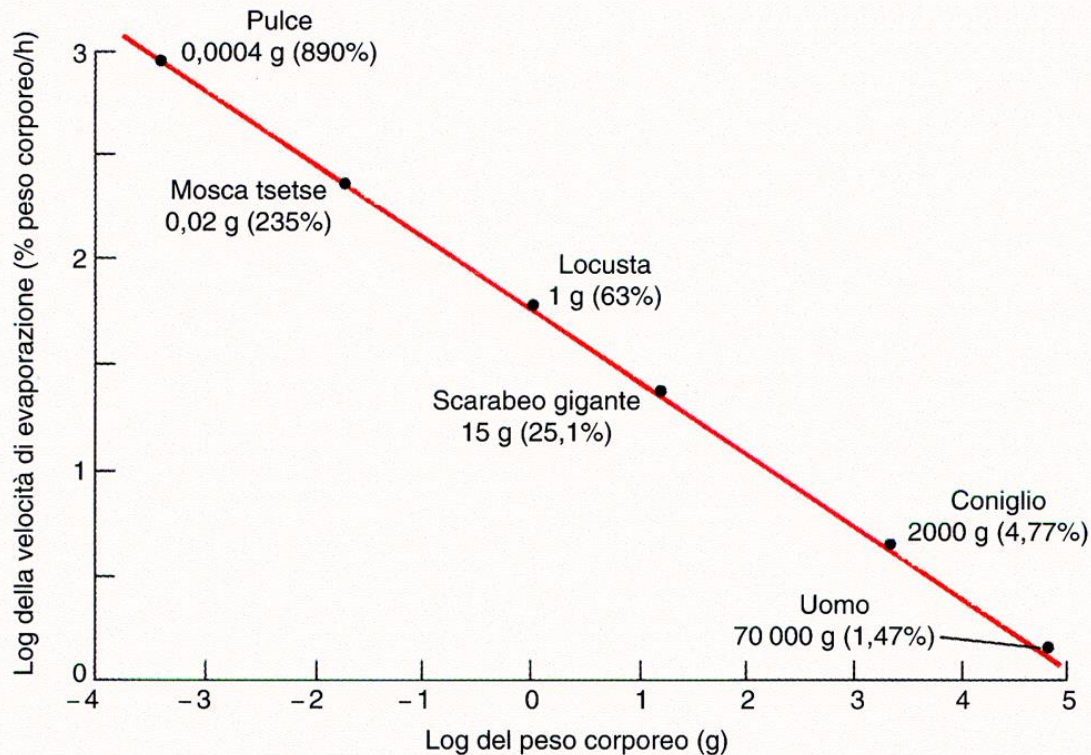


Tolleranza alla perdita di acqua

Anellidi	
<i>Allolobophora</i>	75
Molluschi	
<i>Patella</i>	35÷60
Chitoni	75
<i>Helix</i>	45÷50
<i>Limax</i>	80
<i>Sphincterochila</i>	50÷55
Granchi	
<i>Gecarcinus</i>	15÷18
<i>Uca</i>	18
Insetti	
Coleotteri delle zone temperate	25÷45
Blatte delle zone temperate	25÷35
Cicale del deserto	25
Formiche, cavallette deserticole	40÷70
Coleotteri tenebrionidi deserticoli	60÷75
Rane	
<i>Rana</i>	28÷35
<i>Hyla</i>	35÷40
<i>Bufo</i>	42÷45
<i>Scaphiopus</i>	45÷48
Uccelli e mammiferi	
Piccoli uccelli	4÷8
Ratto	12÷15
Uomo	10÷12
Cammello	30

Tabella 5.2. Tolleranza alla perdita di acqua (espressa come percentuale massima tollerata di perdita di peso) di vari animali viventi in habitat terrestri o semiterrestri.

Velocità di perdita d'acqua



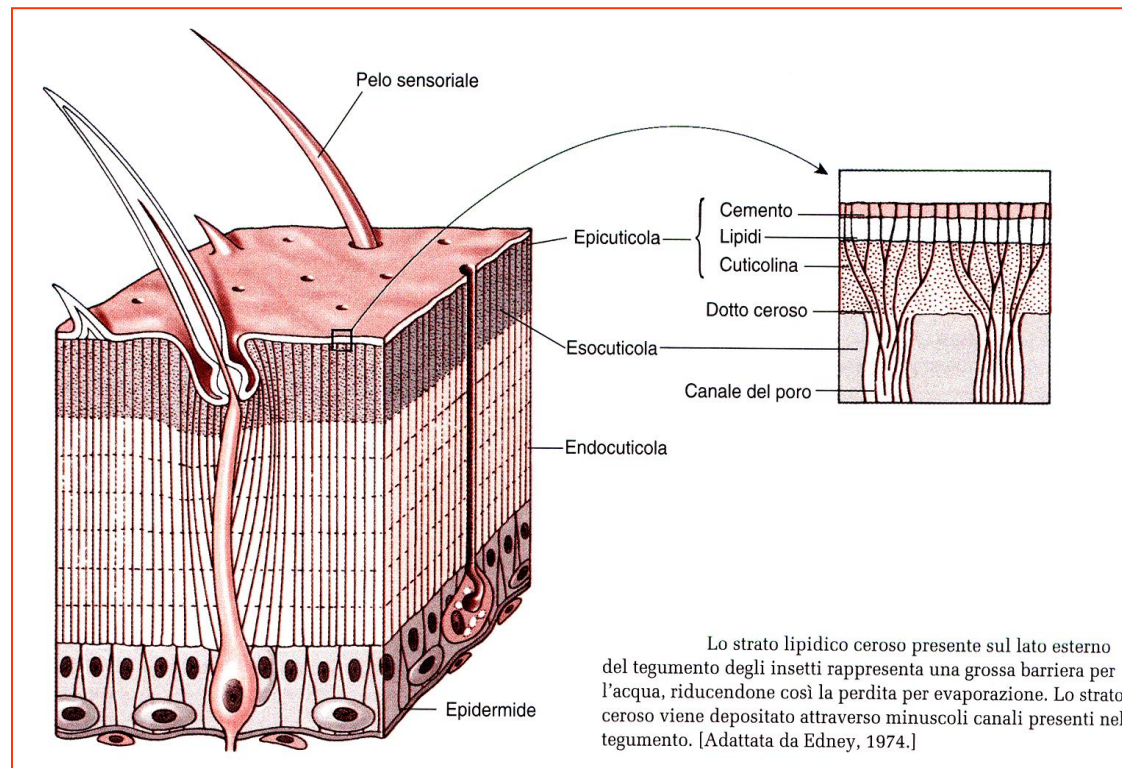
I piccoli animali si disidratano più velocemente di quelli di grande taglia a causa del loro alto rapporto superficie/massa (e perciò del loro rapporto superficie/volume). Questo grafico mostra la quantità di acqua, in percentuale rispetto al peso corporeo, perduta ogni ora nelle calde condizioni climatiche del deserto. [Edney e Nagy, 1976.]

La permeabilità del tegumento

La permeabilità del tegumento varia in modo considerevole e si va da epiteli caratterizzati da permeabilità estreme a cuticole molto impermeabili.

La pelle degli anfi e le branchie dei pesci sono altamente permeabili. Rettili, uccelli e mammiferi o anfi del deserto possiedono una pelle altamente impermeabile.

Contribuiscono ad una bassa permeabilità del tegumento all'acqua il materiale cuticolare (chitina, cheratina, sali di calcio) ed uno strato lipidico.



Effetto della temperatura sulla perdita d'acqua in un insetto

