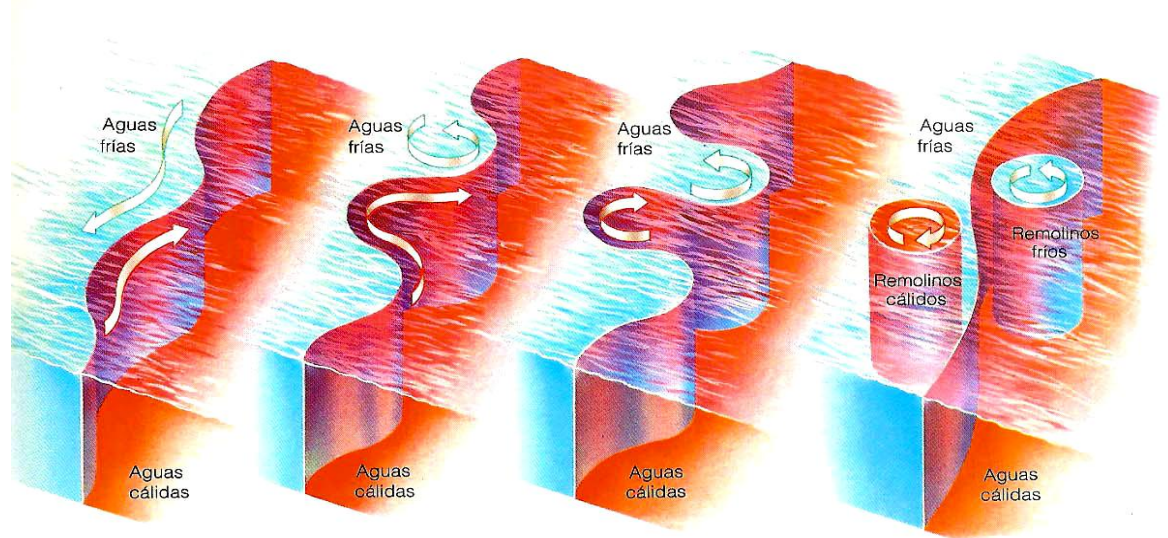


Características de los Medios Acuáticos



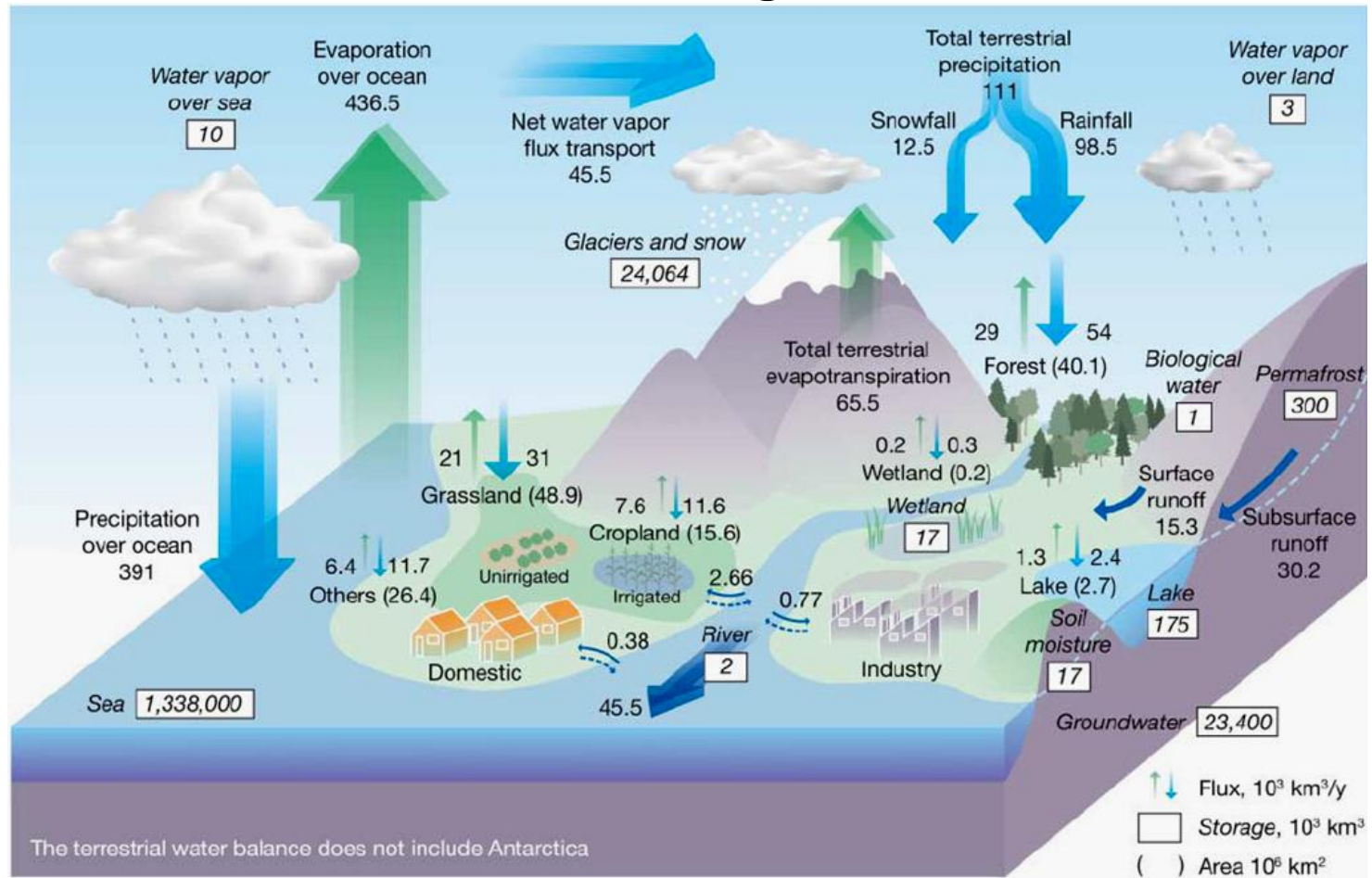
Ricardo Anadón
Consolación Fernández



Universidad de Oviedo

Apoyo a la Lección 8 de Ecología 3^{er} curso de Licenciatura de Biología.

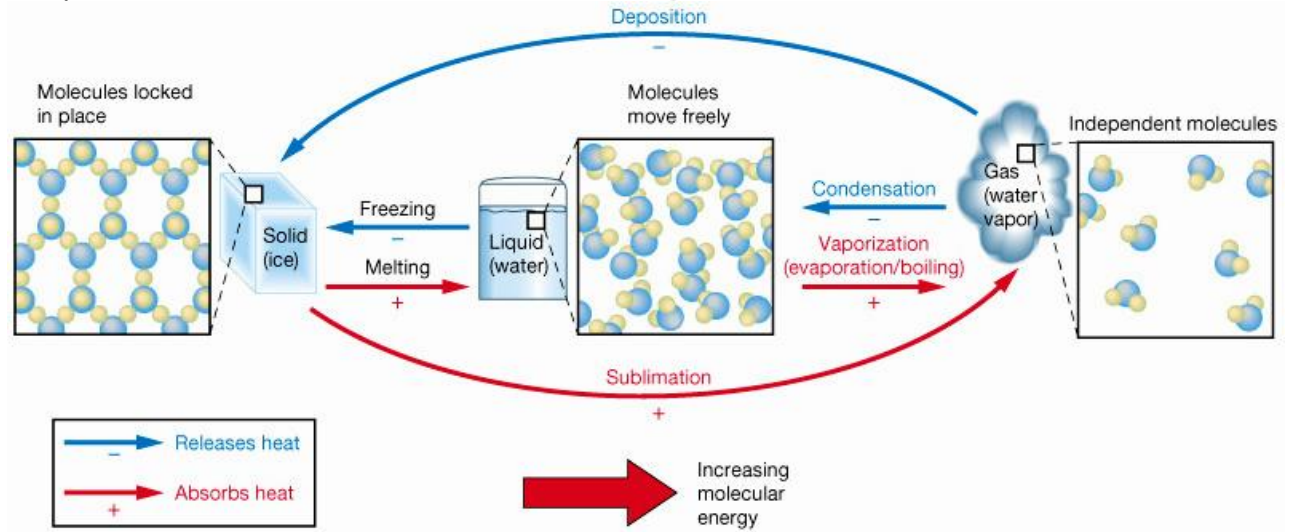
Ciclo del Agua



Flujos hidrológicos globales ($1000 \text{ km}^3/\text{año}$) y reservas (1000 km^3) con ciclos naturales y antropogénicos. Flechas verticales gruesas muestran la precipitación y la evapotranspiración anual total sobre los océanos y la tierra ($1000 \text{ km}^3/\text{año}$), que se descompone en los diferentes Biomas ($1000 \text{ km}^3/\text{año}$) - flechas pequeñas; los paréntesis indican el área de cada Bioma (millones km^2).

Propiedades Físicas del Agua

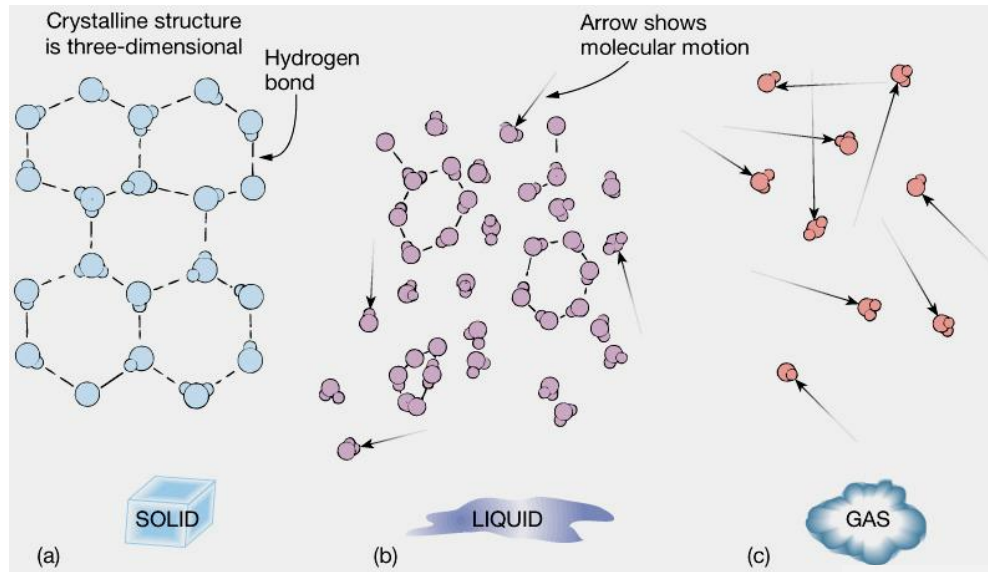
Estados físicos del agua, con indicación de la pérdida o ganancia de energía entre ellos



| Propiedad | Marina | Pura |
|---|---------|--------|
| Densidad, g/cm ³ , 25 °C | 1,02412 | 1,0029 |
| Conductividad específica, 25 °C, ohm ⁻¹ cm ⁻¹ | 0,0532 | - |
| Viscosidad, 25 °C, millipoise | 9,08 | 8,90 |
| Presión de vapor, mm Hg a 20 °C, | 17,4 | 17,34 |
| Temperatura a la máxima densidad, °C | -3,52 | +3,98 |
| Punto de congelación, °C | -1,91 | 0,00 |
| Tensión superficial, 25 °C, dyn/cm | 72,74 | 71,97 |
| Calor específico, 17,5 °C, J g ⁻¹⁰ C ⁻¹ | 3,898 | 4,182 |

Comparación entre las propiedades físicas del agua marina y del agua pura

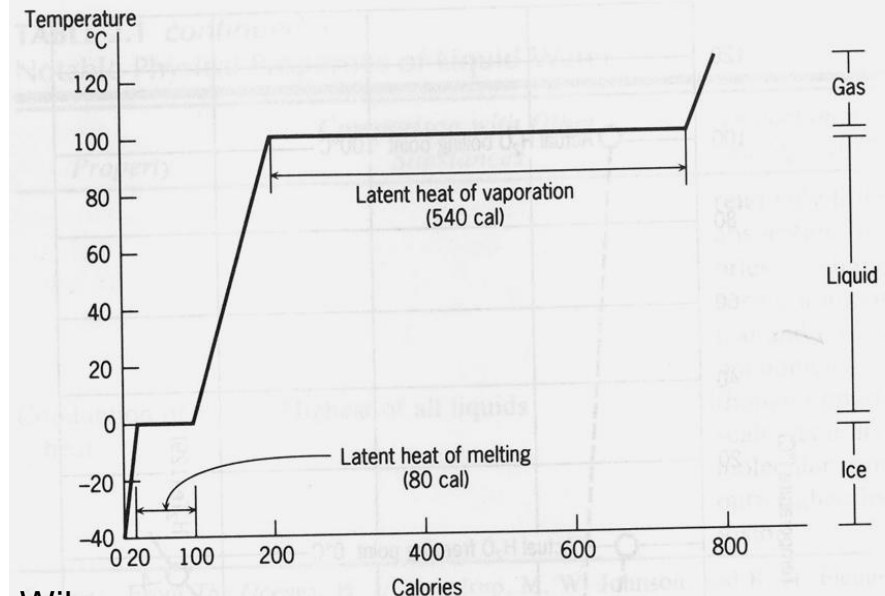
Propiedades Físicas del Agua



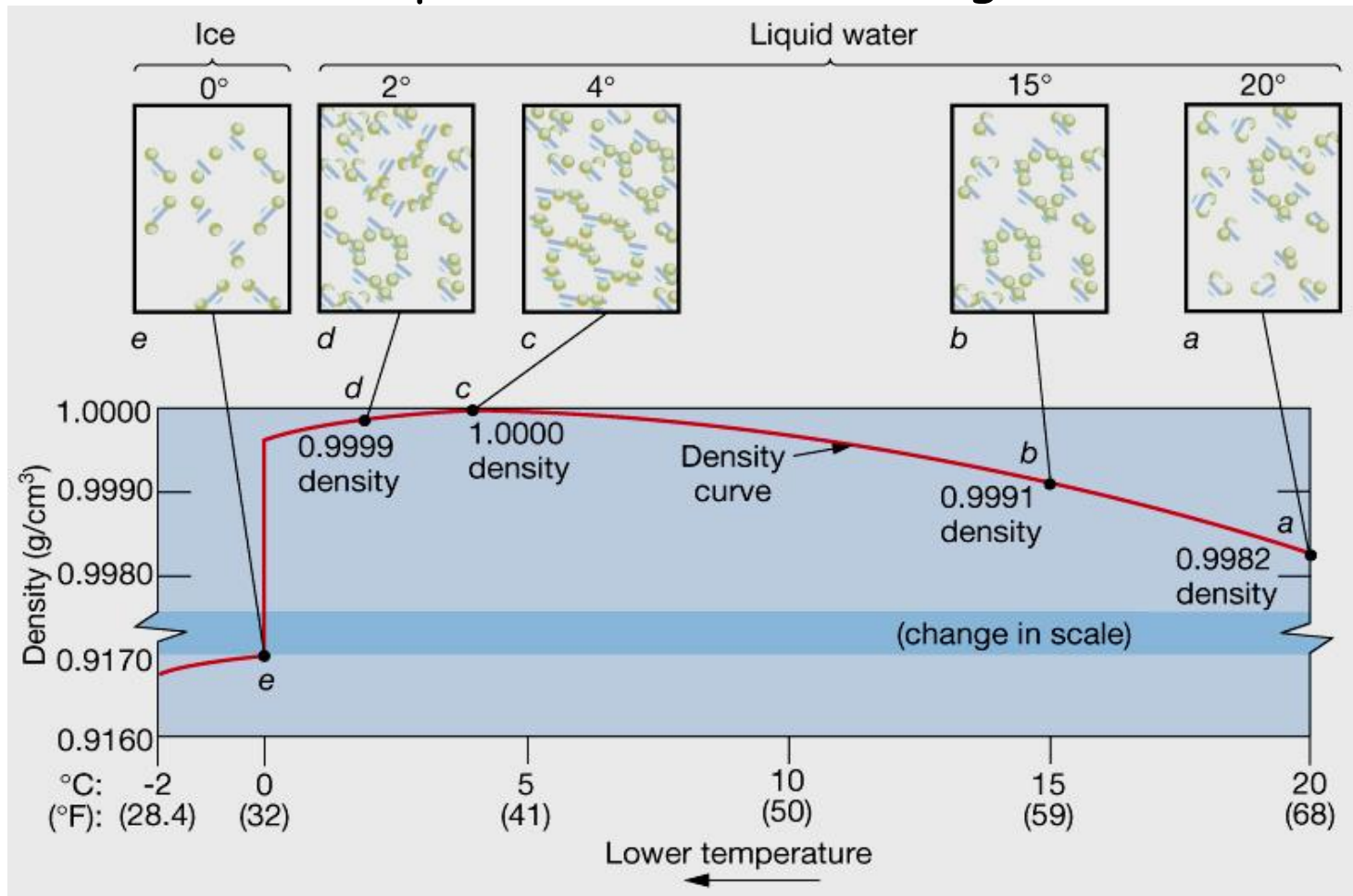
Estructura del agua en sus diferentes estados físicos

Essentials in Oceanography

Transiciones de fase del agua causados por el cambio de contenido calorífico. Las pendientes de la línea indican la capacidad calorífica



Propiedades Físicas del Agua

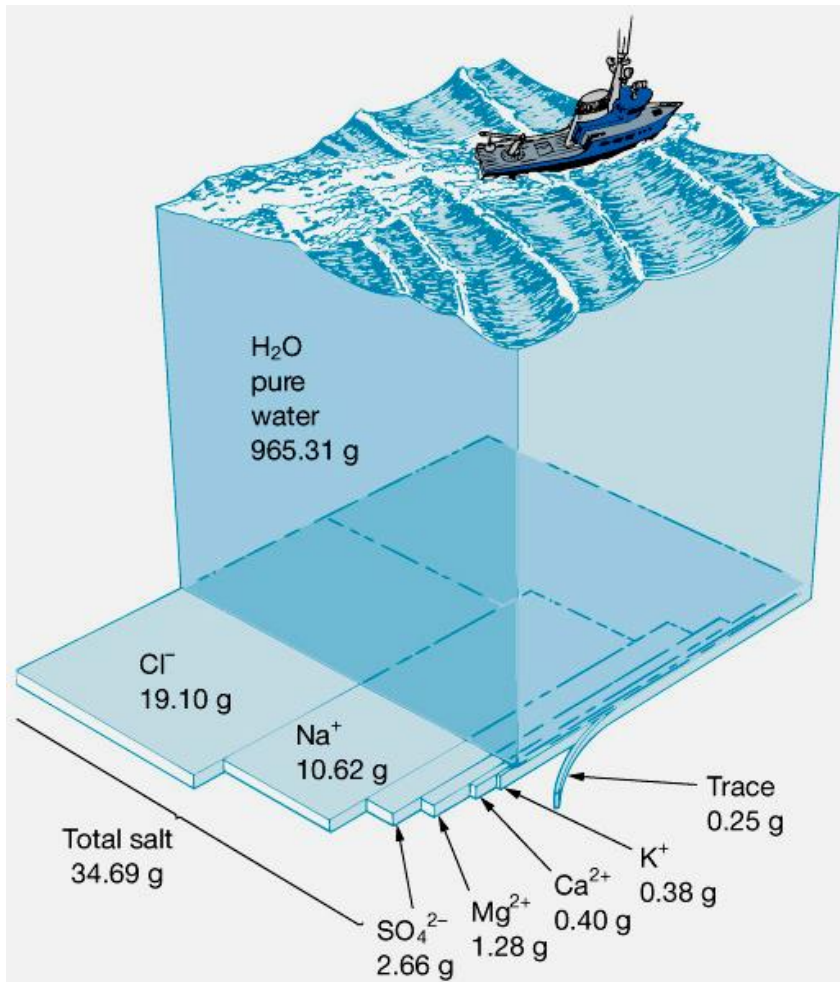
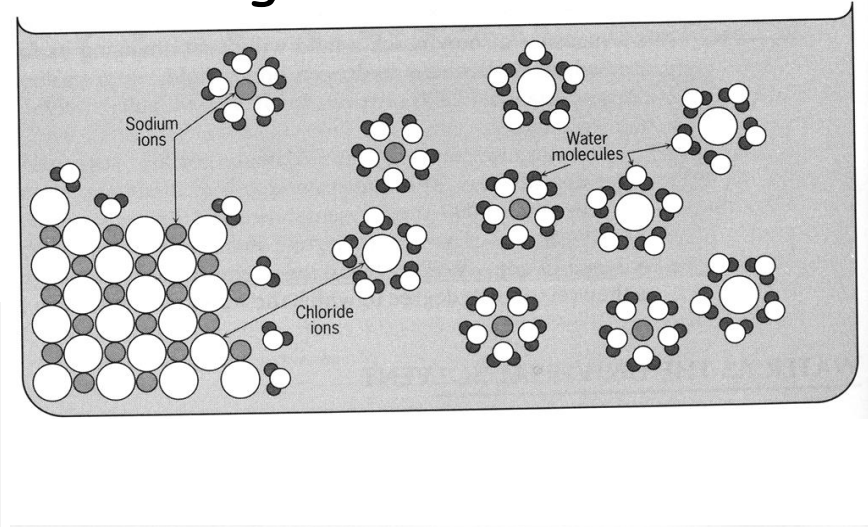


Cambios de la densidad como función de la temperatura y el estado del agua, con un esquema de organización molecular

Propiedades Físicas del Agua

El agua es un buen solvente. Esquema de la disolución de cloruro sódico en agua

Libes, 1992. An Introduction to Marine Biogeochemistry. Wiley



Composición iónica del agua marina. Se indican sólo los elementos más abundantes y su especie química

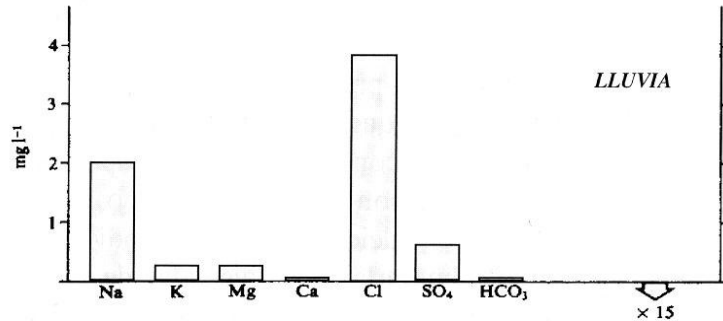
Propiedades Físicas del Agua

TABLE 5.7

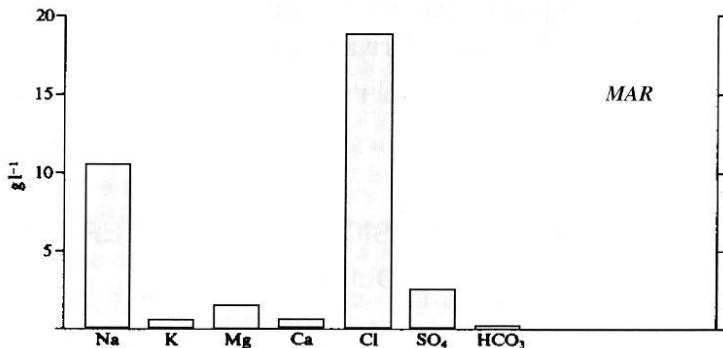
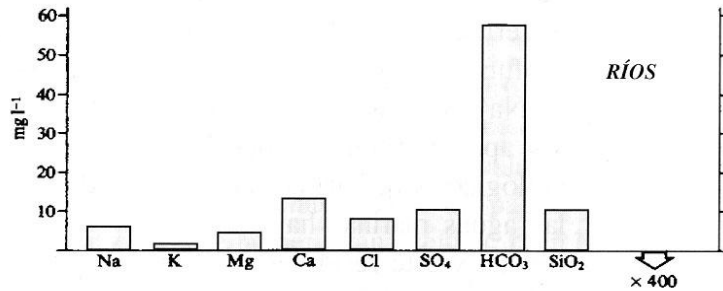
Speciations, Concentrations, and Distribution Types of Trace Elements in Ocean Water

| <i>Element</i> | <i>Probable Main Species in Oxygenated Seawater</i> | <i>Range and Average Concentration at 35‰ Salinity^a</i> | <i>Type of Distribution^b</i> |
|----------------|--|--|---|
| Li | Li ⁺ | 25 μmol kg ⁻¹ | Conservative |
| Be | BeOH ⁺ , Be(OH) ₂ ⁰ | 4–30 pmol kg ⁻¹ ; 20 pmol kg ⁻¹ | Nutrient-type and scavenging |
| B | H ₃ BO ₃ | 0.416 mmol kg ⁻¹ | Conservative |
| C | HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ | 2.0–2.5 mmol kg ⁻¹ ; 2.3 mmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| N | NO ₃ ⁻ (also as N ₂) | <0.1–45 μmol kg ⁻¹ ; 30 μmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| O | O ₂ (also as H ₂ O) | 0–300 μmol kg ⁻¹ | Mirror image of nutrient-type |
| Al | Al(OH) ₄ ⁻ , Al(OH) ₃ ⁰ | (5–40 nmol kg ⁻¹ ; 20 nmol kg ⁻¹) | Mid-depth minima |
| Si | H ₄ SiO ₄ | <1–180 μmol kg ⁻¹ ; 100 μmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| P | HPO ₄ ²⁻ , NaHPO ₄ ⁻ , MgHPO ₄ ⁰ | <1–3.5 μmol kg ⁻¹ ; 2.3 μmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| Sc | Sc(OH) ₃ ⁰ | 8–20 pmol kg ⁻¹ ; 15 pmol kg ⁻¹ | Surface depletion |
| Ti | Ti(OH) ₄ ⁰ | (<20 nmol kg ⁻¹) | ? |
| V | HVO ₄ ²⁻ , H ₂ VO ₄ ⁻ , NaHVO ₄ ⁻ | 20–35 nmol kg ⁻¹ ; 30 nmol kg ⁻¹ | Slight surface depletion |
| Cr | CrO ₄ ²⁻ , NaCrO ₄ ⁻ | 2–5 nmol kg ⁻¹ ; 4 nmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| Mn | Mn ²⁺ , MnCl ⁺ | 0.2–3 nmol kg ⁻¹ ; 0.5 nmol kg ⁻¹ | Depletion at depth |
| Fe | Fe(OH) ₃ ⁰ | 0.1–2.5 nmol kg ⁻¹ ; 1 nmol kg ⁻¹ | Surface depletion, depletion at depth |
| Co | Co ²⁺ , CoCO ₃ ⁰ , CoCl ⁺ | (0.01–0.1 nmol kg ⁻¹ ; 0.02 nmol kg ⁻¹) | Surface depletion, depletion at depth |
| Ni | Ni ²⁺ , NiCO ₃ ⁰ , NiCl ⁺ | 2–12 nmol kg ⁻¹ ; 8 nmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| Cu | CuCO ₃ ⁰ , CuOH ⁺ , Cu ²⁺ | 0.5–6 nmol kg ⁻¹ ; 4 nmol kg ⁻¹ | Nutrient-type and scavenging |
| Zn | Zn ²⁺ , ZnOH ⁺ , ZnCO ₃ ⁰ , ZnCl ⁺ | 0.05–9 nmol kg ⁻¹ ; 6 nmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| Ga | Ga(OH) ₄ ⁻ | (0.3 nmol kg ⁻¹) | ? |
| Ge | H ₄ GeO ₄ , H ₃ GeO ₄ ⁻ | ≅7–115 pmol kg ⁻¹ ; 70 pmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| As | HAsO ₄ ²⁻ | 15–25 nmol kg ⁻¹ ; 23 nmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| Se | SeO ₄ ²⁻ , SeO ₃ ²⁻ , HSeO ₃ ⁻ | 0.5–2.3 nmol kg ⁻¹ ; 1.7 nmol kg ⁻¹ | Nutrient-type |
| Br | Br ⁻ | 0.84 mmol kg ⁻¹ | Conservative |
| Rb | Rb ⁺ | 1.4 μmol kg ⁻¹ | Conservative |
| Sr | Sr ²⁺ | 90 μmol kg ⁻¹ | Slight surface depletion |
| Y | YCO ₃ ⁺ , YOH ²⁺ , Y ³⁺ | (0.15 nmol kg ⁻¹) | ? |
| Zr | Zr(OH) ₄ ⁰ , Zr(OH) ₃ ⁻ | (0.3 nmol kg ⁻¹) | ? |

Propiedades Físicas del Agua



Composición iónica de las aguas de lluvia, río y marina: Se aprecia la semejanza entre la estequiometría de las aguas marinas y de lluvia

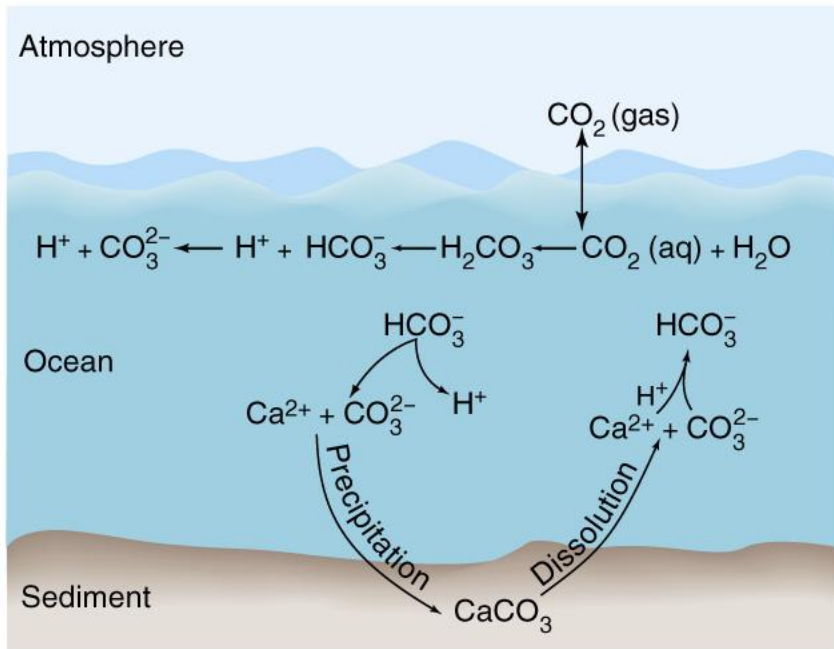


Tipos de Agua por su contenido en cloruros (mezcla de agua dulce y marina)

| Agua | Clorinidad g kg ⁻¹ |
|-------------|----------------------------------|
| Dulce | menos de 0,2 |
| Salobre | |
| Oligohalina | 0,2 a 2 |
| Mesohalina | 2 a 10 |
| Polihalina | 10 a 17 |
| Marina | Más de 17 |

El Carbono Inorgánico en Aguas Marinas

Equilibrio Carbónico-Carbonatos



Seawater too basic: $\text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ pH drops
 Seawater too acidic: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ pH rises

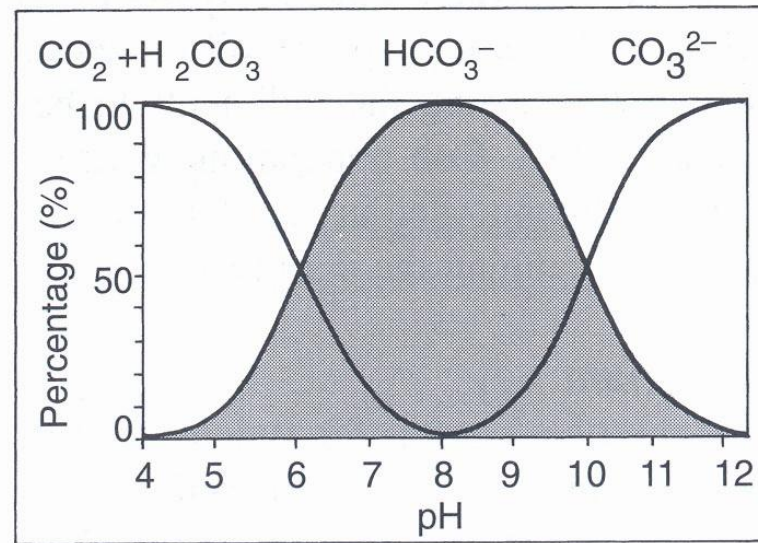
Esquema de los equilibrios químicos en los que interviene el CO_2 en el océano, de acuerdo a las ecuaciones básica

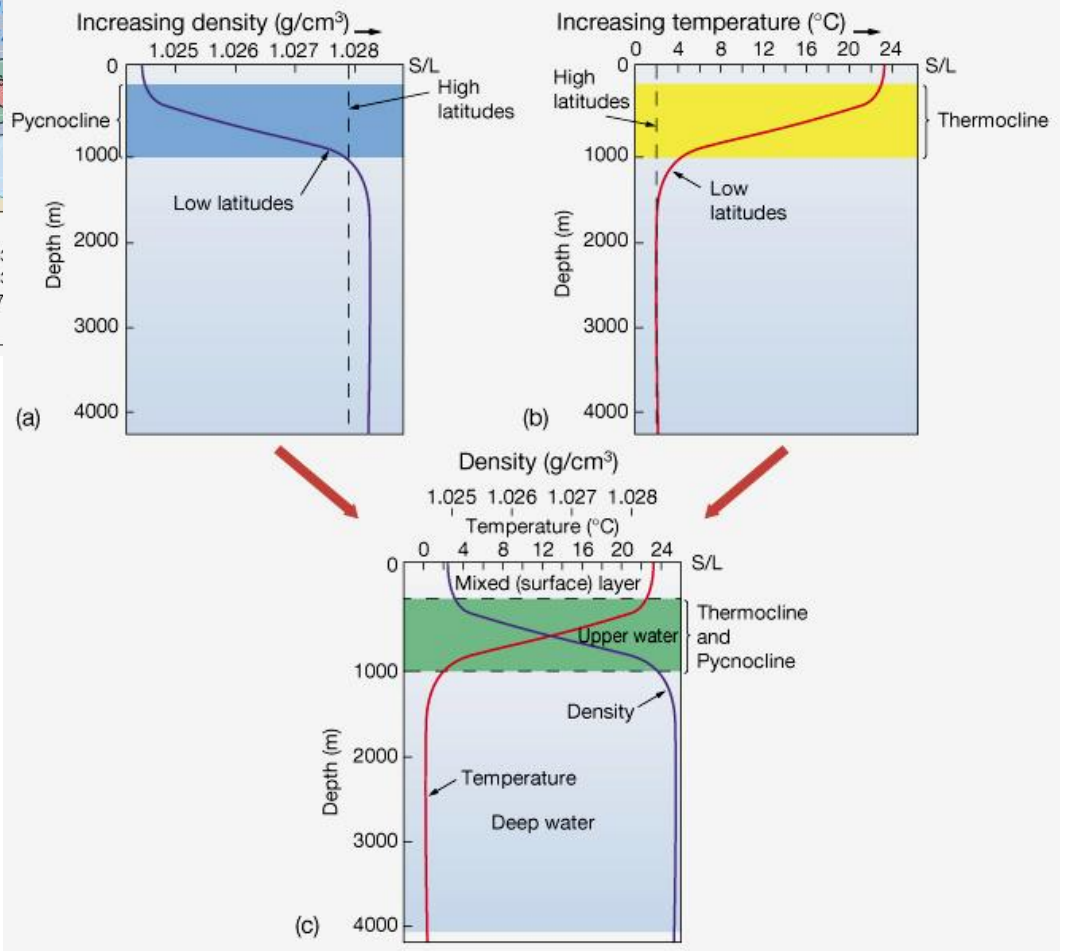
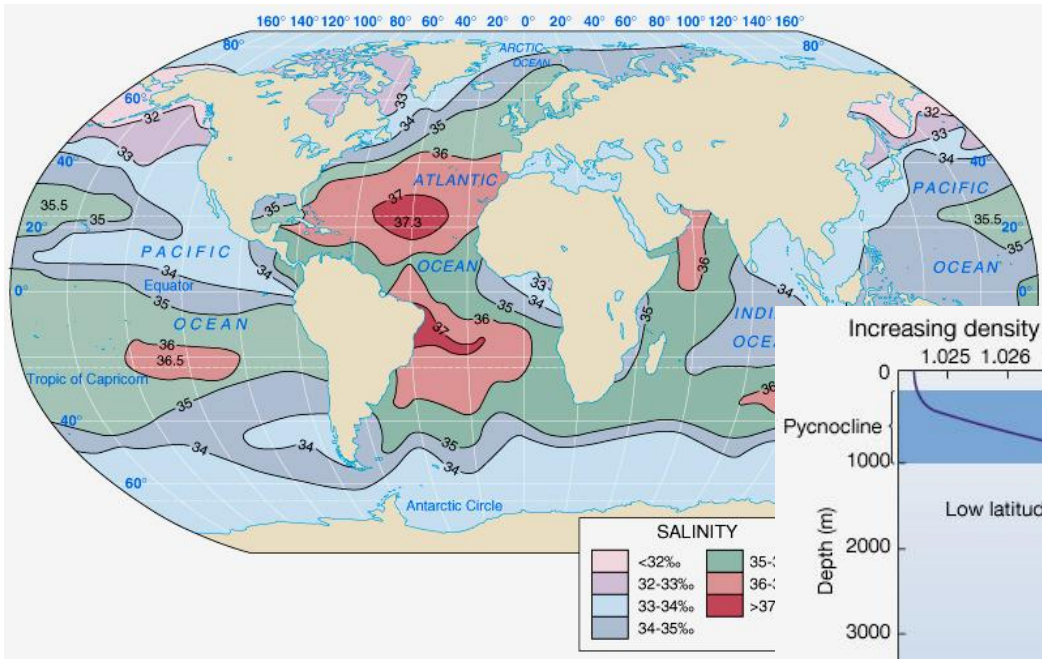


y su efecto sobre el pH

Essentials in Oceanography

Porcentaje de Carbonato, bicarbonato y dióxido de carbono como mresultado





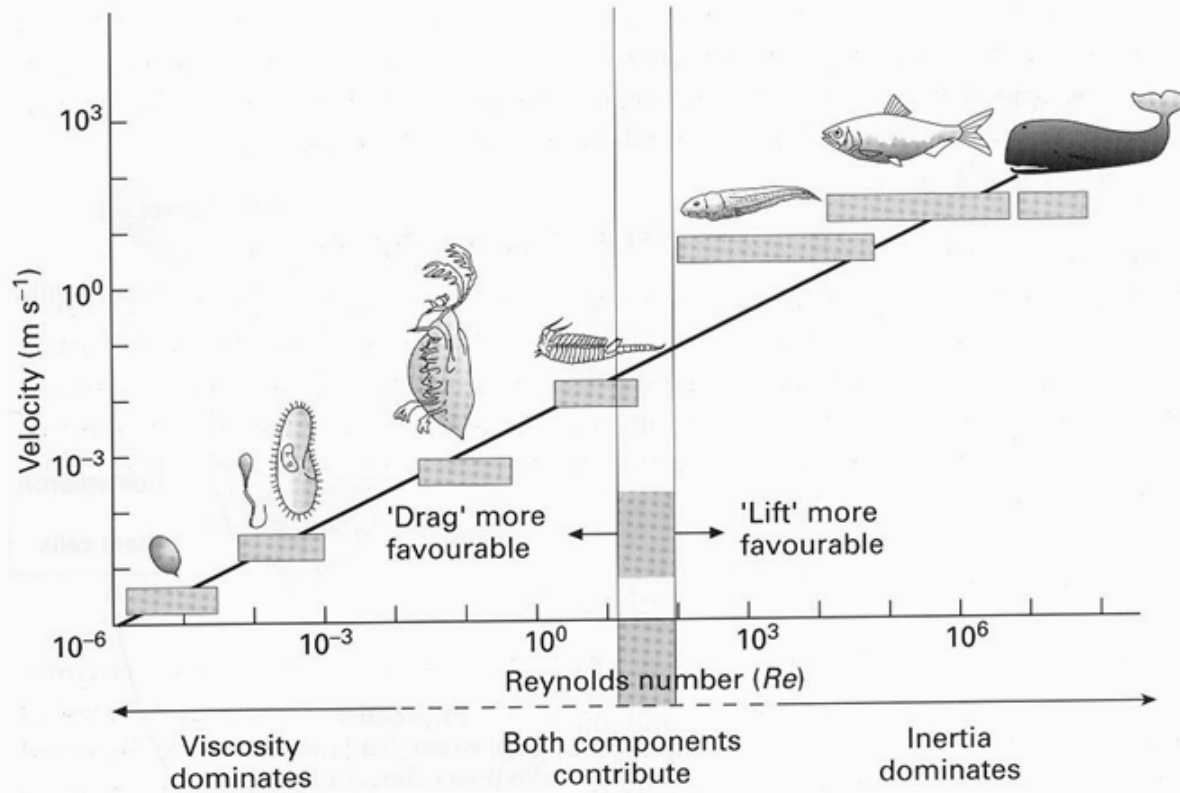


Fig. 9.26 Effects of size and Reynolds number (Re) on swimming patterns and the relative importance of viscous forces and frictional forces. Re is given by $\rho VL/\mu$, where V is velocity, L is dimension of moving surface, ρ is the density of the medium and μ its viscosity, so giving a dimensionless ratio related to size. A high Reynolds number applies to a large or a very fast animal, where flow patterns are dominated by inertia and streamlining is useful. At low Reynolds numbers (small or very slow swimmers, with high surface areas relative to volume) viscosity is much more important and streamlining is irrelevant. (Adapted from Nachtigall 1983.)

Resistencia

Empuje

$$Re = \bar{U}L / \nu$$

Donde \bar{U} es velocidad, L una longitud y ν la viscosidad cinemática

Ciclomorfofosis y Cambios morfológicos asociados a la temperatura y densidad del agua

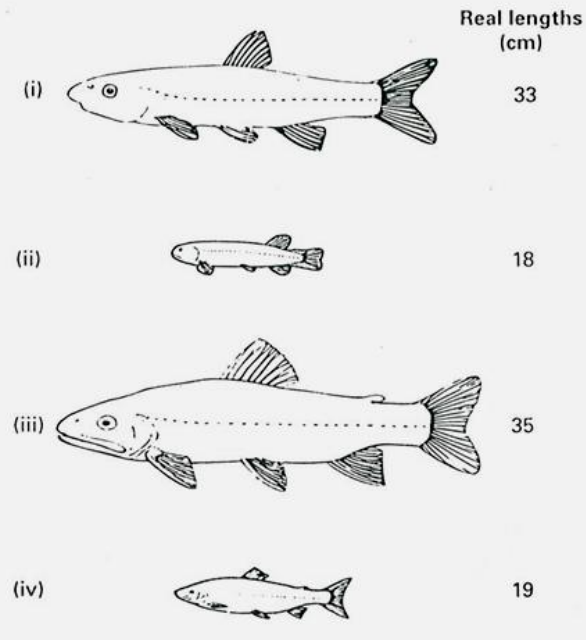
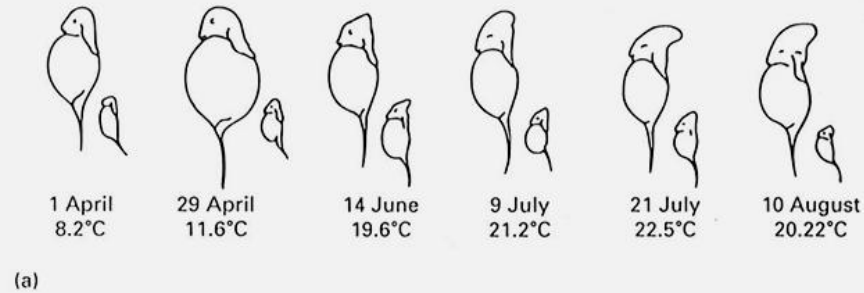
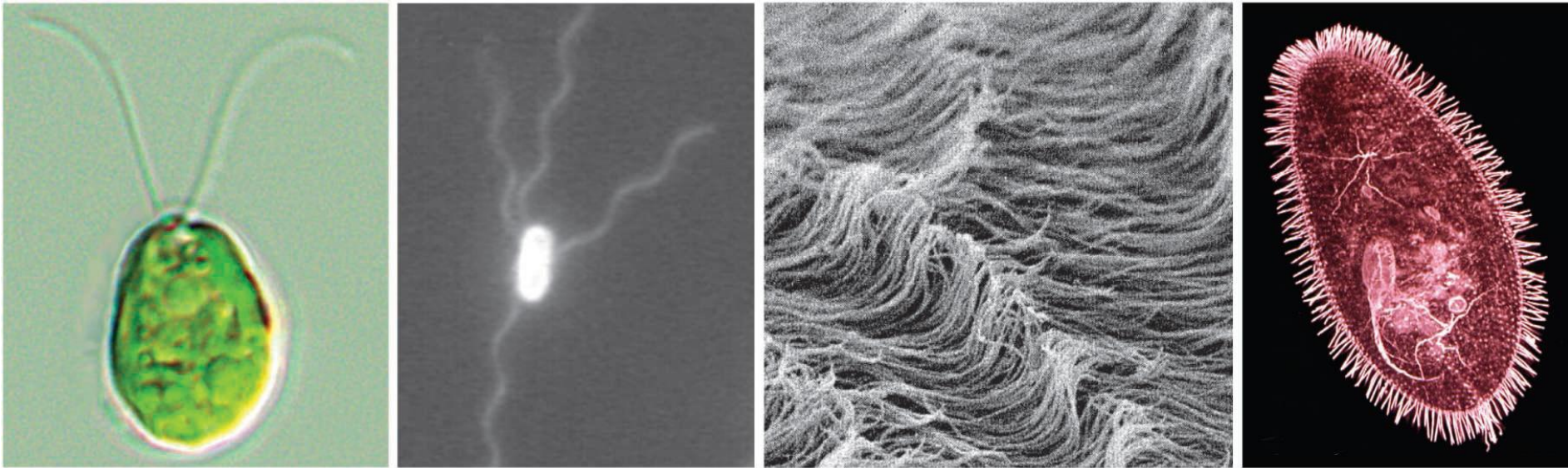
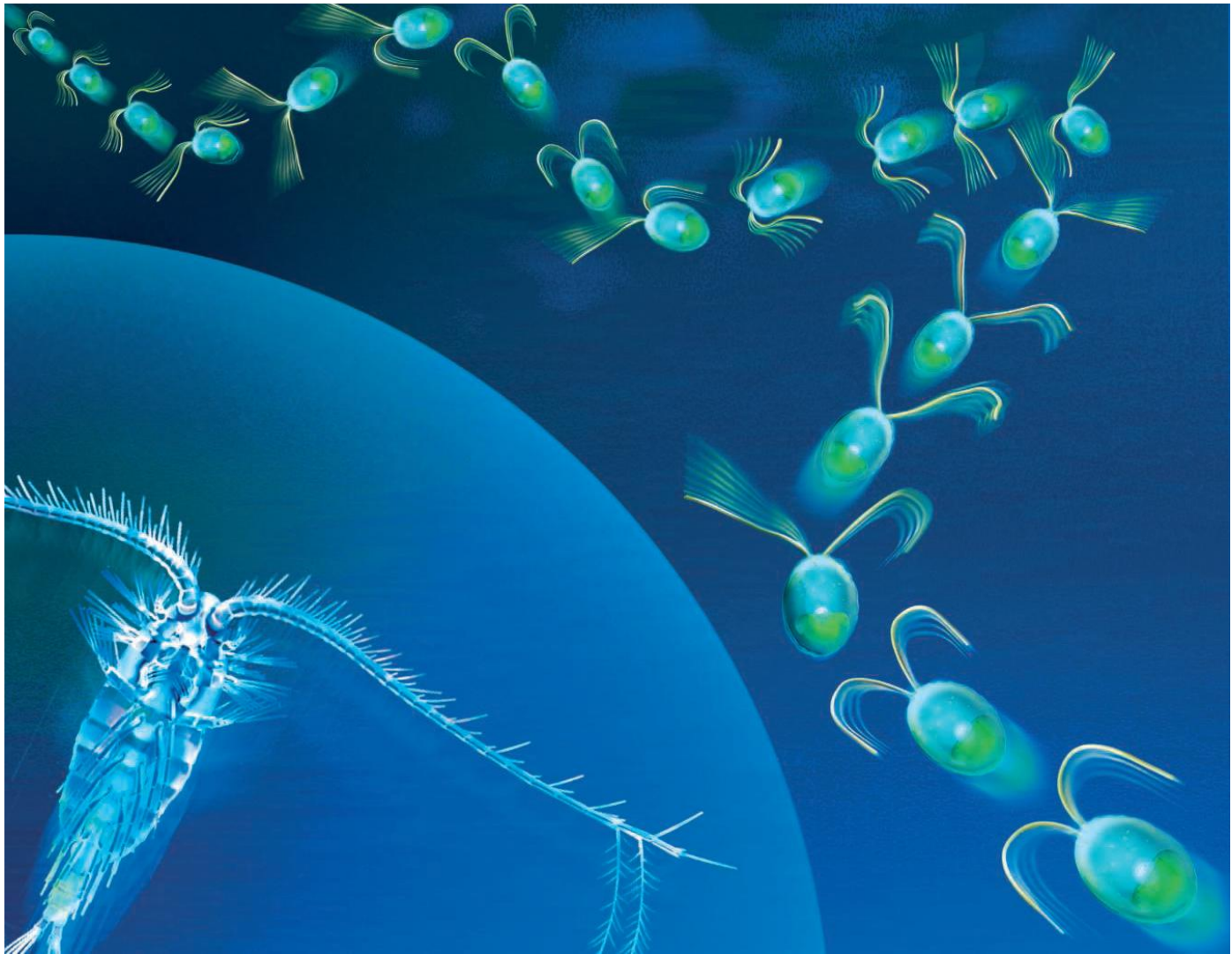


Fig. 11.29 Examples of polymorphism in freshwater animals. (a) Cyclomorphosis in *Daphnia*; young and adult morphology at different dates from a temperate pond, showing the progressive growth of the 'helmet' after successive moults; water temperatures are also shown. (Adapted from Brooks 1947.) (b) The four morphs of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from Thingavallvatn, an Icelandic lake: (i) large benthivore; (ii) small benthivore; (iii) piscivore; and (iv) planktivore. (Adapted from Skulason & Smith 1995.)

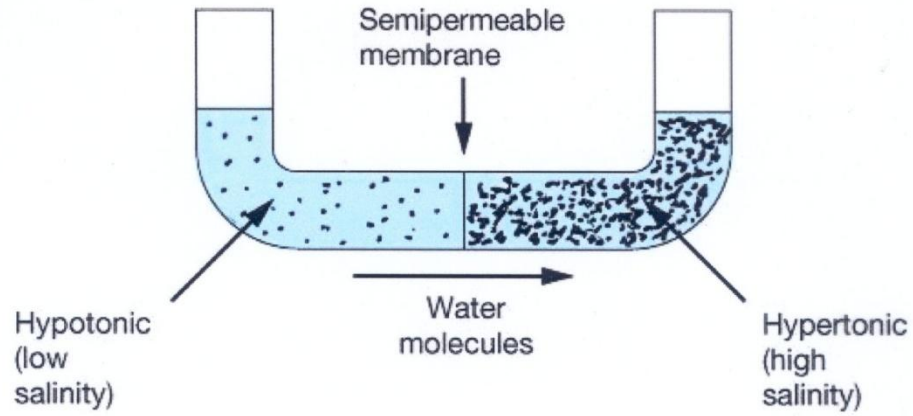


Cilia and flagella. The alga *Chlamydomonas reinhardtii* (body size $7\ \mu\text{m}$ by $10\ \mu\text{m}$) (A) swims with two flagella. The bacterium *E. coli* (body size $1\ \mu\text{m}$ by $2\ \mu\text{m}$) (B) swims by coordinating several helical flagella (12). The coordinated motion of thousands of cilia produces metachronal waves (wavelength $5\ \mu\text{m}$) (13) (C); these waves propel microorganisms like *Paramecium* (body size $50\ \mu\text{m}$ by $100\ \mu\text{m}$) (D)

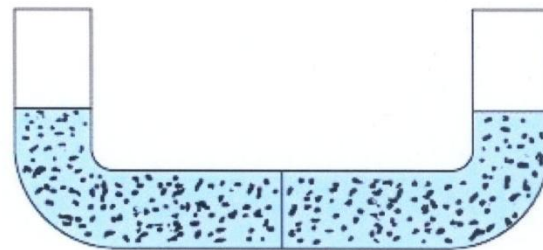


The swimming pattern of *Chlamydomonas* discovered by Polin *et al.* could be a stealthy tactic to avoid encounters with predators such as copepods. Straight runs occur when the alga's two flagella beat in unison, whereas tumbles are triggered when their motion is not synchronized. To minimize predation risk, the run length must be smaller than the predator's capture radius, represented by the spherical surface

OSMOSIS



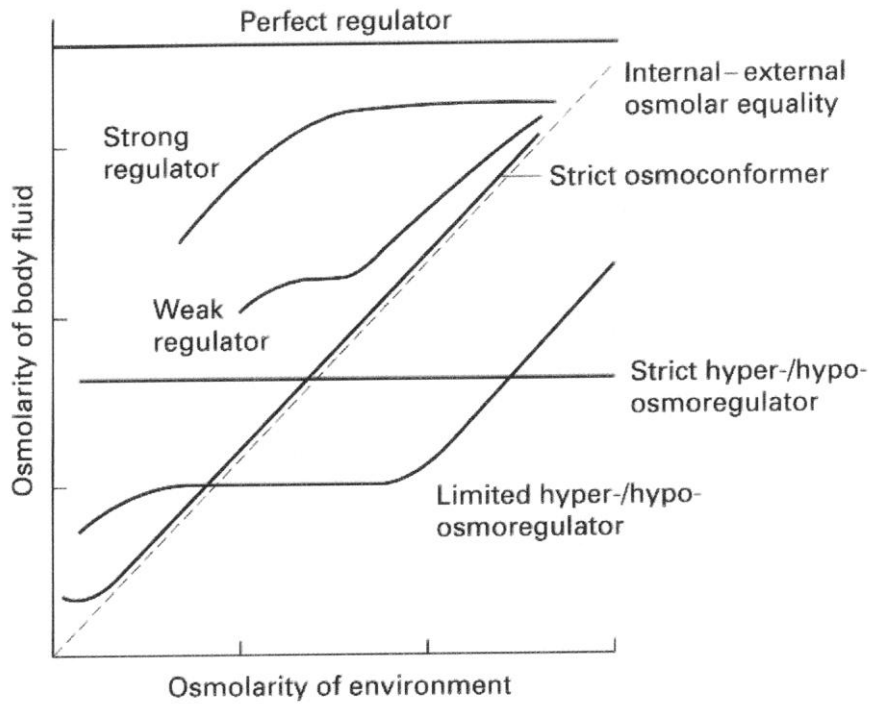
(a)



Isotonic

(b)

Principles



Examples

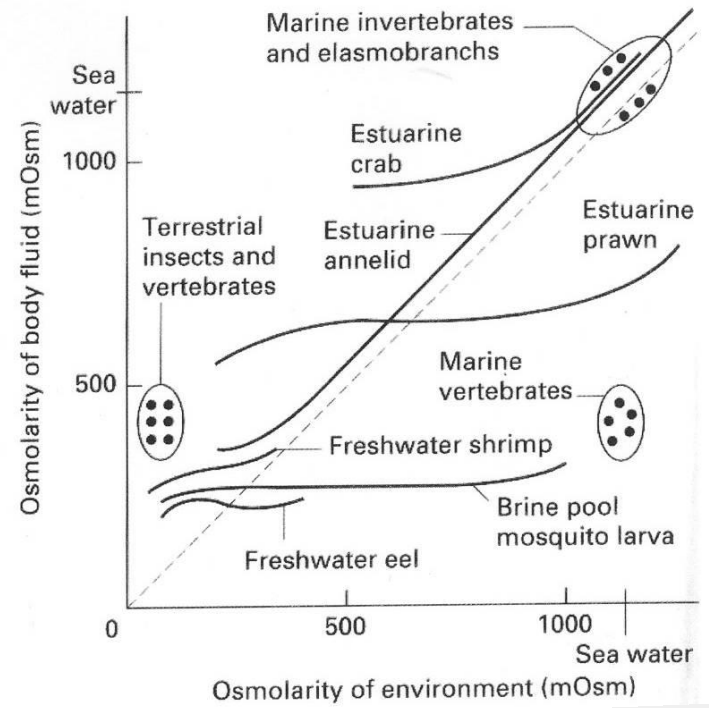
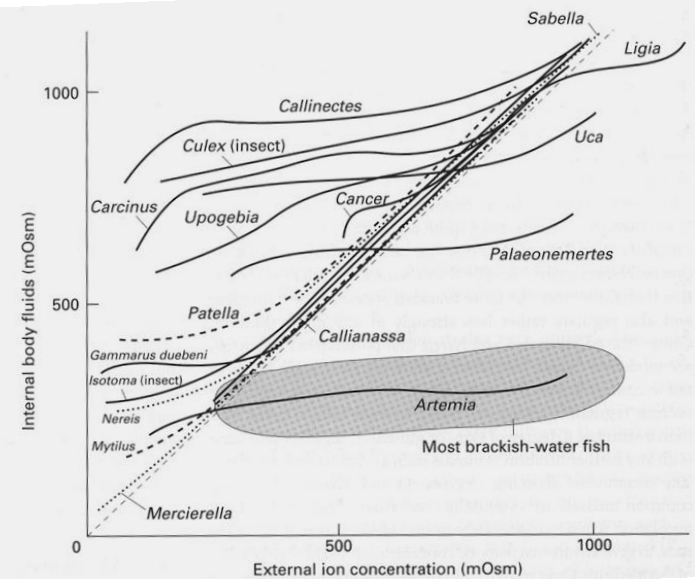
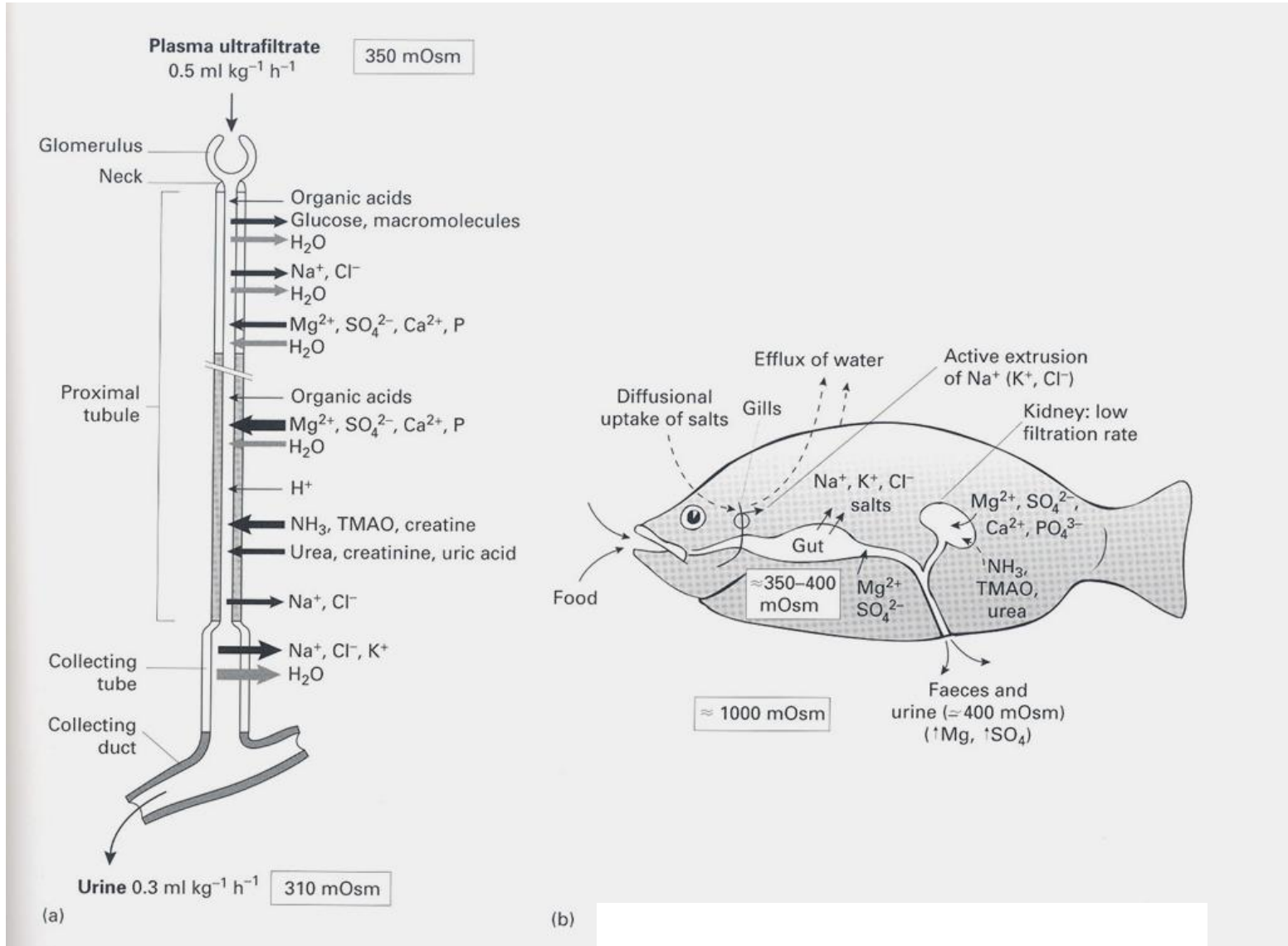
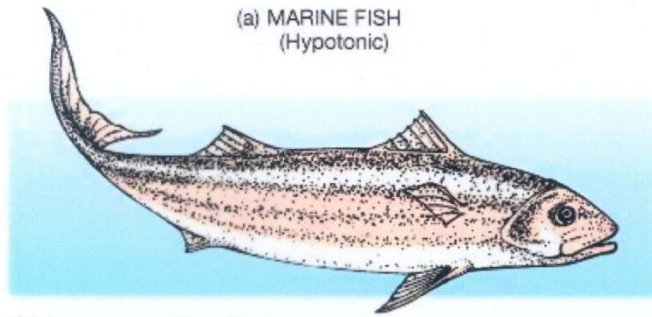


Fig. 10.13 Variation of internal body fluid concentrations with external salinity for a range of brackish-water species. Arthropods are shown by solid lines, molluscs by dashed lines and worms by dotted lines, with teleost fish represented by the tinted area.

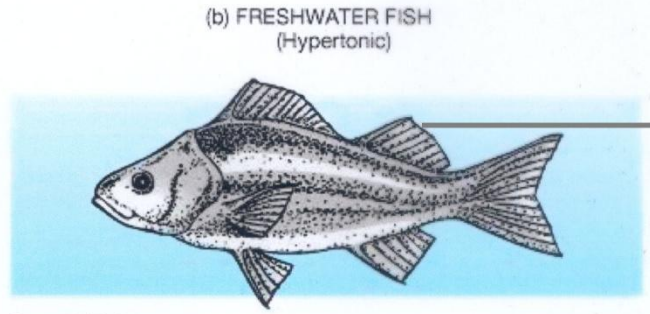


Movimiento de las sales y del agua: a) En la nefrona de teleósteos; b) en el conjunto del organismo; (TMAO, Oxido de trimetilamina)





Drink large quantities of water
 Secrete salt through special cells
 Small volume of highly concentrated urine



Do not drink
 Cells absorb salt
 Large volume of dilute urine

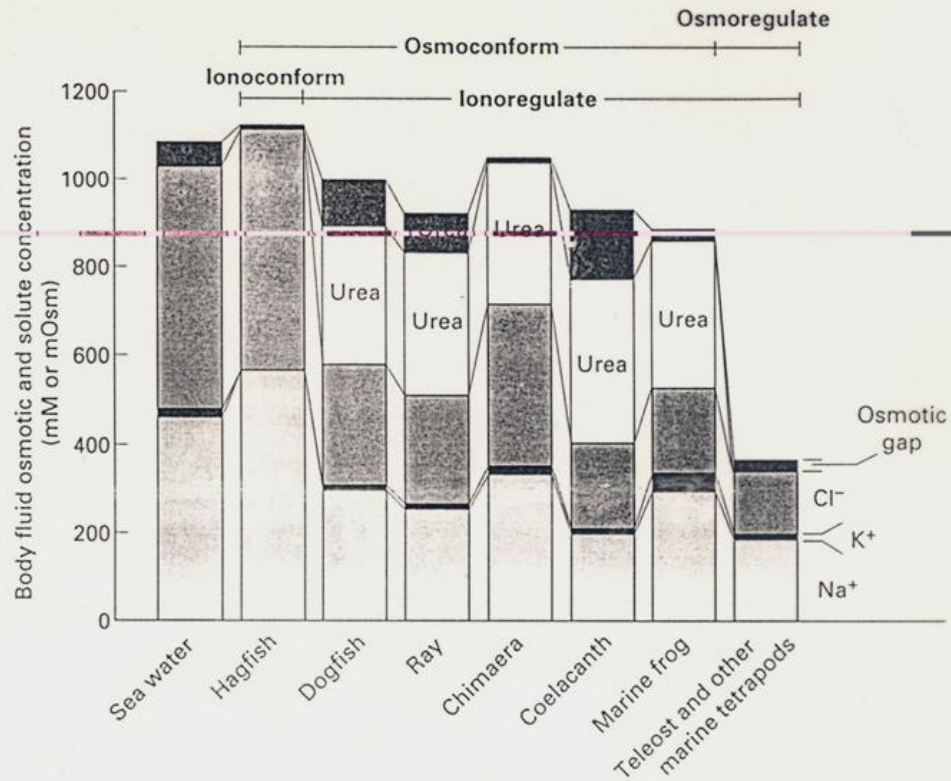


Fig. 9.36 Body fluid composition in marine fish and a marine frog, showing the ionic and osmotic conforming or regulating patterns. 'Osmotic gap' is the blood solute concentration not accounted for by the listed components. (Adapted from Withers 1992.)

Relaciones iónicas (ropía) en los fluidos del cuerpo de organismos marinos y su comparación con los humanos

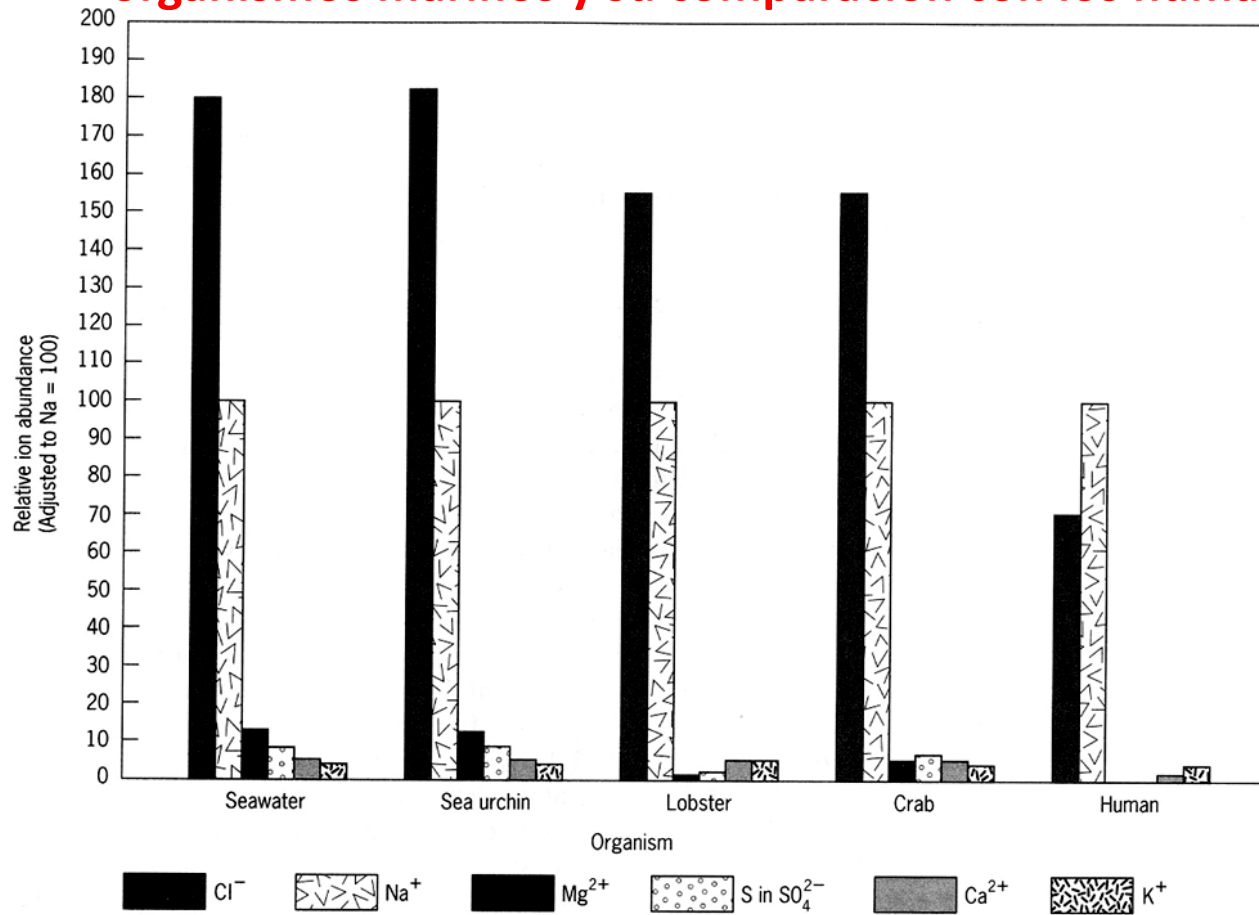
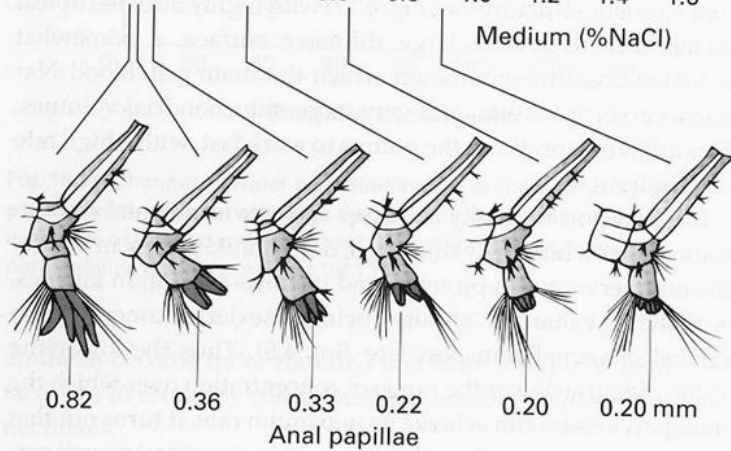
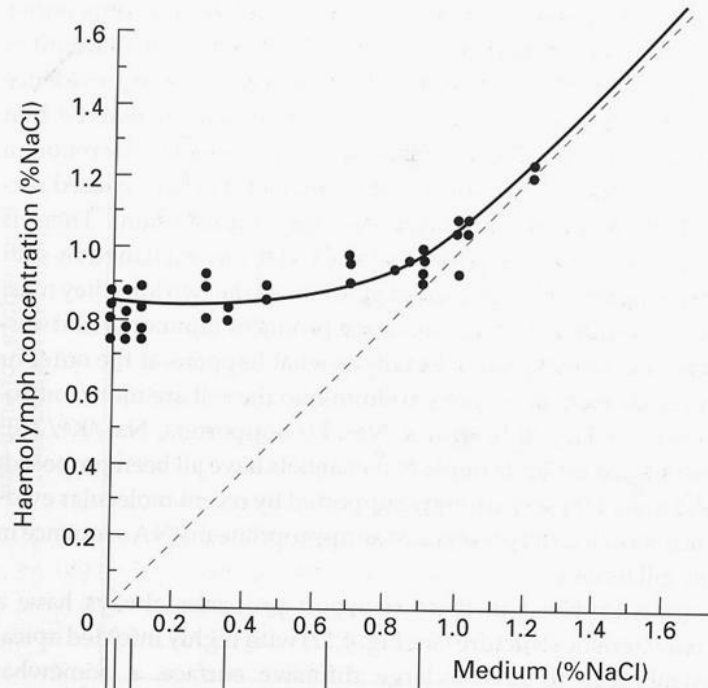


FIGURE 2.13. Relative composition of body fluids. Source: From *The Oceans*, H. U. Sverdrup, M. W. Johnson, and R. H. Fleming, copyright © 1941 by Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, p. 48. Reprinted by permission. Based on data from J. D. Robertson, reprinted with permission from the *Journal of Experimental Biology*, vol. V.XVI, p. 394, copyright © 1939 by Company of Biologists, Ltd., Essex, England.



La regulación del medio interno puede generar cambios morfológicos en los organos implicados en el intercambio de agua y sales. El ejemplo de las papilas anales del mosquito *Culex* en un gradiente de cloruro sódico

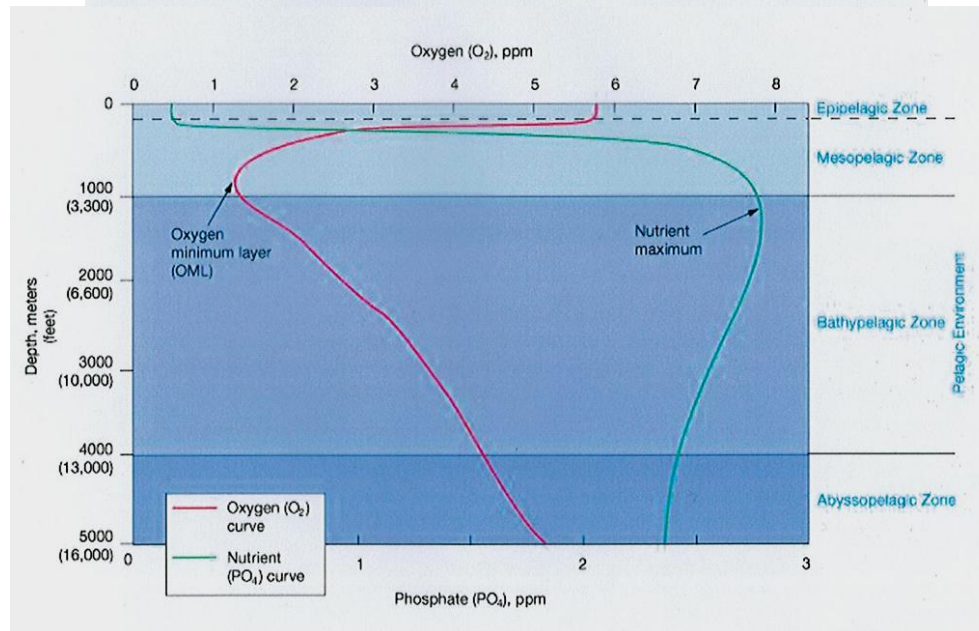
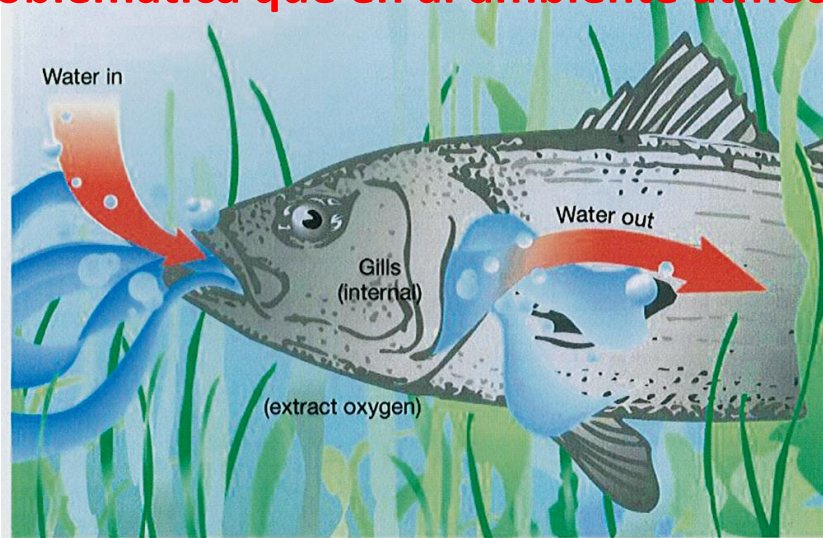
Fig. 10.17 The relationship between haemolymph and medium NaCl concentrations for the brackish-water mosquito *Culex*, also showing the associated growth of the anal papillae (where uptake occurs) in dilute media. (Adapted from Wigglesworth 1938.)

Distribución de los Phyla mayores en diferentes habitats

| Phylum/ group | Marine benthic | Marine pelagic | Freshwater | Terrestrial | Parasitic |
|------------------|----------------|----------------|------------|-------------|-----------|
| Porifera | ++ | l | | | |
| Cnidaria | ++ | ++ | + | | |
| Ctenophora | | ++ | | | |
| Platyhelminthes | + | + | ++ | + | ++ |
| Nemertea | ++ | l | + | + | |
| Nematoda | ++ | | ++ | ++ | ++ |
| Acanthocephala | | | | | ++ |
| Rotifera | + | + | ++ | | r |
| Mollusca | ++ | + | ++ | ++ | r |
| Annelida | ++ | + | ++ | + | + |
| Pogonophora | + | l | | | |
| Sipuncula | + | l | | | |
| Priapulida | + | l | | | |
| Arthropods | | | | | |
| Crustacea | ++ | ++ | ++ | ++ | r |
| Arachnida | r | | + | ++ | ++ |
| Insecta | | | ++ | ++ | ++ |
| Onychophora | | | | + | |
| Bryozoa | ++ | l | + | | |
| Brachiopoda | + | l | | | |
| Echinodermata | ++ | lr | | | |
| Urochordata | ++ | + | | | |
| Chordates | | | | | |
| 'Pisces' | ++ | ++ | ++ | | |
| Amphibia | r | | + | + | |
| Reptilia | | + | + | ++ | |
| Aves | | (+) | (+) | ++ | |
| Mammalia | | + | + | ++ | |

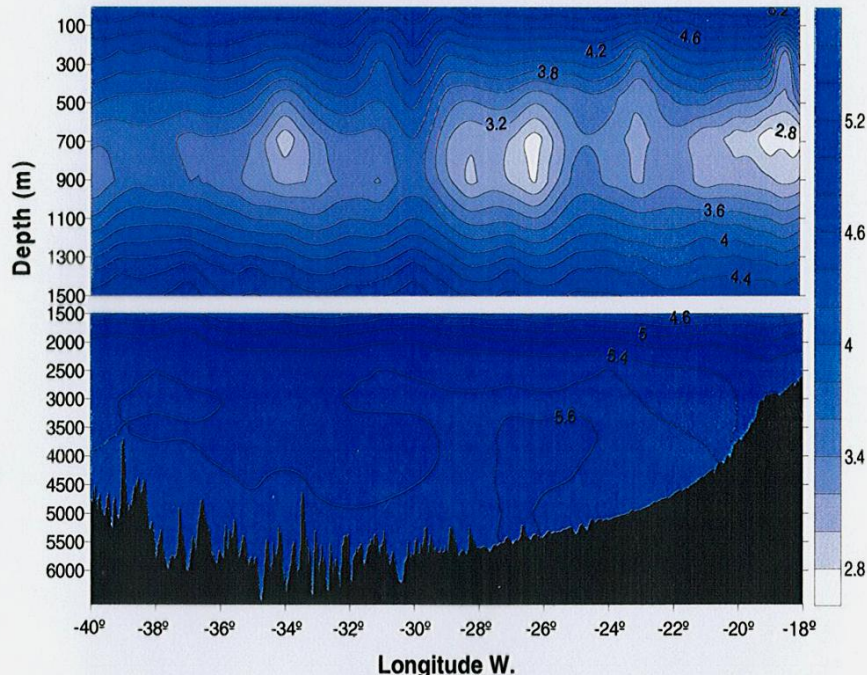
++, Common; +, present; r, rare; l, larvae only.

La respiración en medios acuáticos puede ser más problemática que en el ambiente atmosférico

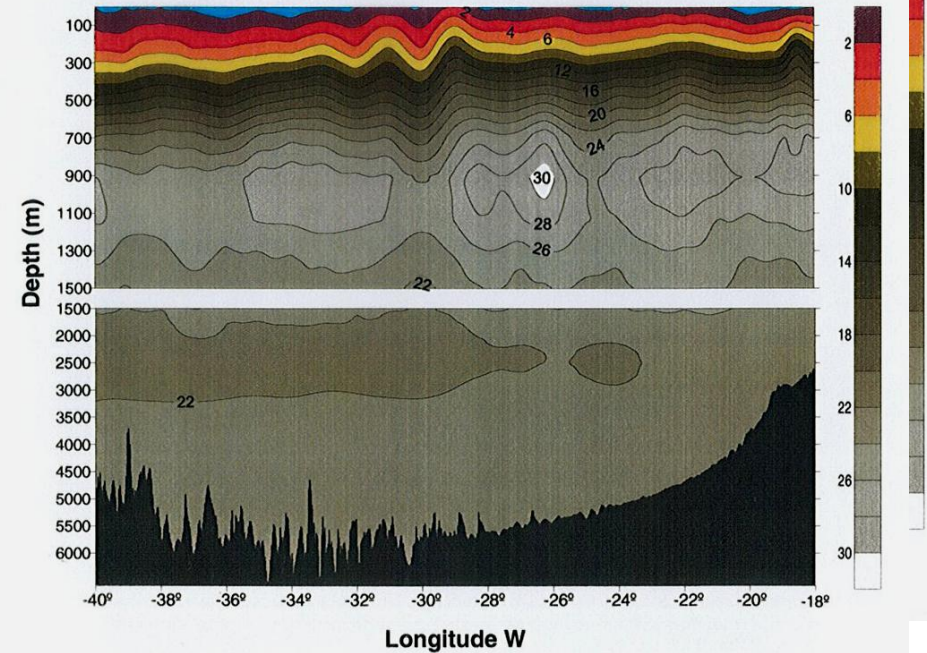


La distribución del oxígeno en el océano está afectada por la concentración en origen (al hundirse) y el consumo a lo largo del tiempo de residencia en profundidad

OXÍGENO
OXÍGENO



NITRATO
NITRATO



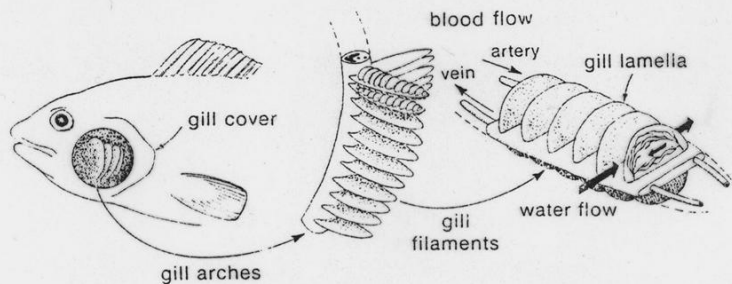


Figure 6-11

A fish's gill consists of several gill arches, each of which carries two rows of filaments. The filaments bear thin lamellae oriented in the direction of the flow of water through the gill. Within the lamellae, blood flows in a countercurrent direction to the movement of water past the surface. (From Randall 1968.)

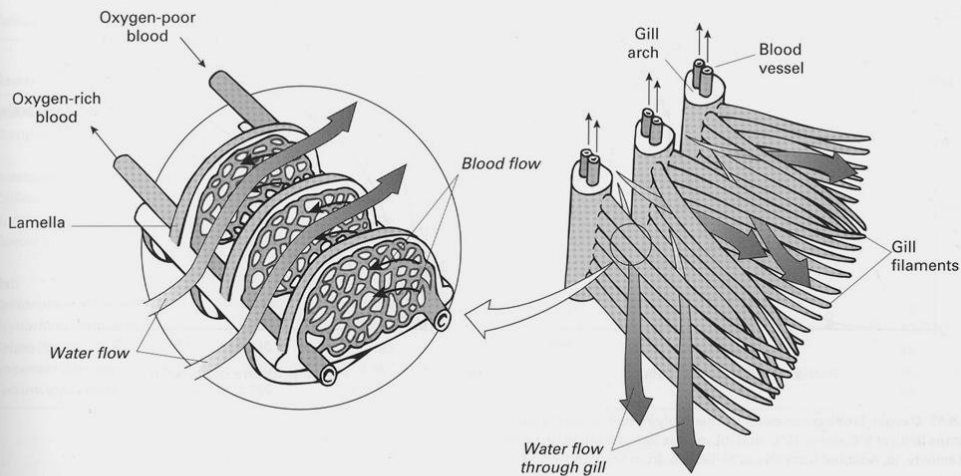
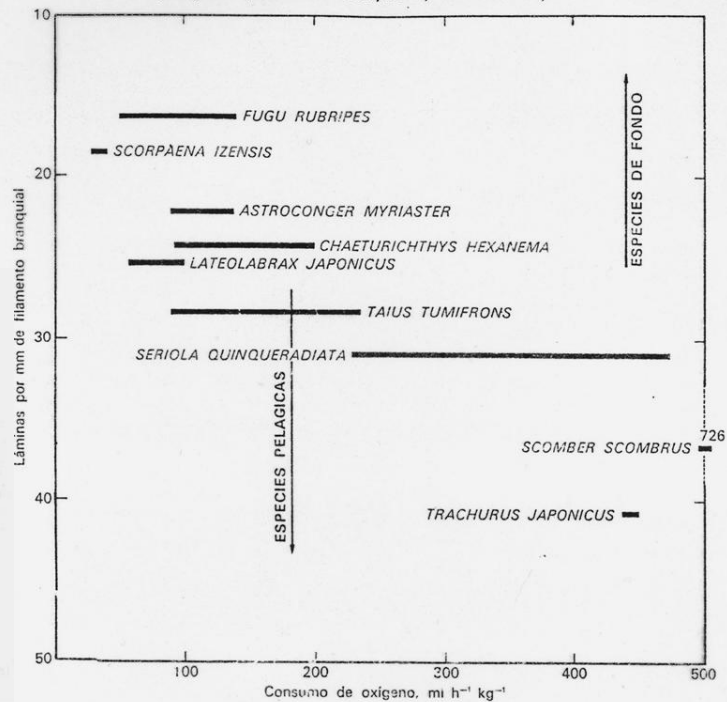
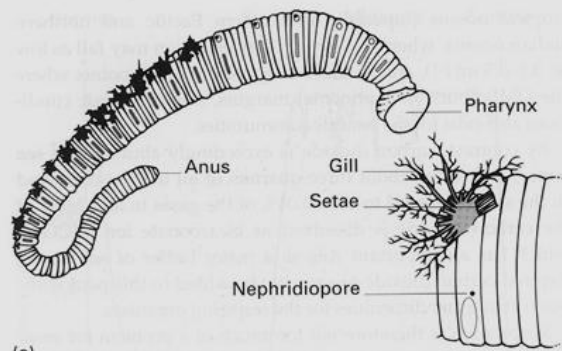


Fig. 9.16 The structure of fish gill lamellae showing the countercurrent flow of water and of blood.

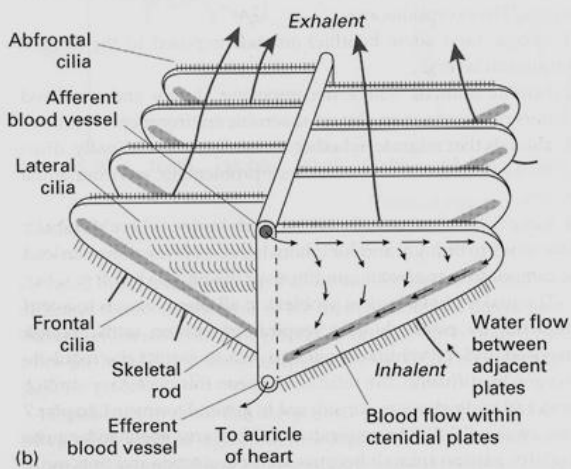
stantial suite of features that improve oxygen removal from the water: enhanced ventilation, larger gill surface areas, reduced diffusion distances across gill surfaces, and higher-affinity

Figura 2-20 Número de laminillas por mm de filamento branquial, en distintas especies de peces, en función del consumo de oxígeno, expresado éste en ml por hora y kg de peso fresco o total. Las especies de fondo tienen un metabolismo mas bajo que las pelágicas. (Datos de Kobayashi y Ichikawa^{95a}.)

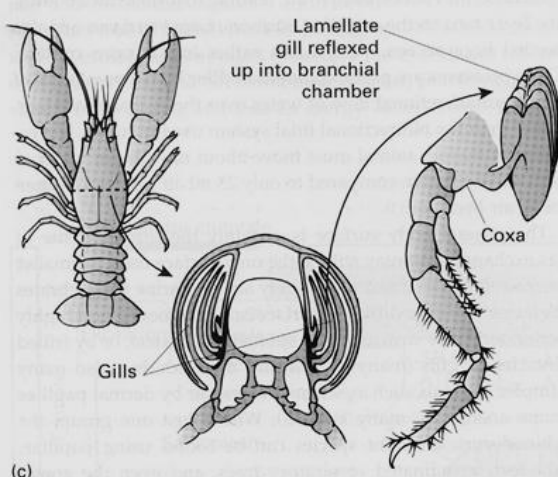




(a)



(b)



(c)

Fig. 9.14 A variety of respiratory structures in marine invertebrates: (a) polychaete; (b) gastropod mollusc; and (c) crustacean.

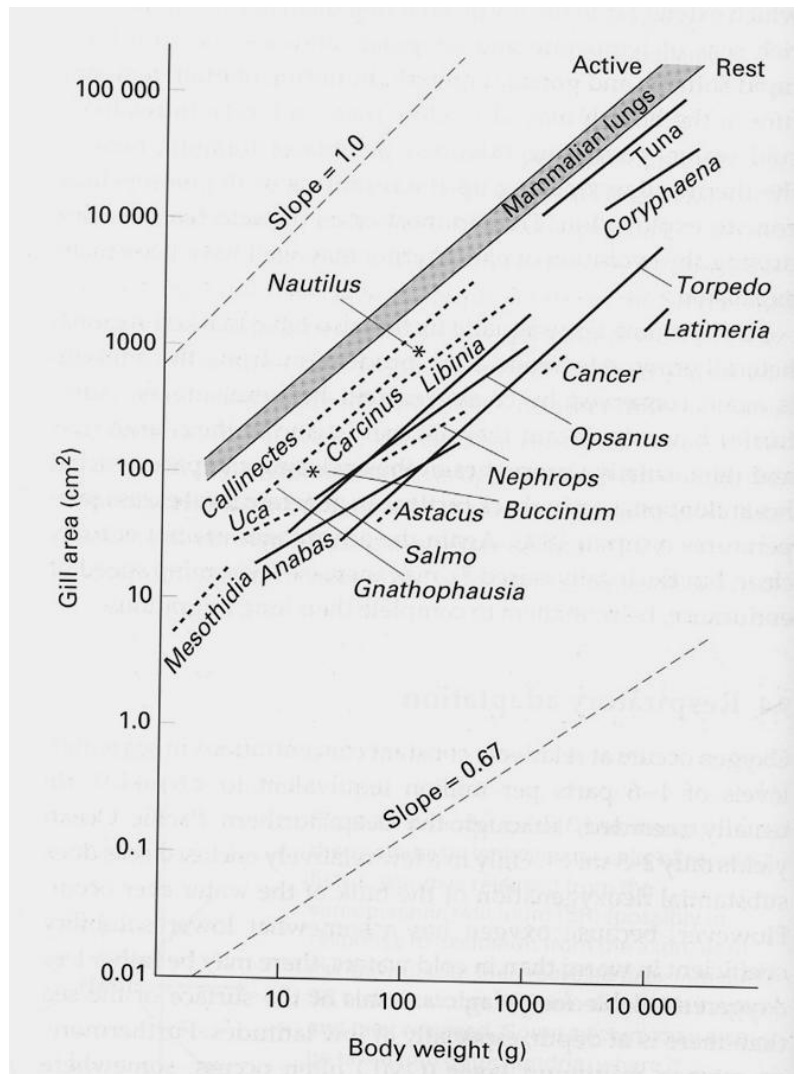


Fig. 9.15 The relationship between gill area and body mass for a range of crustaceans (dashed lines), molluscs (*) and fish (solid lines). (From Withers 1992.)

En lagos o zonas costeras confinadas la concentración de oxígeno puede modificarse durante el ciclo anual. También se modifica en proximidad del sedimento

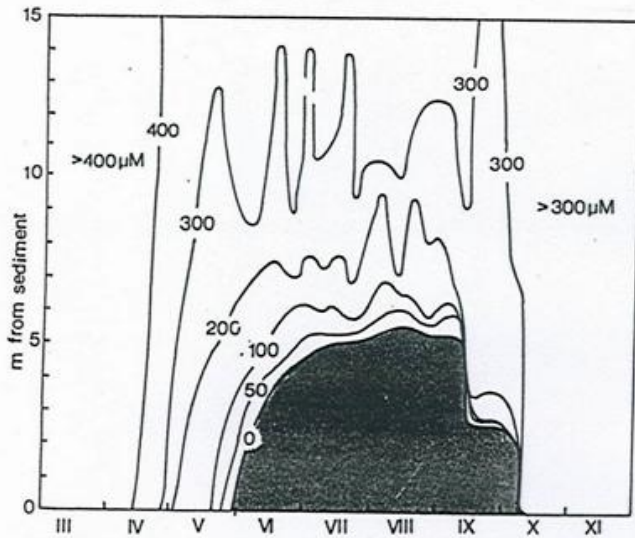


Fig. 1.8 The development of an anoxic hypolimnion following summer stratification followed by mixing of the water column during autumn turnover in Esthwaite Water (English Lake District) in 1980 (data from Finlay 1981).

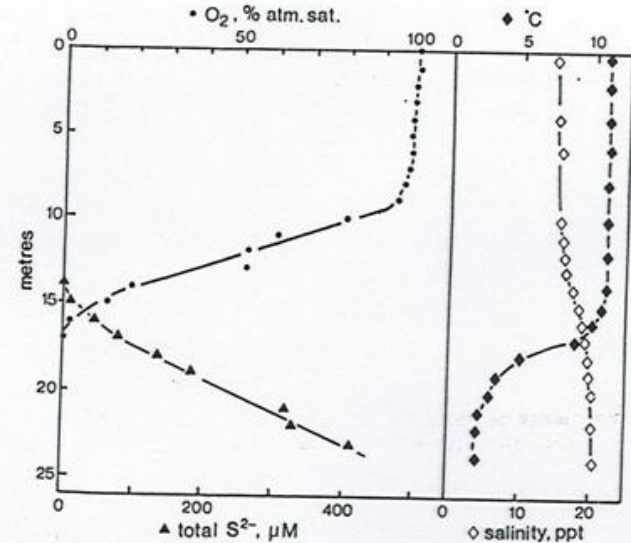
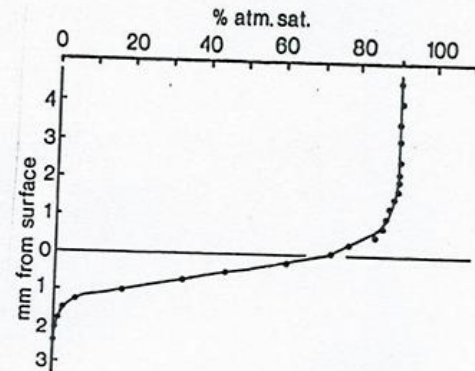


Fig. 1.7 The distribution of O_2 , total S^{2-} , salinity and temperature in a 25 m deep depression in the otherwise shallow Mariager Fjord (Denmark), October 1987 (data from Fenchel *et al.* 1990).

Fig. 1.1 Above: the predicted oxygen gradient in a sediment according to eq. [1.1]; the linear decrease in oxygen concentration in the diffusive layer immediately above the sediment is also indicated (C_w : bulk concentration in water, C_0 : concentration at sediment surface, L : maximum depth of oxygen penetration). Below: the oxygen tension measured at 0.25 mm intervals with an oxygen microelectrode, from 4 mm above to 2.5 mm below the surface of a sediment core (kept in the dark) from Nivå Bay.



La respiración de los organismos atmosféricos en el agua exige adaptaciones morfológicas o de comportamiento específicas

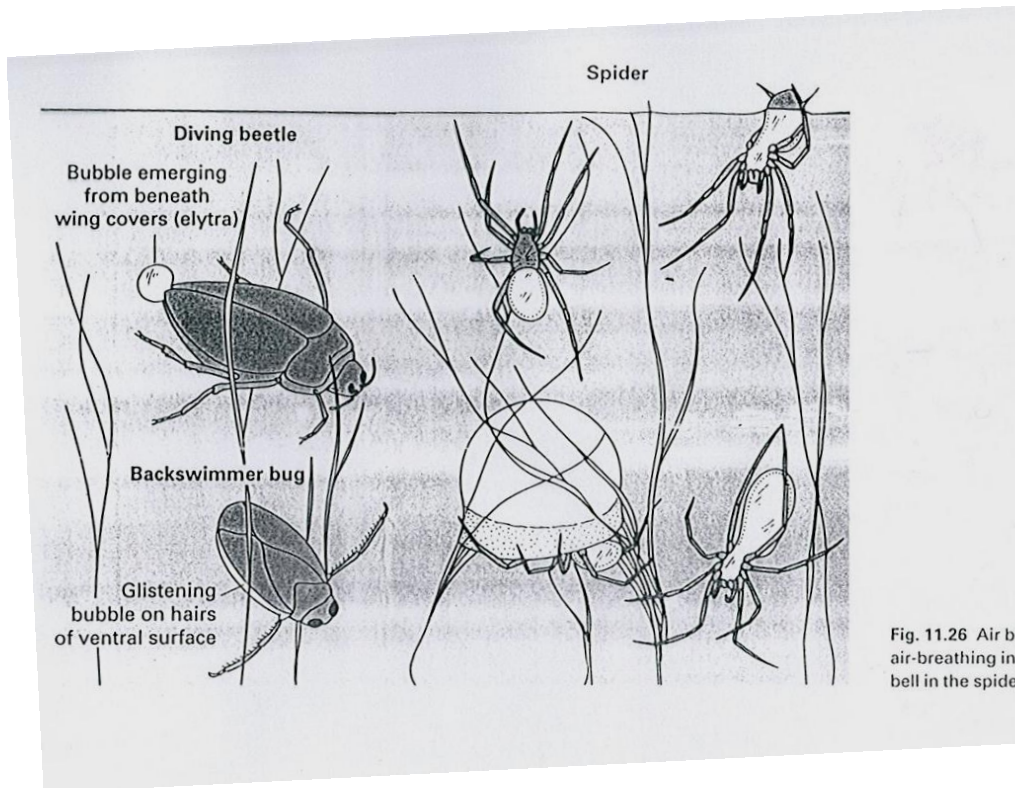
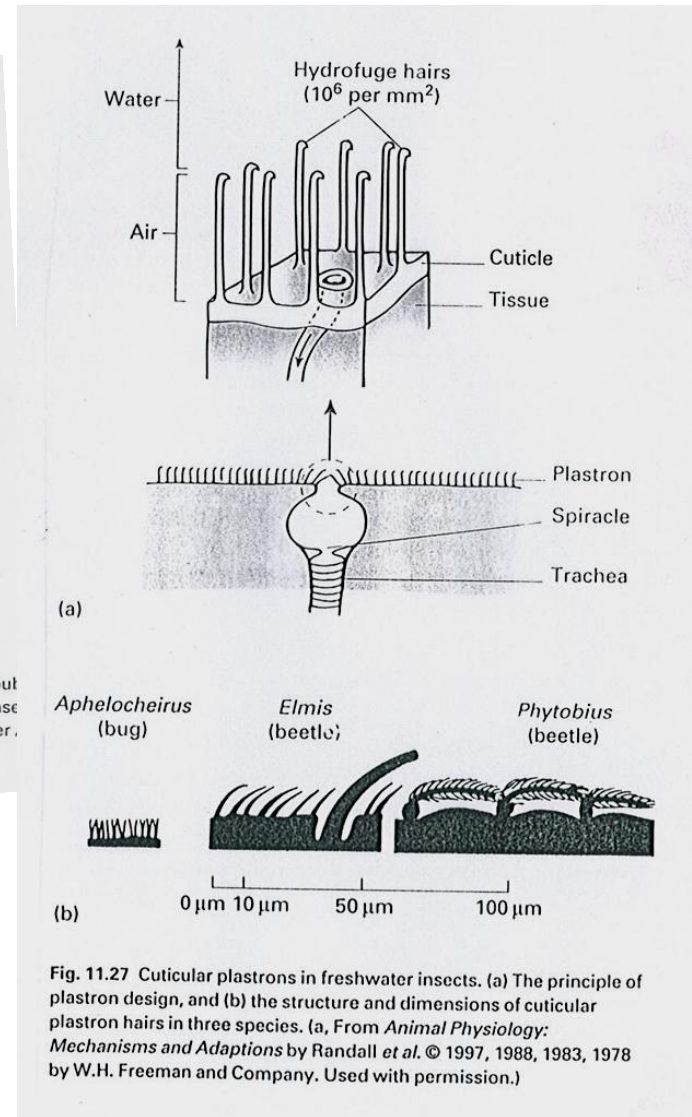
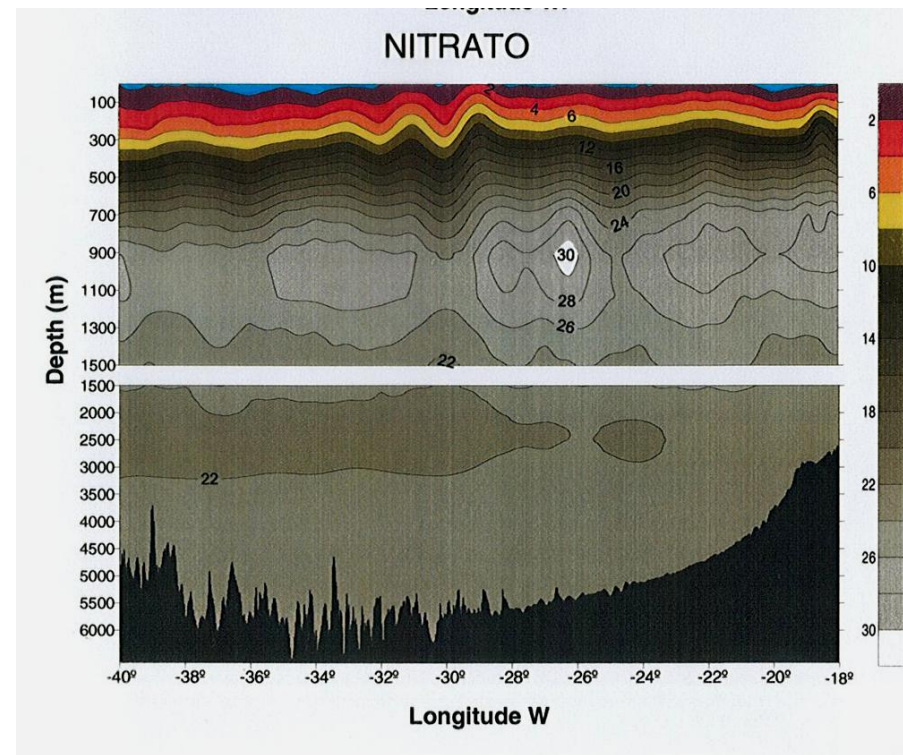
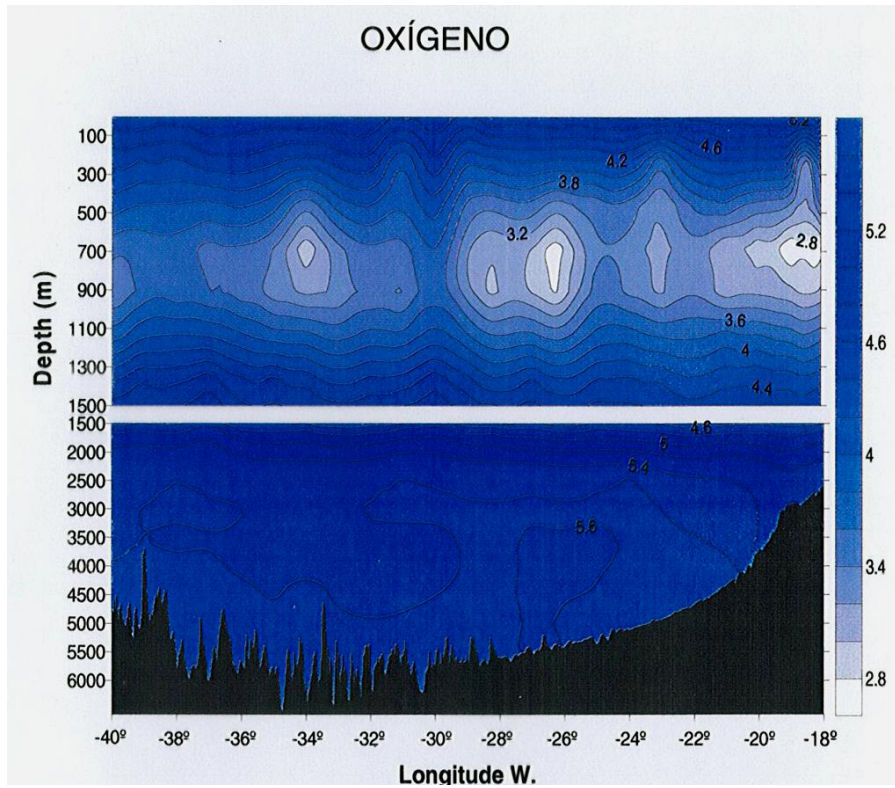


Fig. 11.26 Air but air-breathing insect bell in the spider.



**La distribución del nitrato es casi inversa a la concentración de oxígeno
¿Cual es la causa?**



Uno de los patrones básicos en los medios acuáticos es el de estratificación y desestratificación de la columna de agua. Las termoclinas o picnoclinas pueden ser estacionales o permanentes. Estas estructuras afectan a los intercambios entre las diferentes capas que siempre se realiza de una manera asimétrica

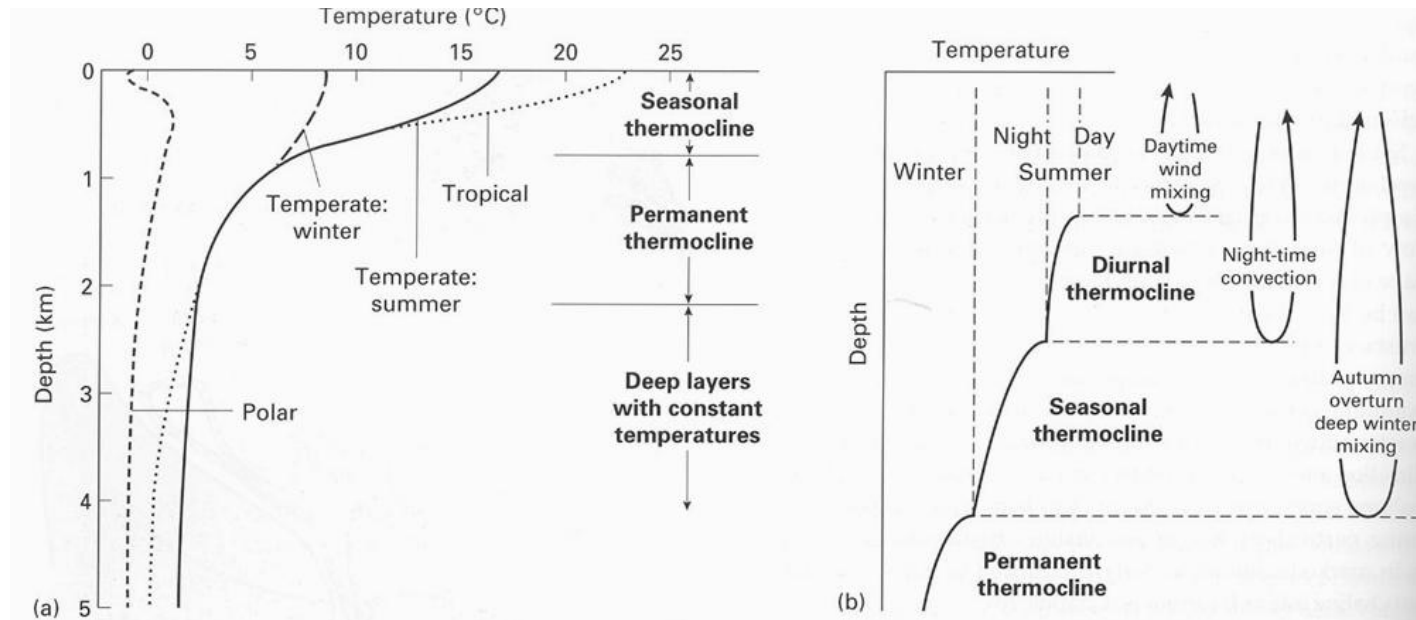
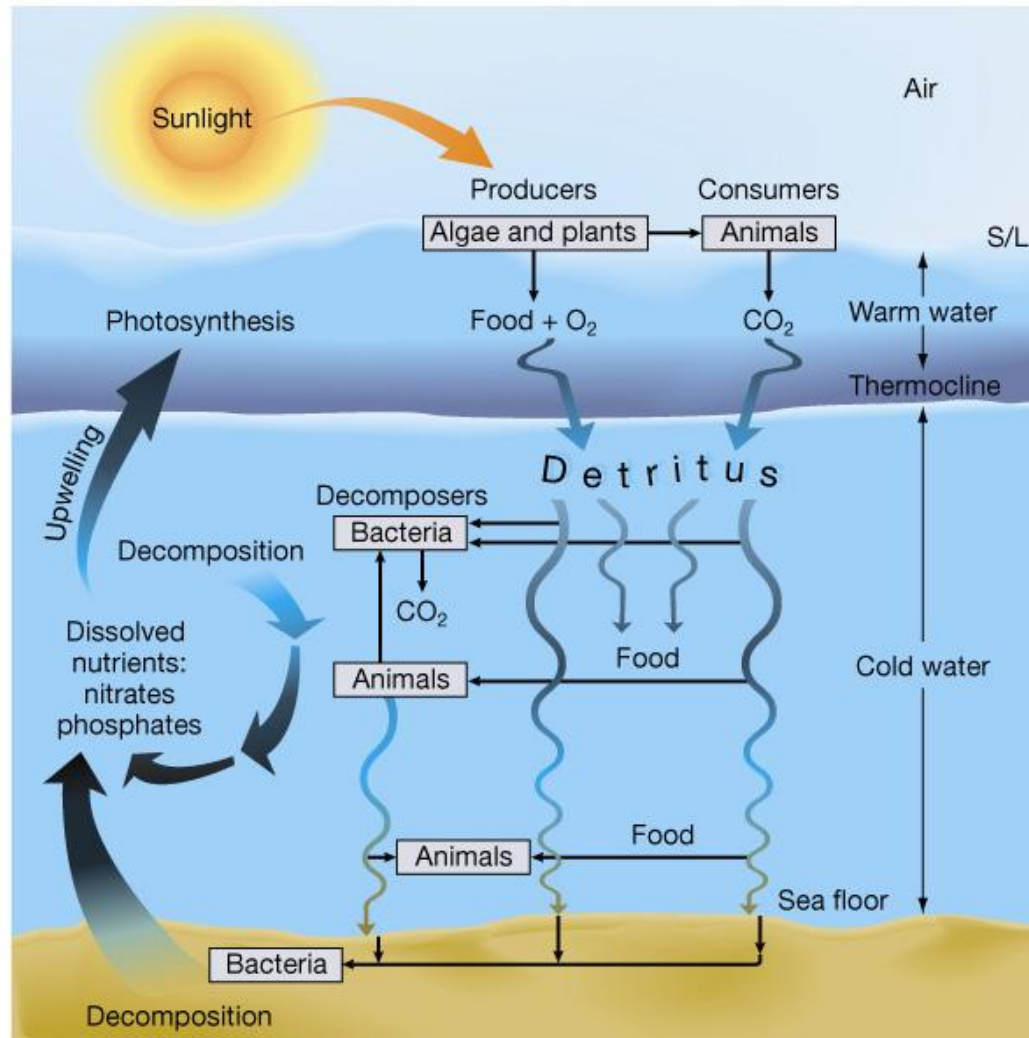


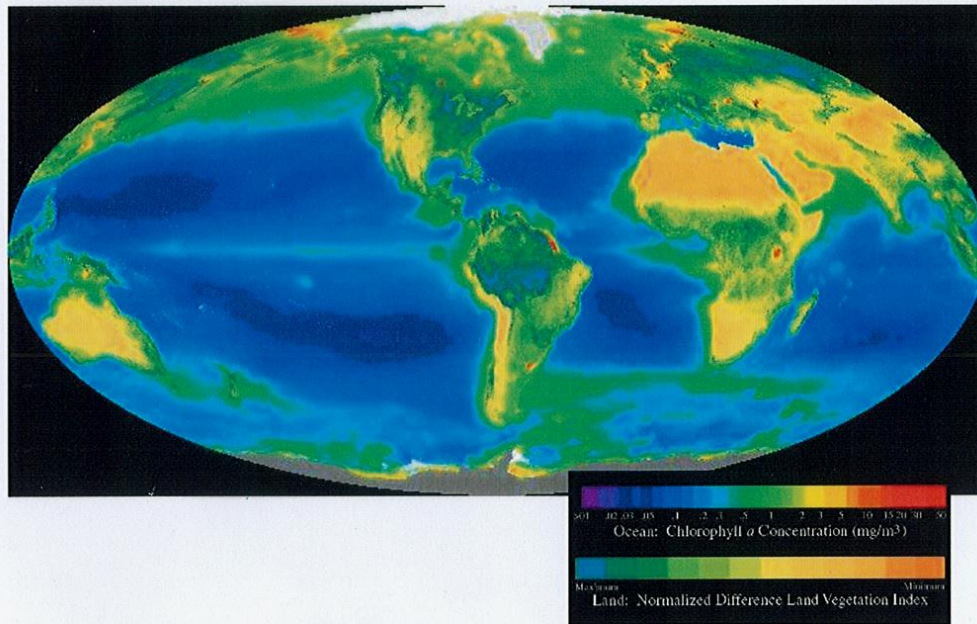
Fig. 9.7 (a) Patterns of temperature gradient in the upper ocean showing seasonal and permanent thermoclines. (b) The associated patterns of mixing and stratification for the open ocean. The strongly mixed layer extends only to the top of the diurnal thermocline, though there may be some deeper mixing where night-time temperatures are very low and at the onset of winter (the 'autumn overturn').

less than 1°C in the Antarctic. Only in some temperate zones with temporary thermoclines over continental shelves is there a really marked seasonality; the western shores of the UK are a good example of this, with sea temperatures of 2°C in January rising to as high as 18°C at the end of a good summer. In such zones the mixing in the warmed surface layers may be very limited.

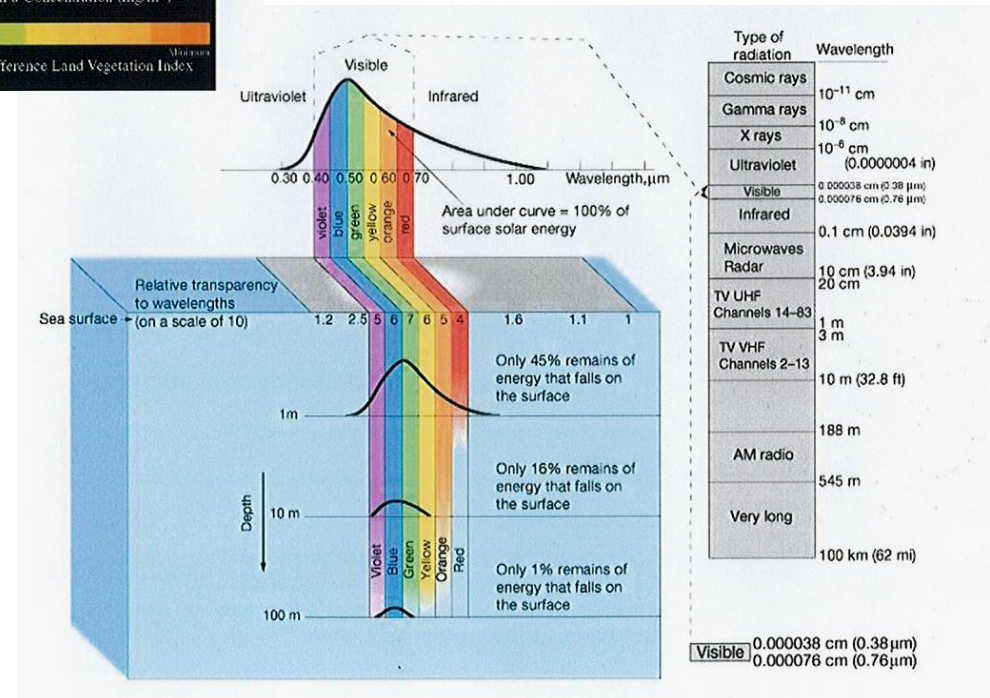
Disociación espacial entre las zonas de producción y las de mineralización de la materia orgánica en un medio acuático



Distribución de la clorofila en el océano y en la Tierra emergida



Absorción de la luz en Medios Acuáticos



Disociación espacial entre las zonas de producción y las de mineralización

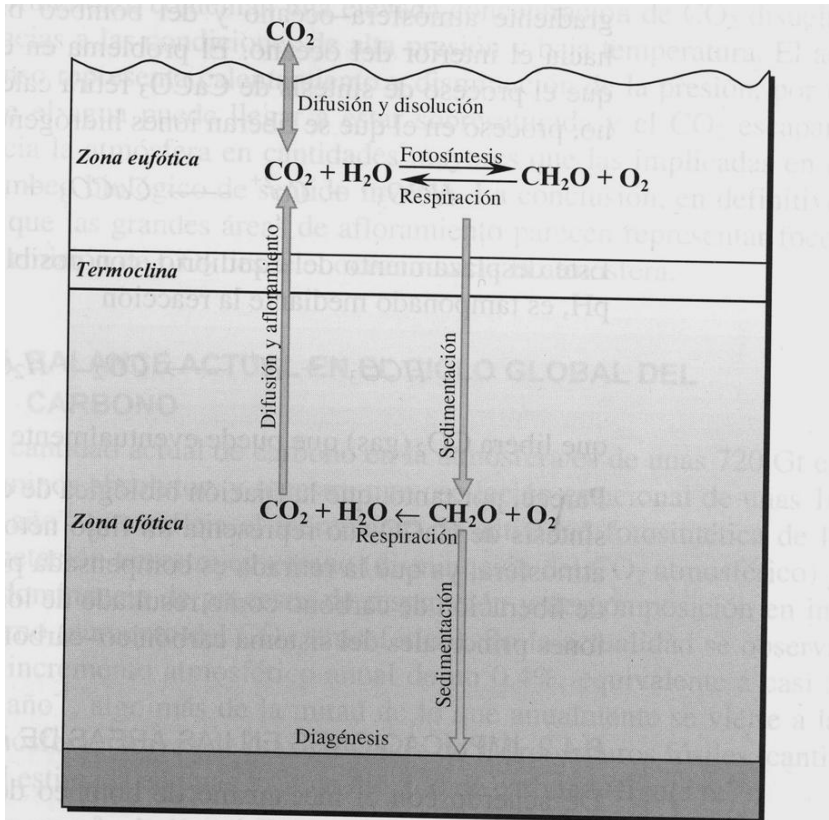


Figura 6.6. Esquema de funcionamiento de la "bomba biológica", mecanismo que transporta carbono en sentido opuesto al gradiente de concentración en los medios acuáticos.

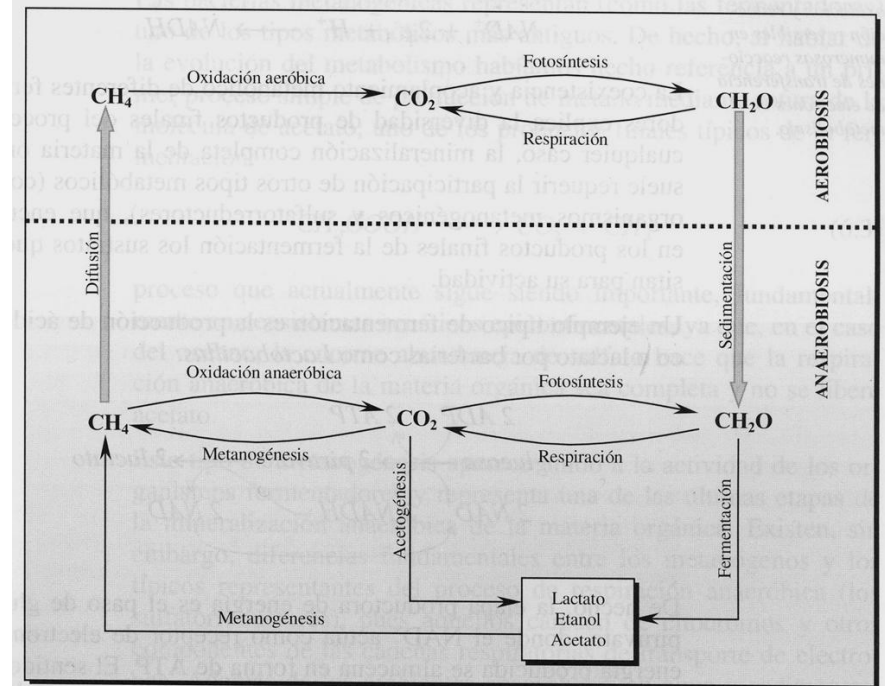


Figura 6.2. Principales procesos biológicos que intervienen en las transformaciones del carbono.

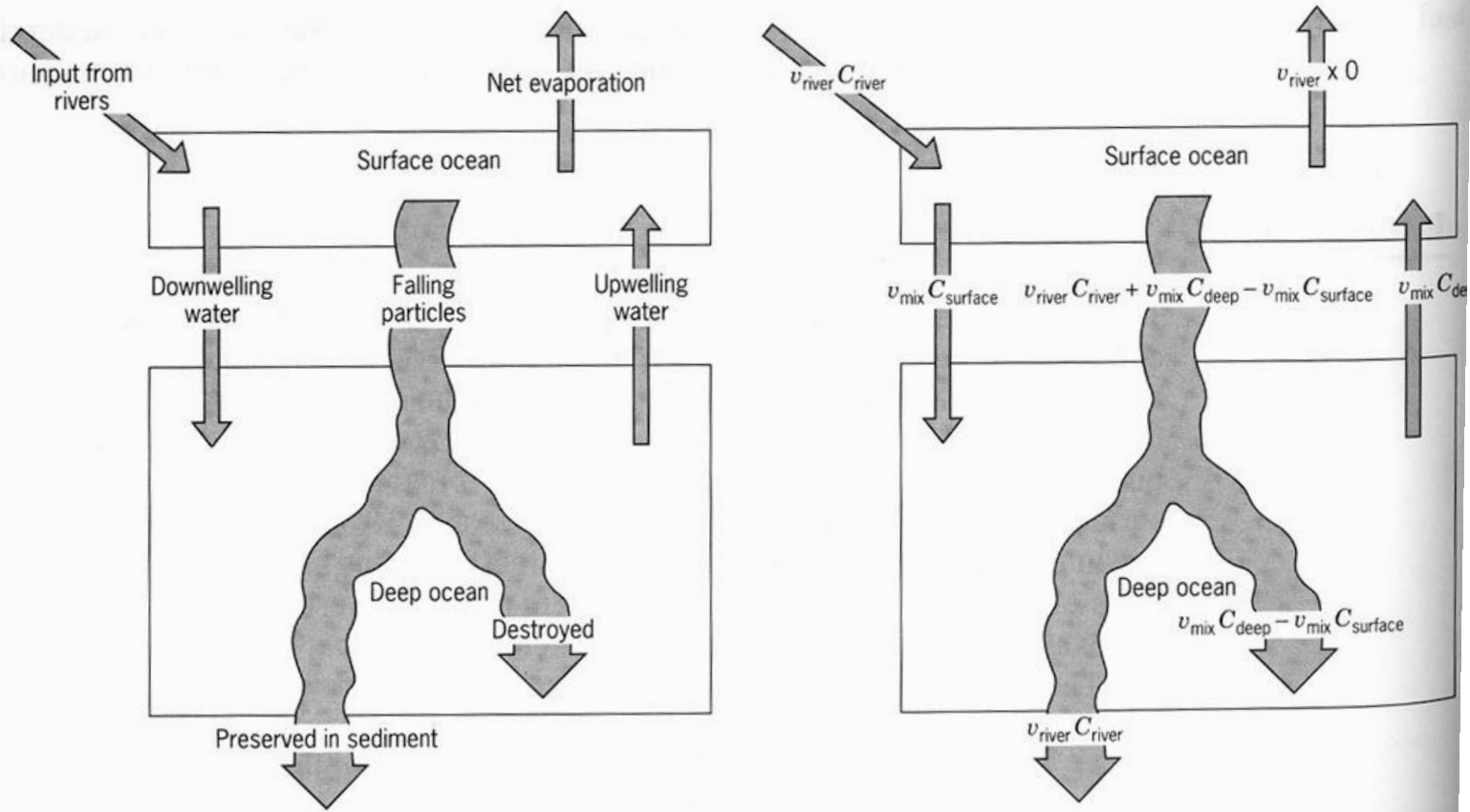


FIGURE 9.3. Box model for the biolimiting elements. *Source: From Chemical Oceanography, W. S. Broecker, copyright © 1974 by Harcourt, Brace and Jovanovich, Publishers, Orlando, FL, pp. 14–15. Reprinted by permission.*

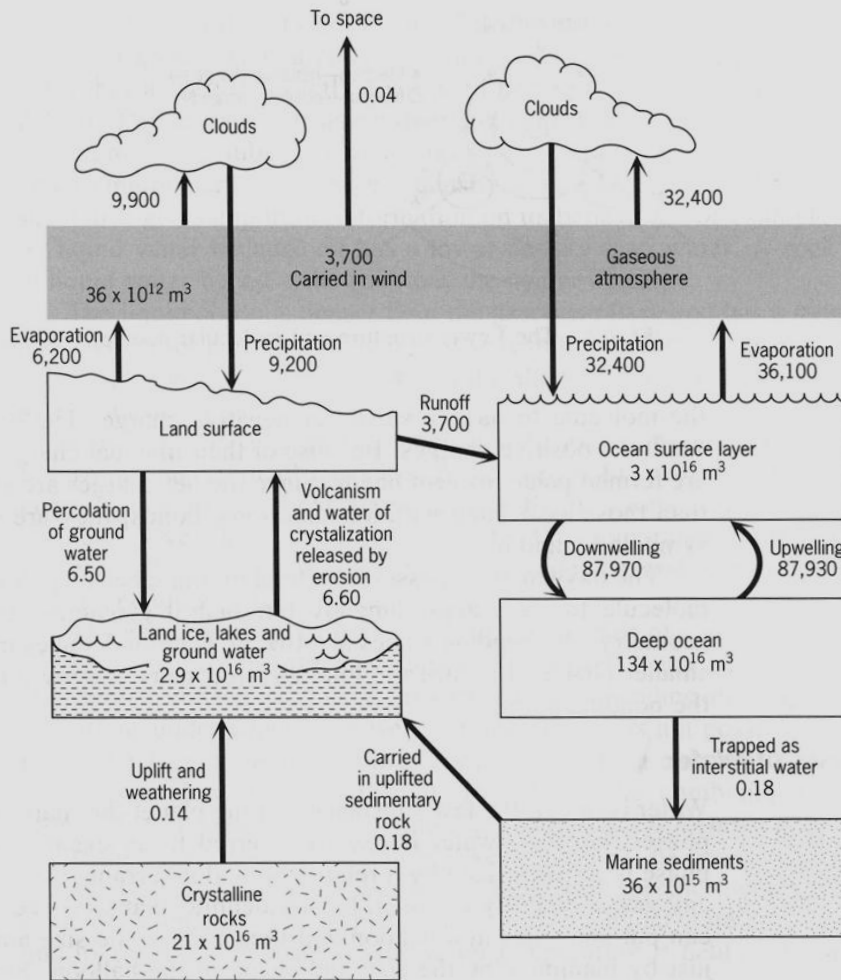
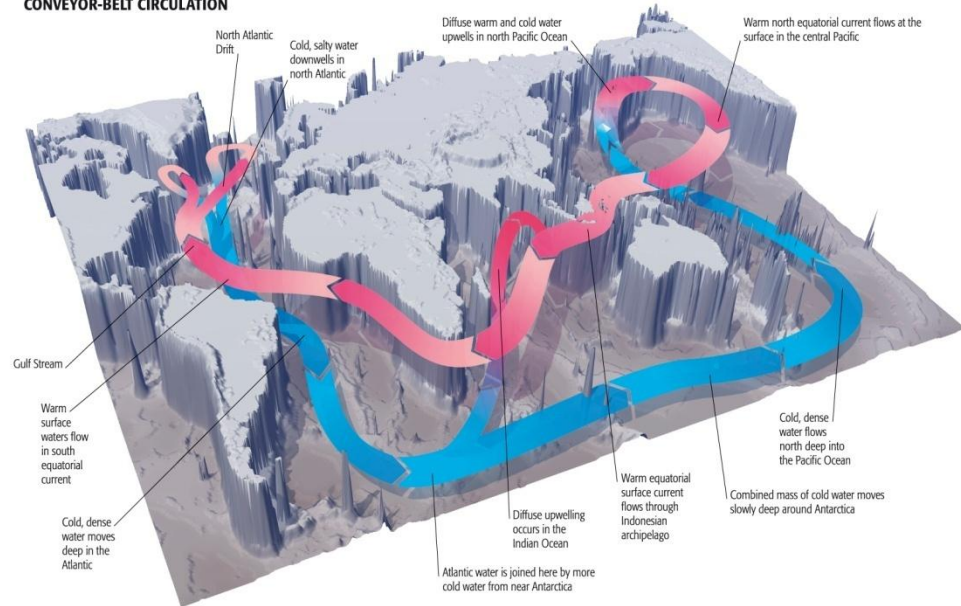


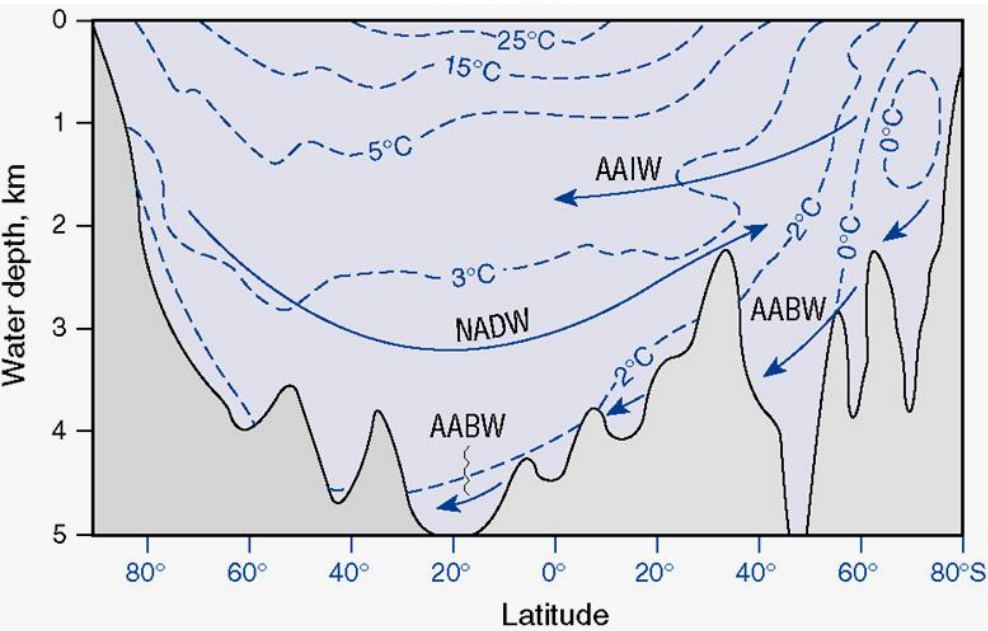
FIGURE 2.1. The hydrological cycle in $10^{10} \text{ m}^3/\text{y}$. Source: From *The World Ocean: An Introduction to Oceanography*, W. A. Anikouchine and R. W. Sternberg, copyright © 1981 by Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, p. 126. Reprinted by permission.

El tiempo de residencia del agua en profundidad es de miles de años, mientras que el agua de superficie se renueva en décadas

CONVEYOR-BELT CIRCULATION

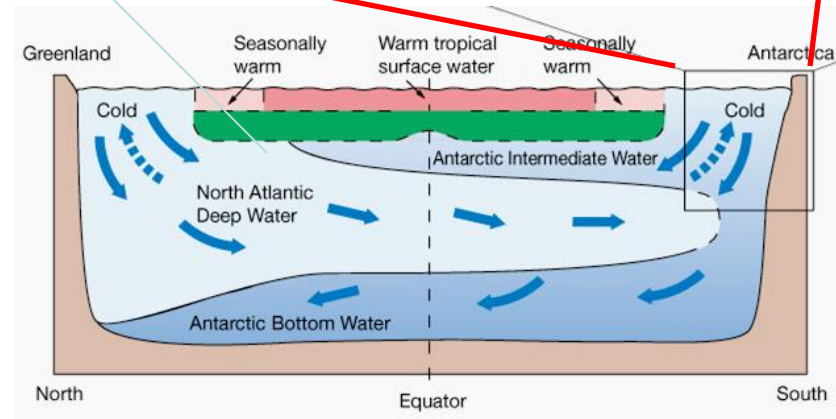
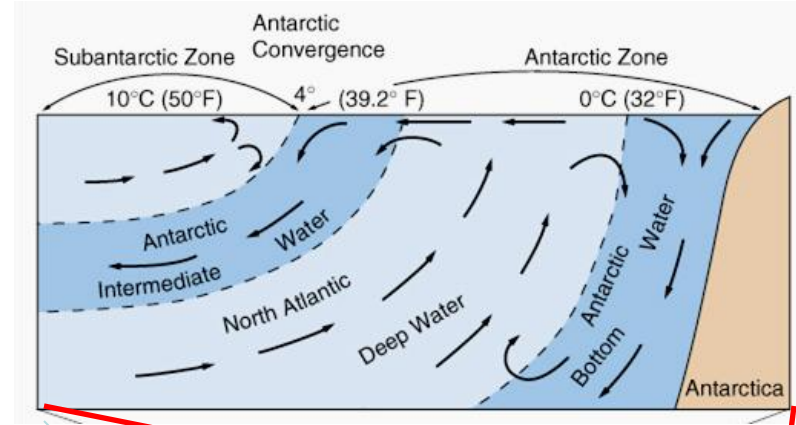


© 2009 Pearson Education, Inc.

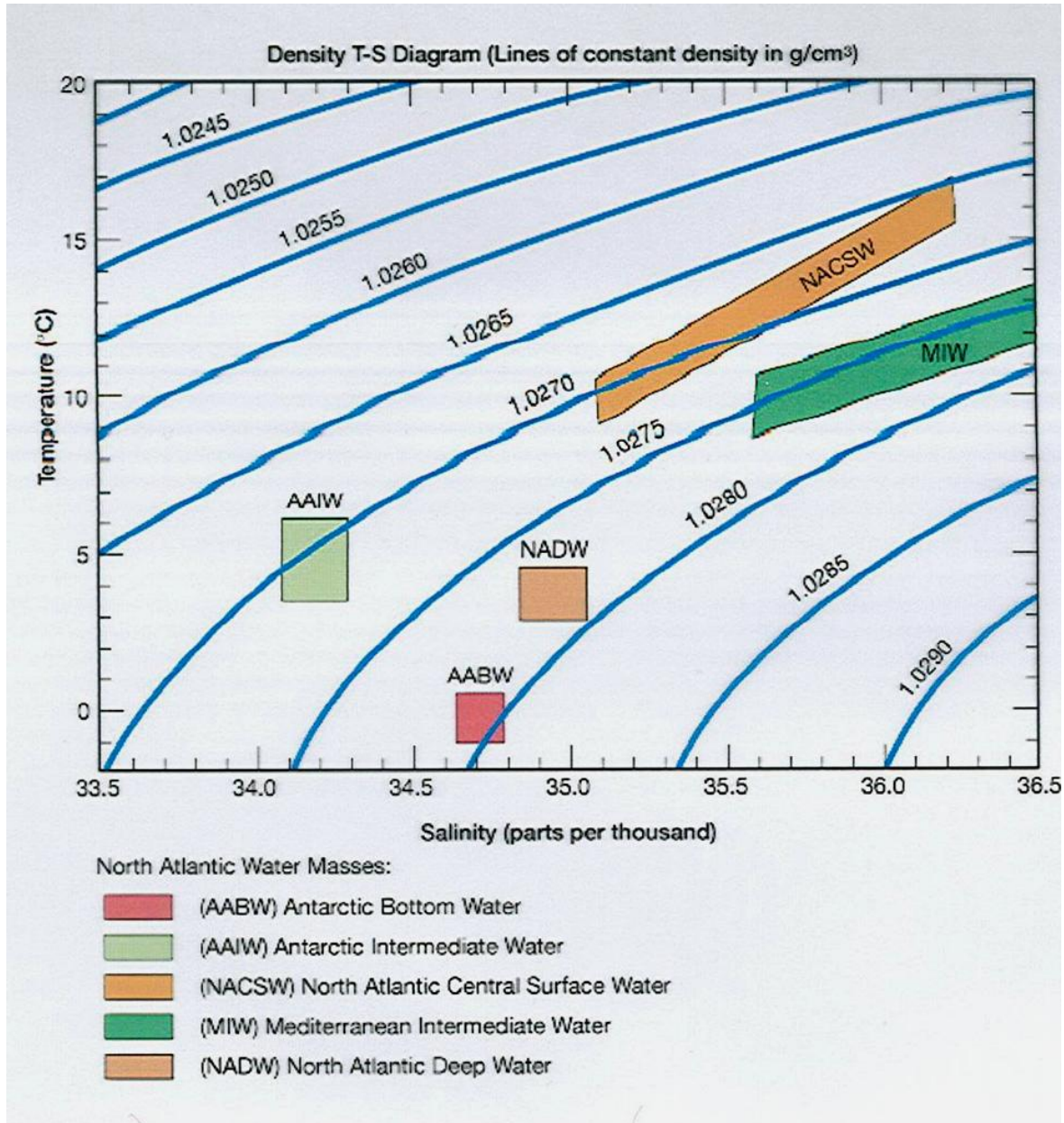


Cinturón de transporte de calor en la Tierra

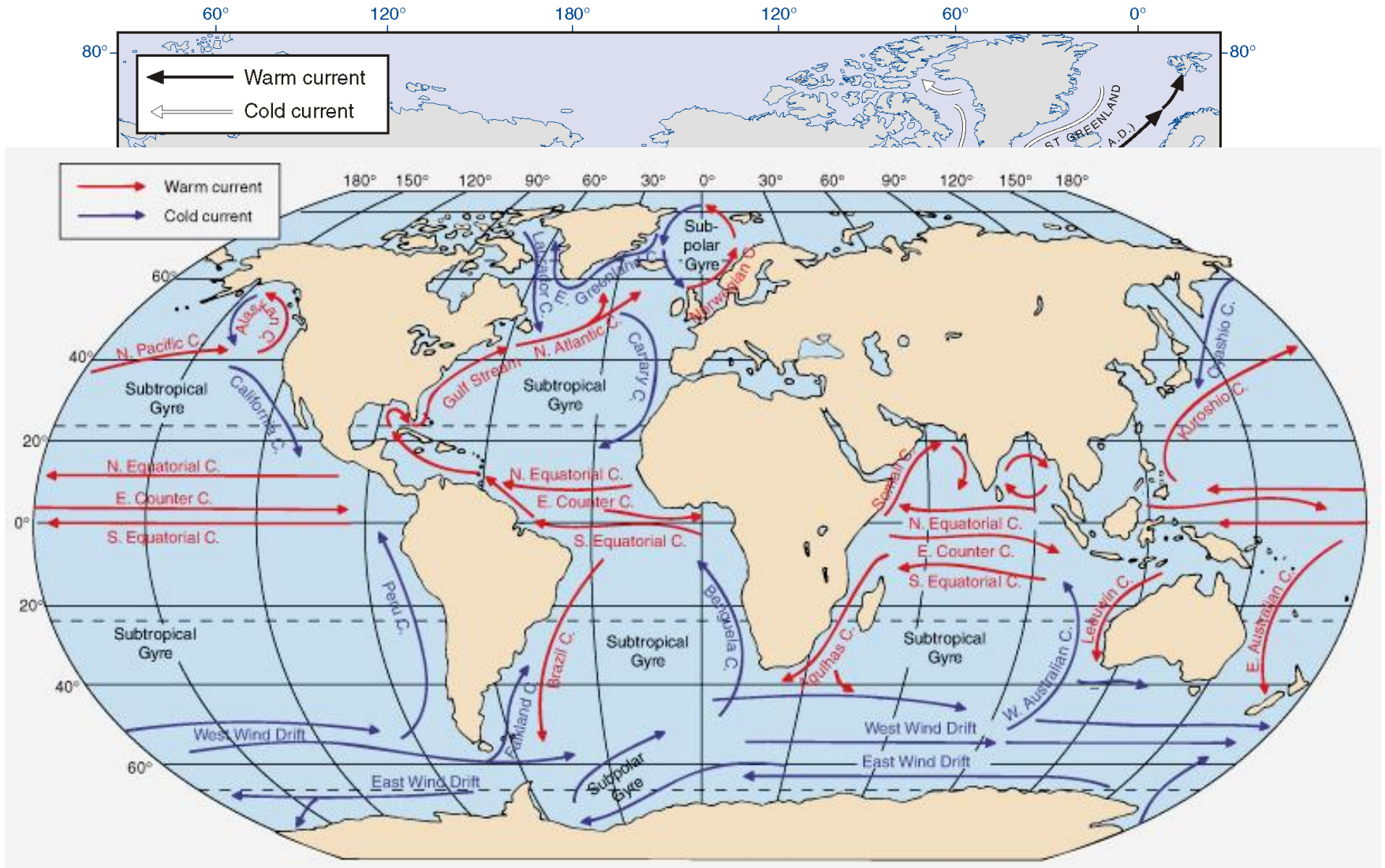
Circulación en el Atlántico



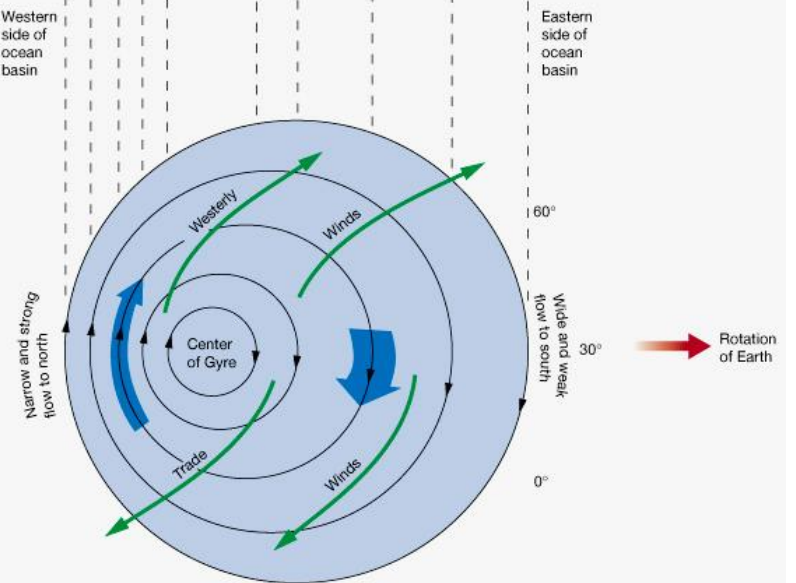
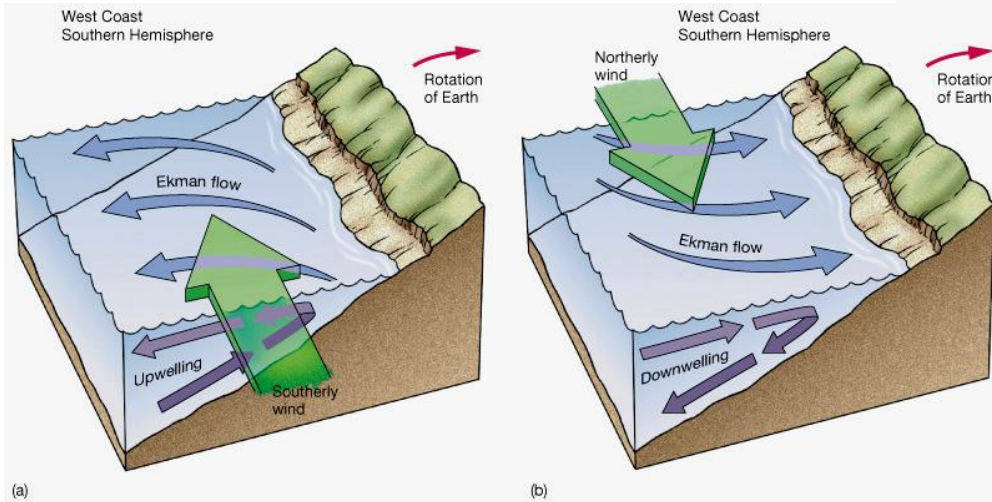
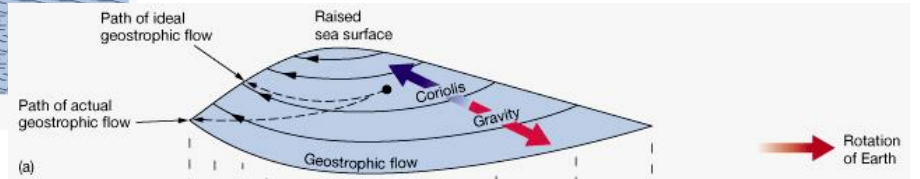
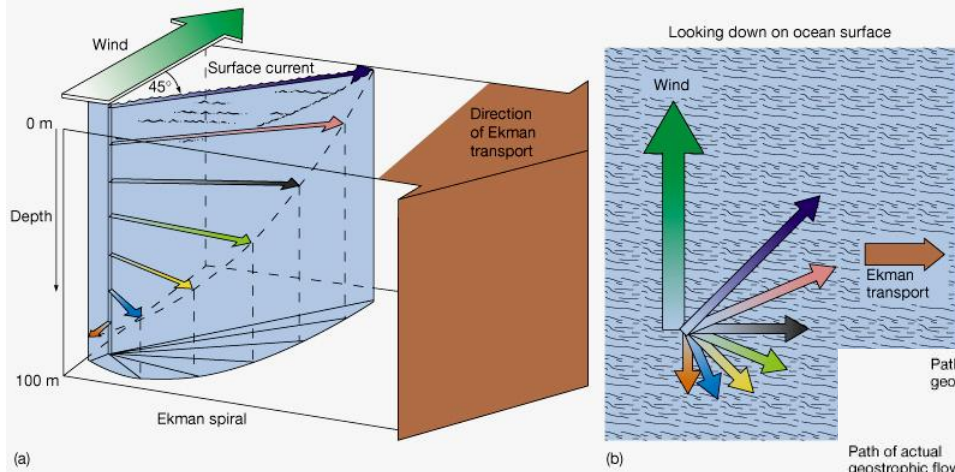
Las Masas de Agua en el Atlántico Norte



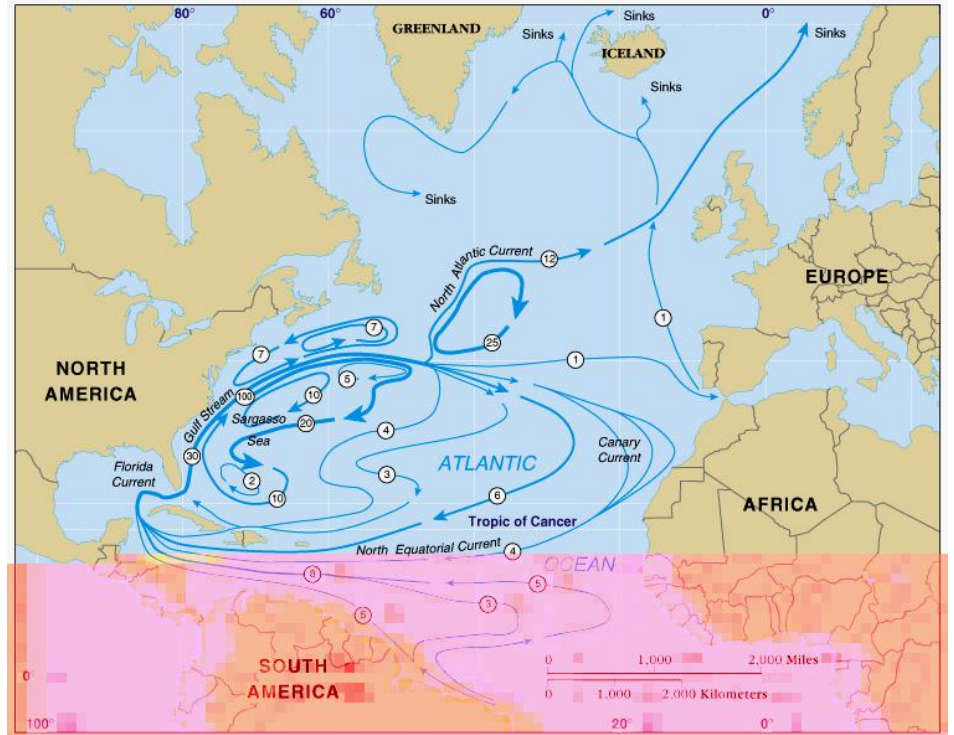
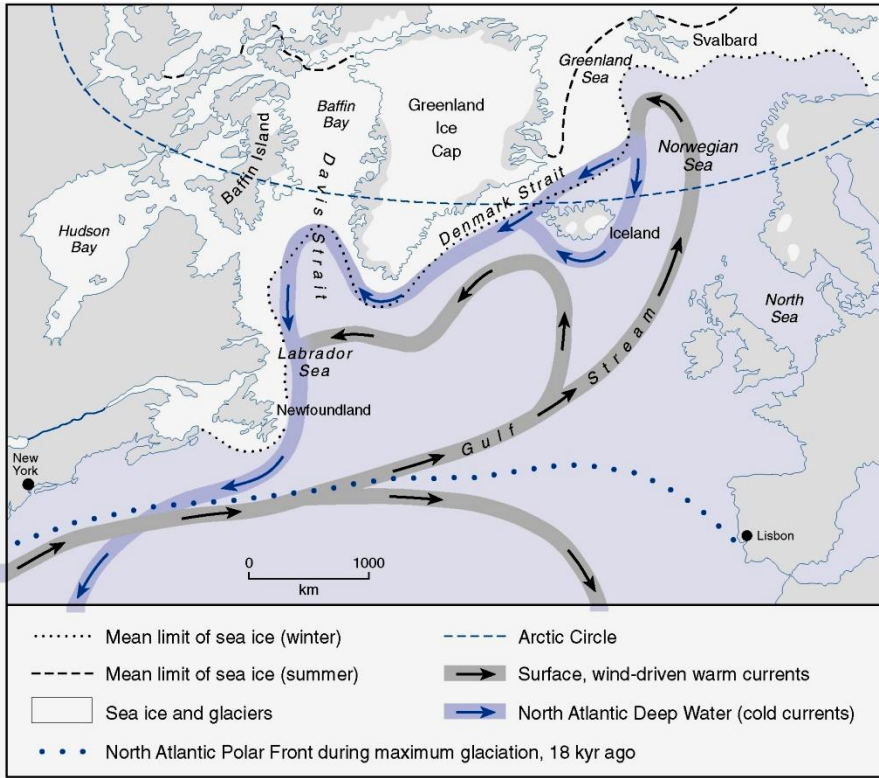
CORRIENTES SUPERFICIALES PRINCIPALES



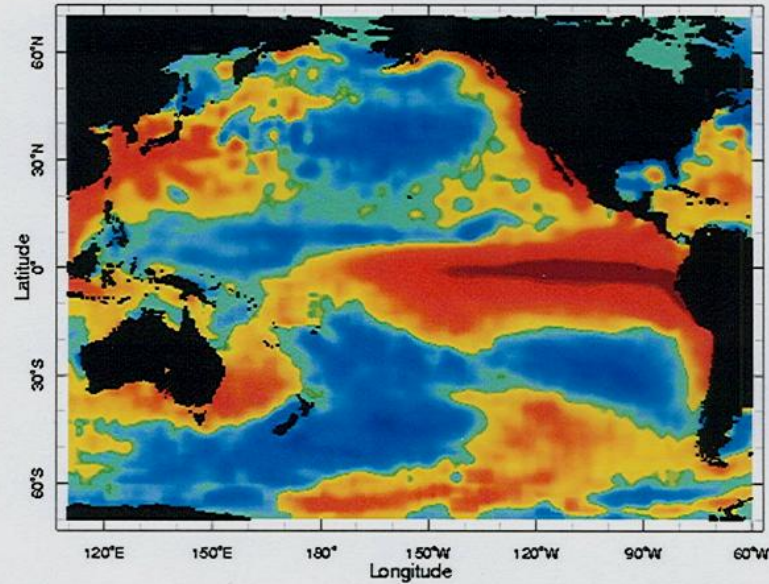
El transporte de Ekman y los afloramientos



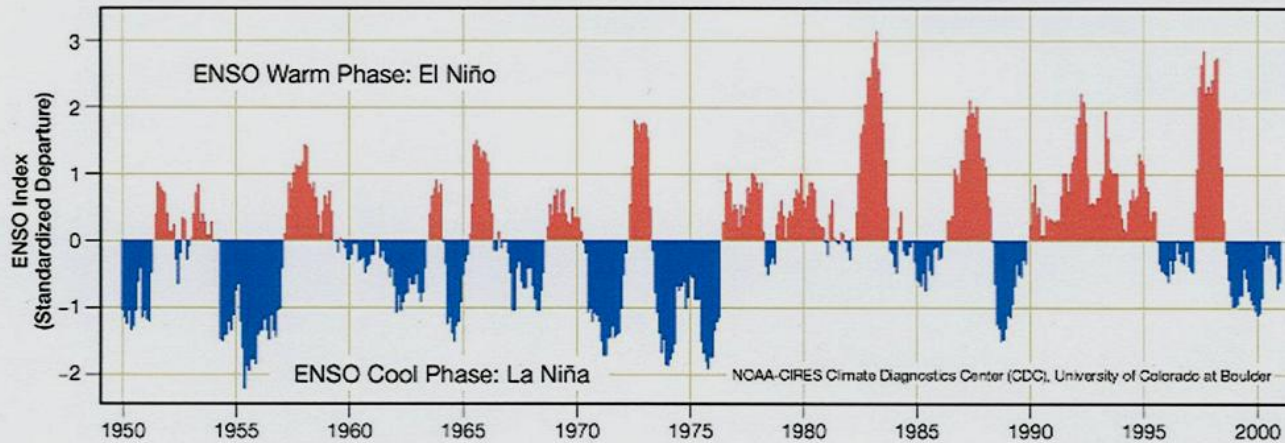
CORRIENTES TERMOHALINAS PRINCIPALES



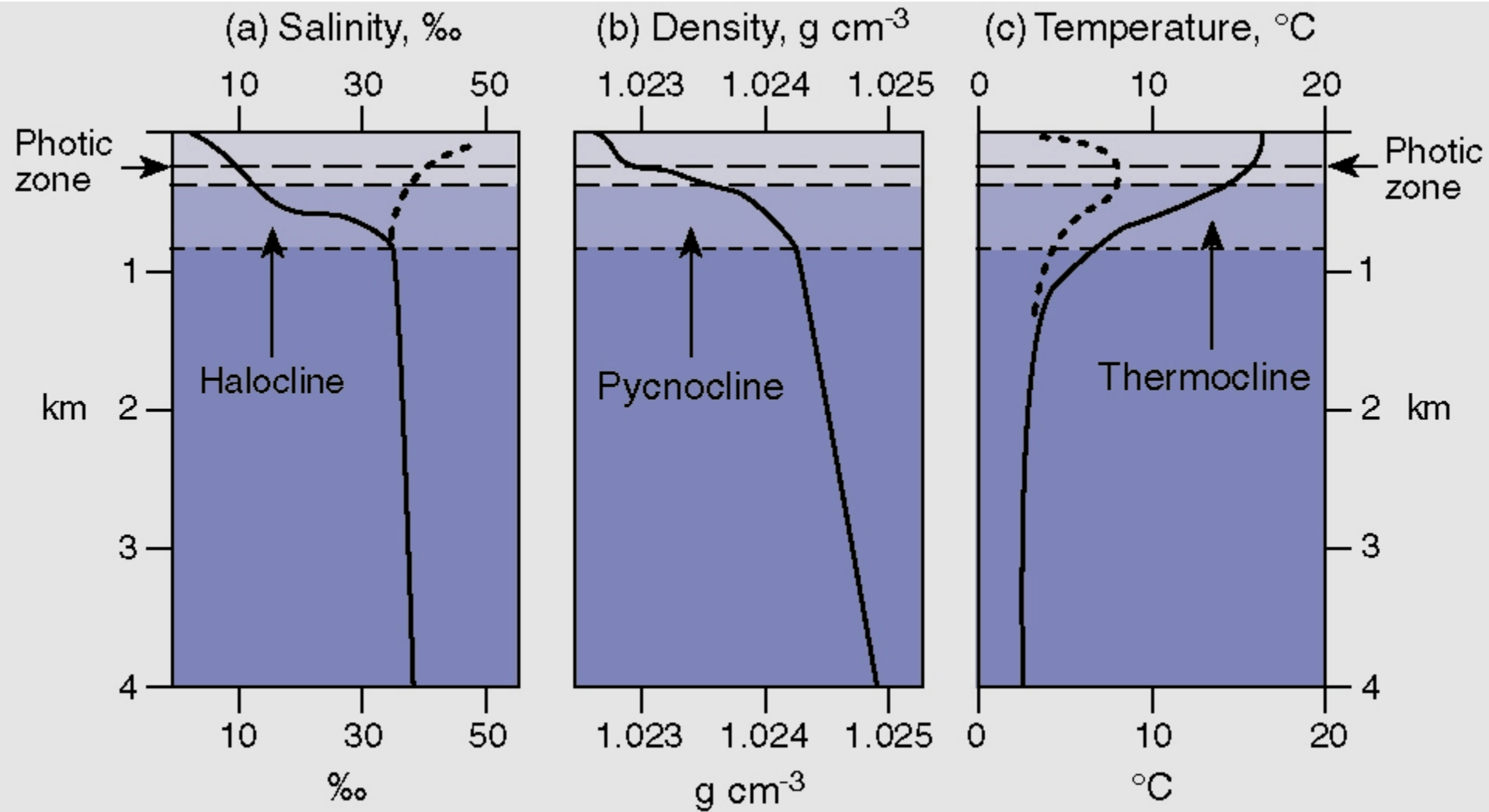
La variabilidad interanual es importante: La Oscilación de El Niño – La Niña (ENSO – EL Niño Southern Oscillation)



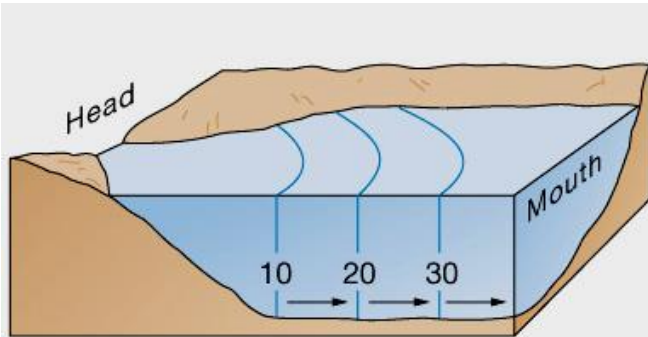
Jan 1998



ESTRATIFICACIÓN EN MEDIO MARINO

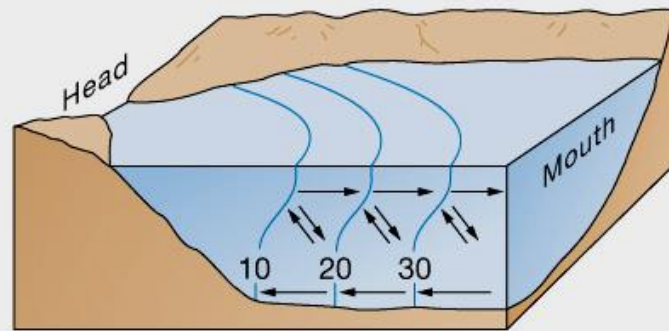


La circulación estuárica.
Los estuarios se clasifican por la forma de mezcla de las aguas dulces y marinas



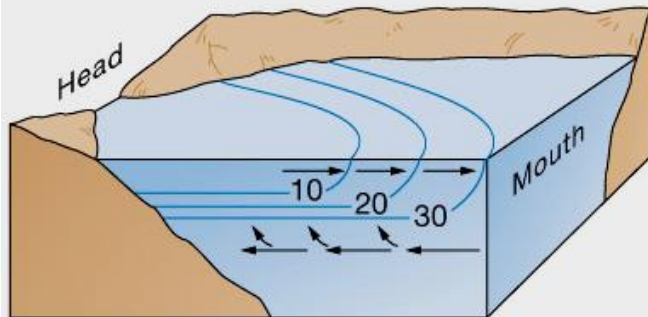
Vertically mixed

(a)



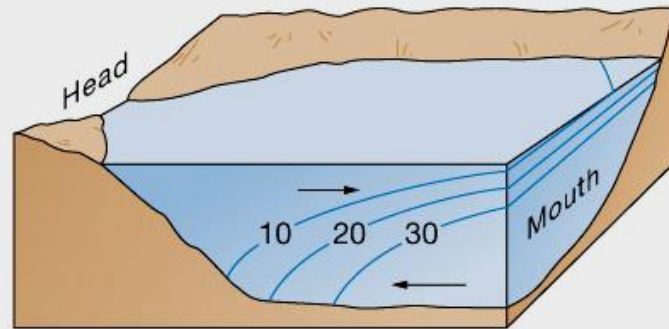
Slightly stratified

(b)



Highly stratified

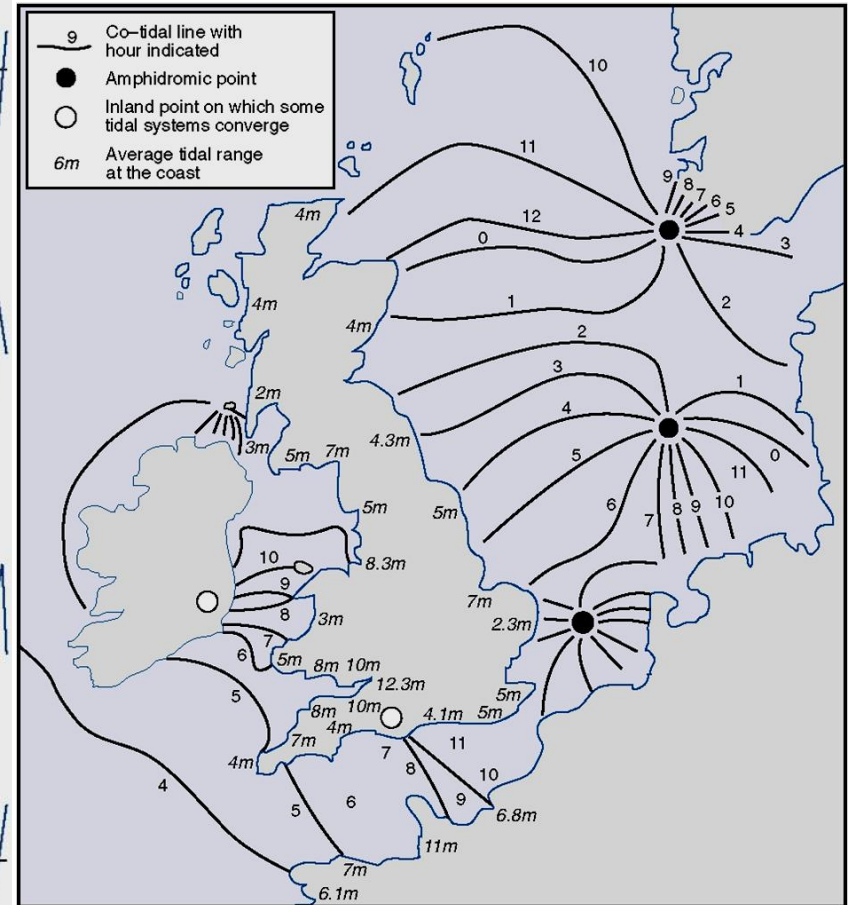
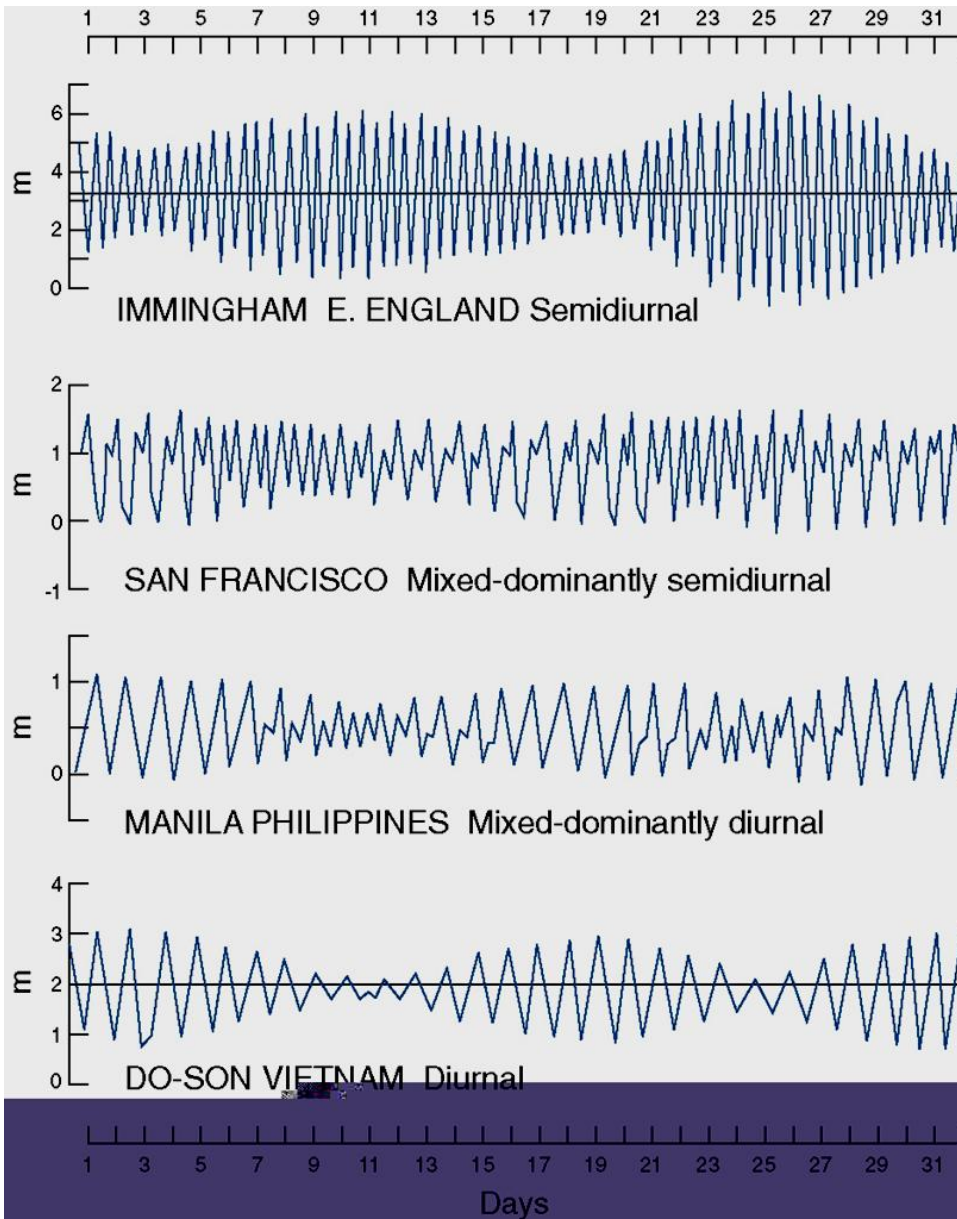
(c)



Salt wedge

(d)

MAREAS: TIPOS Y OCURRENCIA



Manglares y vegetación



A



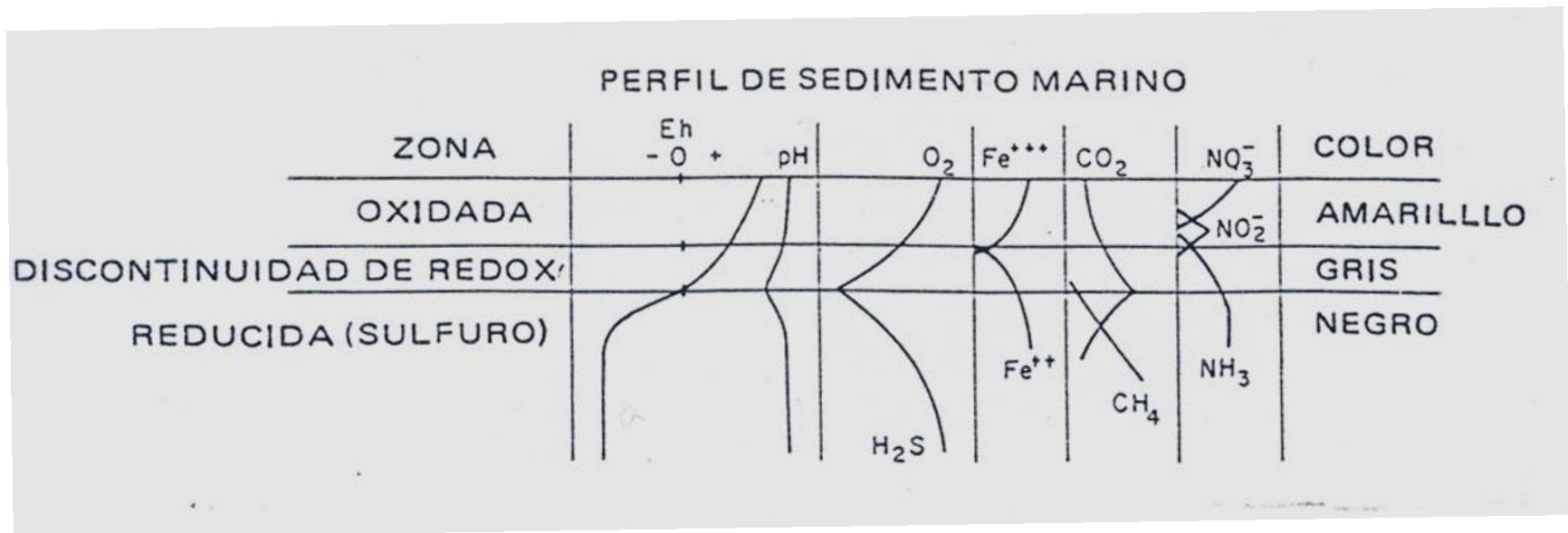
B



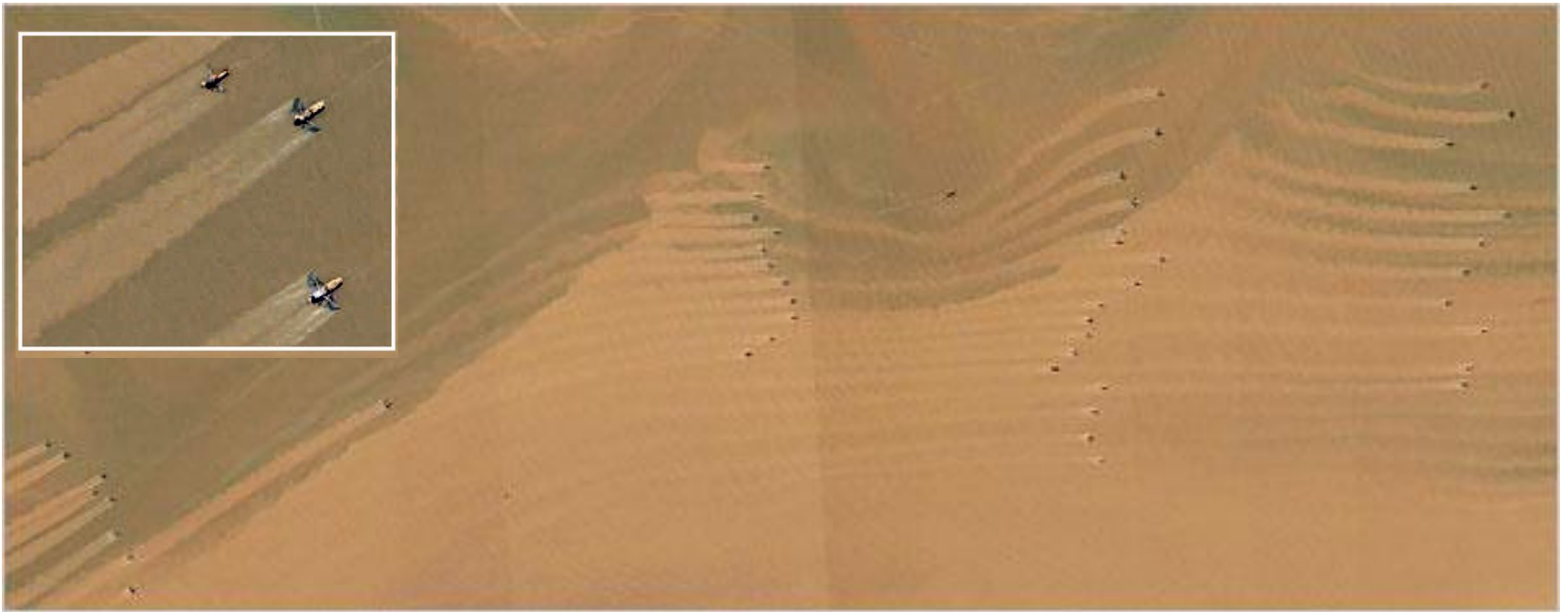
C

Los sedimentos en medios acuáticos se organizan por sedimentación y bioturbación. Los materiales son alóctonos, tanto inorgánicos de origen terrestre como orgánicos e inorgánicos de origen biogénico. Pueden ser procesados en las capas superiores por organismos sedimentívoros; estos provocarían una homogenización de la capa superior del sedimento.

Dependiendo de los materiales orgánicos que reciba, del tamaño de las partículas del sedimento y de la mineralización del material orgánico se genera un gradiente vertical de oxidación reducción. En las zonas sin oxígeno se desarrollan comunidades bacterianas que poseen metabolismo anaerobio



Las artes de pesca de arrastre pueden remover las capas superficiales del sedimentos transformándolo de una manera muy activa. El ejemplo de arrastreros de camarón, que dejan un rastro de sedimento resuspendido en la costa de la provincia de Jiangsu en China, cerca de la desembocadura del río Yangtze (2003)





↑

Sedimento a 500 m de profundidad después del paso de una red de arrastre (tren de bolos) en el Cachucho (IEO report, 2005 Impactos tren bolos)

→

Detalle de un fondo sedimentario en el que no se ha producido arrastre (Mount Desert Rock site) y otro en el que se producen arrastres frecuentes (Truxton Swell) en la costa Este de USA.