

Estructura y Funcionamiento de Ecosistemas

Ecosistemas marinos

Pablo Muniz

Sección Oceanología

Octubre de 2007

Contenido de la clase:

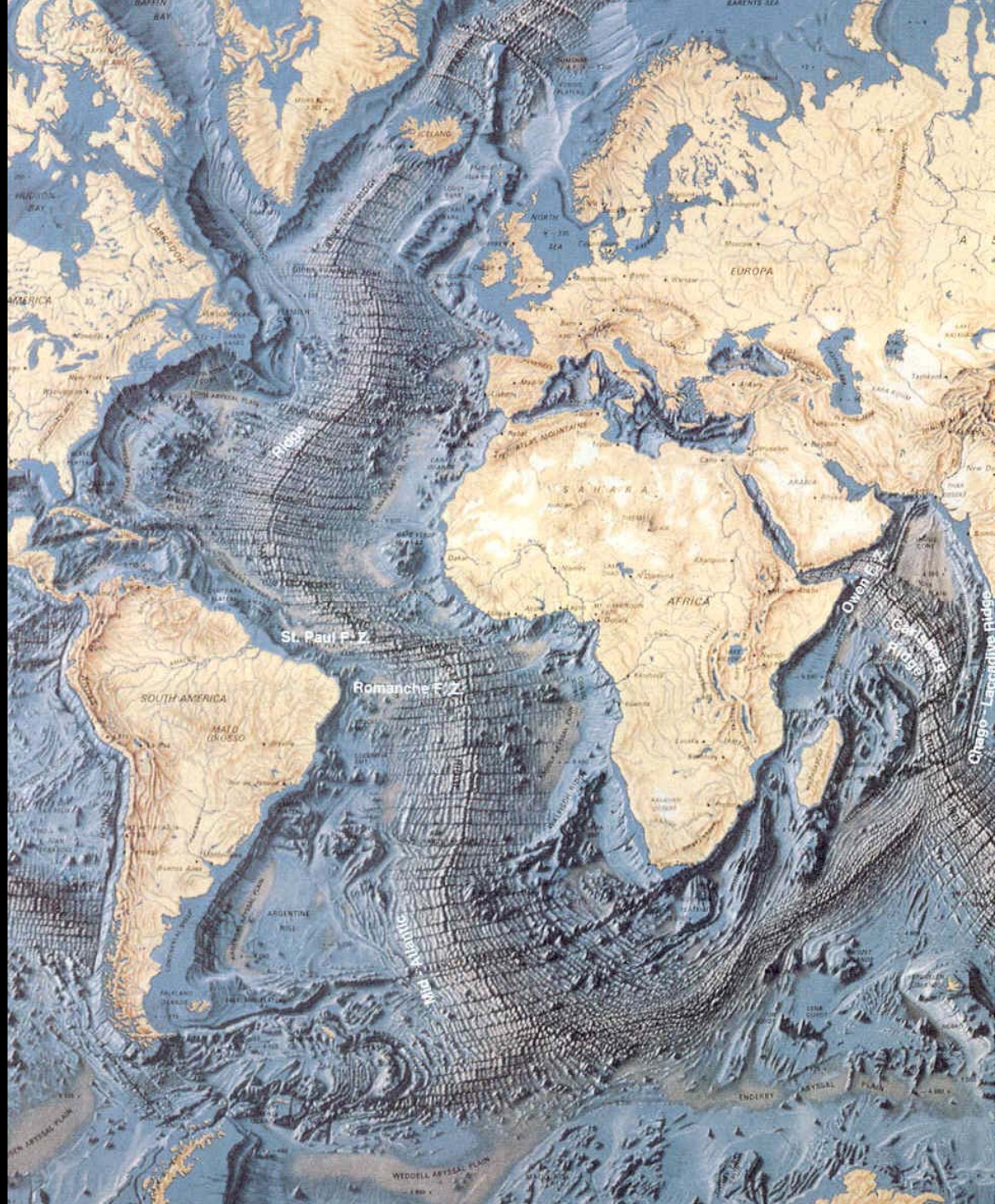
- Principales ambientes oceánicos y escalas típicas
- Gradientes verticales (principales variables ambientales)
- Tipos de organismos, adaptaciones, tamaño y funciones (énfasis en el sistema bentónico)
- Distribución de tamaños de la biomasa e importancia relativa de diferentes fracciones de tamaño (énfasis en bentos)
- Grupos funcionales del bentos
- Causas de la distribución de los organismos y consecuencias
- Importancia de los procesos bénticos en el ciclo del carbono y en el ecosistema marino
- Principales perturbaciones ambientales
- Importancia del ecosistema bentónico para el estudio de la contaminación y principales formas de estudio

Escala espacial:

Dimensiones típicas

Horizontal : 1000 – 10000 km

Vertical : 1000 m



Escala Horizontal : 10^9 m

Exageración vertical ca. 10^1 - 10^2

Escala Vertical:

4×10^3 m

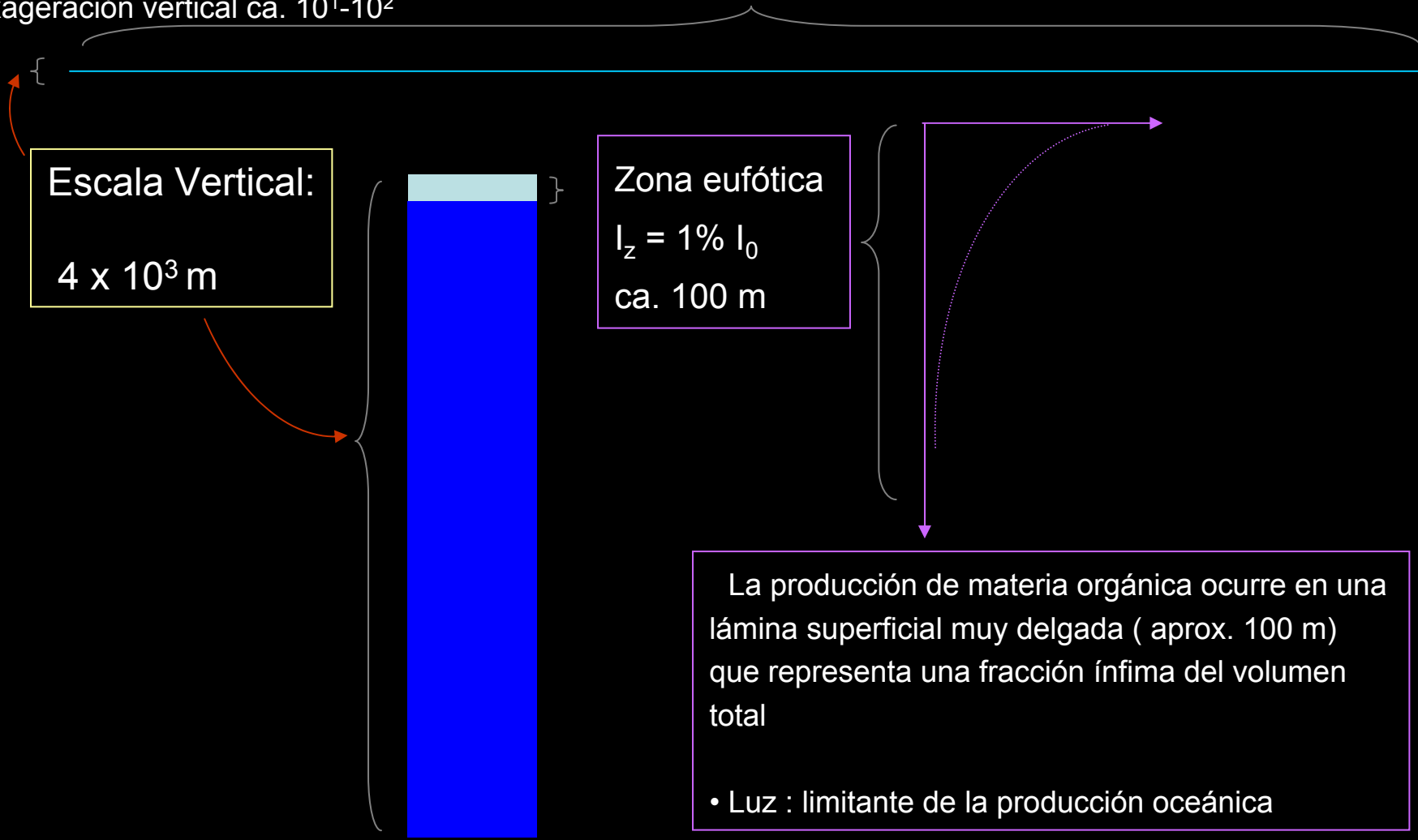
Zona eufótica

$I_z = 1\% I_0$

ca. 100 m

La producción de materia orgánica ocurre en una lámina superficial muy delgada (aprox. 100 m) que representa una fracción ínfima del volumen total

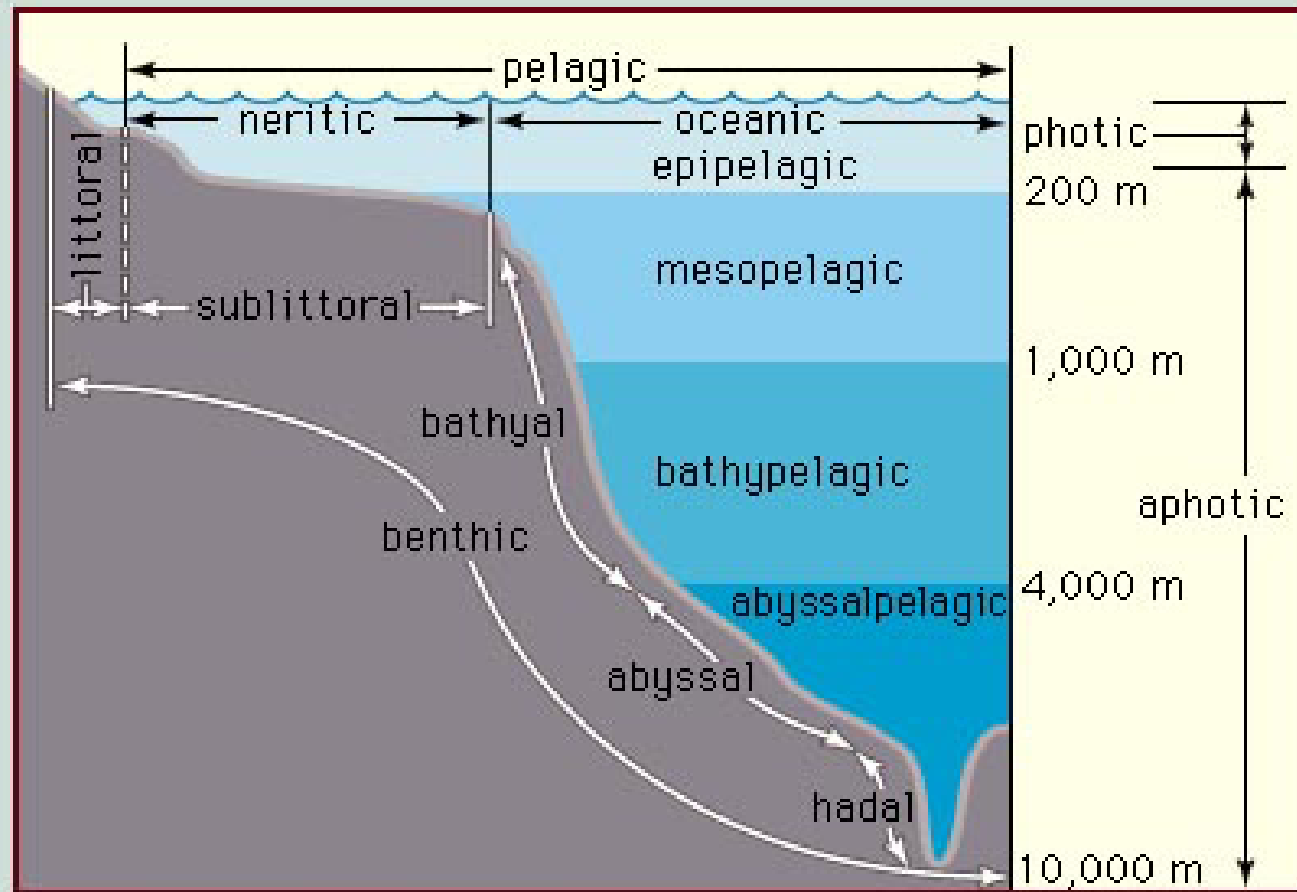
- Luz : limitante de la producción oceánica



PROCESOS ECOLÓGICOS HISTÓRICOS

(especiación-extinción-dispersión)





©1996 Encyclopaedia Britannica, Inc.

PELÁGICO

- Seuston (en superficie y en contacto con el aire)
- Neuston (justo por debajo de la superficie, pocos mm)
- Epipelágico (hasta 200 m)
- Mesopelágico (200-1000 m)
- Batipelágico (1000-4000 m)
- Abisopelágico (4000-6000 m)
- Hadal (> 6000 m)

BENTÓNICO

- Litoral: supra, meso e infra
- Sublitoral
- Batial
- Abisal
- Hadal

- Características topográficas:
 - Plataforma continental
 - Talud continental
 - Elevación continental
 - Planicies abisales
 - Cordilleras meso-oceánicas

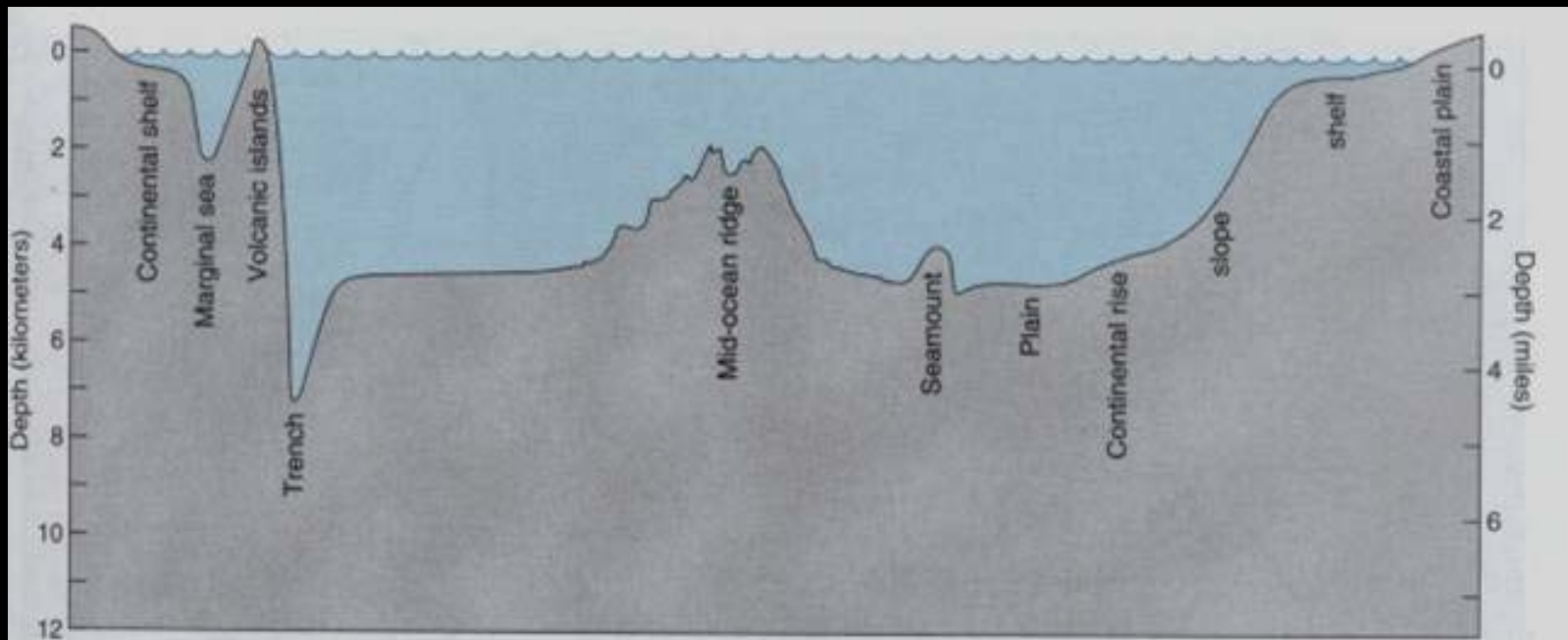
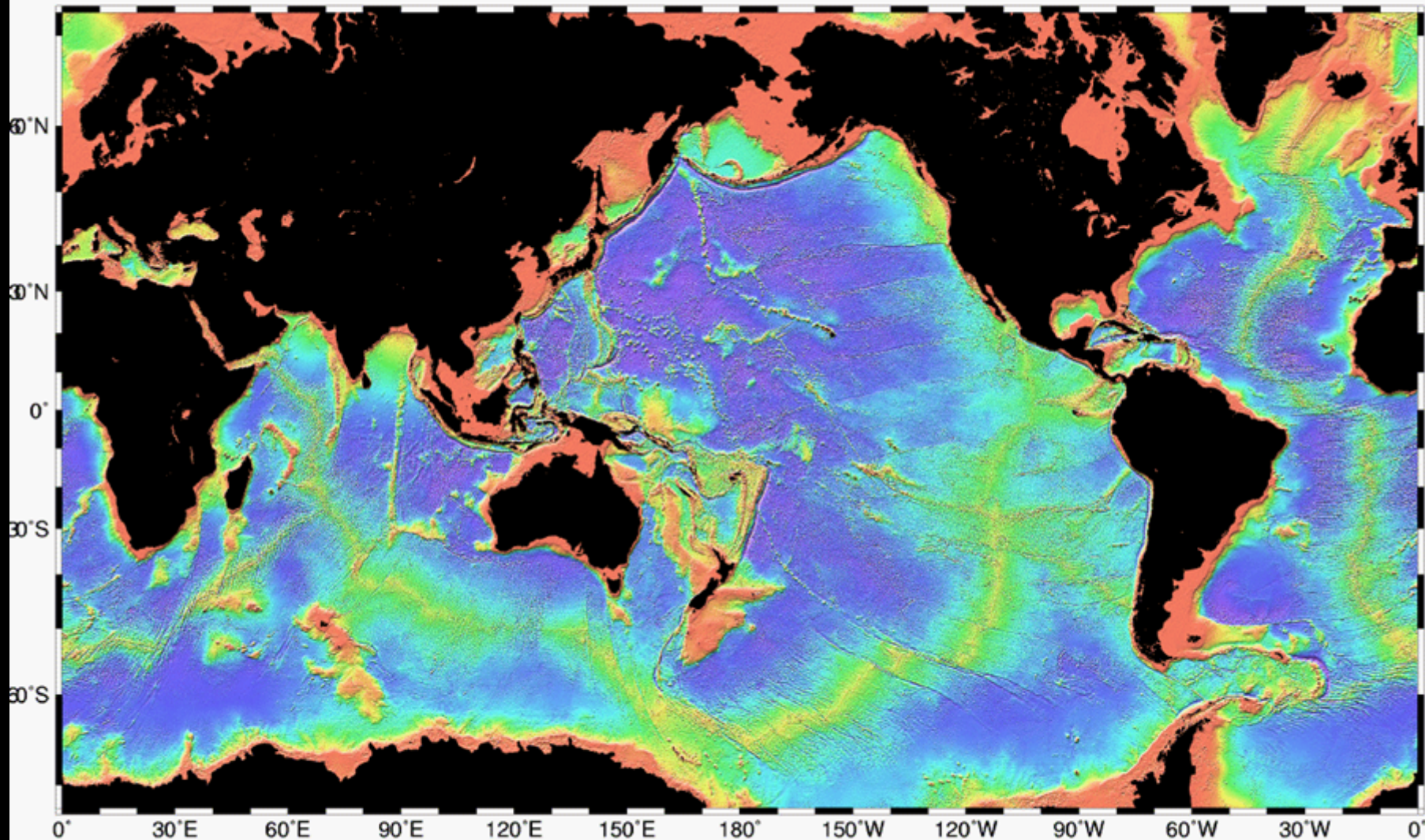


Fig. 2.2 Two examples of continental margins, showing various topographic features.



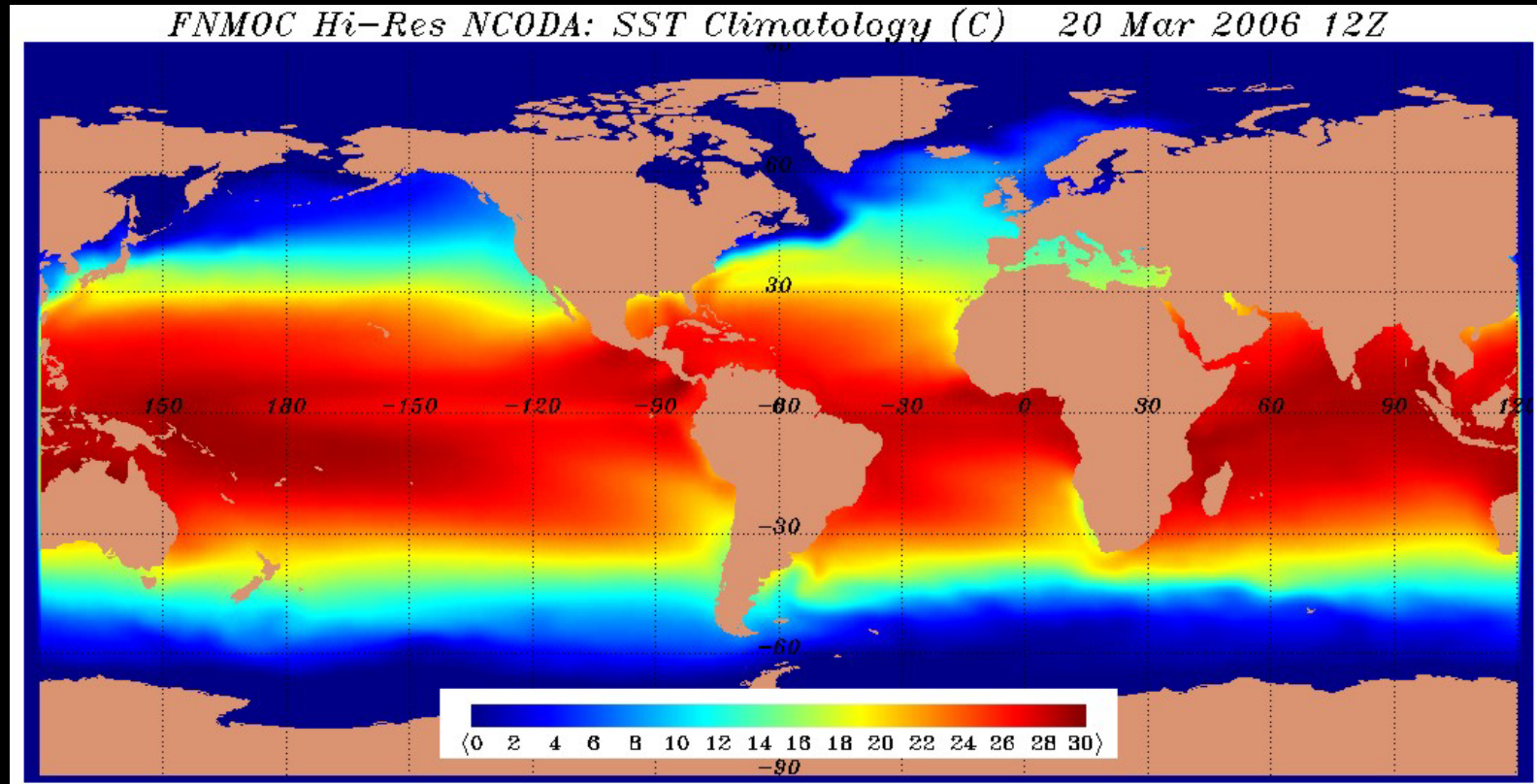
Walter H. F. Smith and David T. Sandwell, Seafloor Topography Version 4.0, SIO, September 26, 1996

Copyright 1996, Walter H. F. Smith and David T. Sandwell

TEMPERATURA

Rango aproximado: -1,9 – 30

- Importancia:
 - ✓ Tasas de reacciones químicas y procesos biológicos (metabolismo)
 - ✓ Modulación de la densidad del agua de mar (y circulación)
 - ✓ Solubilidad de los gases
 - ✓ Distribución de organismos marinos
- Variabilidad latitudinal : intercambio de calor océano-atmósfera (radiación solar/evaporación)



- Importante regulación climática
- Temperatura regulada por incidencia solar
- Variación latitudinal y vertical de la temperatura

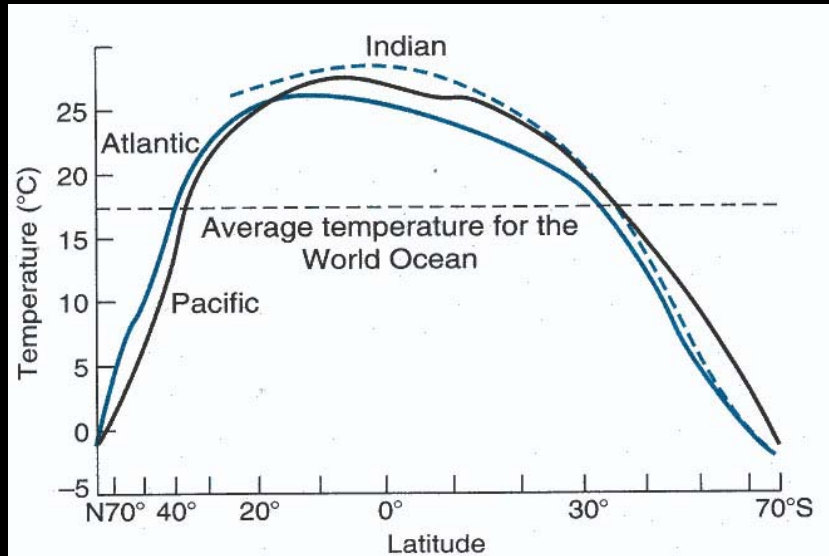


Fig. 2.7 Latitudinal variation in sea-surface temperatures in the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. (After Anikouchine and Sternberg, 1973.)

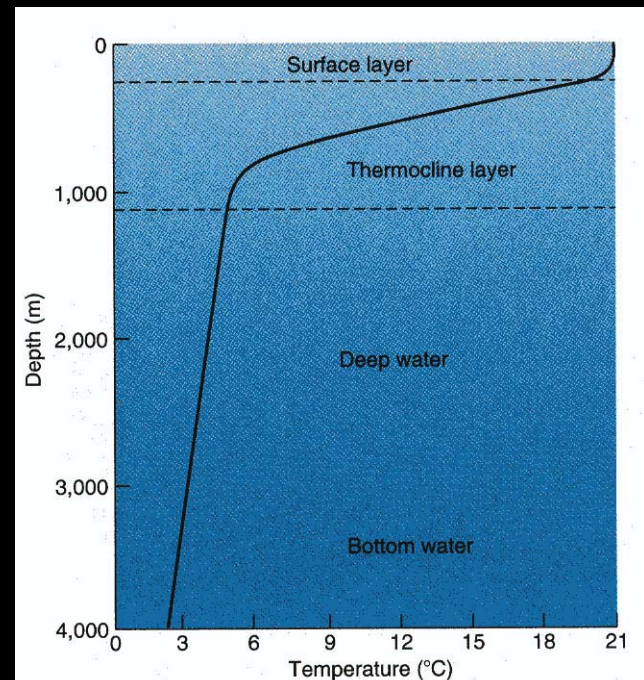


Fig. 2.15 An idealized profile of sea water temperature as a function of depth.

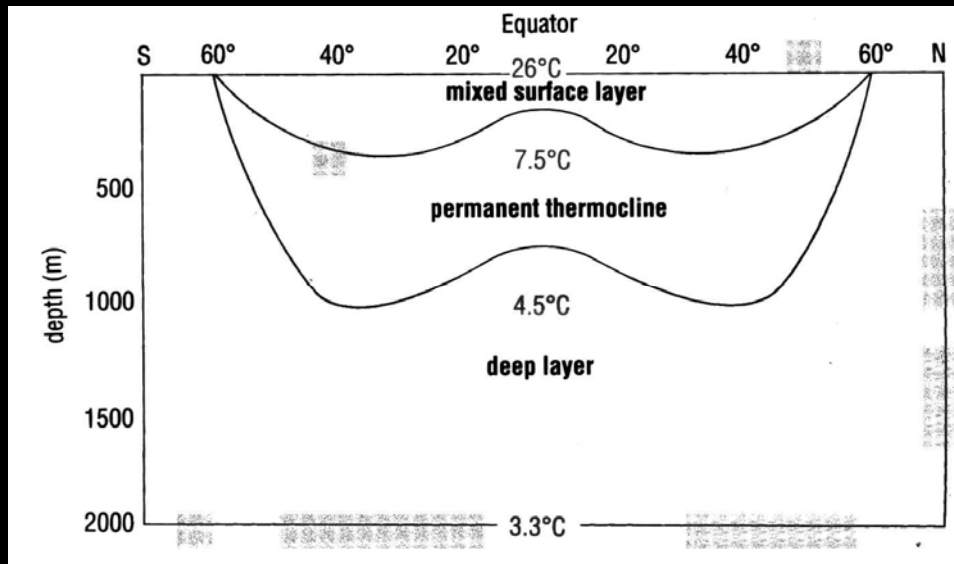
Variabilidad temporal:

Diaria : ca. $0,3^{\circ}\text{C}$ en superficie; imperceptible a prof. $>10\text{m}$

Anual:

- Altas latitudes $2-5^{\circ}\text{C}$
- Latitudes intermedias: $6-7^{\circ}\text{C}$
- Casos especiales: Atlántico N, mares someros o estuarios, hasta ca. 15

Gradientes verticales: temperatura



- Flujo vertical descendente
- Mezcla vertical (viento, otros)

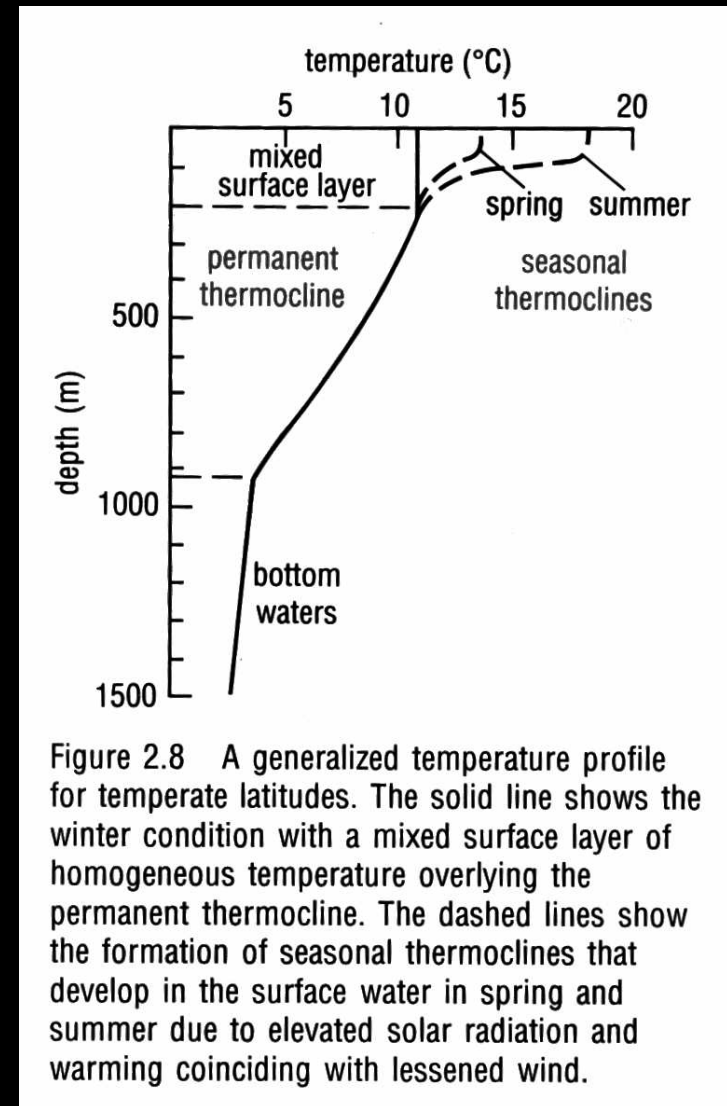


Figure 2.8 A generalized temperature profile for temperate latitudes. The solid line shows the winter condition with a mixed surface layer of homogeneous temperature overlying the permanent thermocline. The dashed lines show the formation of seasonal thermoclines that develop in the surface water in spring and summer due to elevated solar radiation and warming coinciding with lessened wind.

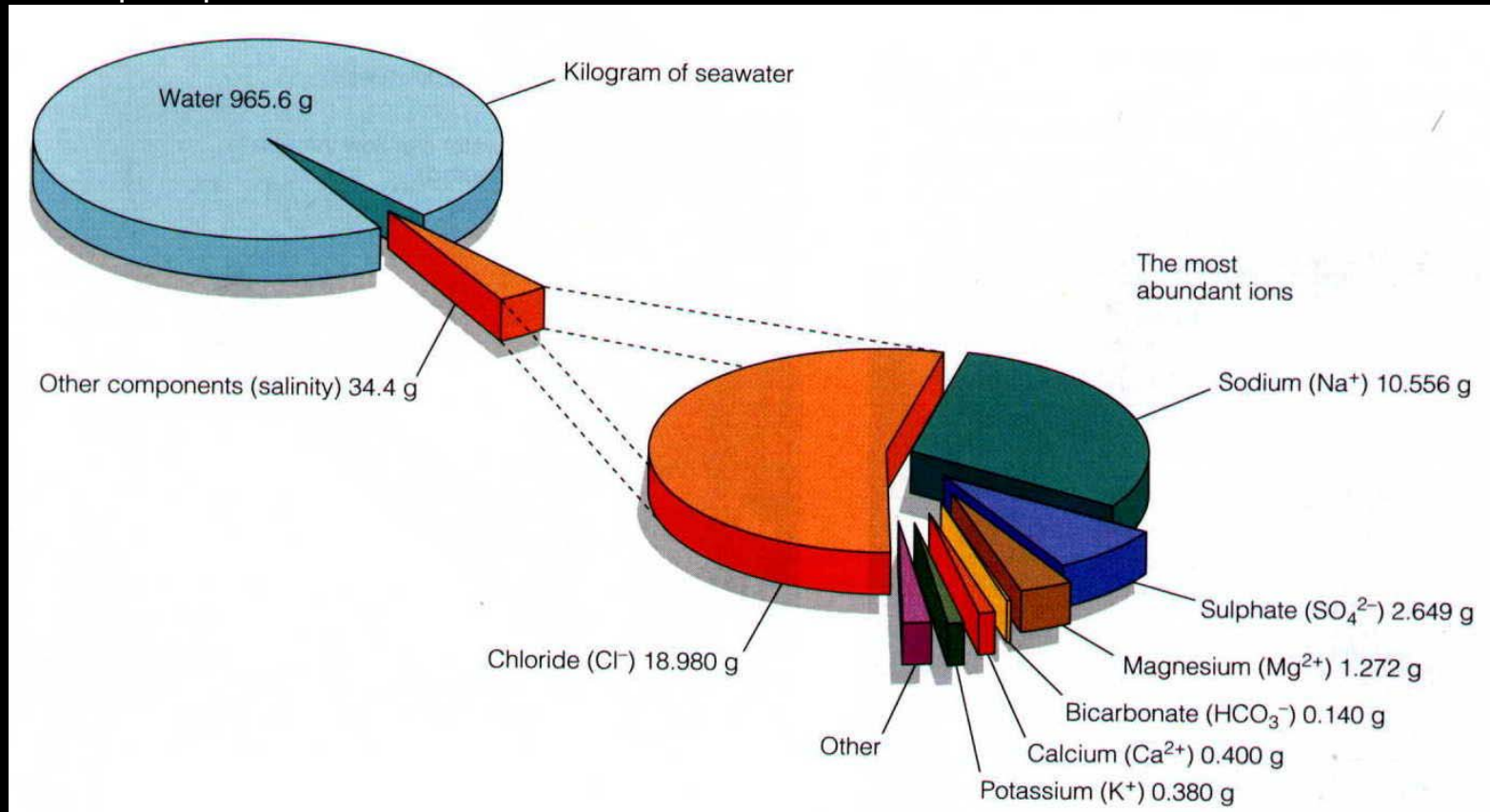
- Capa de mezcla superficial + termoclina estacional : zona biológicamente activa (ZBA)
- Termoclina permanente : separa ZBA del océano profundo
- Dinámicas temporales diferentes

Salinidad : se refiere al contenido de sales del agua de mar

Antiguamente definida como el peso total, en g, de sales inorgánicas en 1L de agua marina; se expresaba como ‰

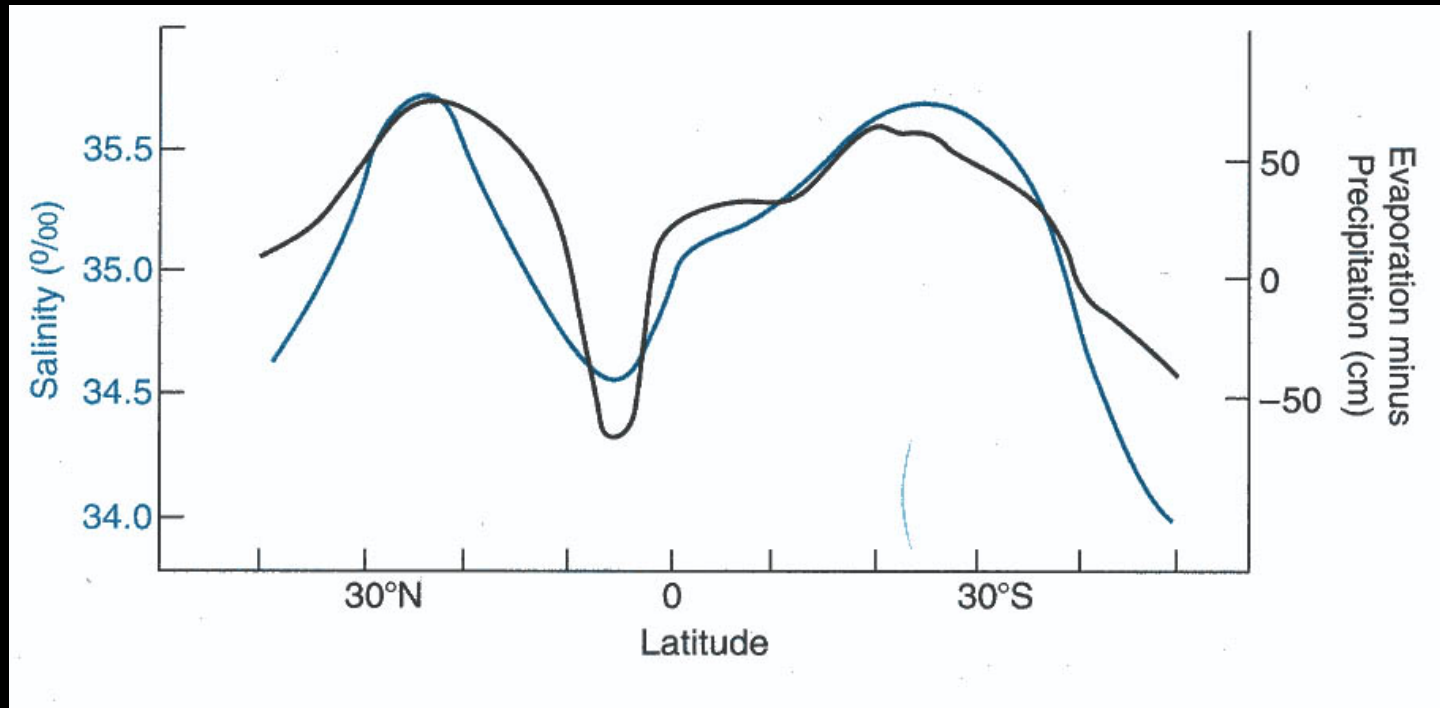
Actualmente se mide electrónicamente (conductividad) usando una **escala práctica de salinidad** ; se expresa sin unidades

- Origen : escorrentía, interacción con procesos magmáticos de la corteza oceánica
- Todos los minerales conocidos se encuentran disueltos en el agua de mar
- Las 10 principales sales suman el 99.9% del contenido total :



- Salinidad (cont.)

- Balance entre precipitación y evaporación



- **Importancia salinidad:**

- Modulación de la densidad del agua de mar –
Circulación

- Equilibrio osmótico :

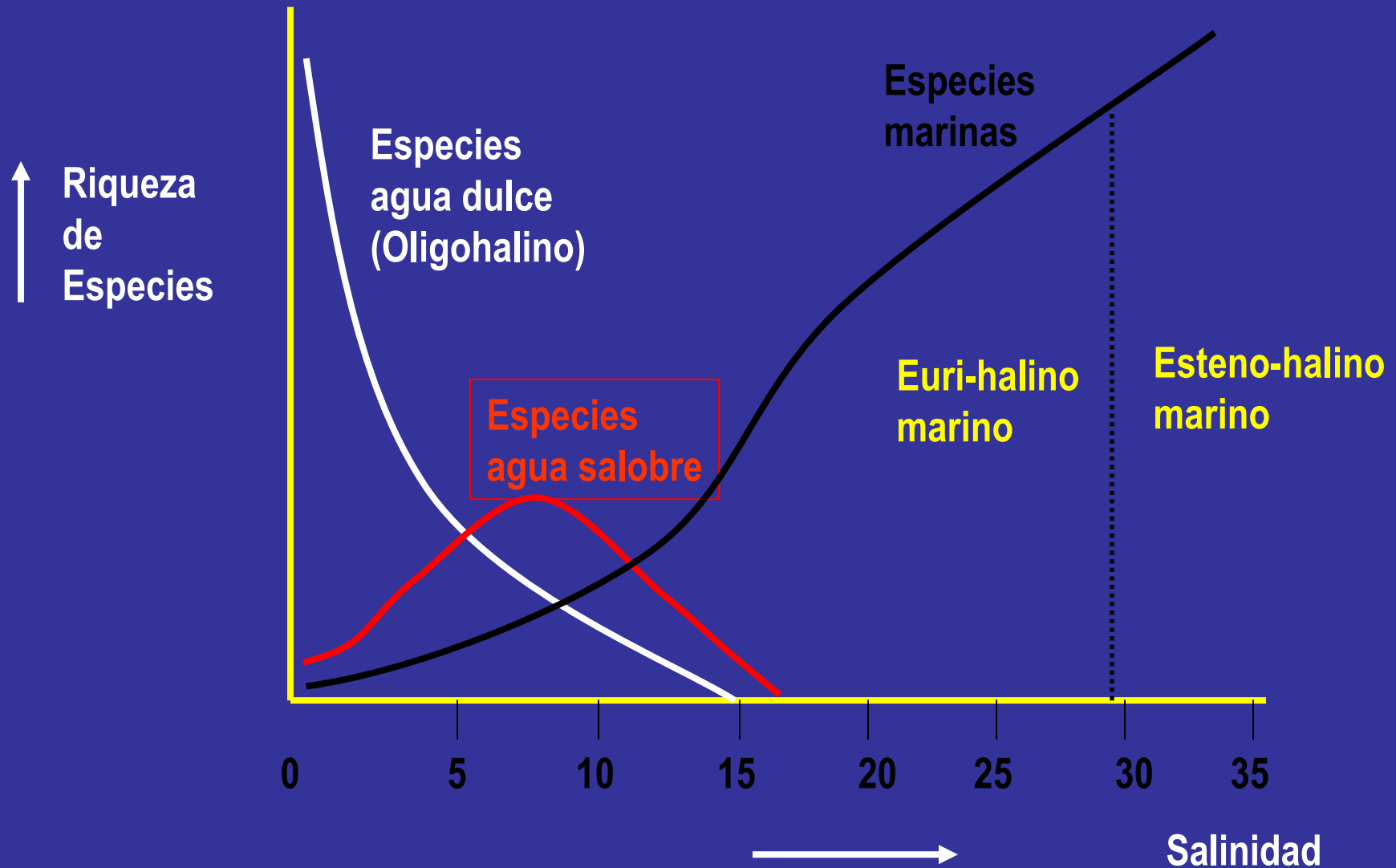
- Osmoconformadores (condictios, algunos invertebrados)
 - Osmoreguladores (peces óseos, invertebrados, aves)

- Especialmente relevante para organismos costeros y estuarinos

- Estenohalinos – Eurihalinos

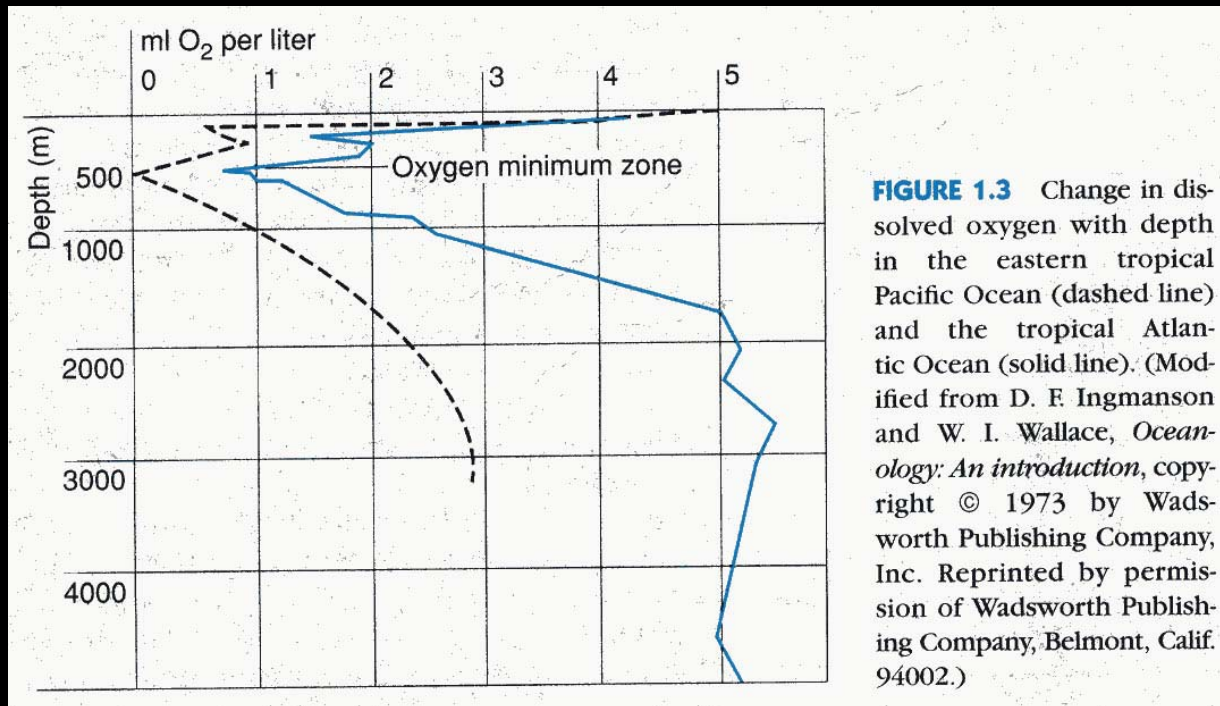
- Rango especialmente riguroso : 2-15

Salinidad



• Oxígeno

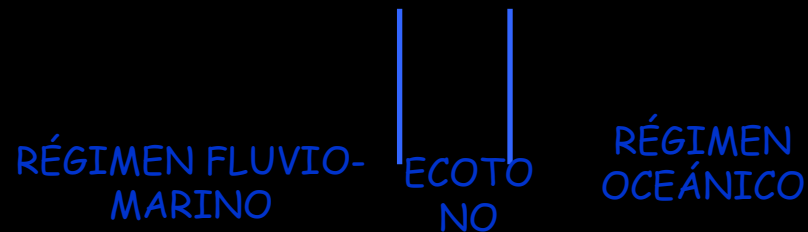
- Mezcla atmosférica (factores físicos);
- Balance entre fotosíntesis y respiración;
- Variación en la solubilidad (aumenta c/ disminución de la Temp. e Sal.);
- Zona de mínimo oxígeno – actividad biológica

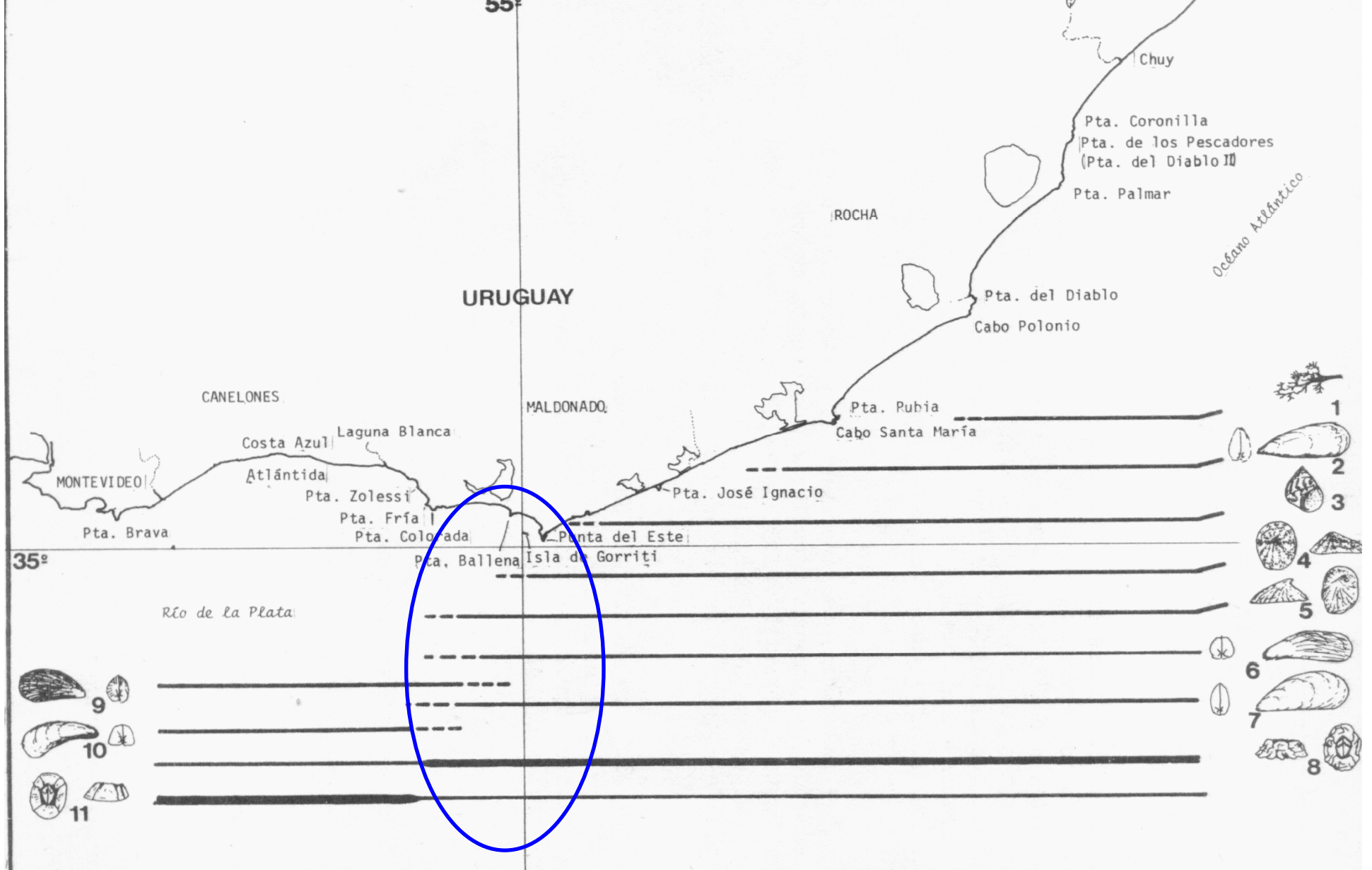


Salinidad

Escala de kms: gobierna la distribución de las especies
Afectando la **Distribución horizontal**

Ej. Zona costera de Uruguay: (Maytia & Scarabino, 1979)





1- *Pterocaldia capillacea*; 2- *Perna perna*; 3- *Littorina zic zac*; 4- *Acmaea subrugosa*; 5- *Siphonaria lessoni*; 6- *Brachidontes rodriguezii*; 7- *Mytilus edulis platensis*; 8- *Chthamalus bisinuatus*; 9- *Brachidontes darwinianus*; 10- *Mytella charruana*; 11- *Balanus improvisus*.

Afecta funciones de los individuos

ej. crecimiento

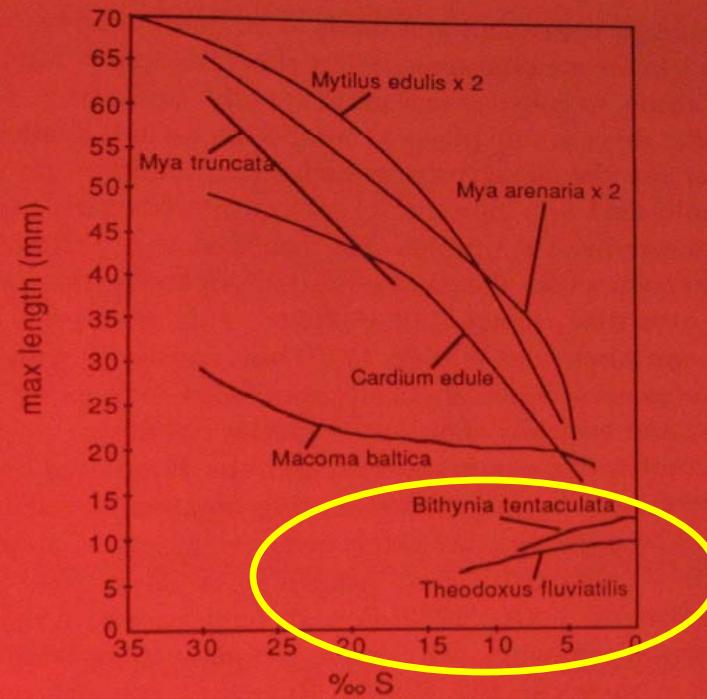
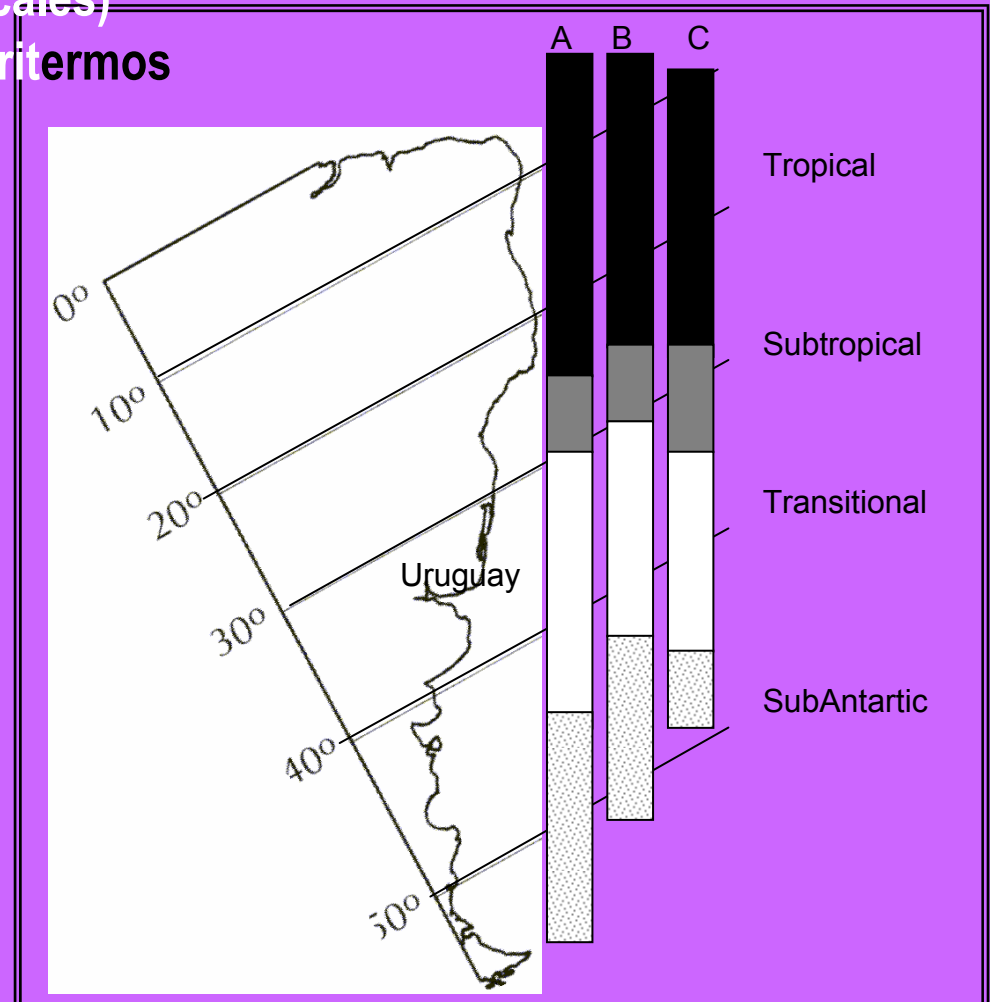


Figure 9.7 Reduction of maximal length of some molluscs with diminishing salinity in a transect from the North Sea to the Baltic Sea (after Remane and Schlieper 1971).

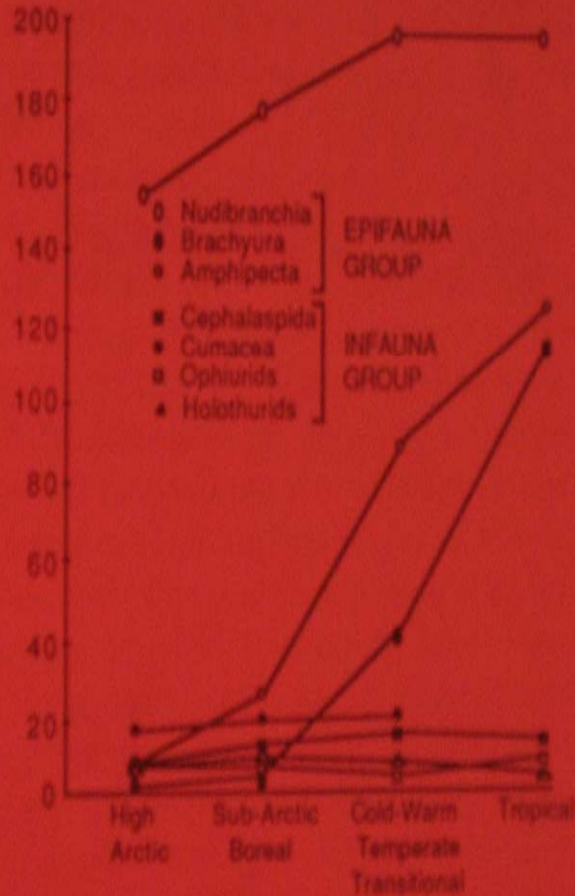
Temperatura

- Variable e importante cto. mas cerca de la costa estemos = gradiente aguas afuera
- Claros cambios estacionales: relación con el crecimiento y la reproducción (etapas de asentamiento larval y reclutamiento) con un comportamiento
 - estacional (templado)
 - a lo largo todo el año (zonas tropicales)
- Existencia de organismos esteno y euritermos
- Gradientes latitudinales y provincias biogeográficas

(Brugnoli et al., 2007)



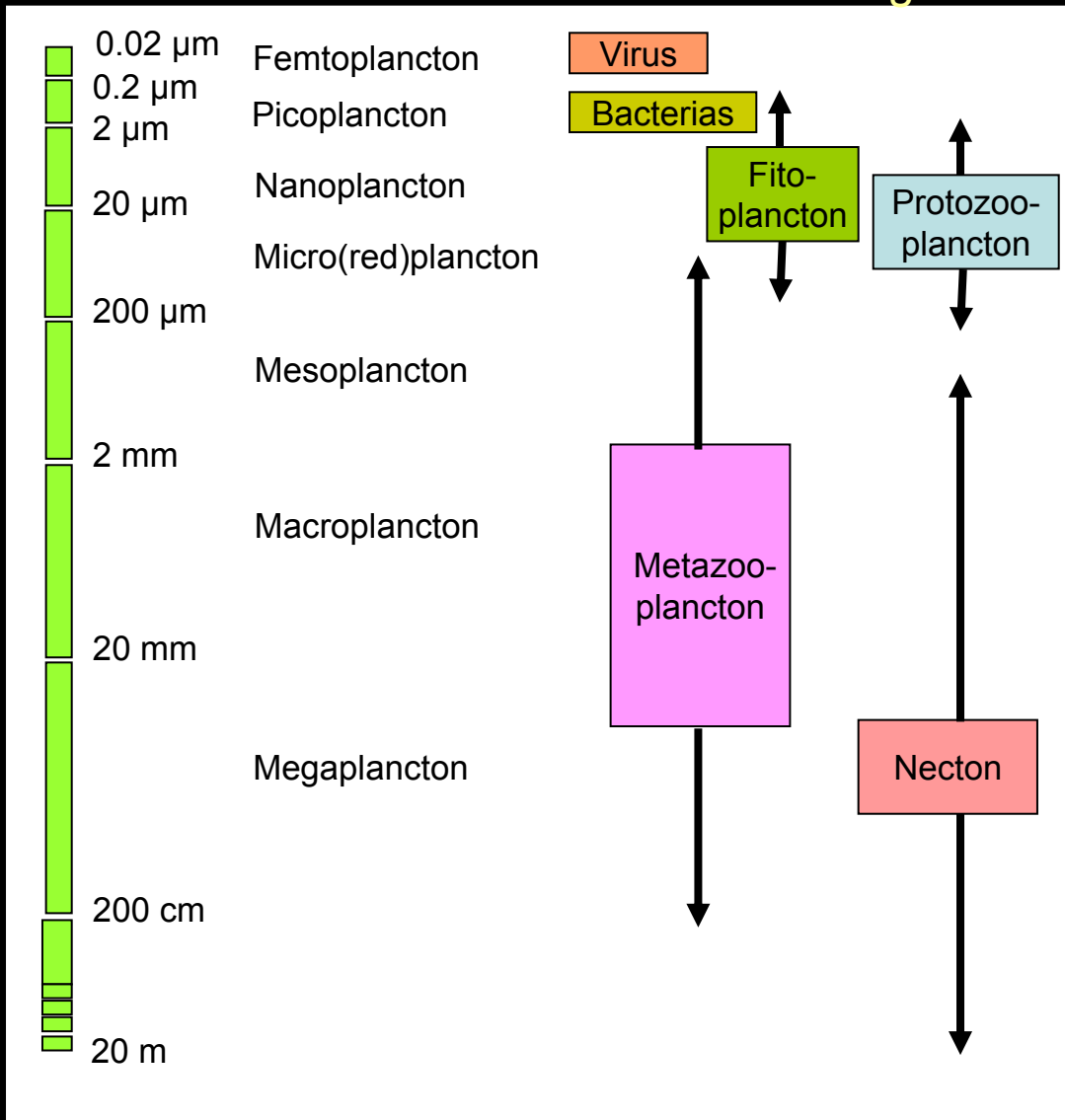
Temperatura - Sustratos blandos (“efecto buffer”)



Riqueza de especies
EPIFAUNA x INFAUNA

Componentes:

Diversidad biológica: Amplio rango de tamaños individuales



Sin embargo...

Dominan los más pequeños

Los organismos <100 μm representan la fracción largamente dominante en los flujos de energía marinos

Diversidad bentónica vs. pelágica

- **Pelágicos: aprox 25.000 especies (20.000 peces y 5.000 zooplancton); Bentos: > 1.000.000 especies**
- **Entre las hipótesis se incluye: mayor heterogeneidad espacial, riqueza de hábitats bentónicos, predación, competencia, estabilidad condiciones ambientales (tiempo) o la combinación de estas.**
- **Sin embargo, existe una mayor cantidad de estudios bentónicos que planctónicos (históricamente), lo que explicaría en parte esta mayor diversidad.**
- **A pesar de esto, los fondos abisales, aún no fueron intensamente estudiados, por lo que nuevamente se plantea Bentos >> diversidad que organismos pelágicos ?**

Quién forma parte del BENTOS?

- Organismos asociados al fondo marino, desde la región intermareal hasta las fosas abisales.

FITOBENTOS: micro y macroalgas, algunos vegetales superiores



‘Kelps’ – algas gigantes



Diatomeas



Fucus distichus

**Restritos a la ZONA
EUFÓTICA**



Spartina sp

ZOOBENTOS: casi todos los filos de invertebrados marinos y algunos cordados

- algunas especies de peces consideradas como bénticas

95 % de las FORMAS DE VIDA MARINA SON BÉNTICAS

Ausencia de la fuerte presión selectiva impuesta por el ambiente pelágico



- **Altos costos energéticos**
- **Alta predación**



Fuentes Hidrotermales

Clasificación organismos bentónicos

1).- Tipo de organismo

2).- Ubicación en el sustrato

3).- Tamaño

4).- Forma de Alimentación

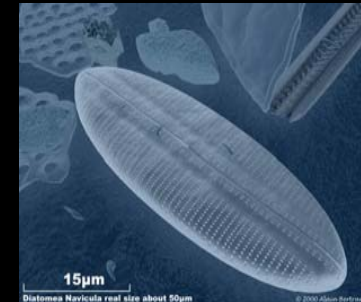
1).- Tipo de organismo : Autótrofos o Heterótrofos

AUTÓTROFO Restringidos a la zona eufótica, en zonas costeras, donde llega la luz y en zonas mareales.

*Plantas vasculares (en zonas tropicales y templadas;
ej: pastos marinos, bañados salinos, como junco
(*Schoenoplectus californicus* o espartina) (Sea grasses)

•Macroalgas

* Microalgas (ej: diatomeas, cianob)



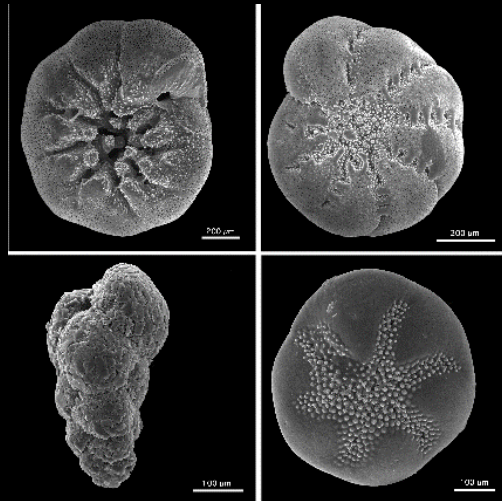
HETERÓTROFOS

Variedad de formas, tamaños y hábitos.

Se encuentran en todas las profundidades oceánicas

PROTOZOA: Foraminifera (Xenofióforos – Mar profundo)

Bénticos



Planctónicos



METAZOA

PORIFERA:

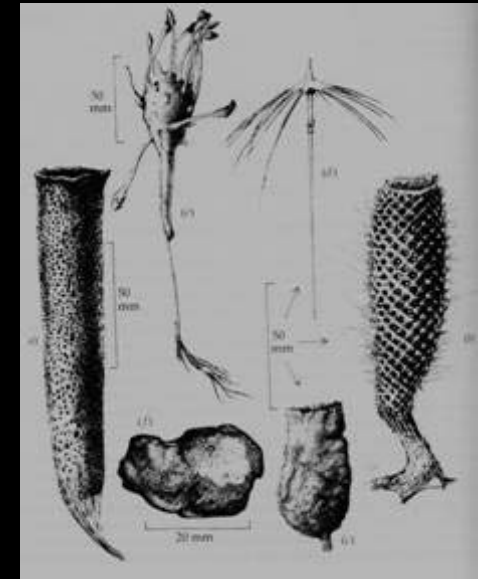


Clathria sp



Ircinia sp

Mar Profundo



Hexactinellidae

‘esponjas de vidrio’

CNIDARIA

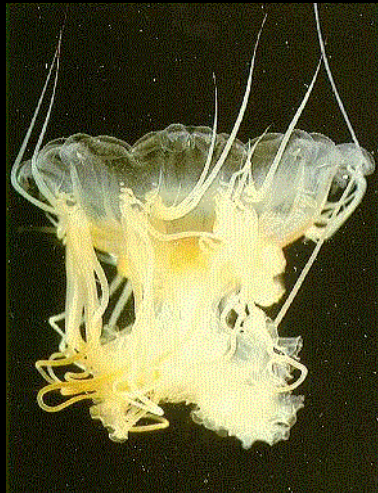
ANTHOZOA - Actinaria



Pseudactinia sp
SCYPHOZOA



Bunodosoma capensis HIDROZOA



Aurelia sp



Pennaria sp



Eudendrium sp

Annelida: Polychaeta



Mollusca: Bivalvia, Gasteropoda,



Cephalopoda, Polyplacophora, Scaphopoda, Monoplacophora, Aplacophora)



THE CHAMBERED NAUTILUS NAUTILUS MACROPHALUS

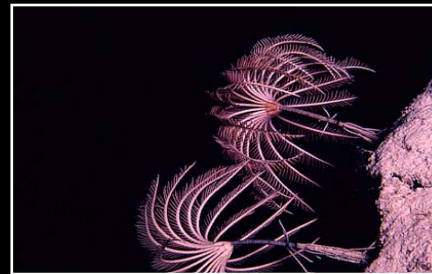


AS FULLNER

Sub PHYLA Crustacea: Classes Cirripedia, Malacostraca (Peracarida, Decapoda)



Phyla Echinodermata (Asterozoa, Echinozoa, Phlebobranchia, Crinozoa, Ophiurozoa)



Región del Talud



UROCHORDATA

Tunicados (Ascidias)



Ciona intestinallis

2) CLASIFICACION SEGUN POSICION EN EL SUSTRATO

Epifauna: viven sobre el sustrato

Sésil

o

sedentarios



Vágil

o

errante



Infauna: viven dentro del sedimento

Semi-infauna: porción enterrada

Perforadores: erizos, bivalvos, isópodos

Endolíticos: escavadores de corales y rocas

3) Por CLASES DE TAMAÑO

Microbentos: < 42 micras: bacterias, hongos

Meiobentos: 42 < * < 500 micras: nemátodos, copepodos

Macrobentos: > 0,5 mm

Megabentos: ~ > 3 cm

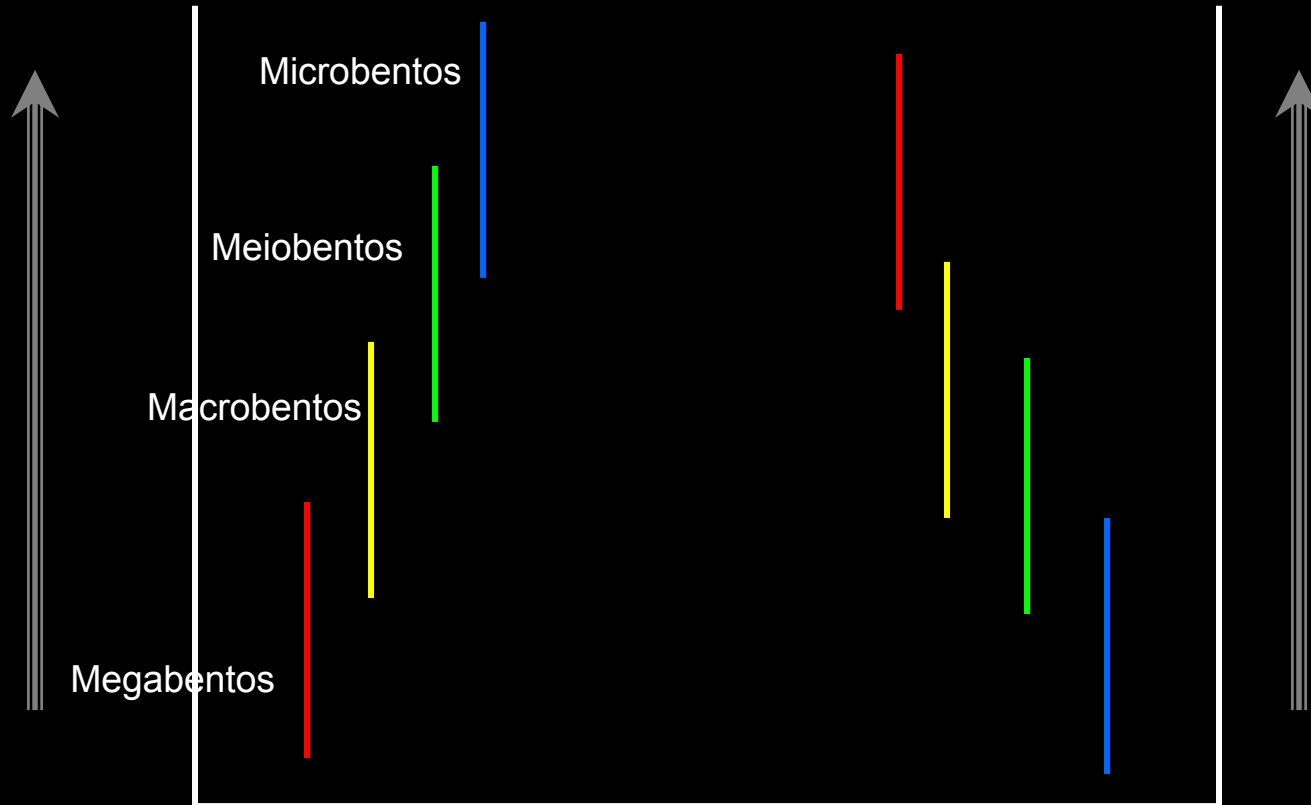
- colectados en redes de arrastre
- Visibles en fotografías y videos



Distribución Abundancia-Biomasa de BENTOS

Abundancia

Biomasa



Pero funcionalmente las fracciones pequeñas son muy importantes

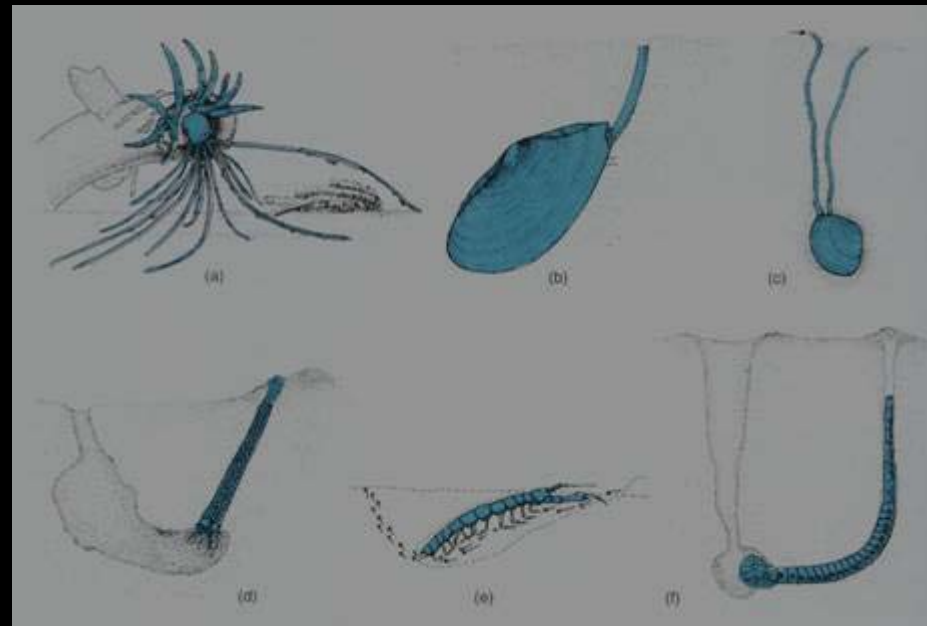
4) MODOS DE ALIMENTACIÓN

Una clasificación y descripción de los modos de alimentación es esencial para la caracterización de los nichos ocupados por las especies.

Depositívoros: Se alimentan del sedimento y retiran de él alguna fracción (microalgas, bacterias, MO particulada y en descomposición)

de superficie

sub-superficie

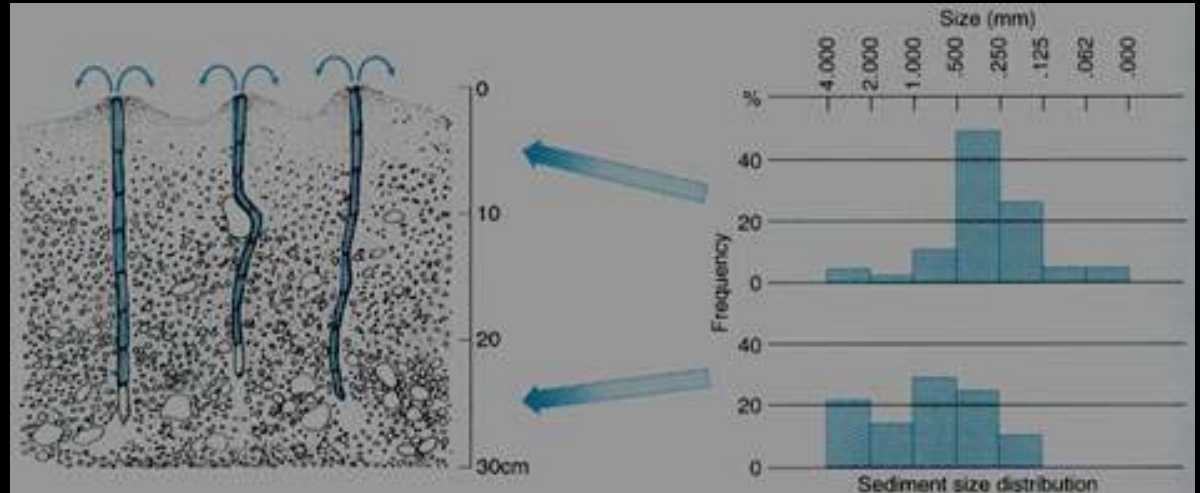


Selectivos: ingieren una determinada fracción del sedimento

No selectivos: ingieren el sedimento directamente



Polychaeta Terebellidae



Polychaeta Maldanidae

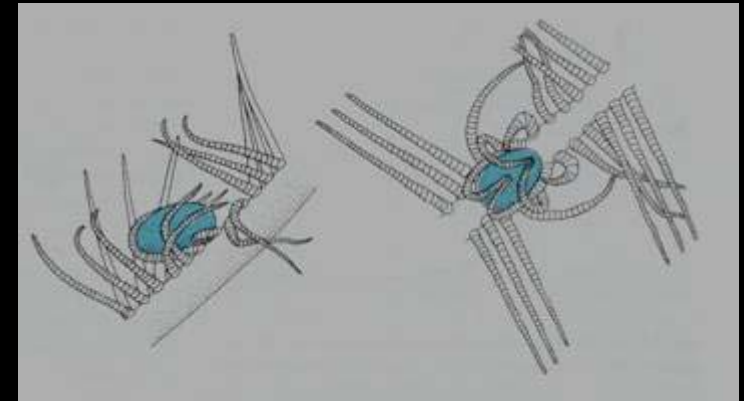
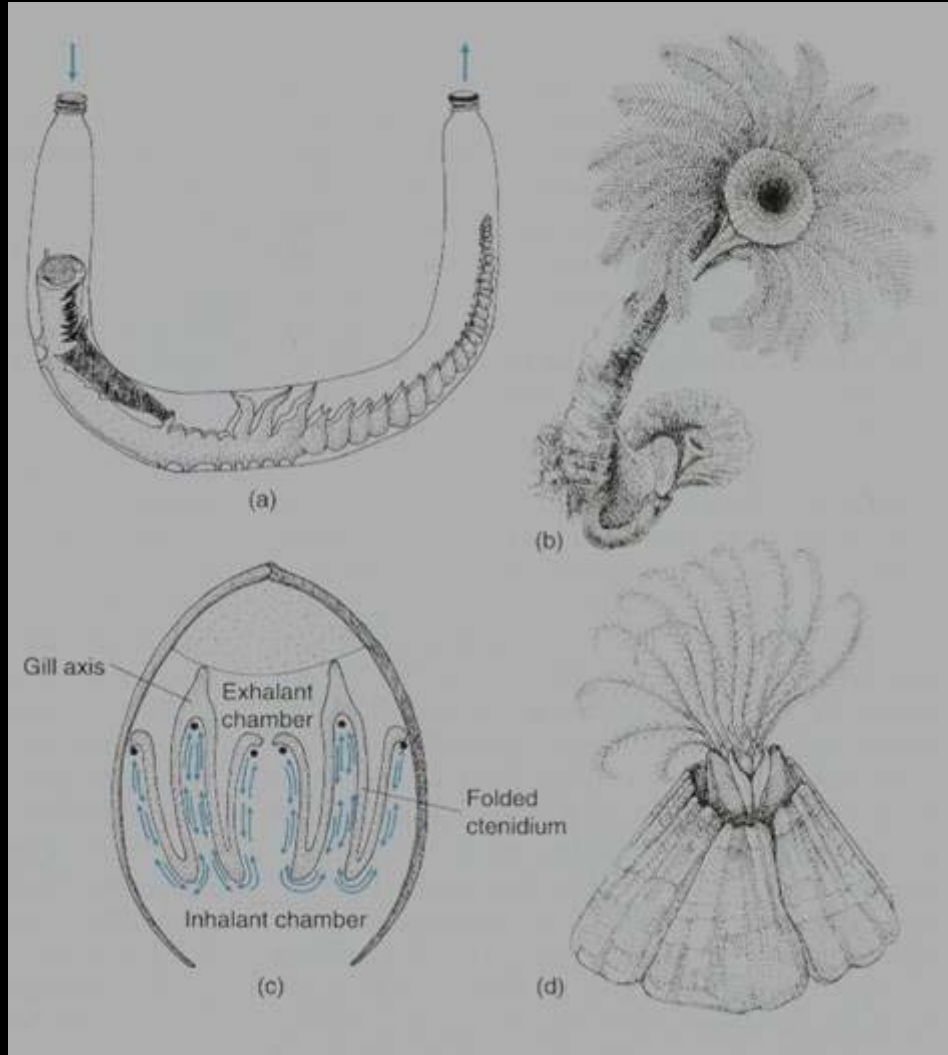
Sedimentos finos

**Mayor área superficial
y mayor colonización
por bacterias**

SUSPENSÍVOROS O FILTRADORES

Capturan partículas de la columna de agua

Activa



Pasiva



HERBÍVOROS

Pastan en las micro o macroalgas adheridas al sustrato



CARNÍVOROS

Especialistas o generalistas

FORRAGEO ÓPTIMO

Reglas utilizadas p/ optimización de la captura de alimento

Gastos energéticos en la captura

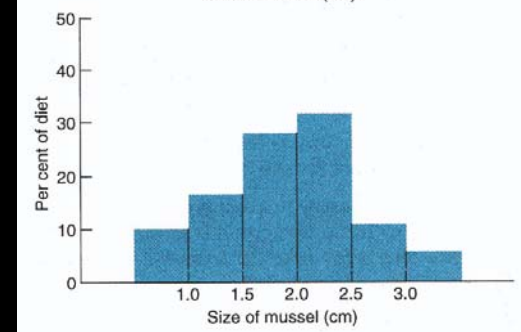
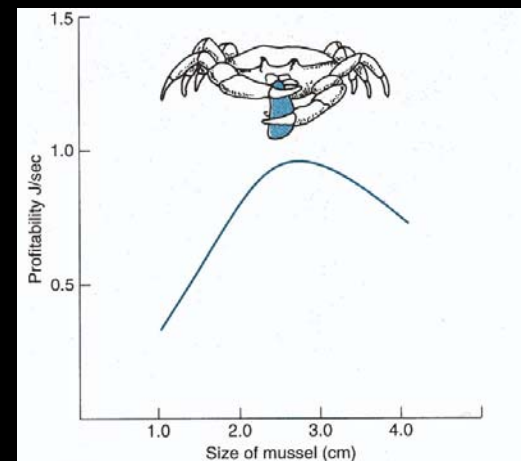
X

Elección del ítem alimentar

Tiempo gastado en un local de alimentación

Valor nutricional

Mejor tamaño de la presa



NECRÓFAGOS:

Se alimentan de restos de animales muertos



Cangrejos de profundidad

**Áreas del Mar Profundo
presentan una gran
intensidad de necrofagia**

**Recursos alimenticios más
escasos**

- *Sleeper sharks*
- *Peces: cara-de-ratón*
- *Anfípodos y cangrejos*
- *Duración: ~6 meses*



18 meses – solamente esqueleto!

- carcasa de 5 ton devorada en ~ 4 meses

Duración ~ 4 – 18 meses



Asociaciones de especies

Primer trabajo cuantitativo en ecología marina fue realizado para bentos submareal: Petersen (aprox. 1920), en costas danesas.

Interesado en saber el papel de los org. bénticos que soportaban las pesquerías. Invento la draga para trabajar cuantitativamente, obtener muestras de un área conocida.

Así podría estimar el alimento que habría para los peces y así obtener valores de cuanta biomasa de peces soportaría el bentos (alimento).


RESULTADOS: grandes áreas del fondo eran ocupadas por grupos recurrentes de especies y que otras eran habitadas por otras especies

Pocas especies eran las mas abundantes en NUMERO y BIOMASA: ASOCIACIONES

CONTRASTE: con resultados anteriores basados en cualitativos ya que habían indicado NO DIFERENCIAS entre áreas.

Luego de varios años: se observó que esas asociaciones permanecían de cierta forma constantes en el espacio y en el tiempo y fueron llamadas **COMUNIDADES** y nombradas por la especie **DOMINANTE**. Ej. *Macoma balthica*, costa danesa de 8-10 m de Z, dominada por *Macoma* pero tb. con *Arenicola marina*, *Cardium edule* y *Mya arenaria*.

Luego: Thorson (1955), descubrió que esas **COMUNIDADES** se repetían a lo largo de todo el mundo, especialmente en zonas templadas, a nivel de género, y las llamó **COMUNIDADES PARALELAS**, caracterizadas por un mismo tipo de sedimento, misma profundidad y mismos géneros dominantes (o taxa similares ecológicamente) .

 no es aleatorio, sino que representan sistemas que están realmente interactuando donde ciertos factores aseguran esa persistencia en el tiempo y en el espacio.

Hasta acá lo que se sabía entonces era que existían pero aún no porque ni cuáles eran los factores ni las interacciones que provocaban esa existencia.

NATURALEZA DEL SUSTRATO

Impone la principal fuerza selectiva que determina la distribución de los organismos en sus nichos.

- **Substratos Consolidados (duros, hard)**
- **Substratos Inconsolidados (blandos, soft)**

- Compuesto por partículas minerales sedimentarias, pequeñas partículas orgánicas derivadas de tejidos muertos.
- De acuerdo con el tamaño medio del grano, existen diferentes clases de sedimentos (Escala Wenworth)
- Importante variables de la calidad del sedimento (pH, % MO, Nutrientes, Eh) condicionado por el tipo sedimento y que afecta la distribución de organismos

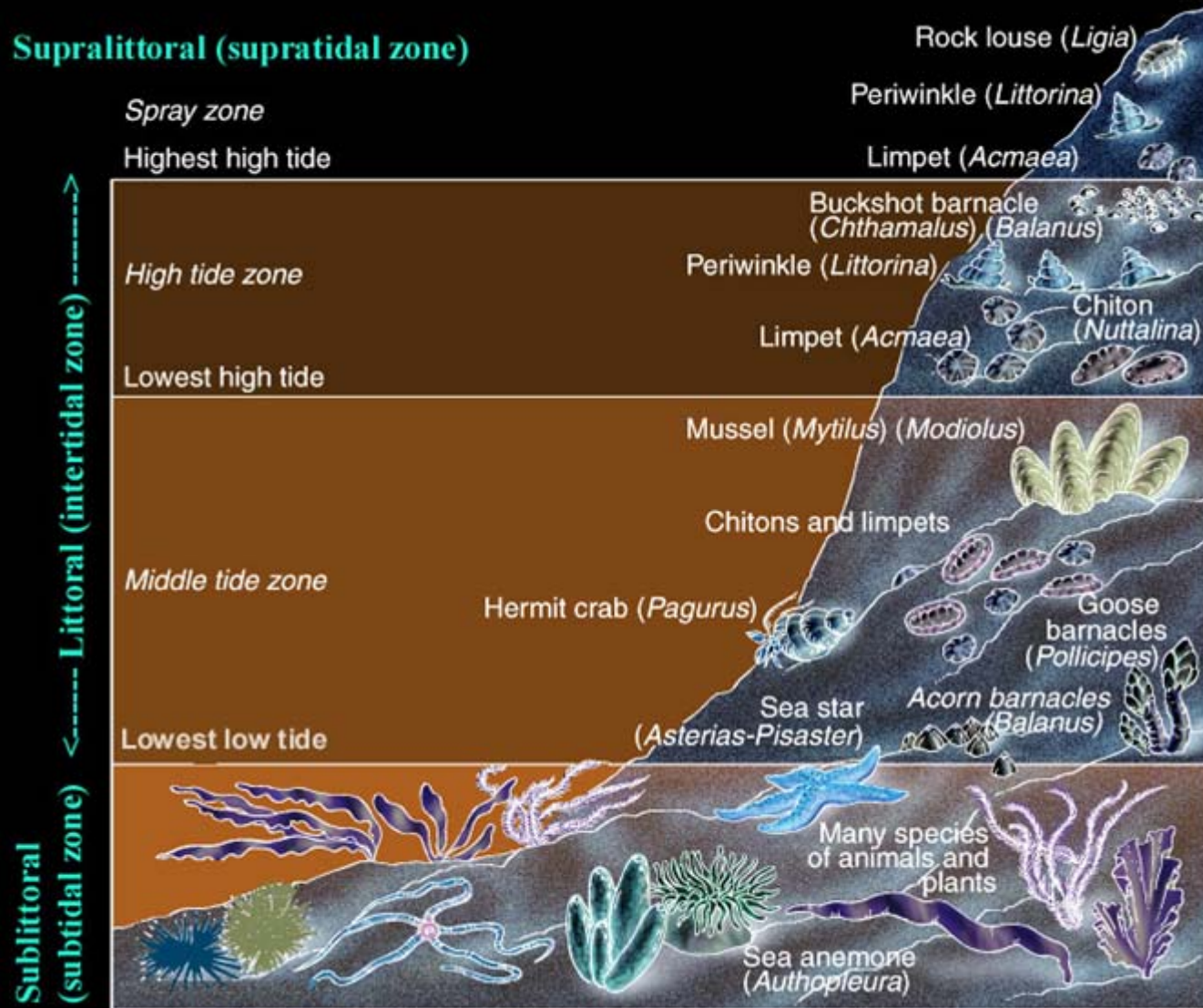
- Fango
- Arena Fina
- Arena Media
- Arena Gruesa
- Cantos rodados
- Roca



Sustratos Biogénicos

- Conchilla
- Marismas con *Spartina* spp. y *Juncus acutus* (sobre fango)
- Bancos de Mejillón (35-50 m)
- Bancos de Mitílicos someros (0-10 m)
- Colonias del poliqueto *Phyllochaetopterus socialis*

Sustratos Consolidados



Sustratos Inconsolidados

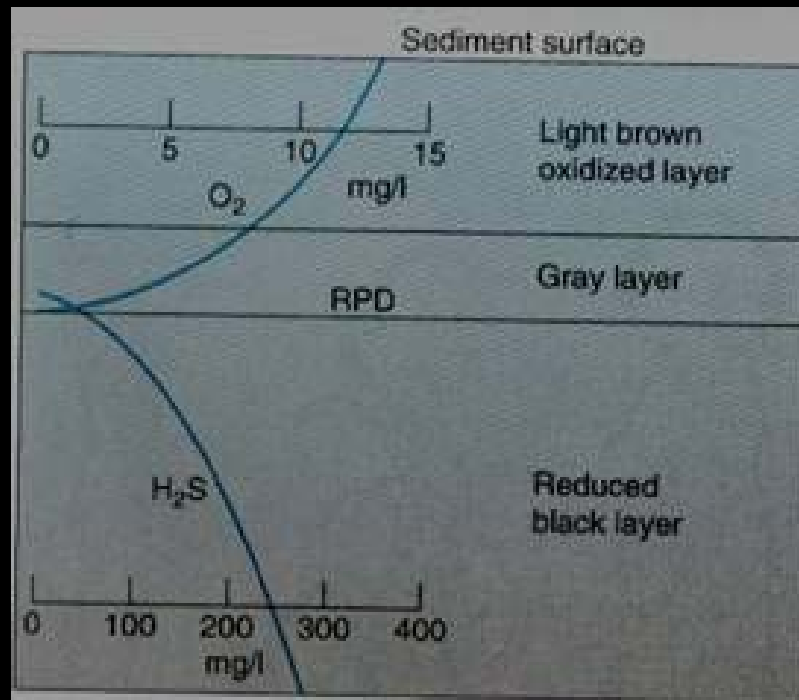
- velocidad de corriente
- tamaño y selección de granos (limo, arcilla, arena)
- deposición de materia orgánica
- asentamiento larval
- alteraciones biológicas - bioturbación,
- interacciones biológicas - competencia, predación

Movilidad de los sedimentos inconsolidados

- **Mezcla de partículas inorgánicas, orgánicas y agua intersticial – influye en los organismos**
- **Tamaño de las partículas refleja hidrodinamismo**
- **Hidrodinamismo crea inestabilidad en el sedimento**
- **Composición del sedimento influye en la abundancia y composición de la fauna**
- **Animales escavadores x intersticiales**

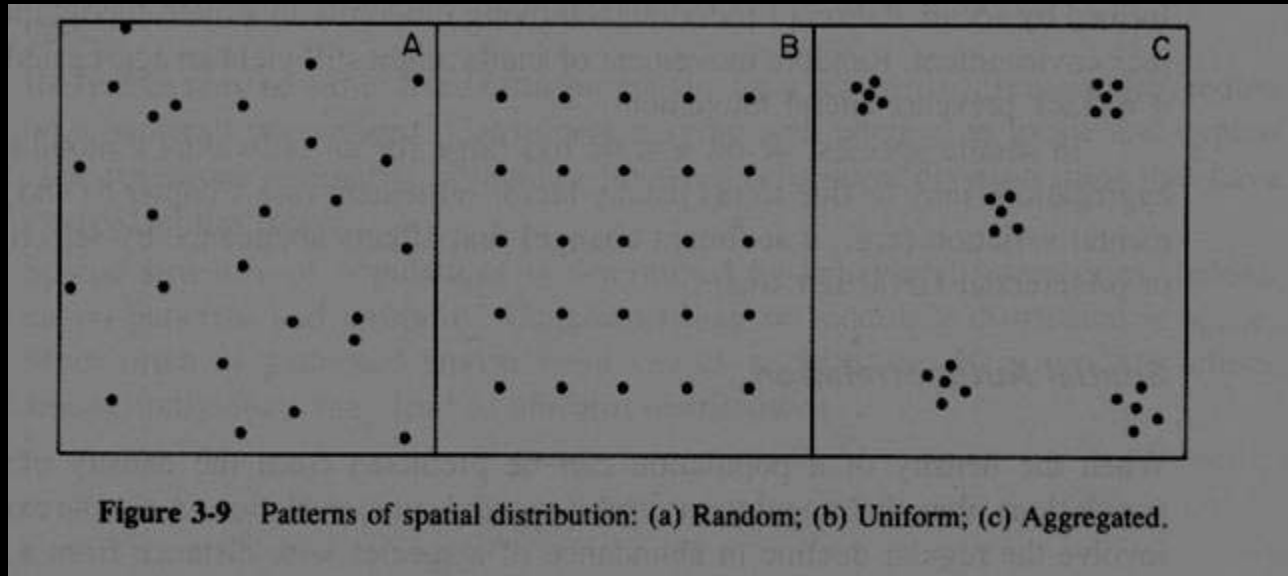
Discontinuidad de la capa REDOX

- **Microambientes: Zonas oxidantes y reductoras;**
- **Reflejan la composición de las comunidades;**
- **Influenciadas por el tipo de sedimento, bioturbación, hidrodinamismo, etc.**



FACTORES QUE CONTROLAN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ORGANISMOS BENTÓNICOS

TIPOS DE DISTRIBUCIÓN



Aleatória

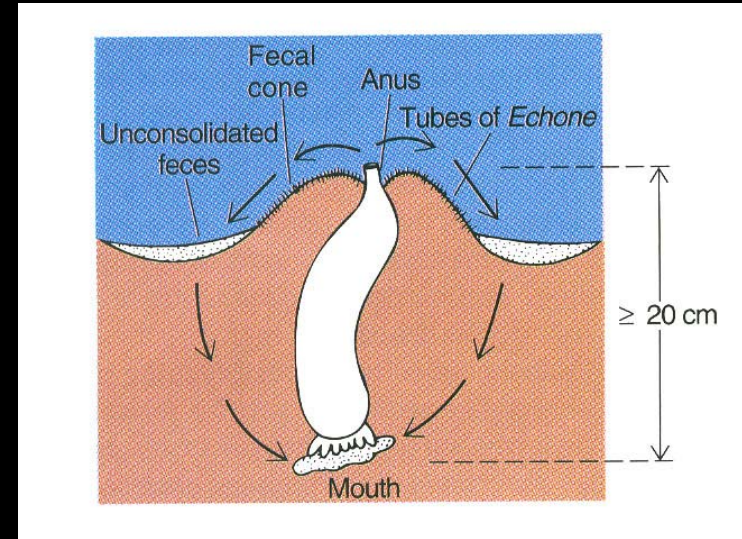
Uniforme

Agregada

El BENTOS presenta una distribución casi siempre de forma agregada.

POR QUE?

1) Modificación del microambiente: BIOTURBACIÓN



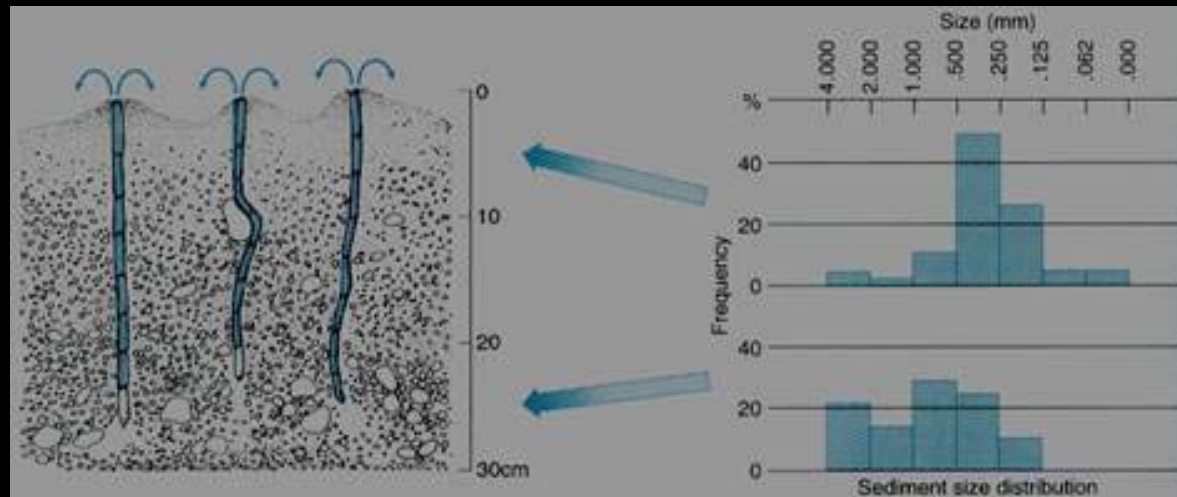
Molpadia oolitica

- Aumento de la diversidad
- Disminución de la diversidad



Depositívoros: modifican mucho la estructura del sedimento

Se alimentan de sedimento retirando alguna fracción del mismo (clorofila, microorganismos, POM, bacterias)



(Selectivos)

- **Amensalismo Trófico**

Suspensívoros x Depositívoros

“Org. suspensívoros dominan sedimentos arenosos y los depositívoros los fangosos”

“Suspensívoros son pocos eficientes en sedimentos fangosos porque se les ocluyen los órganos de filtración y el efecto desestabilizador de los depositívoros los afecta negativamente”

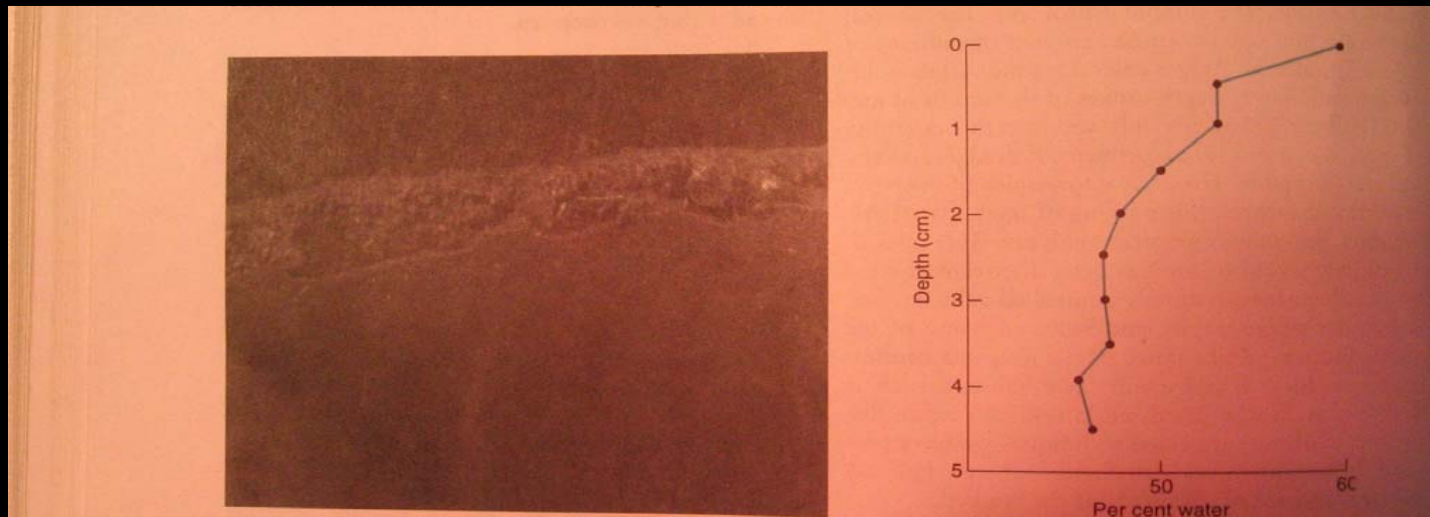
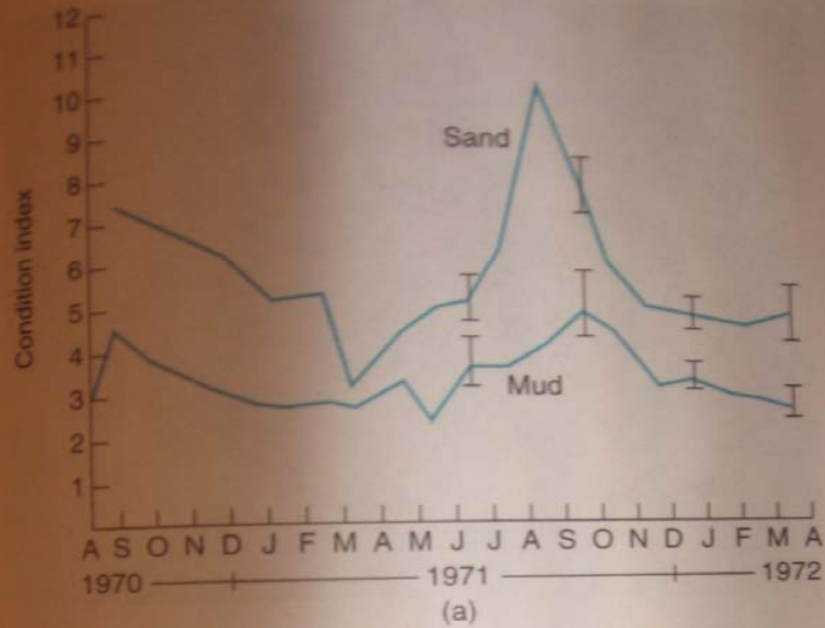


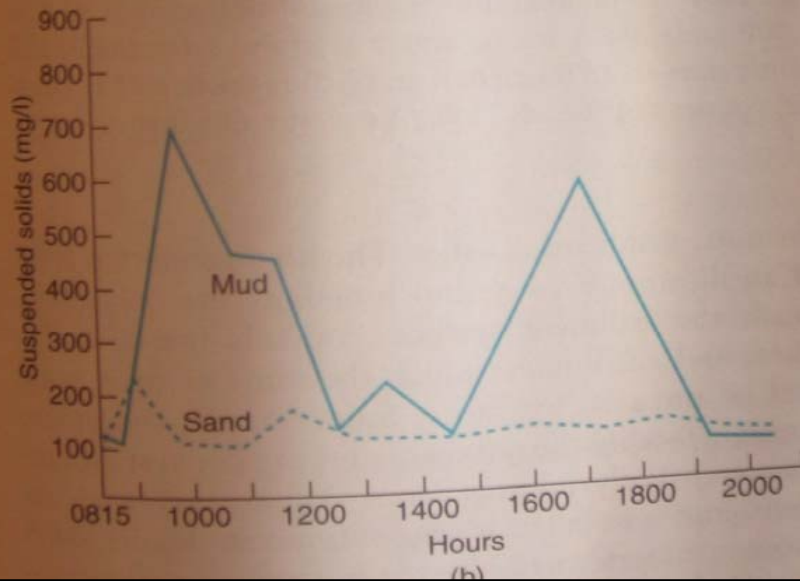
Fig. 16.1 The surface sediments of muddy bottoms have a high water content, owing to the burrowing and feeding activities of invertebrates. (Left) A cross-section of the bottom; (right) diagram showing the high water content of the surface sediments.



Órganos de filtración se colmatan en aguas muy turbias.

Almeja estuarina *Rangia cuneata*

Índice de condición: como medida del estado nutricional

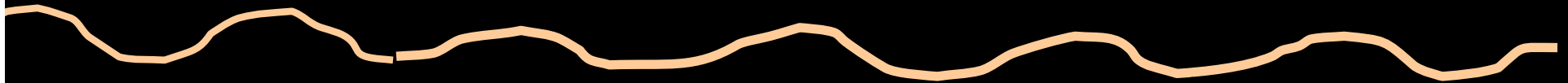


2) Corrientes junto al fondo (fuentes de perturbación)

'Ripple marks'

Sentido de la corriente

**Sedimento grueso
Corrientes fuertes**



**Sedimento fino
Acumulación de M.O.**

Pasaje de frentes fríos

→ Fragmentación de hábitat

'Benthic storms'



Vórtices y corrientes profundas



Generan microambientes

3) Materia Orgánica depositada de forma discontinua: genera sitios con diferente cantidad de alimento (tanto espacial cuanto temporalmente)

Producción pelágica (fitodetritos)

Morfología del sustrato

Zonas de resurgencia

Fuentes Puntuales ('food falls')

- carcasas de ballena y otros vertebrados (ambientes reductores)

-restos vegetales cargados para el fondo

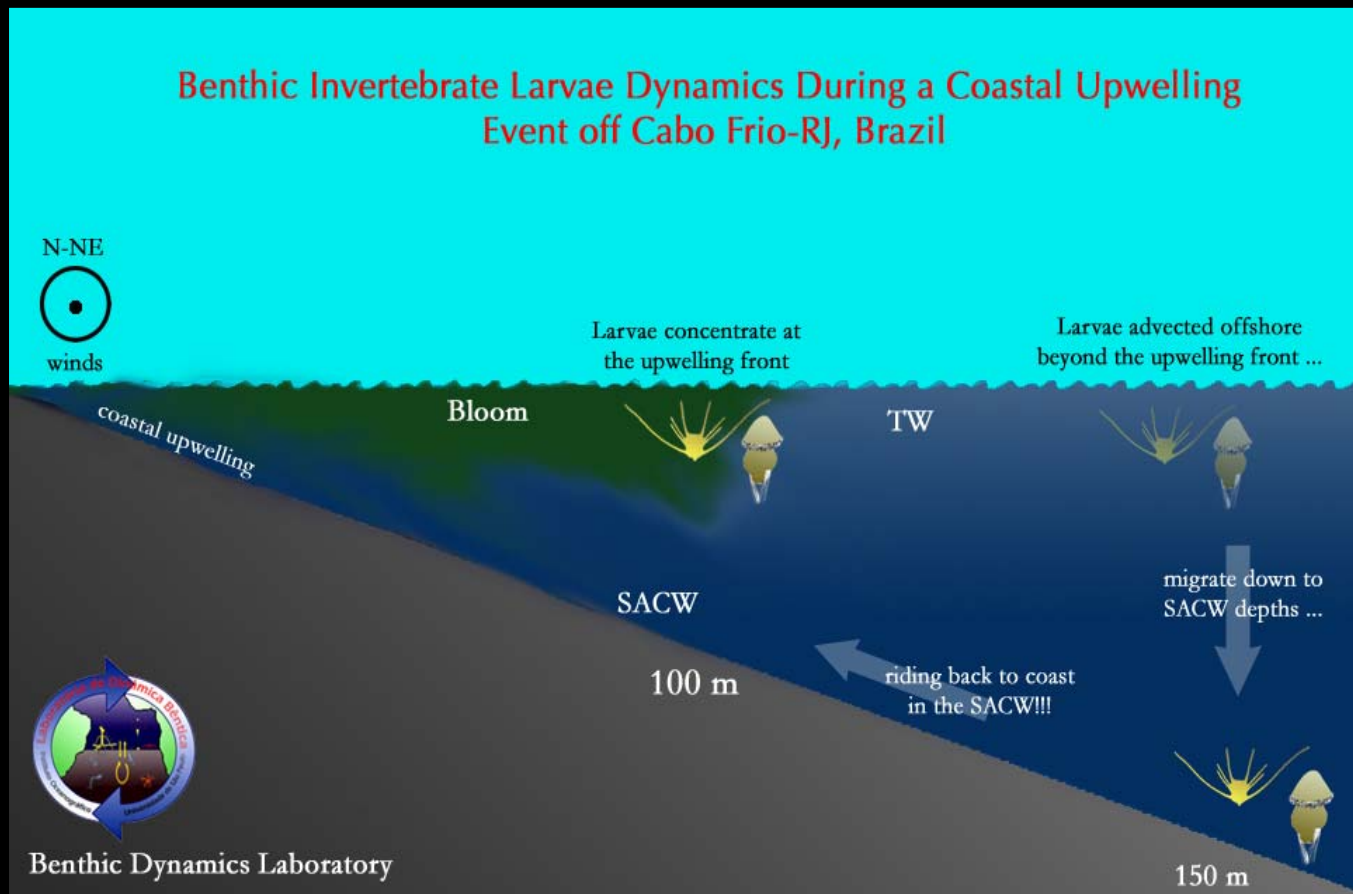
4) PATRONES DE DISPERSIÓN Y RECLUTAMIENTO

- Asentamiento larval diferencial

Años de extremo reclutamiento

Años de bajo reclutamiento

- variación de las condiciones físicas (corrientes, temperatura)



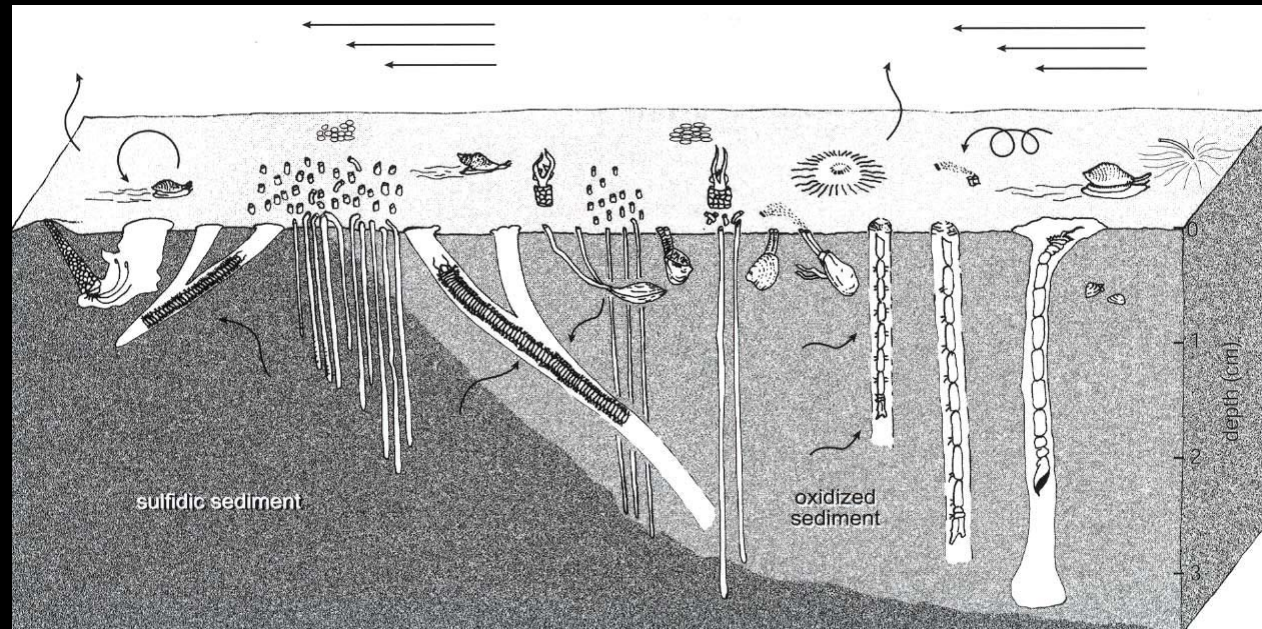
La mayor parte de los organismos bécnicos tienen un estadio larval planctónico durante el ciclo de vida. Esta fase es extremadamente importante para la distribución de los organismos: capacidad de dispersión de las larvas en masas de agua. Las condiciones oceanográficas son, entonces, determinantes en la abundancia y distribución de los invertebrados bécnicos.

5) DISTURBIOS ANTRÓPICOS y BIOLÓGICOS

- **Alimentación de grandes predadores**
- **Dragado del fondo – canales portuarios**
- **Pesca de arrastre**
- **Fuentes contaminantes (Emisarios submarinos,
Derrames de petróleo)**

SUCESIÓN ECOLÓGICA LUEGO DE UN DISTURBIO

Ej: efecto de anoxia en el sedimento.



Especies oportunistas

X

Especies dominantes

Polychaeta Spiochaetopterus, Capitella

- Alta inversión reproductiva, rápida colonización
- Larvas tolerantes a altas concentraciones de H_2S
- Se concentran en la superficie

- Baja inversión reproductiva
- Modifican la estructura del sedimento
- Competitivamente superiores
- Excavadores mas profundos

Importancia de los procesos bénticos (**EFEECTO BÉNTICO**) en el sistema acuático

Como el bentos afecta marcadamente a todo el sistema?
Efecto variable de acuerdo con la profundidad, > efecto a < Z

Carbono es la base del metabolismo de un sistema acuático

-Fuente de carbono para los organismos bénticos;

-Flujos de carbono:

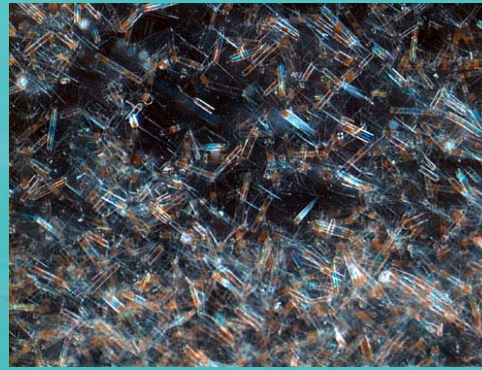
>Z efecto unidireccional, de la columna de agua al fondo

<Z (ej. estuarios) efecto bidireccional

-Remineralización de la materia orgánica;

-Enterramiento del carbono en los depósitos sedimentarios.

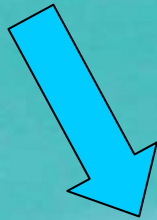
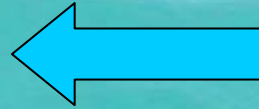
Fitoplancton



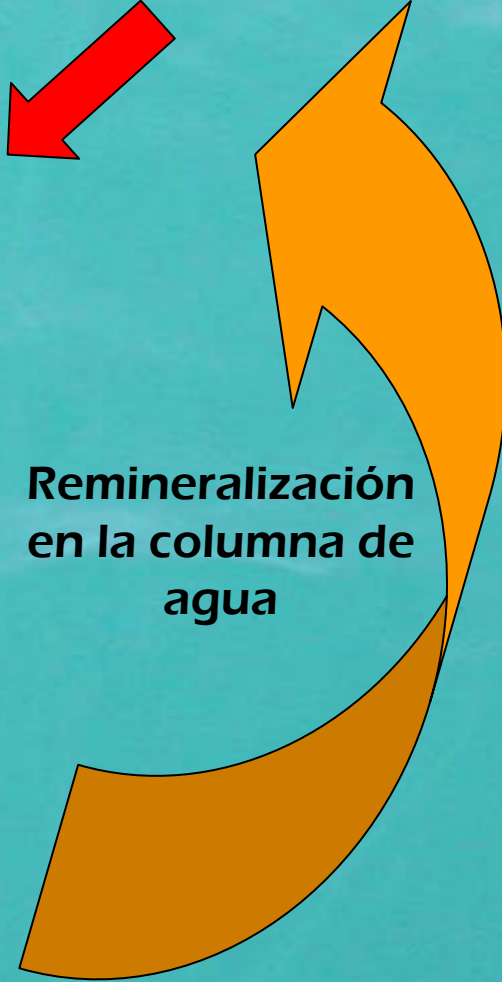
CO₂ + Nutrientes



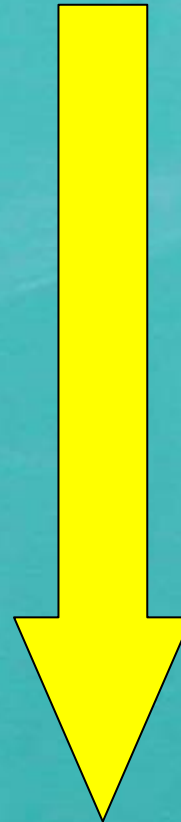
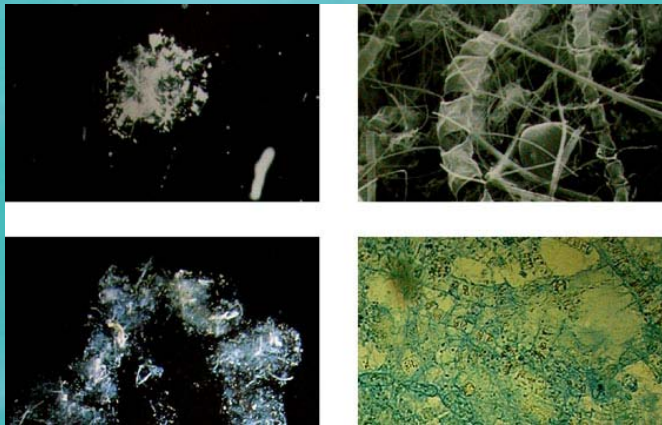
Zooplancton



**Remineralización
en la columna de
agua**



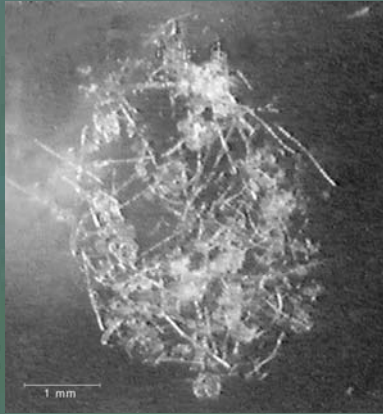
**"Nieve
marina"**



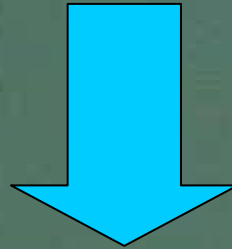
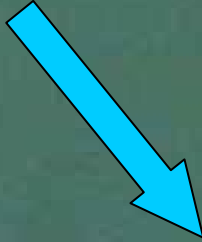
Exportación para el sistema béntico

Ilegada de detritos provenientes de la producción pelagial

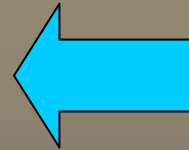
Producción alóctona



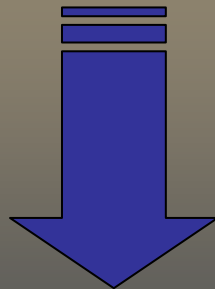
Input Continental



Materia Orgánica

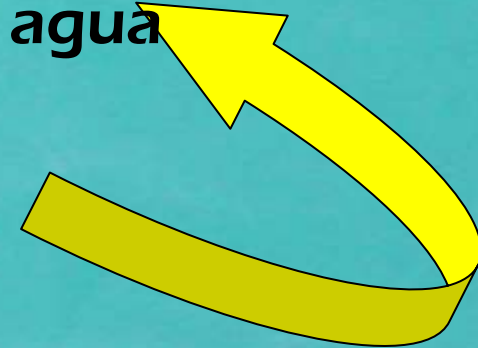


Microalgas bentónicas
Producción autóctona



Fauna Bentónica

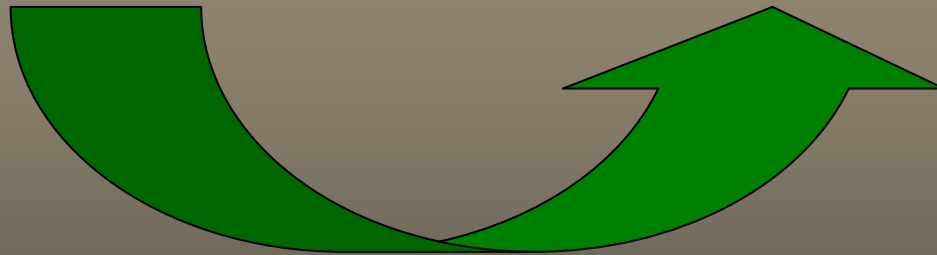
**Disponibilización de
nutrientes para la
producción nueva en la
columna de agua**



Procesos advectivos

Materia Orgánica

Nutrientes (Fosfato y Nitrato)



Remineralización

**Secuestro de
Carbono**



En resumen, el **EFECTO BENTÓNICO** se puede representar básicamente por tres procesos:

- 1) Relaciones entre organismos-sedimento
- 2) Metabolismo de la comunidad béntica y reciclaje de nutrientes
- 3) Mejores flujos energéticos por la capa de agua sobrenadante

FIN, muchas gracias

Bibliografía recomendada:

- Marine biology: an ecological approach. Nybakken, JW. 1993.
- Marine Biology: function, biodiversity, ecology. Levinton, JS. 1995.
- The ecology of marine sediments. Gray, JS. 1981.
- Dynamics of Marine Ecosystems. Mann & Lazier, 1996.