

EL OCÉANO EN CIFRAS

LAS PROPIEDADES DEL AGUA

INTRODUCCIÓN

Remarcando conceptos

El marco geográfico y atmosférico

ESTRUCTURA VERTICAL DEL OCÉANO

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Distribución de la temperatura, salinidad respecto a la profundidad.

La estratificación de la densidad

Procesos termohalinos, formación de masas de agua, la termoclina estacional

DEFINICIONES

Profundidad de la capa superficial

Profundidad de la capa de mezcla

VARIABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS VERTICALES DEL OCÉANO

CONCLUSIONES

EL OCÉANO EN CIFRAS

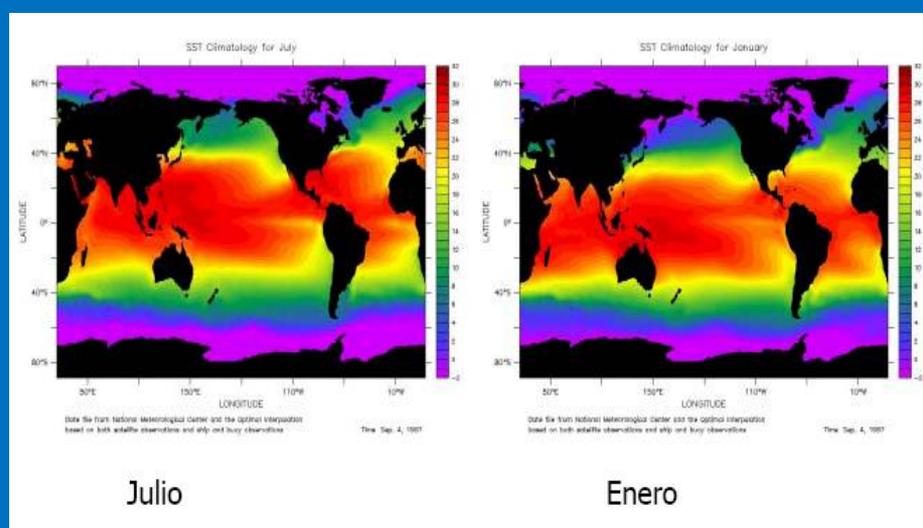
- 70,8 % DE LA SUPERFICIE TERRESTRE ES OCÉANO
- LAS CUENCAS OCÉANICAS POSEEN UNA PROFUNDIDAD PROMEDIO DE 3.295 m.
- EL MARGEN CONTINENTAL:
SE EXTIENDE DESDE LA LÍNEA DE COSTA HASTA LOS 2.500m CUBRE EL 40.7% DEL OCÉANO (29% DE LA SUPERFICIE TERRESTRE).
- LA MAYOR PROFUNDIDAD OCÉANICA SE UBICA EN LA FOSA MARIANA 11.035 m (Everest 8.840 m).
- LAS CUENCAS OCÉANICAS ESTÁN DIVIDIDAS EN LOS PRINCIPALES OCÉANOS:
 - PACÍFICO: es el más grande (52%) con una Z = 4.028 m
 - ATLÁNTICO: área 25%, Z = 3.332 m
 - ÍNDICO: área 20%, Z = 3.897 m
 - La zona Sur de los 3 océanos se denomina Océano Sur
- EL HN TIENE MENOS OCÉANO QUE EL HS

LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA DE MAR

| PROPIEDAD | COMPARACIÓN CON OTRAS SUSTANCIAS | IMPORTANCIA EN EL OCÉANO |
|--------------------------|--|--|
| CAPACIDAD CALÓRICA | Es el + alto en comparación con todos los sólidos y líquidos exceptuando el amonio líquido | * Previene extremos de T° *Se transfieren grandes cantidades de Q |
| Q LATENTE | Es el + alto exceptuando el amonio líquido | *Actúa como termostato en el punto de congelación permitiendo absorber o eliminar Q latente |
| Q LATENTE DE EVAPORACIÓN | Es el + alto de todas las sustancias | *Importante e le calentamiento y transferencia de agua a la atmósfera |
| EXPANSIÓN TÉRMICA | La T° a máx. densidad decrece con el incremento de la salinidad. Agua pura 4°C | * Ad y As alcanzan su máxima densidad a T° por encima del punto de congelación |
| TENSIÓN SUPERFICIAL | La + alta de todos los líquidos | *Controla la formación y comportamiento de las gotas. Importante en fenómenos superficiales. |
| PODER DE DISOLUSIÓN | Disuelve + sust y en mayor cantidad que otros líquidos | |
| TRANSPARENCIA | Relativamente alta | *Absorción de Energía radiante es alta en el infrarrojo y ultravioleta. En la porción del espectro visible existe una pequeña absorción selectiva. |

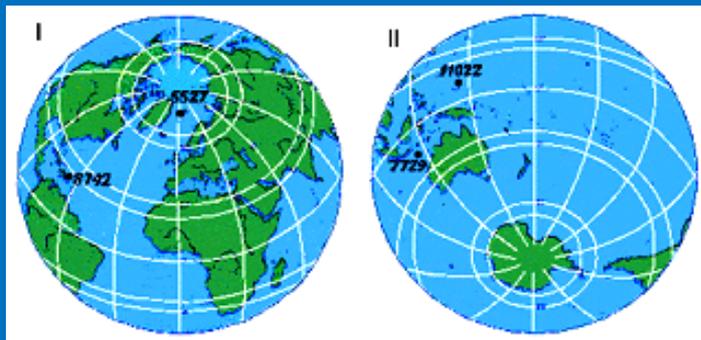
REMARCANDO CONCEPTOS

- EL OCÉANO CONTIENE EL 98% DE LOS 1.4 BILLONES DE km³ DEL AGUA DEL PLANETA.
- LA ALTA DENSIDAD DEL AGUA EN COMPARACIÓN CON LA DENSIDAD ATMÓSFERICA Y LA GRAN CANTIDAD DE ENERGÍA NECESARIA PARA CAMBIAR DE ESTADO (SÓLIDA-LÍQUIDA-VAPOR) TRANSFORMAN AL OCÉANO EN UNA FUERZA ESTABILIZADORA DEL SISTEMA CLIMÁTICO TERRESTRE.

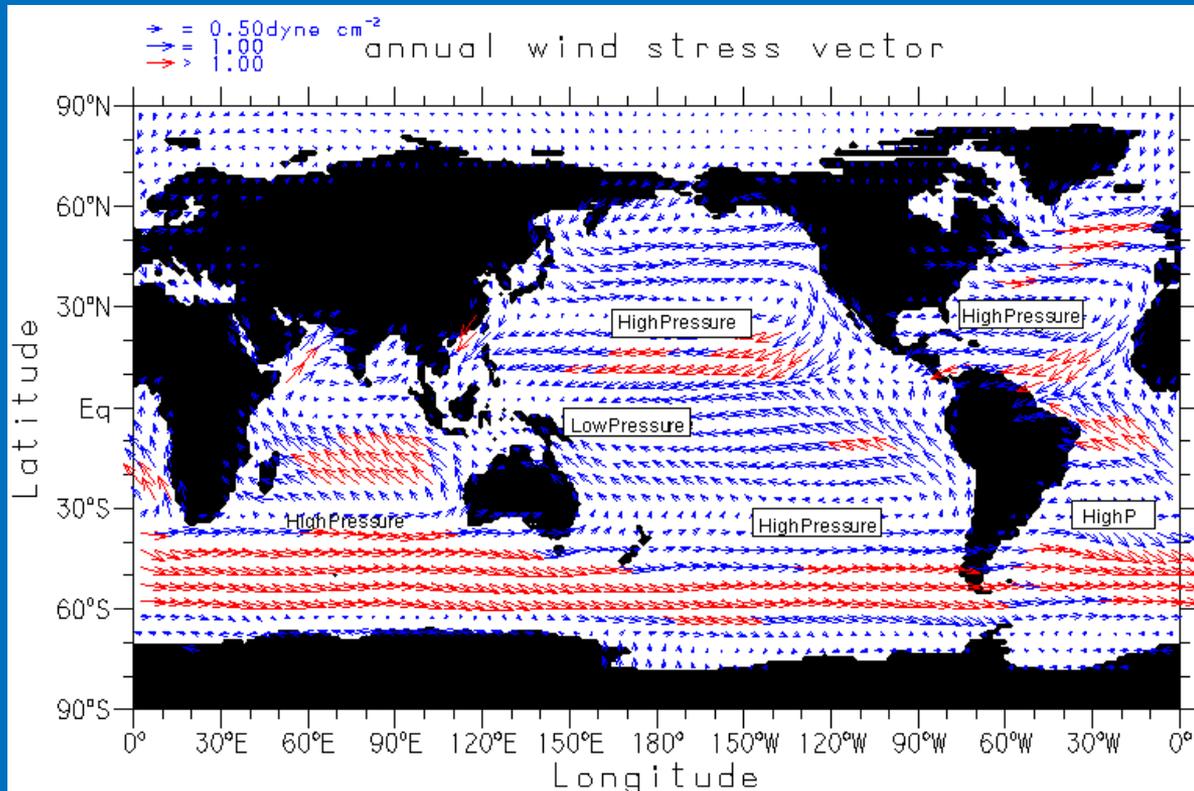


- LA TEMPERATURA SUPERFICIAL ES ALTA CERCA DEL ECUADOR (27-30°C). LOS MÍNIMOS OCURREN EN LOS OCÉANOS POLARES (PTO. CONGELACIÓN AM = 1.9°C).

- LAS AGUAS CÁLIDAS SE IMPULSAN HACIA LOS POLOS A TRAVÉS DE LOS LÍMITES W. ¿QUÉ PASA CON LAS REGIONES TROPICALES EN LAS MÁRGENES ESTE?



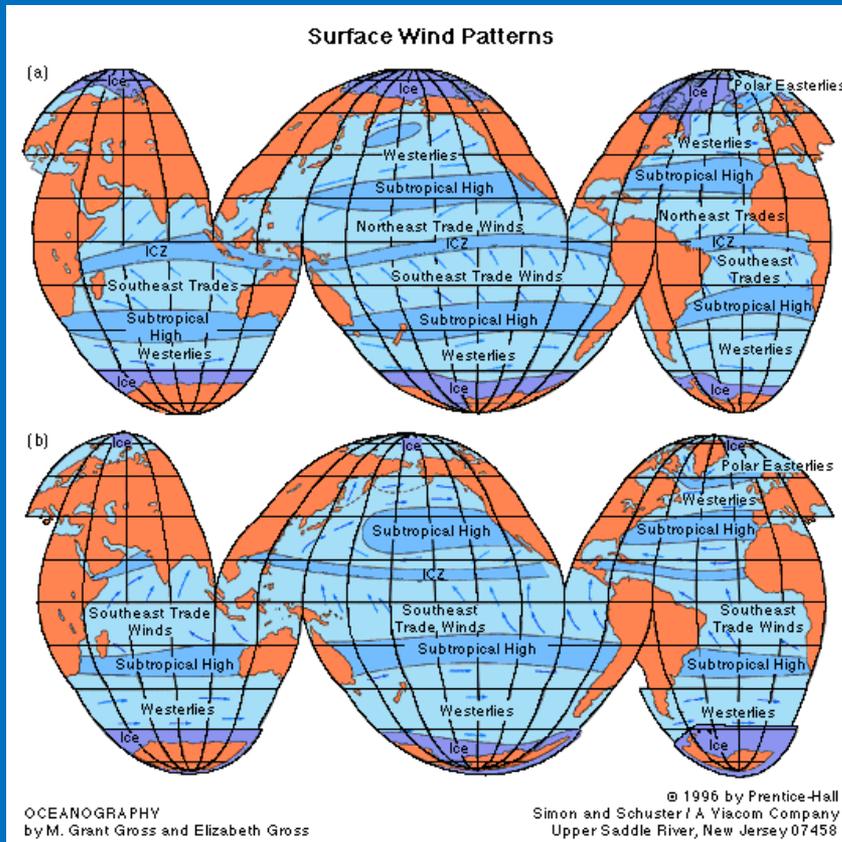
EL MARCO GEOGRÁFICO Y ATMOSFÉRICO



- EN LA ATMÓSFERA LOS PATRONES DE VIENTO ESTÁN RELACIONADOS CON LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

- LAS CORRIENTES OCEÁNICAS A SU VEZ TAMBIÉN SE RELACIONAN CON LA VARIBILIDAD DE SISTEMAS DE PRESIÓN EN EL OCÉANO.

EL MARCO GEOGRÁFICO Y ATMOSFÉRICO



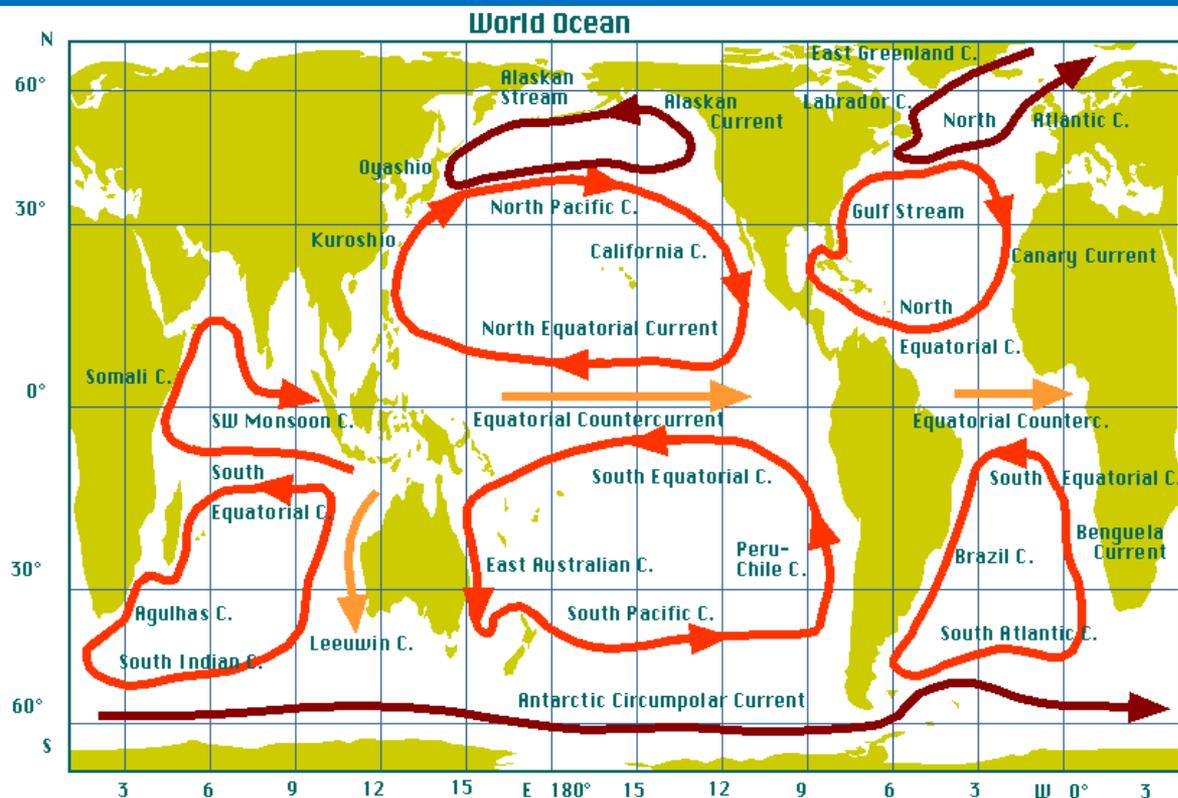
- LOS PATRONES DE VIENTOS PREDOMINANTES SON LA PRINCIPAL FUERZA IMPULSORA DE LAS CORRIENTES OCEÁNICAS.

- LOS PATRONES DE VIENTOS SON CASI ZONALES (SOPLAN DE E A W).

- VIENTOS ALISIOS: PROVIENEN DEL E DE REGIONES TROPICALES Y SUBTROPICALES (30° N Y 30° S).
- REGIÓN DE CALMAS Y VIENTOS DÉBILES Y VARIABLES (5°N)
- VIENTOS PROVENIENTES DEL W (30° Y 65°). SON MÁS FUERTES EN INVIERNO Y OCUPAN REGIONES DE FUERTES TORMENTAS
- VIENTOS POLARES: EL PATRÓN VUELVE A REVERTIRSE A PARTIR DE LOS 65°

EL MARCO GEOGRÁFICO Y ATMOSFÉRICO

- LA ACCIÓN COMBINADA DE LOS VIENTOS ALISIOS Y LOS VIENTOS DEL W GENERAN LOS GRANDES GIROS SUBTROPICALES OCEÁNICOS. ¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE EL HN Y HS?
- GIRO SUBPOLAR DEL OCÉANO PACÍFICO N: VIENTOS DEL W Y VIENTOS POLARES DEL E (CORRIENTES DE OYASHIO, PACÍFICO N Y ALASKA)



- OCÉANO ATLÁNTICO: GIRO SUBPOLAR N (CORR ATLÁNTICO N, ORIENTAL DE GROELANDIA, LABRADOR)

- LA REGIÓN SUBPOLAR HS NO TIENE BARRERAS CONTINENALES: CORR CIRCUNPOLAR ANTÁRTICA

EL MARCO GEOGRÁFICO Y ATMOSFÉRICO

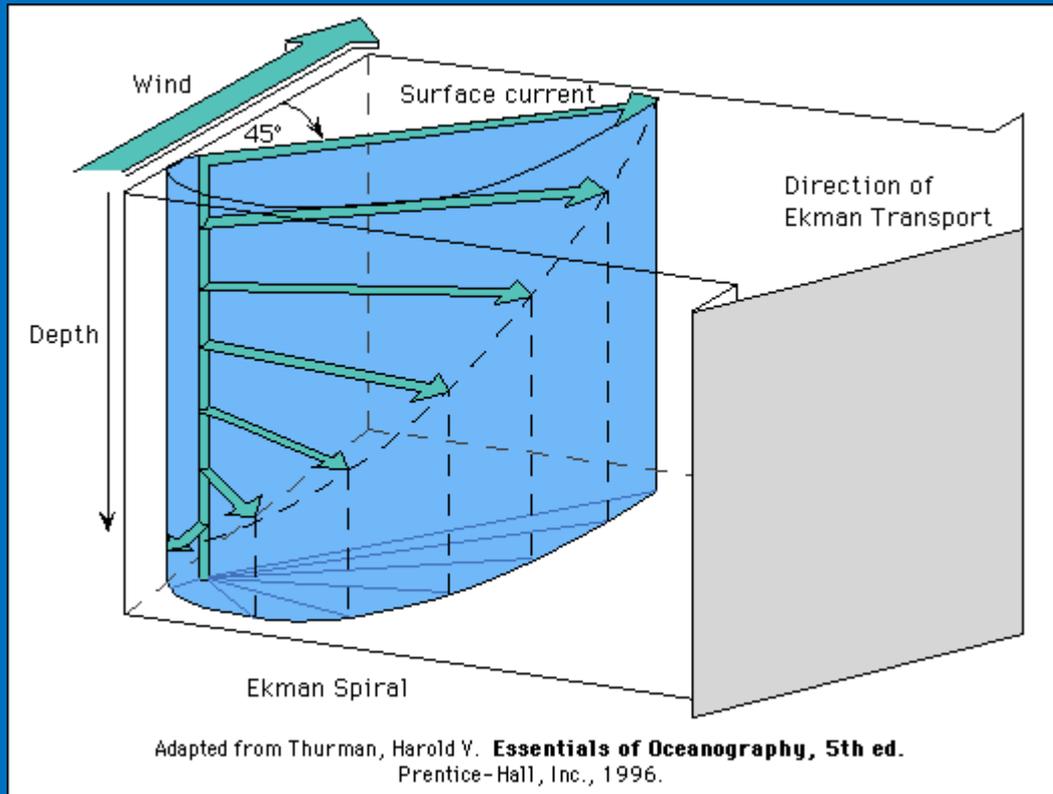
| cuenca oceánica | hemisferio norte | | hemisferio sur |
|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| | giro subpolar | giro subtropical | giro subtropical |
| Océano Atlántico | Corriente de Labrador | Corriente del Golfo ⁽¹⁾ | Corriente de Brazil |
| Océano Pacífico | Corriente de Oyashio ⁽²⁾ | Corriente del Kuroshio ⁽³⁾ | Corriente Oriental Australiana |
| Océano Índico | | Corriente de Somalia | Corriente de Agulhas ⁽⁴⁾ |



• CORRIENTES A LO LARGO DE LAS COSTAS OCCIDENTALES DE LAS CUENCAS OCEÁNICAS SON MÁS ESTRECHAS Y MÁS INTENSAS QUE LAS CORRIENTES EN EL RESTO DE LOS OCÉANOS

- VEL TÍPICAS: $0.2 - 0.5 \text{ m s}^{-1}$
- VEL FRONTERAS OCC: 2 m s^{-1}

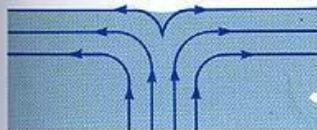
EL MARCO GEOGRÁFICO Y ATMOSFÉRICO



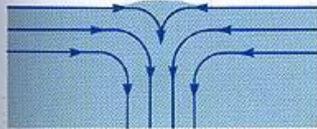
- EL VIENTO INDUCE MOVIMIENTOS ASCENDENTES DE AGUAS DE FONDO DENOMINADAS SURGENCIAS DE EKMAN.

- ESTE TIPO DE CIRCULACIÓN ES RESPONSABLE DEL ENFRIAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA COSTA E DE REGIONES SUPERFICIALES DE CADA OCÉANO.
- LAS SURGENCIAS EKMAN GENERAN REGIONES DE DIVERGENCIA EN LA SUPERFICIE DEL OCÉANO.

EL MARCO GEOGRÁFICO Y ATMOSFÉRICO



(a)



(b)

Figure 3.22 (a) Divergence of surface waters leads to upwelling while (b) convergence of surface waters leads to sinking.

3.4 DIVERGENCES AND CONVERGENCES

Ocean Circulation.
(1989) Open University, p. 59.

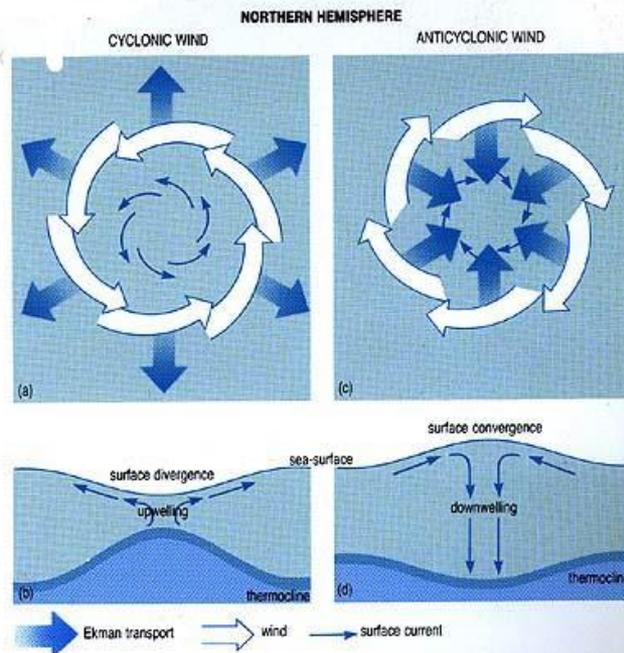


Figure 3.23 The effect of a cyclonic wind in the Northern Hemisphere (a) on surface waters, (b) on the shape of the sea surface and thermocline. Diagrams (c) and (d) show the effects of an anticyclonic wind in the Northern Hemisphere.

- LAS SURGENCIAS EKMAN GENERAN REGIONES DE DIVERGENCIA EN LA SUPERFICIE DEL OCÉANO.
- LOS VIENTOS TAMBIÉN INDUCEN HUNDIMIENTOS DE AGUA SUPERFICIAL O CONVERGENCIAS.

LA TEMPERATURA GLOBAL

- FUENTE DE ENERGÍA CALÓRICA RESPONSA BLES DEL PATRÓN GENERAL

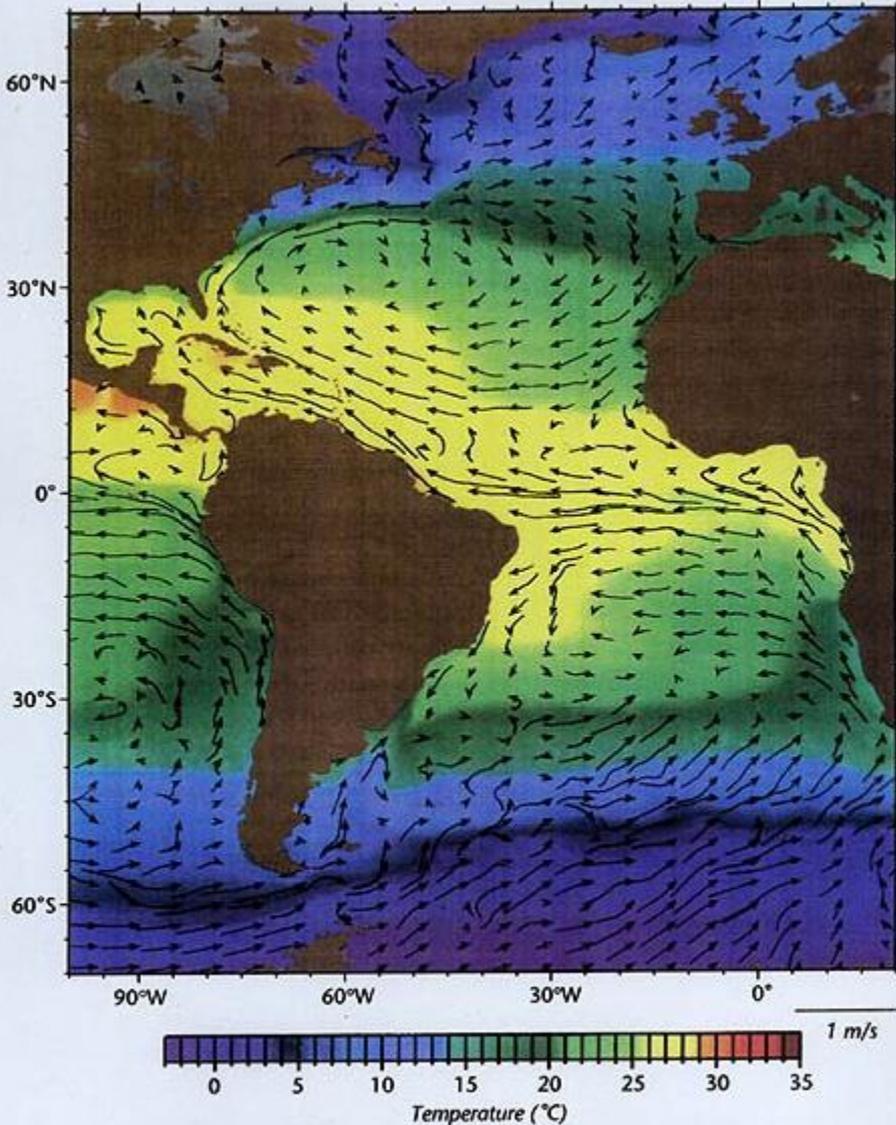


Figure II-141: Yearly-averaged surface current vectors for the Atlantic Ocean based on ship-drift observations, superimposed on SST contours.

- CALOR DEL INTERIOR DE LA TIERRA
 - CALOR DE DESINTEGRACIÓN RADIATIVA
 - CALOR DE RADIACIÓN SOLAR
-
- LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL ES RESULTADO DE VARIOS FACTORES:
-
- INTERCAMBIO DE Q ENTRE LA SUP. DEL MAR Y LA ATMÓSFERA
 - CIRCULACIÓN OCÉANICA (MOVIMIENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES)

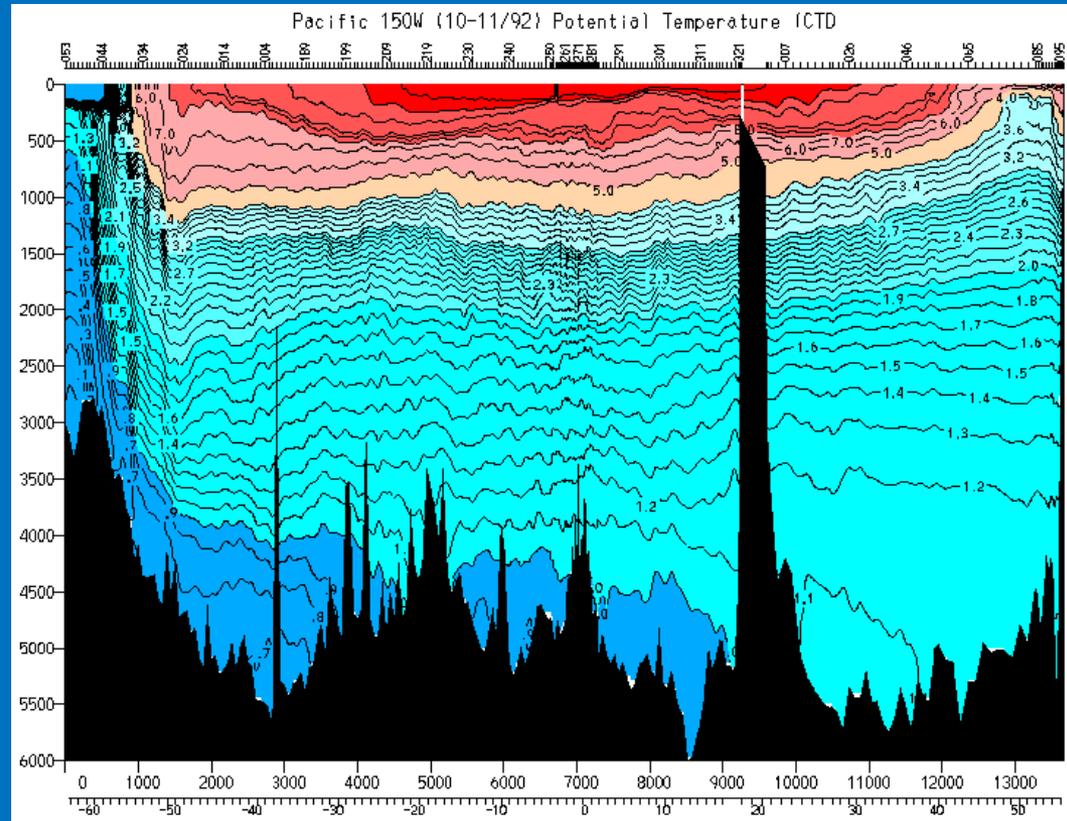
REMARCANDO CONCEPTOS

- LA TEMPERATURA Y LA DENSIDAD DEL AGUA OCÉANICA ESTÁN RELACIONADAS INVERSAMENTE, AGUAS FRÍAS IMPLICA MAYOR DENSIDAD Y AGUAS CÁLIDAS MENOR DENSIDAD

- AGUAS CÁLIDAS; $> 10^{\circ}\text{C}$, DOMINAN EL AMBIENTE SUPERFICIAL NO SOBREPASANDO LOS 500 m.

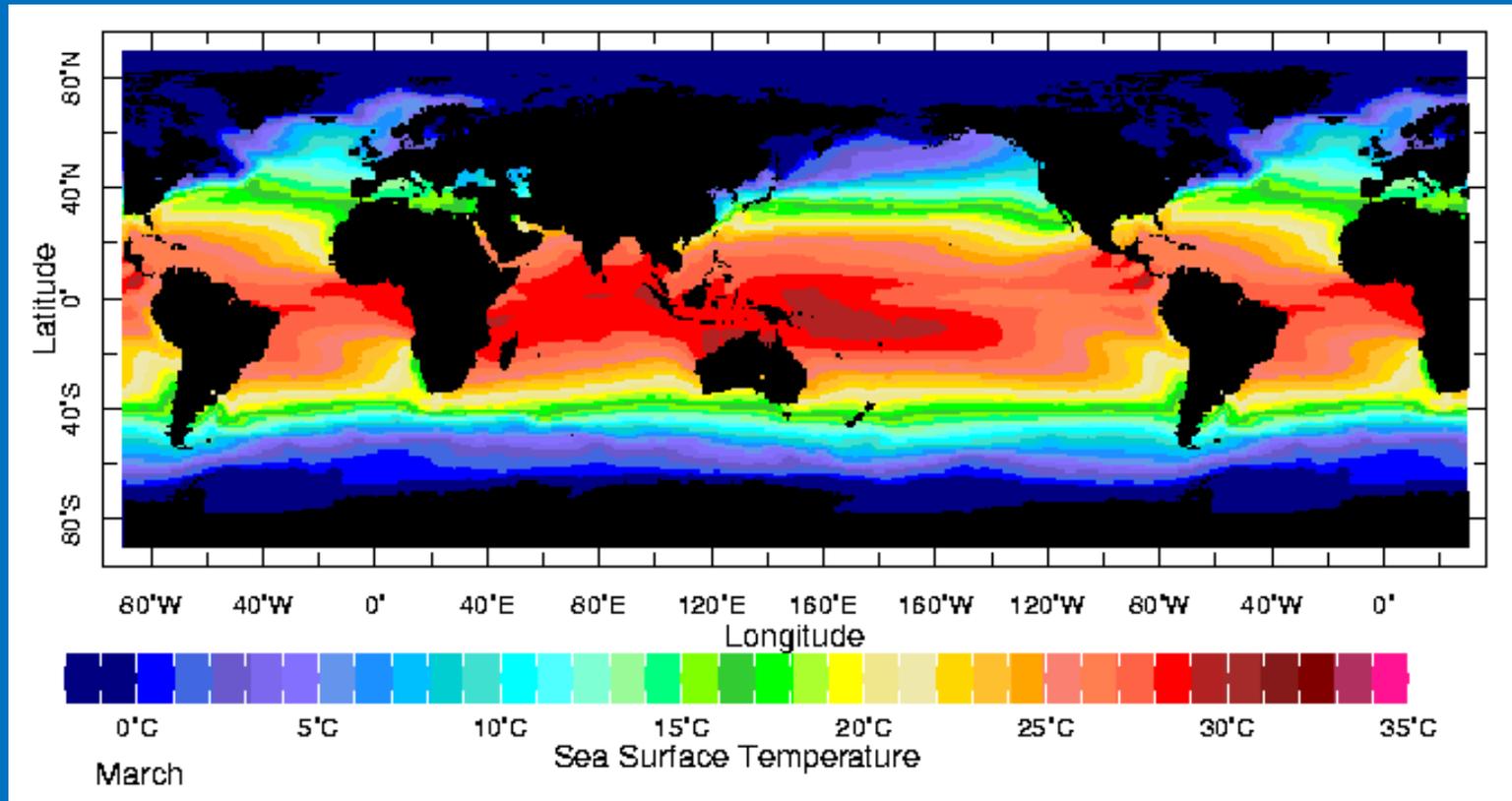
- LA TEMPERATURA TÍPICA DEL OCÉANO VARÍA ENTRE $1\text{-}3^{\circ}\text{C}$.

- LA MARCADA DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN RELACIÓN A LA PROFUNDIDAD SE DENOMINA TERMOCLINA



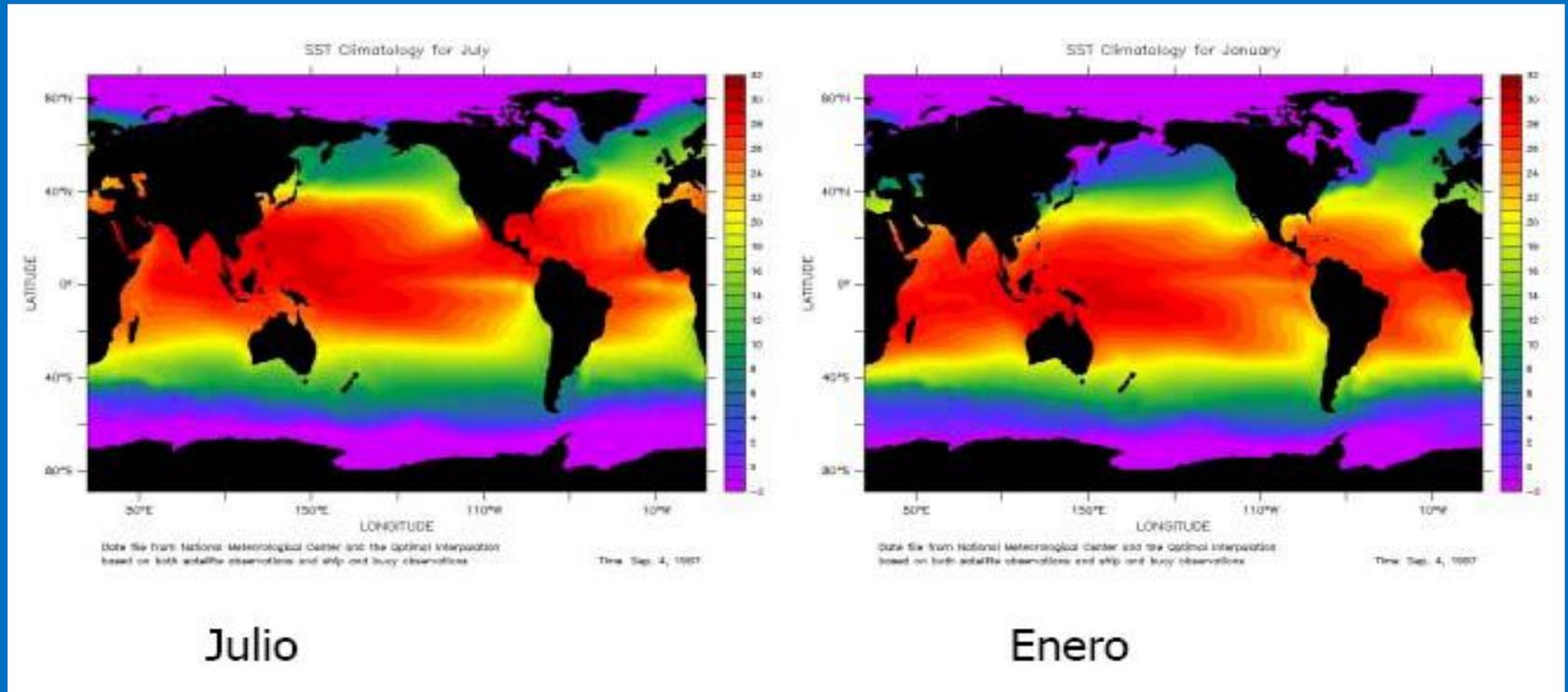
- LA HALOCLINA ACOMPAÑA A LA TERMOCLINA

LA TEMPERATURA GLOBAL HORIZONTAL



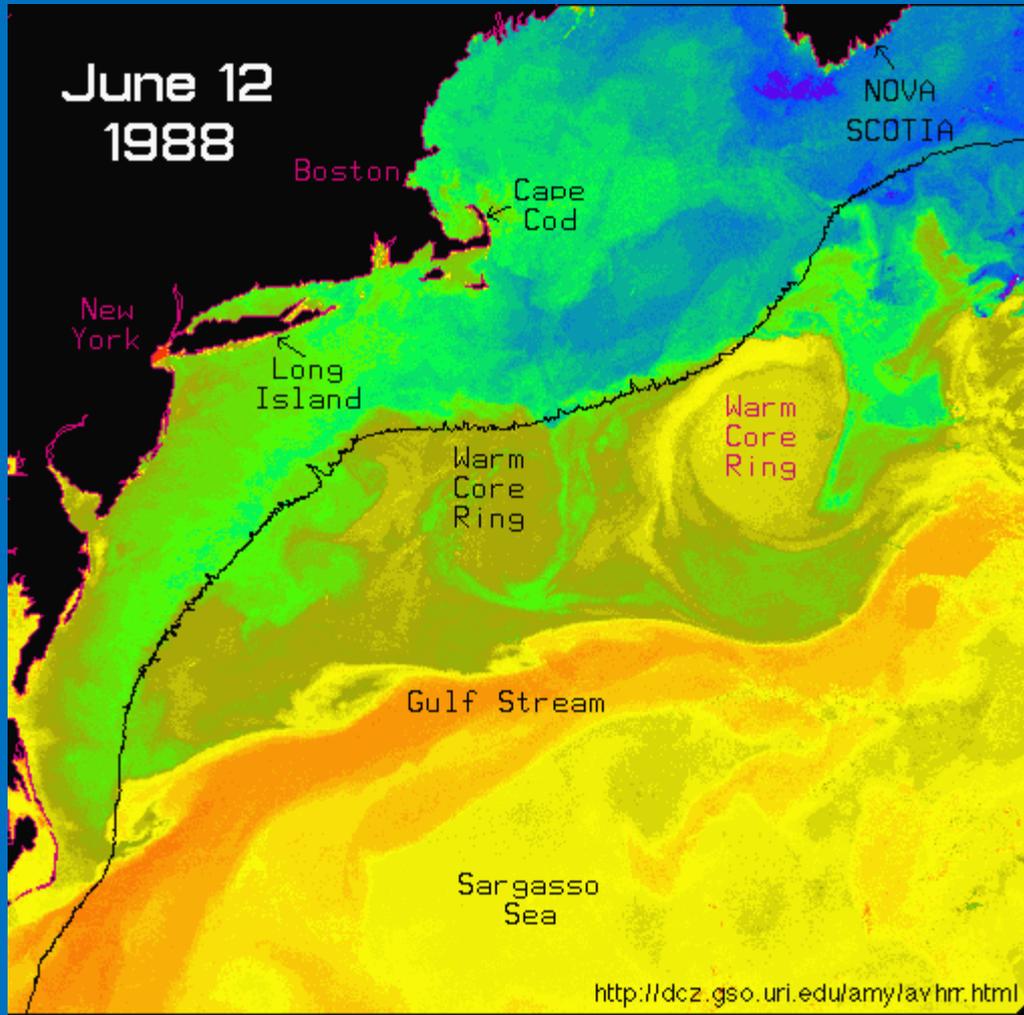
- LA CIRCULACIÓN DE AGUAS DE DIFERENTE T° CONTRIBUYE CON EL FLUJO DE CALENTAMIENTO MERIDIONAL Y CON EL MANTENIMIENTO DE LA ESTABILIDAD DEL CLIMA GLOBAL.
- LA VARIABILIDAD ESTACIONAL EN EL INGRESO DE RADIACIÓN SOLAR GENERA EL CALENTAMIENTO Y ACÚMULO DE Q EN EL OCÉANO.

LA TEMPERATURA GLOBAL HORIZONTAL



- ADEMÁS DE ESTA ESTACIONALIDAD EXISTE UNA ESTACIONALIDAD INTERANUAL (EL NIÑO)
- LA T° DEL OCÉANO SE HA VENIDO INCREMENTANDO LENTAMENTE DURANTE EL S XX (GASES INVERNADERO) Y TAMBIÉN UN DESCENSO DE LA SALINIDAD POR DERRETIMIETO DE LOS GLACIALES.

LA TEMPERATURA GLOBAL HORIZONTAL



- A LO LARGO DEL PLANO HORIZONTAL SE TRANSPORTA AGUA DESDE LOS TRÓPICOS HACIA ALTAS LATTITUDES.

- COSTA ESTE DE LOS EEUU SE REVELA LA PRESENCIA DE UN FLUJO HACIA EL N

- CORRIENTE DEL GOLFO ADVECTA AGUA CÁLIDA

LA SALINIDAD GLOBAL HORIZONTAL

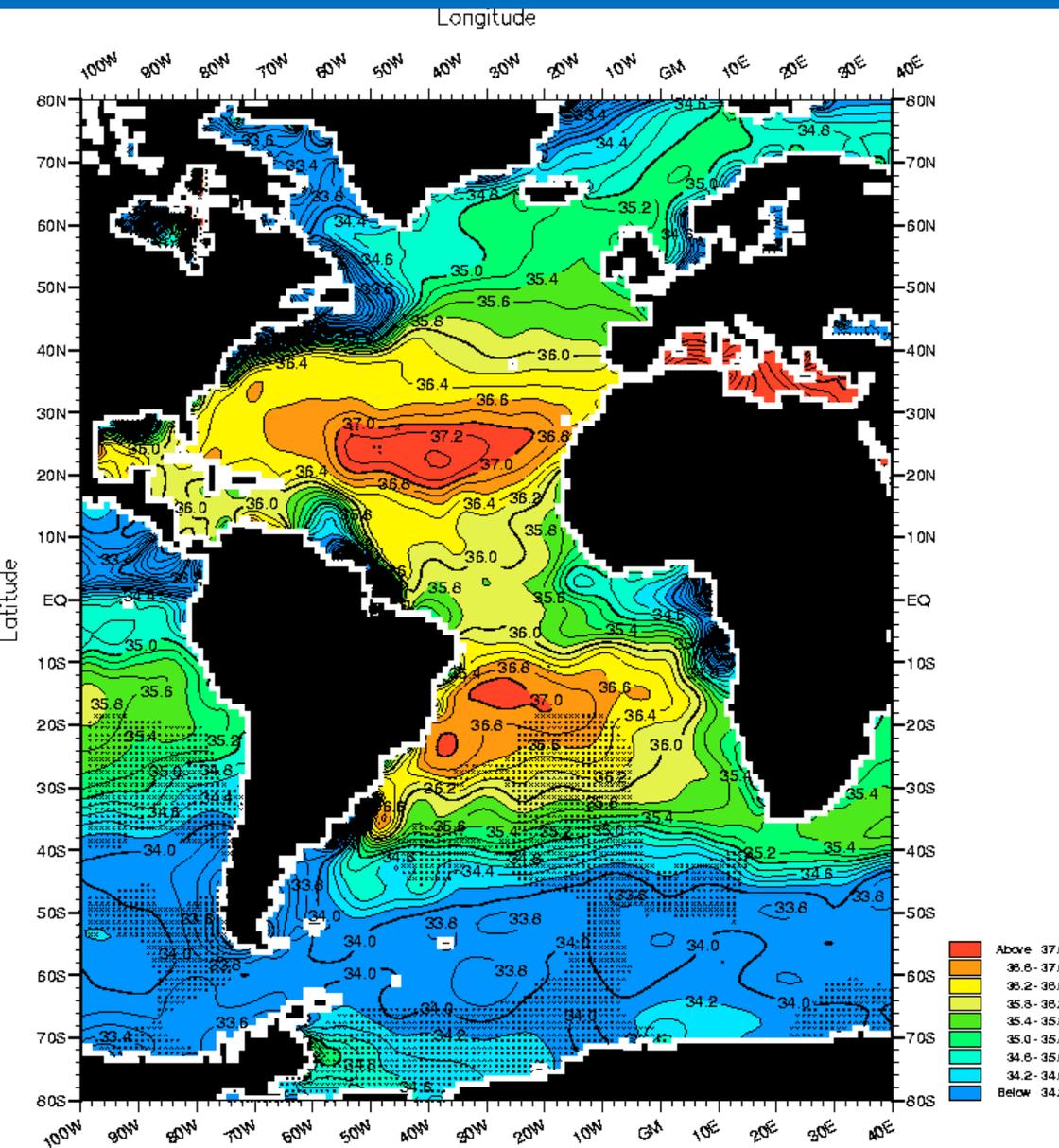


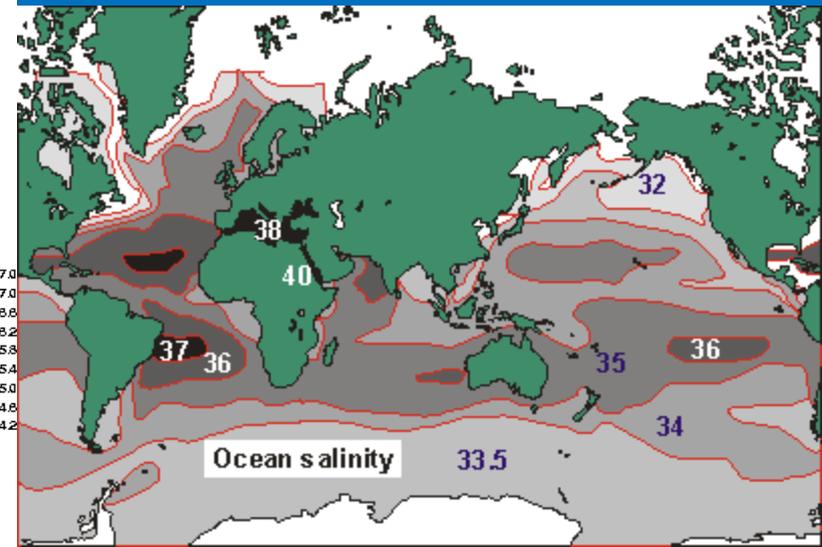
Fig. I2-1. April mean salinity (PSS) at the surface .

Minimum Value= 0.00 Maximum Value= 42.22 Contour Interval: 0.20

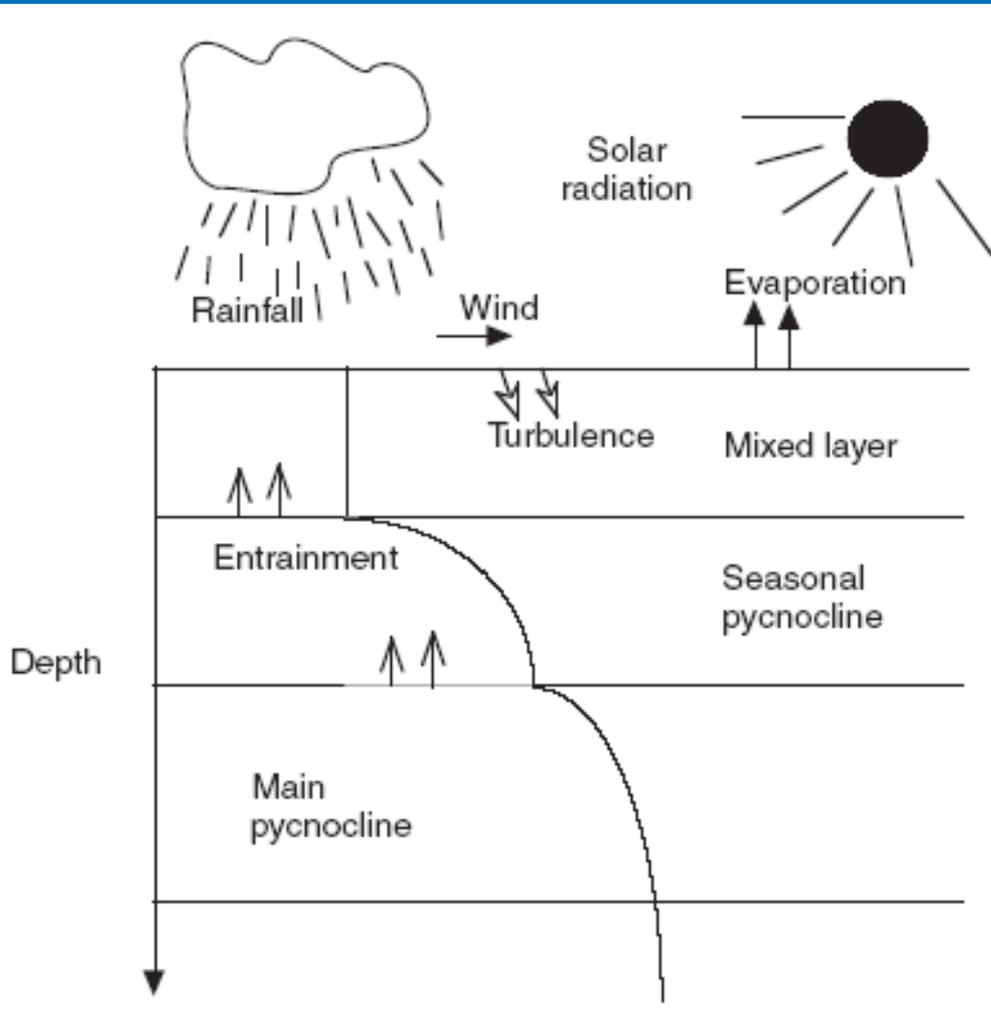
- LOS VALORES DE SALINIDAD OCÉANICA VARÍAN ENTRE 32 Y 40 ups

- EN LOS MARES FRÍOS SE ENCUENTRAN LOS MENORES VALORES, SOBRE TODO DURANTE LA ÉPOCA ESTIVAL.

- MAR BÁLTICO 0.5 ups



LA SALINIDAD GLOBAL HORIZONTAL



- ZONAS DE EVAPORACIÓN: SÓLO SE TRANSFIERE EL AD A LA ATMOSFERA, LAS SALES SE CONCENTRAN EN EL AM.

- CINTURÓN TROPICAL

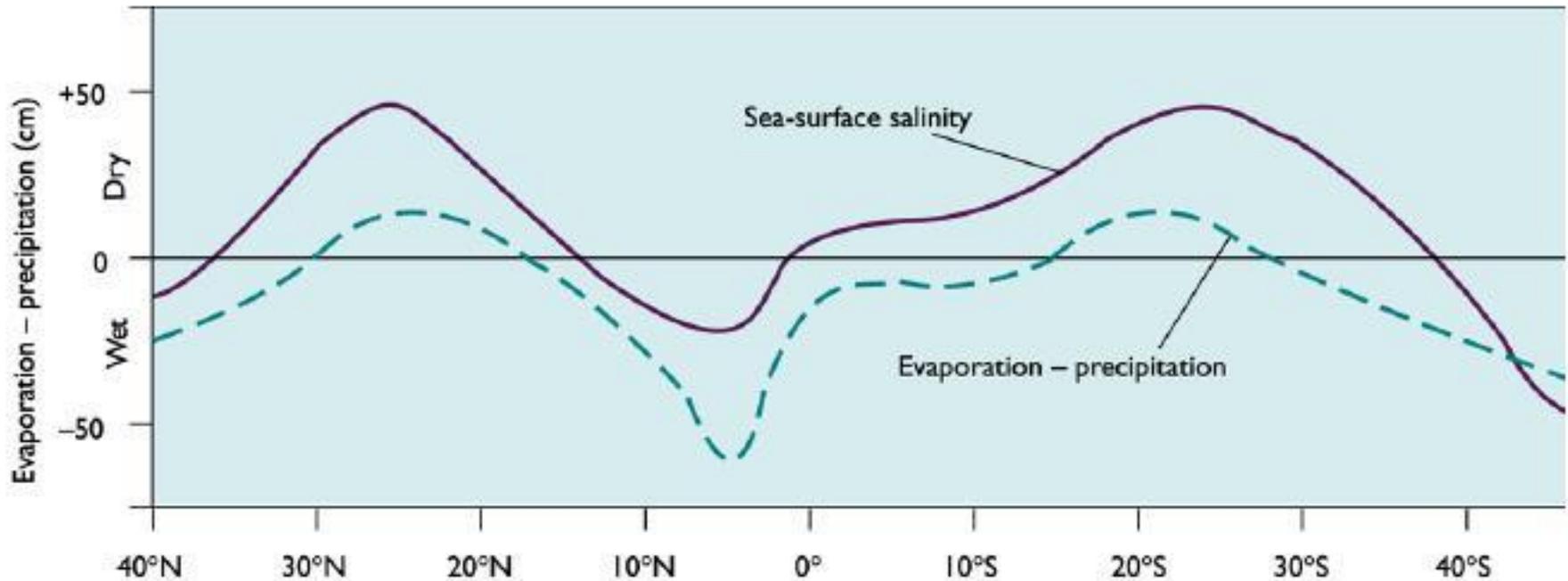
- ZONAS CON APORTES DE AGUA DULCE (LLUVIA, CONTINENTAL)

- MAR ÁRTICO

- GENERACIÓN DE CIRCULACIÓN DESDE REGIONES DE ALTA EVAPORACIÓN CON AGUAS CON ALTA CONCENTRACIÓN DE SALES HACIA REGIONES HÚMEDAS.

LA SALINIDAD GLOBAL HORIZONTAL

VARIACIÓN LATITUDINAL



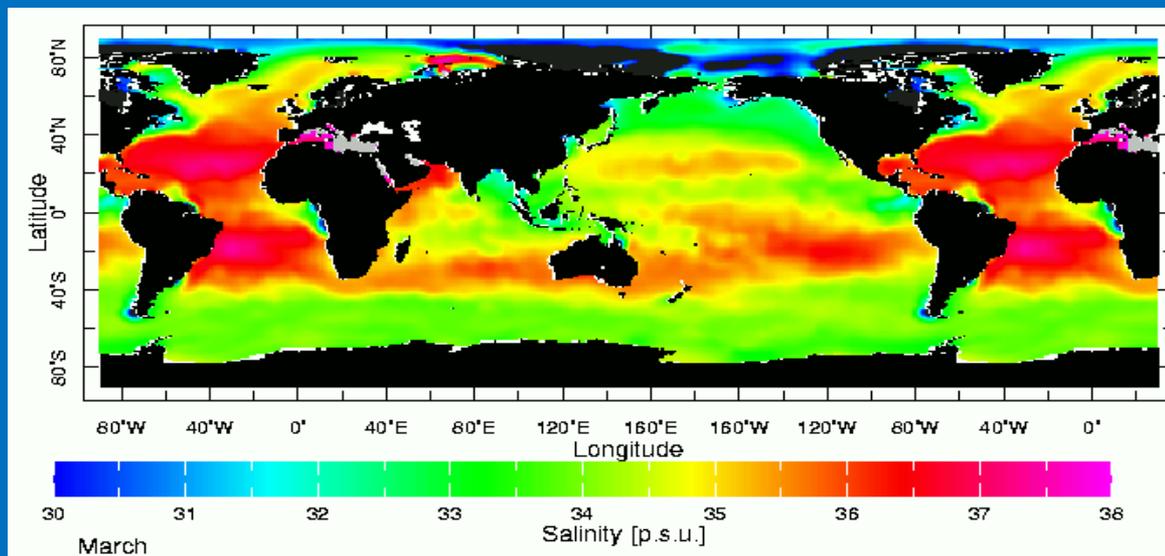
(b) LATITUDINAL VARIATIONS IN SALINITY AND "DRYNESS"

- O PACÍFICO vs O ATLÁNTICO
- BALANCEADOS POR FLUJO ATMOSFÉRICO DE VAPOR DE AGUA A TRAVÉS DE AMÉRICA CENTRAL.

LA SALINIDAD GLOBAL HORIZONTAL

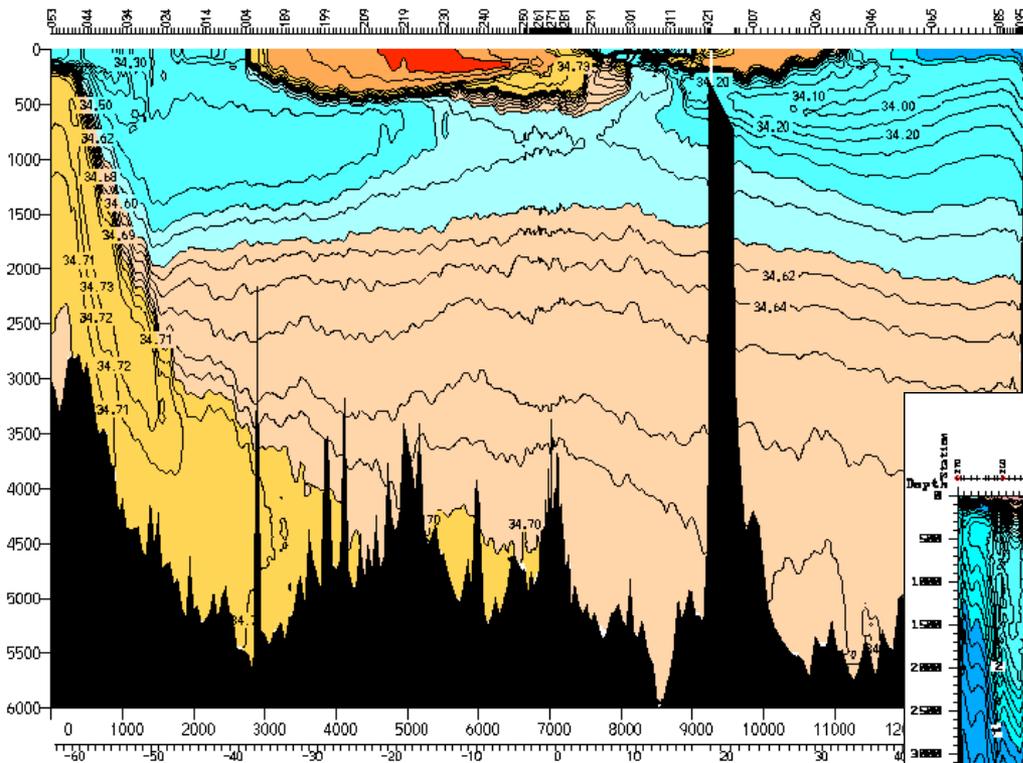
- REGIONES POLARES: EL AM SE CONGELA. EL HIELO SÓLO CONTIENE 0.5 % DEL TOTAL DE SALES MARINAS (5 ups).
- MAR ANTÁRTICO GRAN VARIABILIDAD ESTACIONAL EN LA CONCENTRACIÓN DE SALES Y SU GROSOR ES DE 0.5 m.
- EL AGUA CIRCUNDANTE A LA Z DE CONGELACIÓN AUMENTA LA CONCENTRACIÓN DE SALES POR LO QUE SE VUELVE MAS DENSA, Y POR CONVECCIÓN SE HUNDE CONSTITUYENDO UNA MASA DE AGUA:
 - AGUA ANTÁRTICA DE FONDO QUE SE MUEVE HACIA EL HN.

• ¿MAR ÁRTICO?



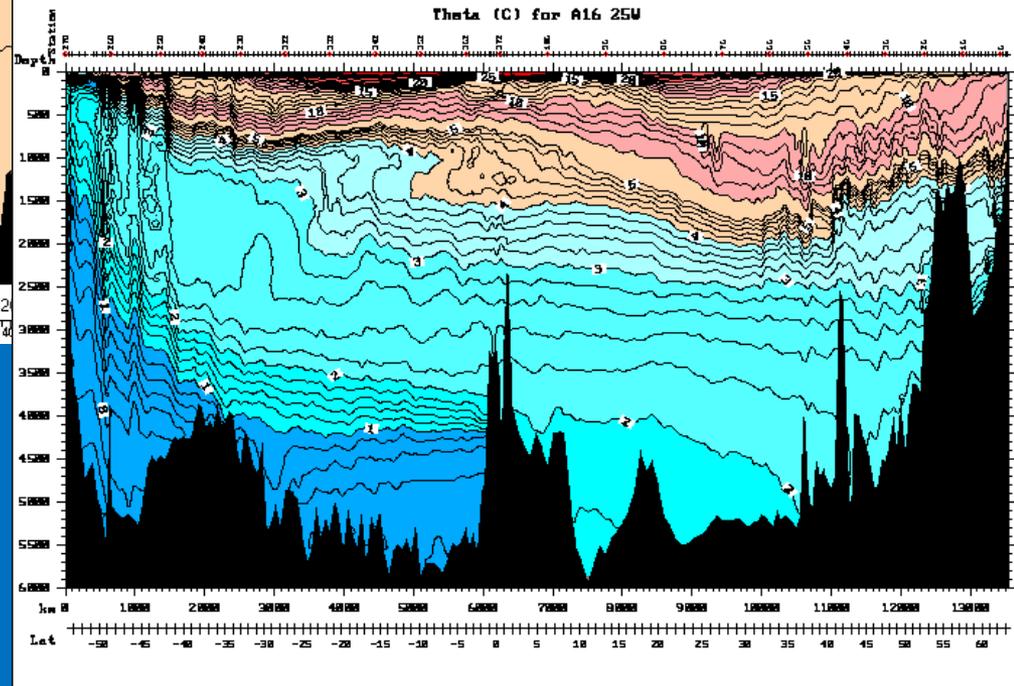
DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA Y LA SALINIDAD RESPECTO A LA PROFUNDIDAD

Pacific 150W Salinity (CTD)



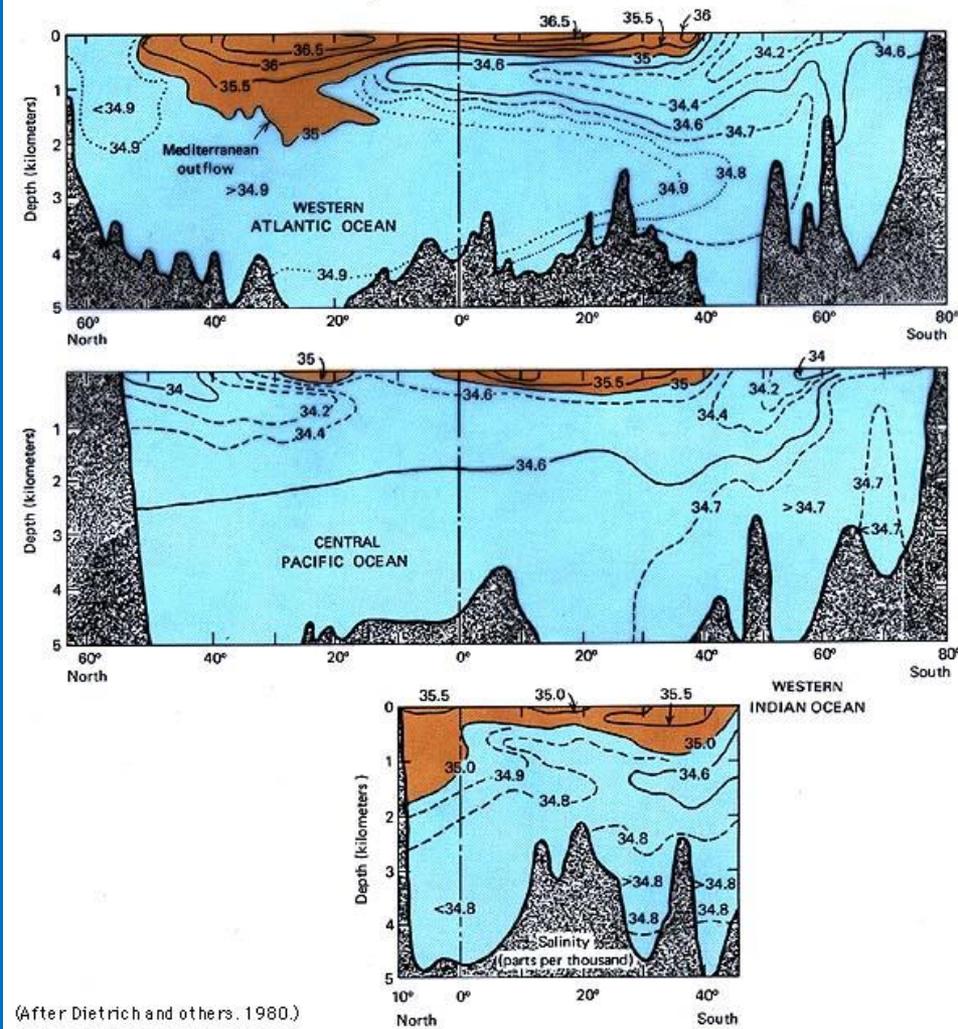
- AL OBSERVAR UN PERFIL OCÉANICO SE INCREMENTAN LOS GRADIENTES DE SALINIDAD Y TEMPERATURA

Theta (C) for A16 25U



- AGUAS CÁLIDAS (<math>< 10^{\circ}\text{C}</math>) NO SOBREPASAN LOS 500 m, REPRESENTANDO UNA CAPA MUY FINA SOBRE UN OCÉANO FRÍO Y DENSO

Vertical Salinity Distribution in Ocean Basins

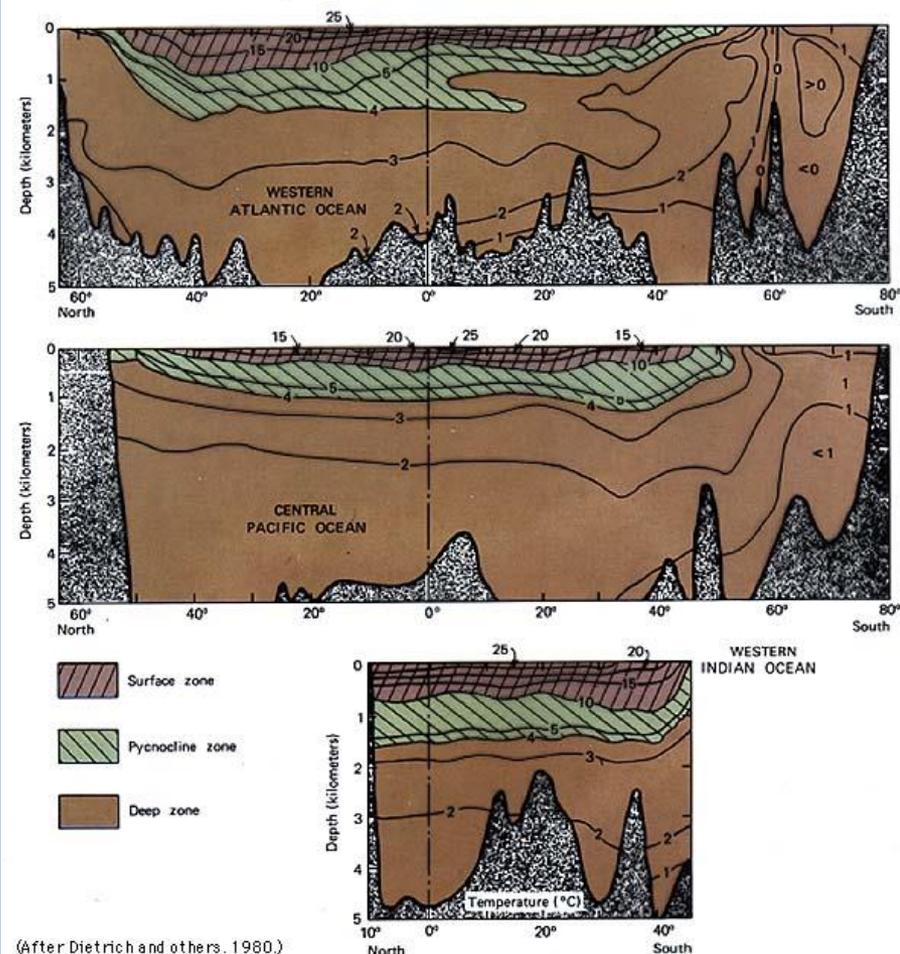


(After Dietrich and others, 1980.)

- EL DESCENSO MARCADO DE LA TEMPERATURA CON LA PROFUNDIDAD SE DENOMINA TERMOCLINA
- CARACTERÍSTICO DE LOS OCÉANOS ENTRE 40° N Y 40° S

- LOS OCÉANOS TROPICALES Y SUBTROPICALES TIENEN ALTA CONCENTRACIÓN DE SALES RESPECTO A AGUAS PROFUNDAS. LA RÁPIDA DISMINUCIÓN DE LA S SE DENOMINA HALOCLINA.

Vertical Temperature Distributions in Ocean Basins

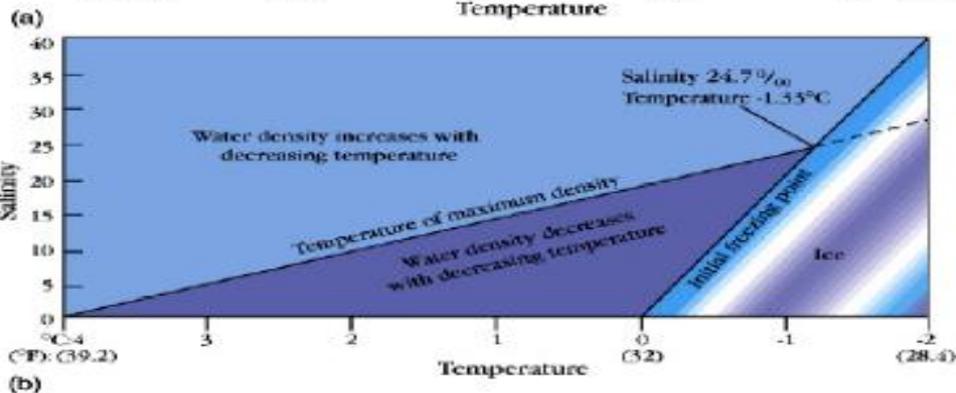
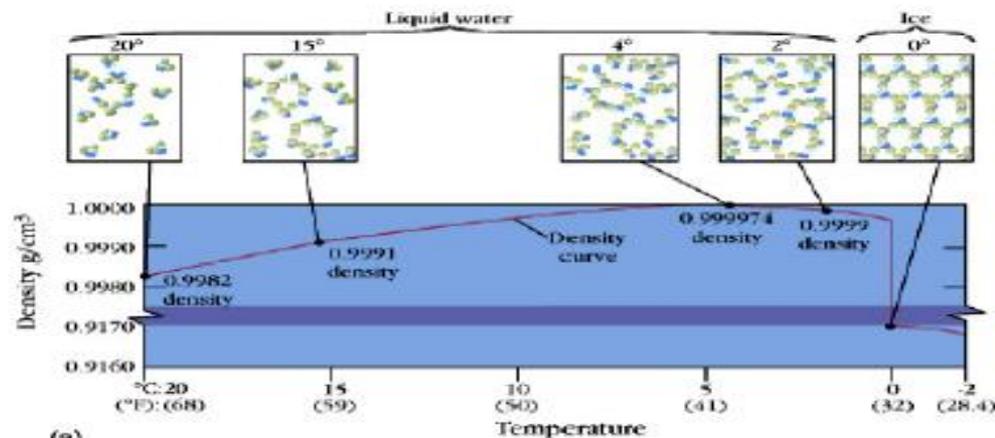


(After Dietrich and others, 1980.)

REMARCANDO CONCEPTOS

DENSIDAD

- LA DENSIDAD DEL AGUA DULCE ES 1.00 g/ l ó kg/ l
- AL AGREGARLE SALES DISUELTAS ÉSTA SE INCREMENTA, CUANTO MÁS SALOBRE ES EL AGUA MAYOR ES LA DENSIDAD
- AL AUMENTAR LA TEMPERATURA, LAS MOLÉCULAS DE AGUA SE EXPANDEN Y SE CONVIERTE EN MENOS DENSA. AL ENFRÍARSE SE TORNA MÁS DENSA
- ESTAS PROPIEDADES ¿QUÉ POSIBILITAN?

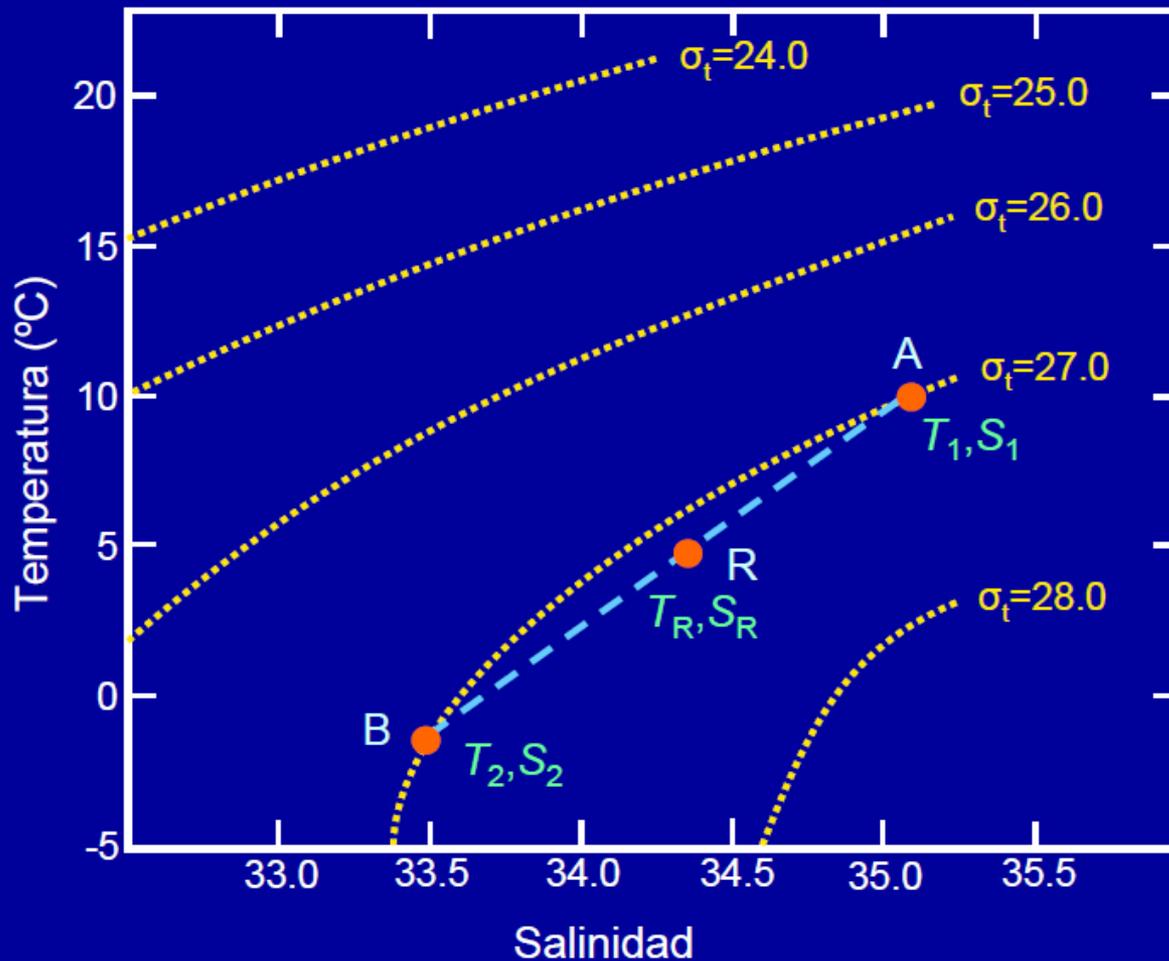


- $\rho = 1.0255$,
 $S = 35 \text{ ppt}$, $\theta = 15^\circ\text{C}$
- ρ VARÍA ENTRE:
1.024 – 1.030

- $\sigma = 25.5$
- KILOANOMALÍA RESPECTO AL PESO ESPECÍFICO UNITARIO.

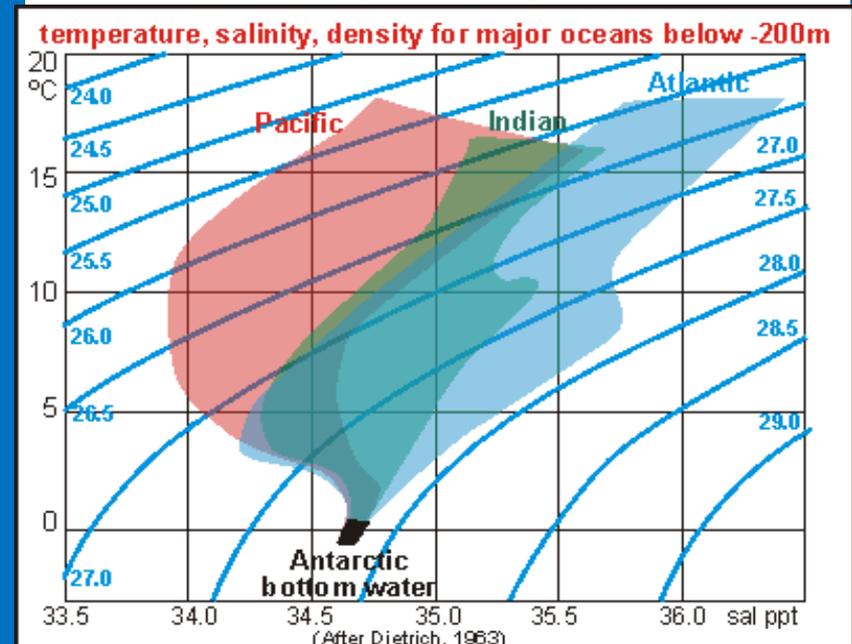
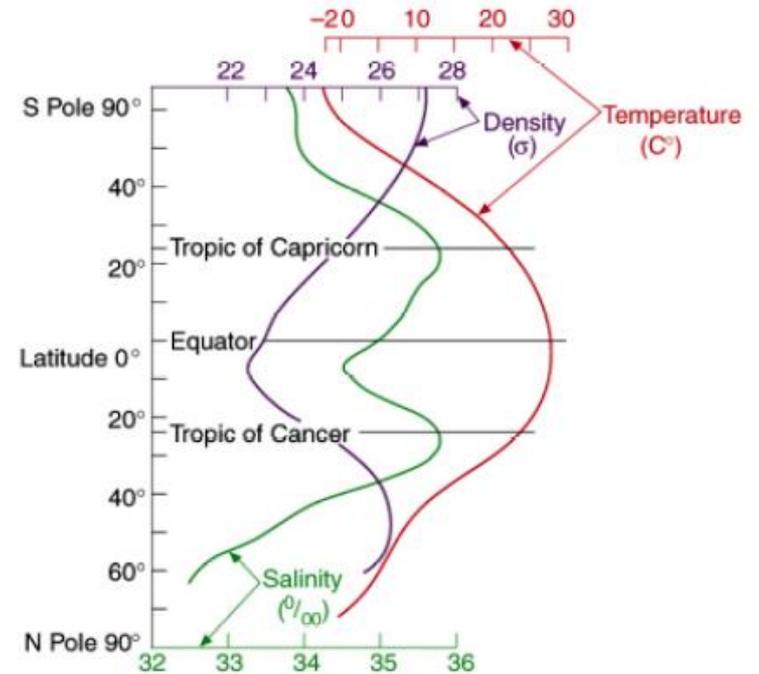
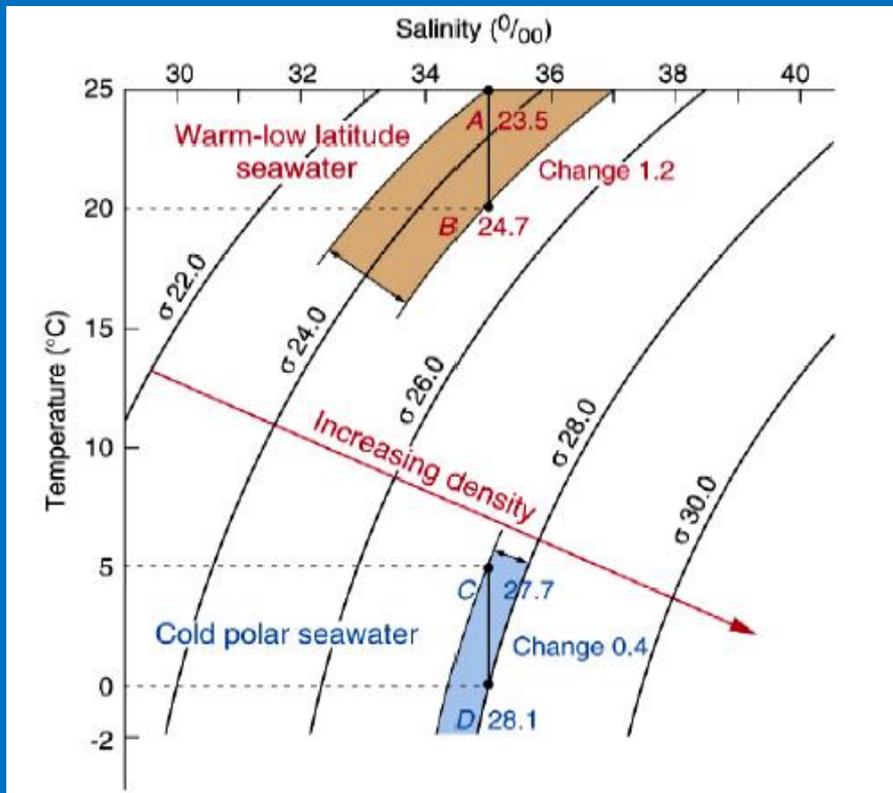
DENSIDAD

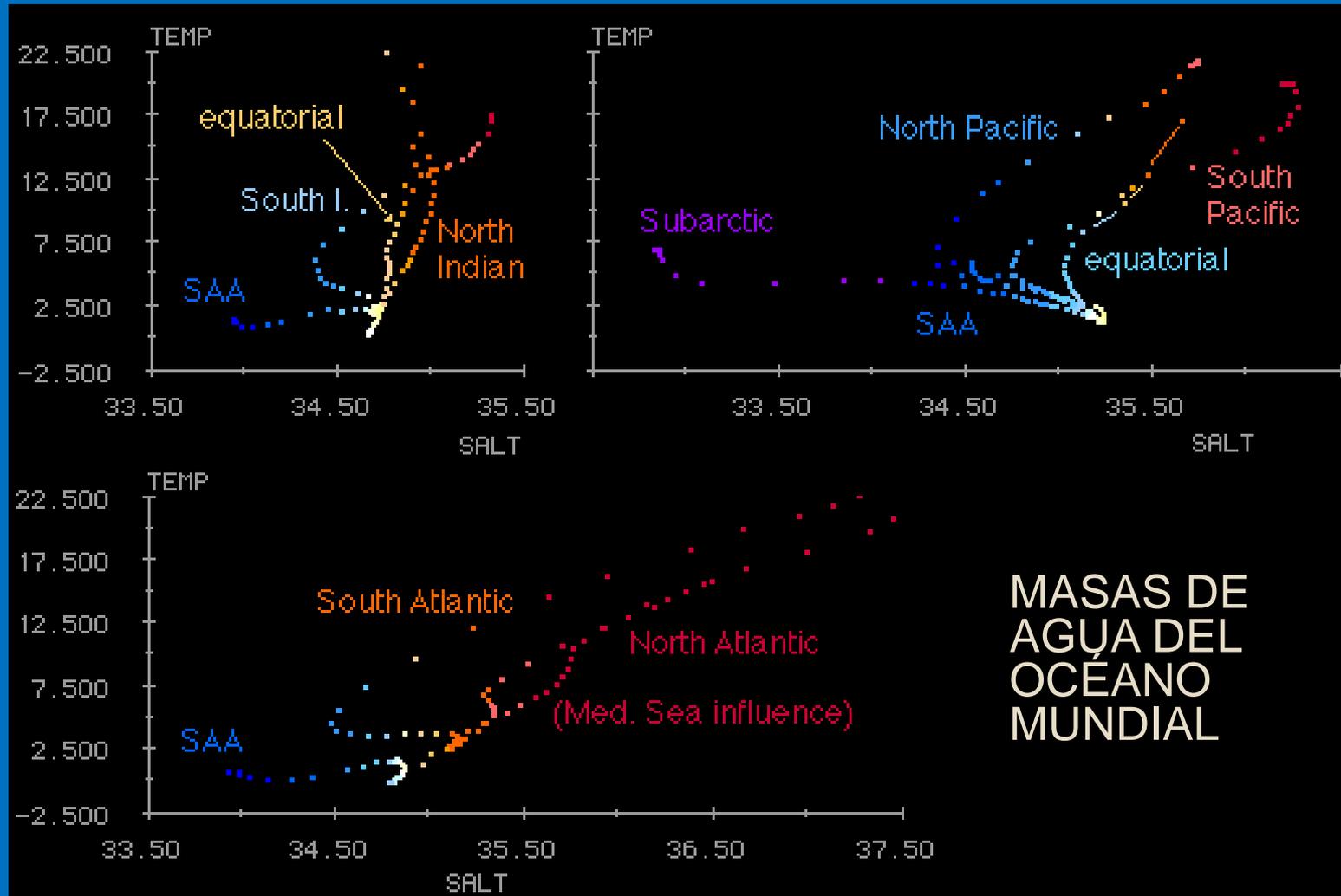
- **Densificación o cabelling:** Proceso por el cual a través de la mezcla de dos masas de agua de igual densidad y distintas T y S se puede obtener un agua de mayor densidad.



- La dependencia de la densidad con T y S hace que las isopícnas aparezcan curvadas en el diagrama T-S, y esto hace que el agua resultante de la mezcla de A y B no caiga sobre ella y tiene una densidad mayor.
- Este proceso puede ser importante en la producción de masas de agua.

DENSIDAD





UNA PARCELA DE AGUA QUE ALCANZA SU VALOR DE T Y S EN LA SUPERFICIE OCEÁNICA EN RESPUESTA AL CALENTAMIENTO ATMÓSFERA-OCEANO Y AL INTERCAMBIO DE AD SÓLO CAMBIAN POR MEZCLA CON OTRAS PARCELAS

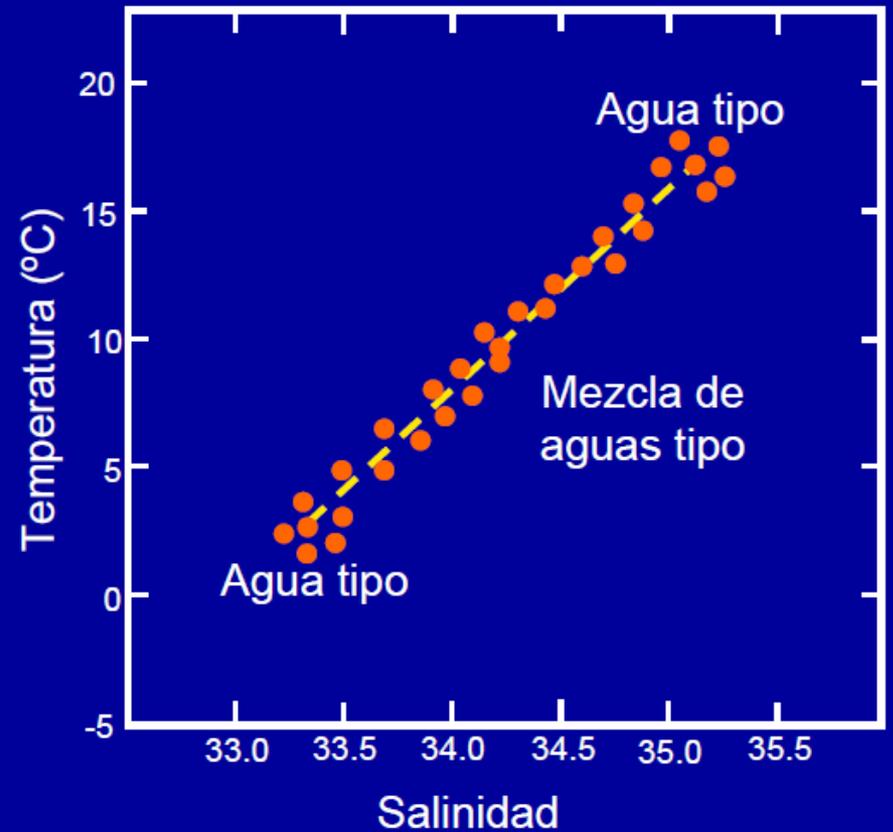
AGUAS TIPO

- **Agua tipo.**

- Masa de agua de T y S homogéneas.
- Es un punto en el diagrama T-S.

- **Mezcla de dos aguas tipo.**

- La línea que une a dos aguas tipo resulta de la mezcla de estas.
- Estas definiciones son ideales y en realidad hay una dispersión alrededor de estos puntos y curvas.



DIAGRAMAS T/S

➤ Mezcla de dos aguas tipo.

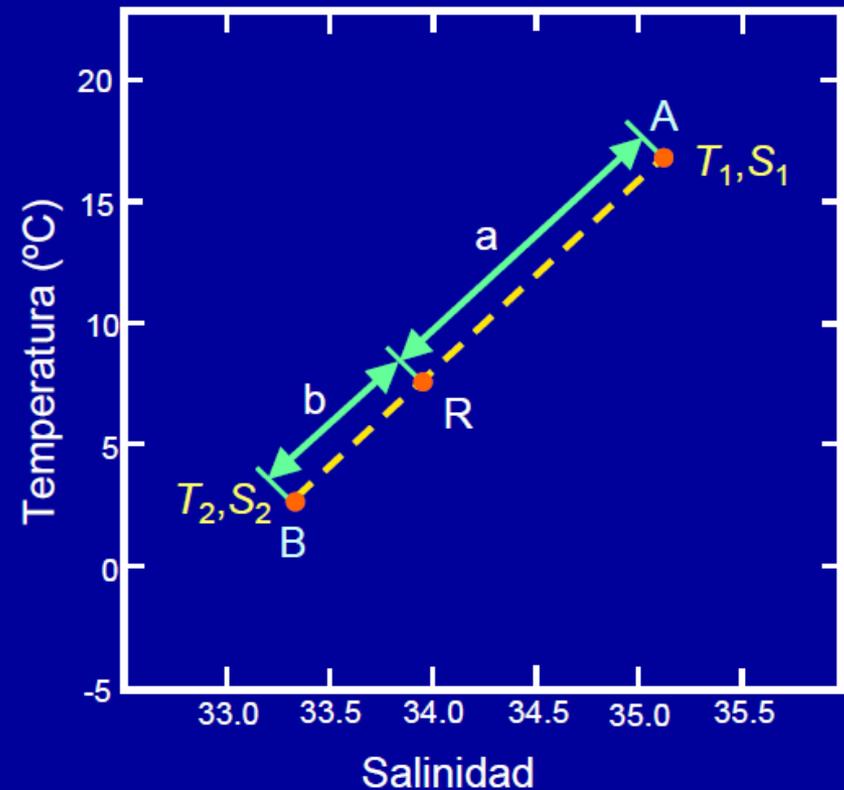
- Sean m_1 porciones de un agua tipo A de T_1 y S_1 , y m_2 porciones de un agua tipo B de T_2 y S_2 .
- La T y S del agua que resulta de la mezcla es

$$T = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} \quad S = \frac{m_1 S_1 + m_2 S_2}{m_1 + m_2}$$

- El **diagrama T-S** permite hallar las porciones de agua tipo de un punto que cae en la recta que une a A y B

$$\frac{\text{porción A}}{\text{porción B}} = \frac{b}{a}$$

$$\% A = \frac{b}{a+b} \times 100 \quad , \quad \% B = \frac{a}{a+b} \times 100$$



DIAGRAMAS T/S

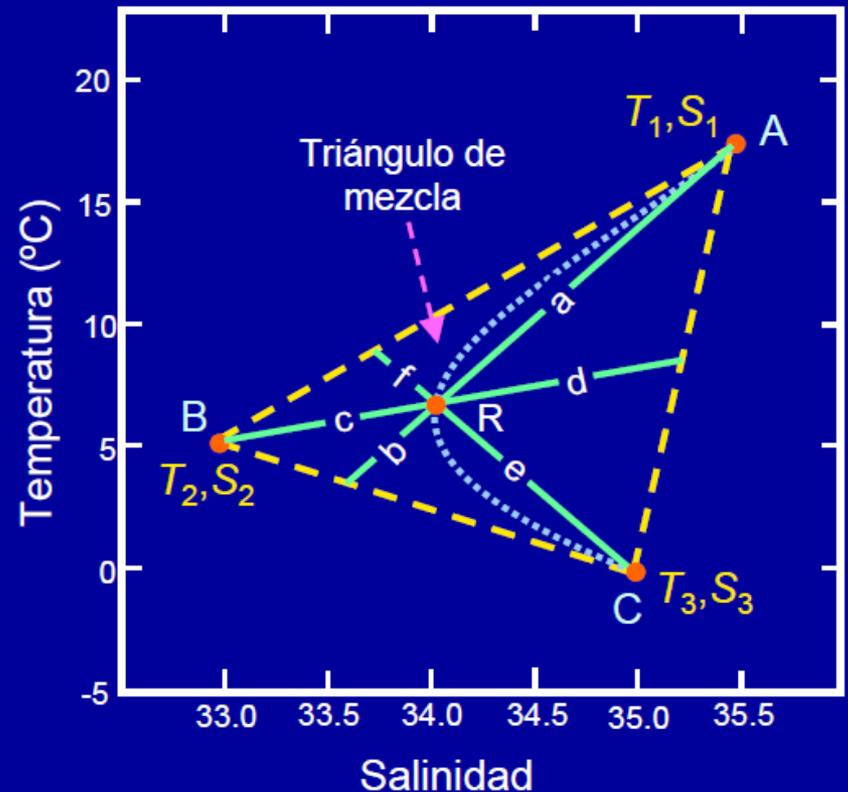
➤ Mezcla de tres aguas tipo.

- Los círculos con las letras A, B y C representa a cada una de las aguas tipo.
- Las rectas AB, BC y CA representan a las masas de agua resultantes de la mezcla de A y B, B y C, y C y A.
- La curva en el interior del triángulo ABC es una masa de agua resultante de la mezcla de los tipos A, B y C.
- El **diagrama T-S** permite hallar las porciones de agua tipo de un punto que cae dentro del triángulo de mezcla.

$$\% A = \frac{b}{a+b} \times 100$$

$$\% B = \frac{d}{c+d} \times 100$$

$$\% C = \frac{f}{e+f} \times 100$$

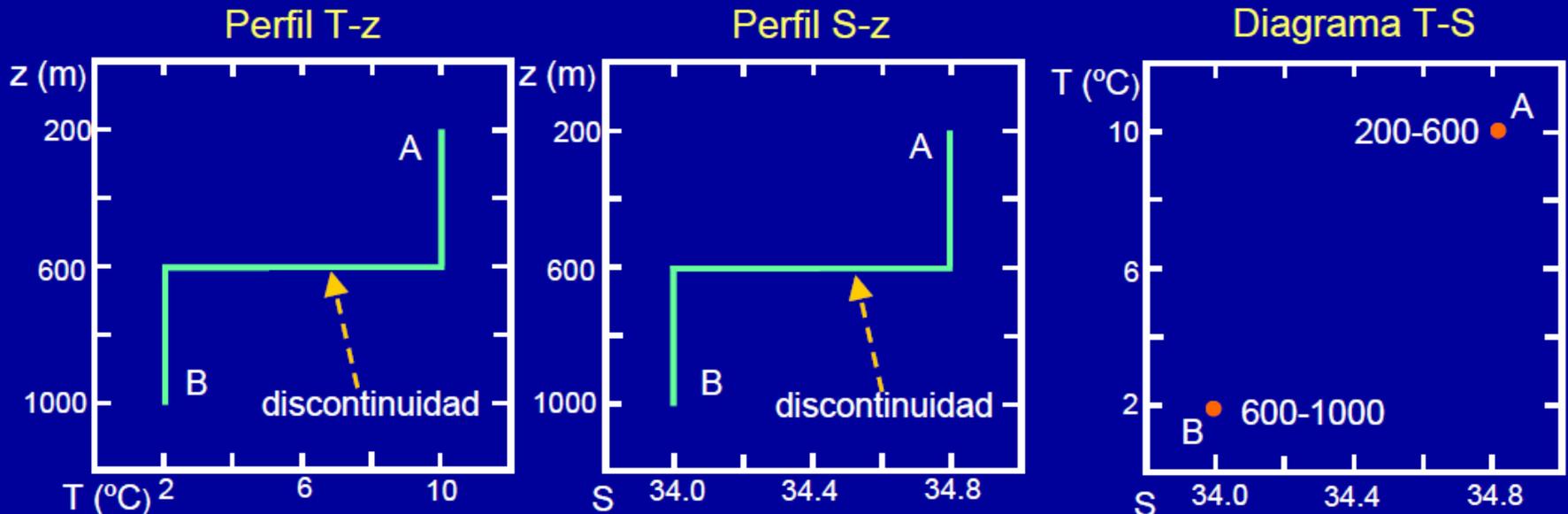


DIAGRAMAS T/S

➤ Evolución de la mezcla de dos aguas tipo.

| Agua tipo | A | B |
|------------------|-----------|------------|
| Espesor | 200-600 m | 600-1000 m |
| Temperatura (°C) | 10 | 2 |
| Salinidad | 34.8 | 34 |

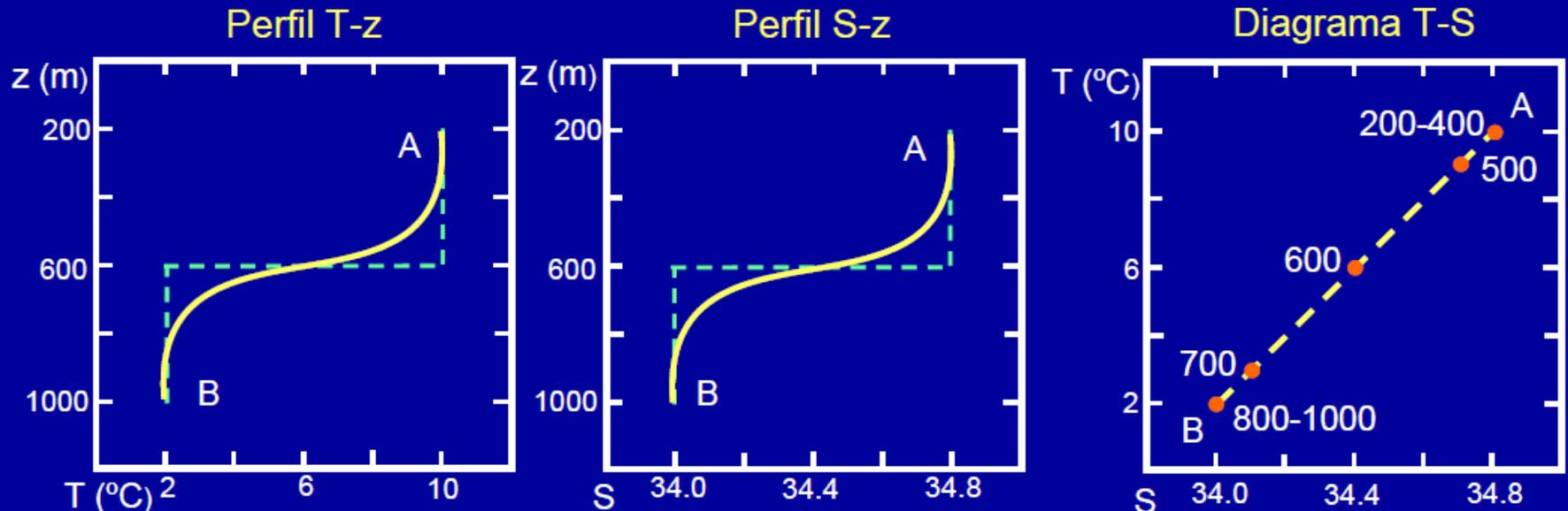
- **Situación 1.** Antes de iniciarse la mezcla entre los dos cuerpos de agua.



DIAGRAMAS T/S

➤ Evolución de la mezcla de dos aguas tipo.

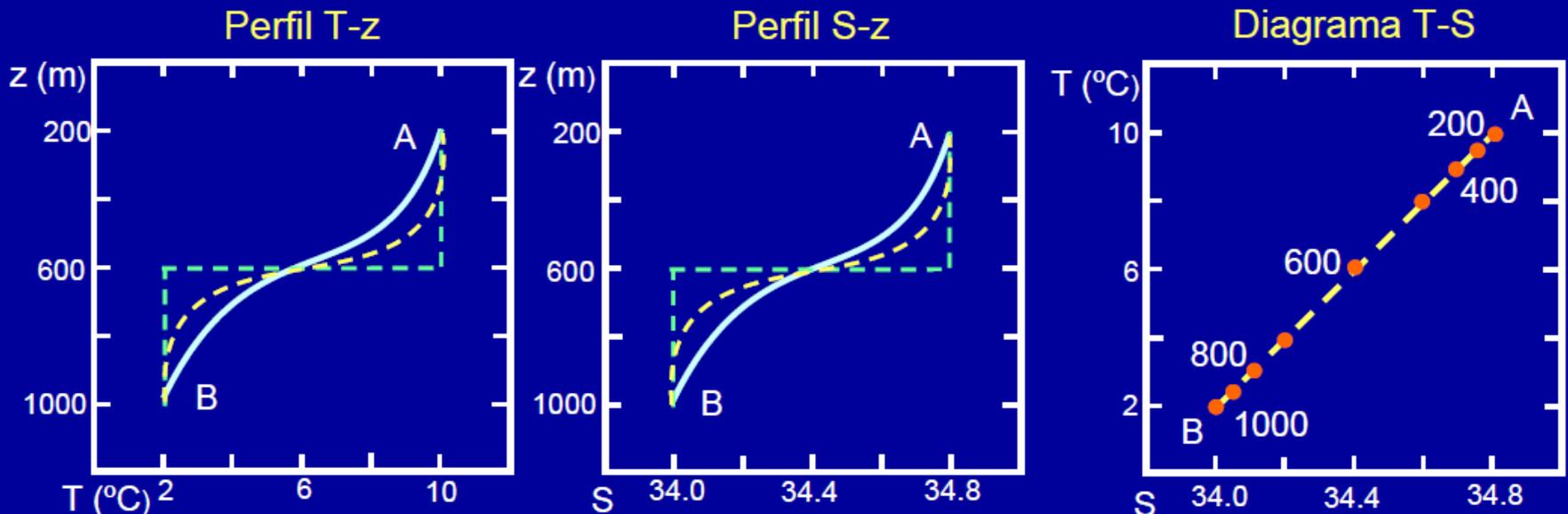
- **Situación 2.** Los dos cuerpos de agua han experimentado una mezcla parcial.
 - La discontinuidad entre los dos cuerpos de agua ha ido desapareciendo de los perfiles T-z y S-z.
 - En el diagrama T-S se observa una línea uniendo las aguas tipo A y B, que es indicativo de la presencia de mezcla.



DIAGRAMAS T/S

➤ Evolución de la mezcla de dos aguas tipo.

- **Situación 3.** La mezcla entre los dos cuerpos de agua alcanza su estado más avanzado.
 - En los perfiles de T-z y S-z la transición de estas propiedades para ambos cuerpos de agua es aún más gradual que el caso anterior.
 - En el diagrama T-S se continua observando una línea uniendo las aguas tipo A y B, aunque cambia la distribución de los puntos, que aumenta en uniformidad a medida que la mezcla progresa.

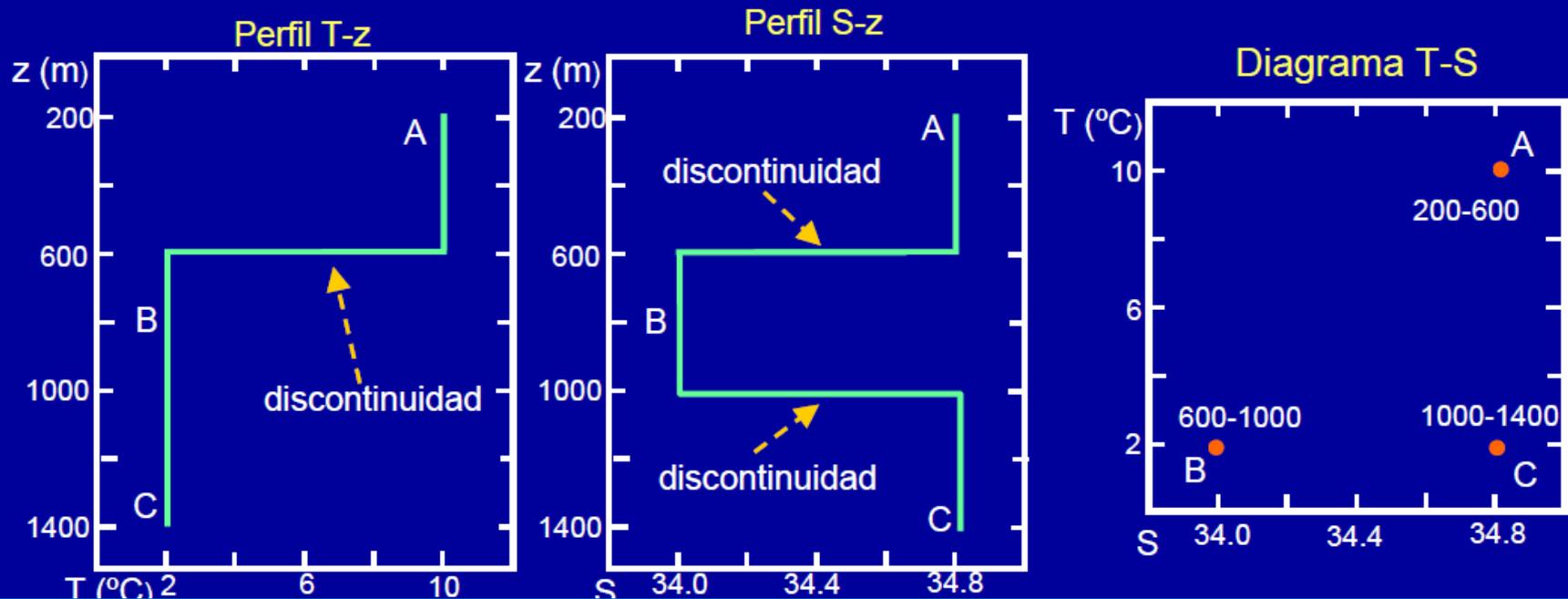


DIAGRAMAS T/S

➤ Evolución de la mezcla de tres aguas tipo.

| Agua tipo | A | B | C |
|------------------|------------|-------------|--------------|
| Espesor | 200 -600 m | 600 -1000 m | 1000 -1400 m |
| Temperatura (°C) | 10 | 2 | 2 |
| Salinidad | 34.8 | 34 | 34.8 |

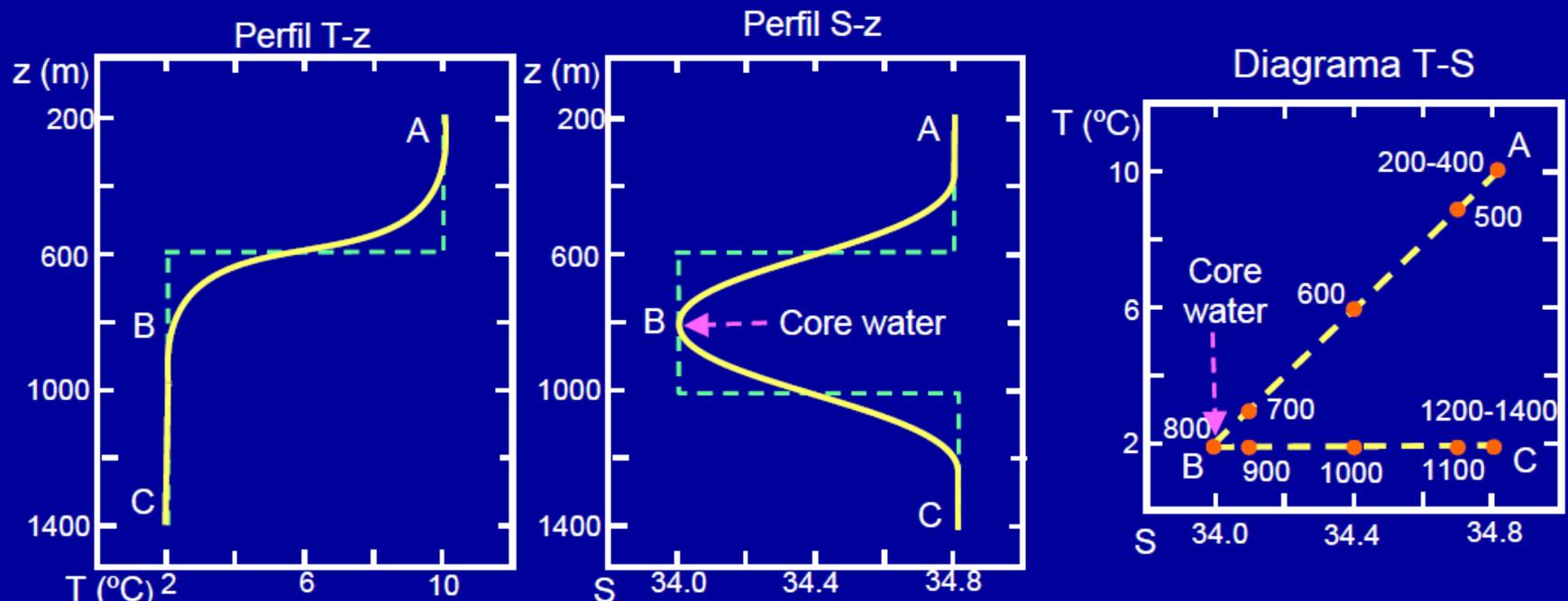
- **Situación 1.** Antes de iniciarse la mezcla entre los tres cuerpos de agua.



DIAGRAMAS T/S

➤ Evolución de la mezcla de tres aguas tipo.

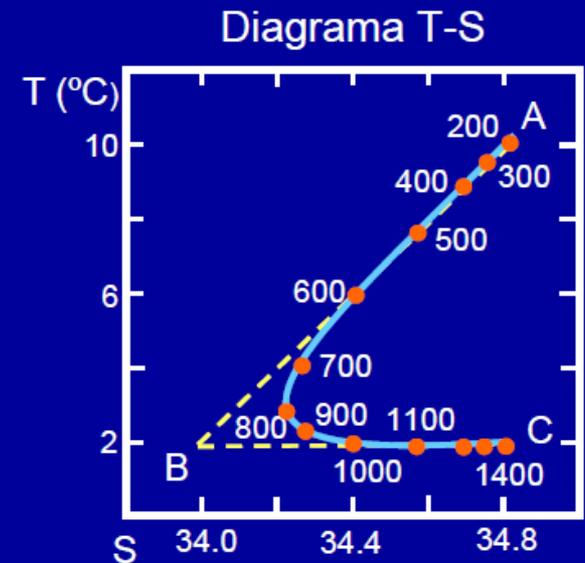
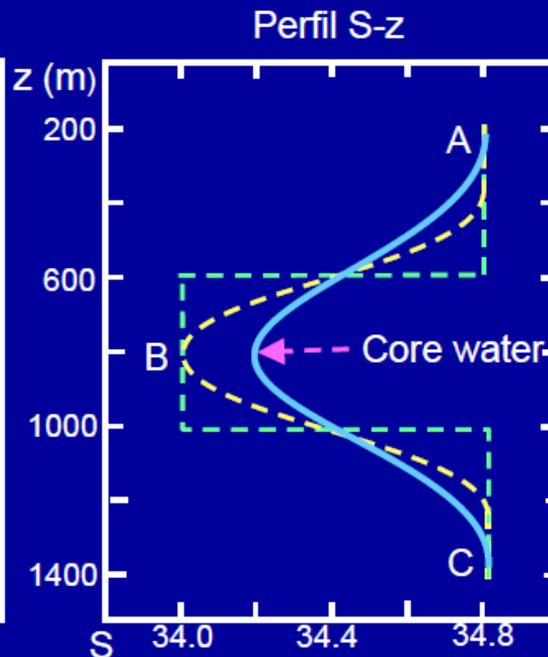
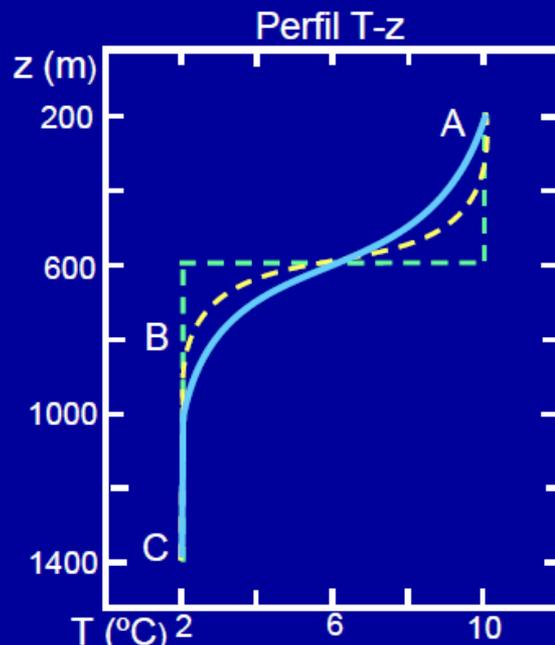
- **Situación 2.** Los tres cuerpos de agua han experimentado una mezcla parcial.
 - La discontinuidad entre los dos cuerpos de agua ha ido desapareciendo de los perfiles T-z y S-z.
 - En el diagrama T-S se puede distinguir aún la capa de agua intermedia con su T y S original (core water), que aparece representada como una esquina o vértice.



DIAGRAMAS T/S

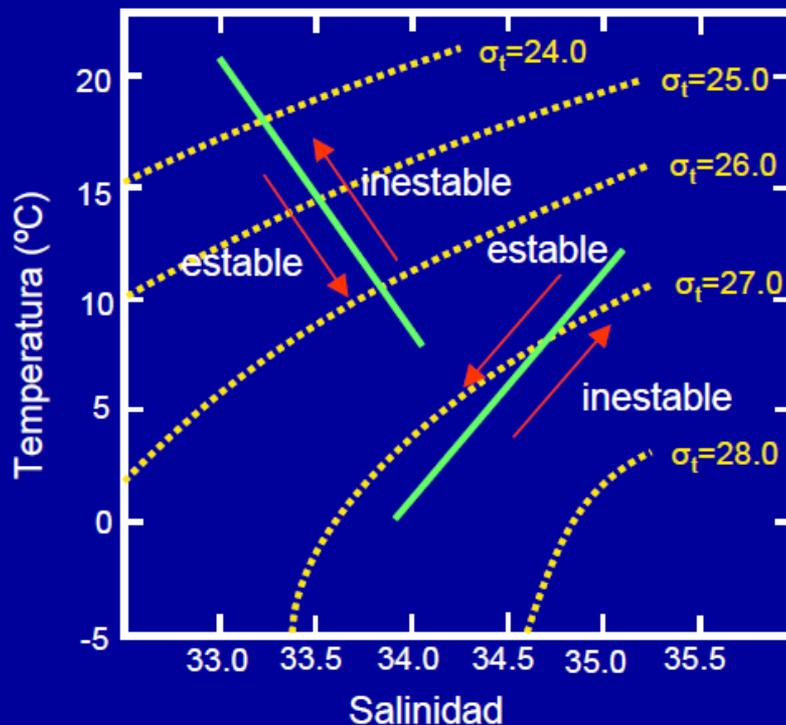
➤ Evolución de la mezcla de tres aguas tipo.

- **Situación 3.** La mezcla entre los tres cuerpos de agua está en un estado más avanzado.
 - En los perfiles de T-z y S-z la transición de estas propiedades para ambos cuerpos de agua es aún más gradual que el caso anterior.
 - La capa intermedia ya no conserva su T y S original.
 - En el diagrama T-S desaparece el vértice correspondiente al “core water”



ESTABILIDAD VERTICAL DE LAS MASAS DE AGUA

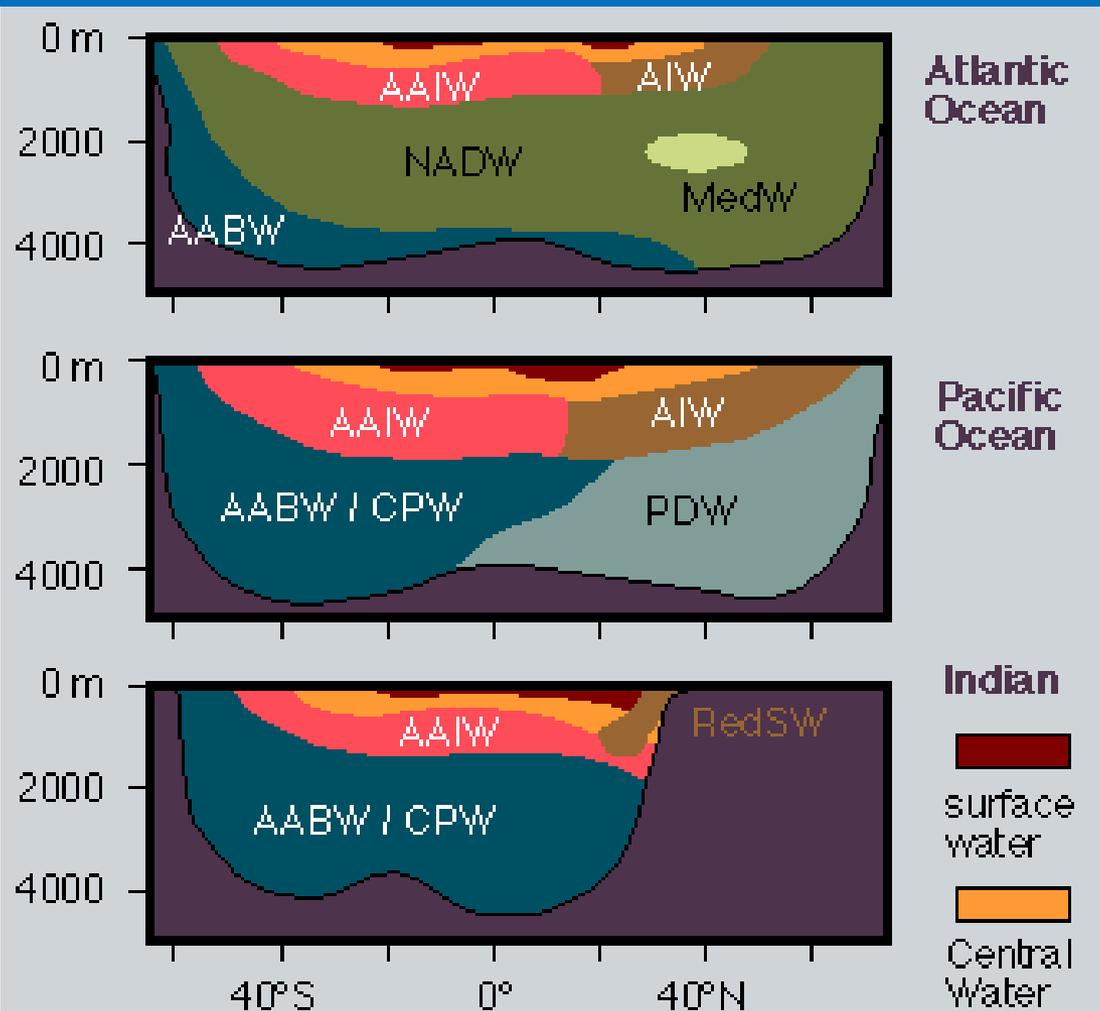
- La **estabilidad** de la columna de agua viene marcada por los cambios de la densidad con la profundidad.
 - Si la **densidad aumenta con la profundidad**, la columna de agua es **estable** ($d\sigma_\theta/dz > 0$)
 - Si **disminuye con la profundidad**, la columna de agua es **inestable** ($d\sigma_\theta/dz < 0$)
 - Si la **densidad no cambia con la profundidad**, la estabilidad es **neutra** ($d\sigma_\theta/dz = 0$)



- El **diagrama T-S** permite analizar la estabilidad de las masas de agua.
 - Si la **curva T-S** corta las isopícnas formando grandes ángulos el agua puede ser **altamente** estable o inestable.
 - Si la **curva T-S** corta las isopícnas formando ángulos pequeños, el agua puede ser **ligeramente** estable o inestable.
 - Si la **curva T-S** es paralela a las isopícnas la estabilidad del agua es neutra.

ESTRUCTURA VERTICAL DEL OCÉANO

- ESQUEMA DE LA DISTRIBUCIÓN DE MASAS DE AGUA EN LOS OCÉANOS MUNDIALES



- AABW:** Antarctic Bottom Water,
- CPW:** Circumpolar Water,
- NADW:** North Atlantic Deep Water,
- PDW:** Pacific Deep Water,
- AAIW:** Antarctic Intermediate Water, **AIW:** Arctic Intermediate Water,
- MedW:** Mediterranean Water,
- RedSW:** Red Sea Water

ESTRUCTURA VERTICAL DEL OCÉANO

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

La estratificación de la densidad

Procesos termohalinos, formación de masas de agua, la termoclina estacional

- LA ESTRUCTURA VERTICAL DEL OCÉANO PRESENTA VARIACIONES EN LA TEMPERATURA Y LA SALINIDAD, QUE EN CONJUNTO CONTROLAN LA ESTRUCTURA DE LA DENSIDAD DE LA COLUMNA DE AGUA.
- EN EL OCÉANO SUPERIOR SE DISTINGUEN DIFERENTES CAPAS FORMADAS POR DIFERENTES PROCESOS EN DISTINTAS ESCALAS DE TIEMPO.
- ESTAS CAPAS SON:
 - CAPA DE MEZCLA SUPERFICIAL
 - PICNOCLINA ESTACIONAL
 - PICNOCLINA PERMANENTE

ESTRUCTURA VERTICAL DEL OCÉANO

- EN LA SUPERFICIE OCEÁNICA EXISTE UNA DELGADA CAPA (mm) DE AGUA FRÍA (bajas T° causadas por pérdidas de Q en λ largas) SENSIBLE AL FLUJO LATENTE. ESTA CAPA ESTÁ SIEMPRE PRESENTE Y PUEDE SER MEDIDA POR RADIÓMETROS INFRARROJOS. $T^{\circ} = 0.1$ a 0.5°C más fría que el resto del agua superficial

- LOS FLUJOS DE INTERCAMBIO ATMÓSFERA-OCÉANO SON TRANSPORTADOS INSTANTÁNEAMENTE POR LA CAPA MOLECULAR

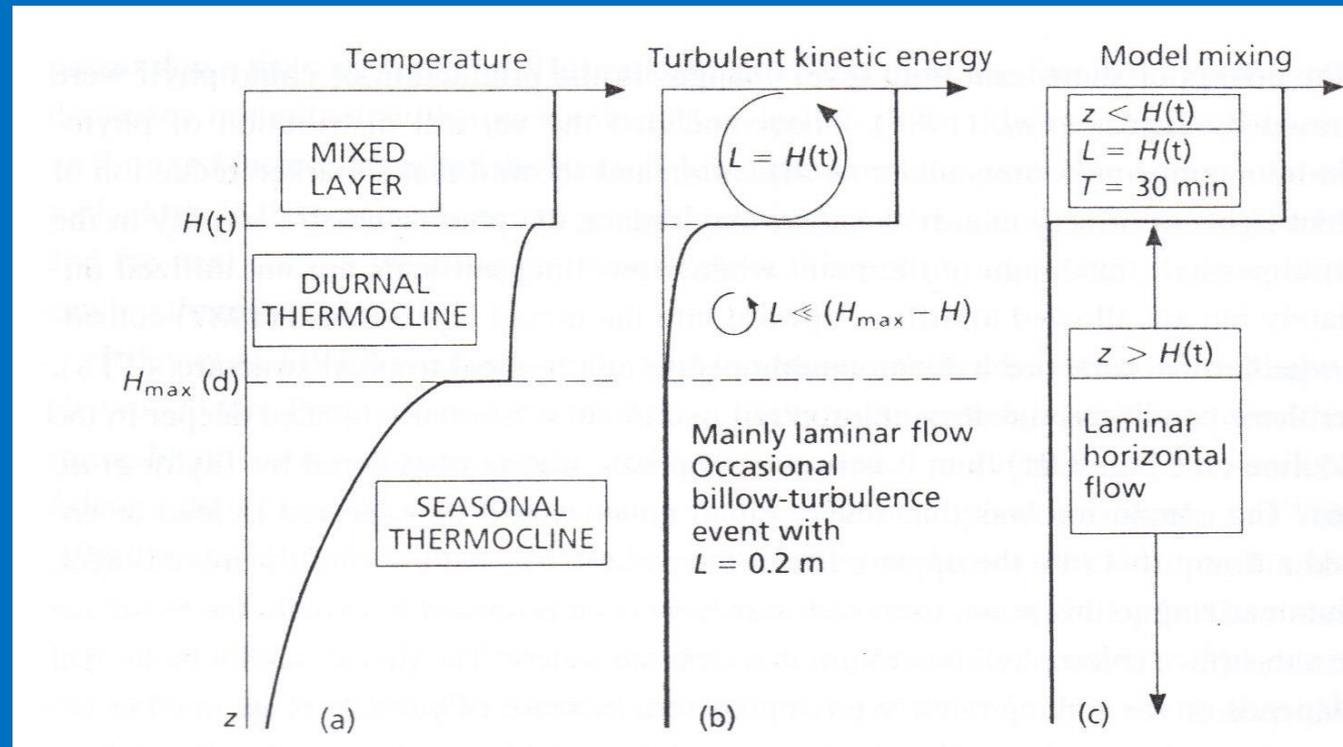
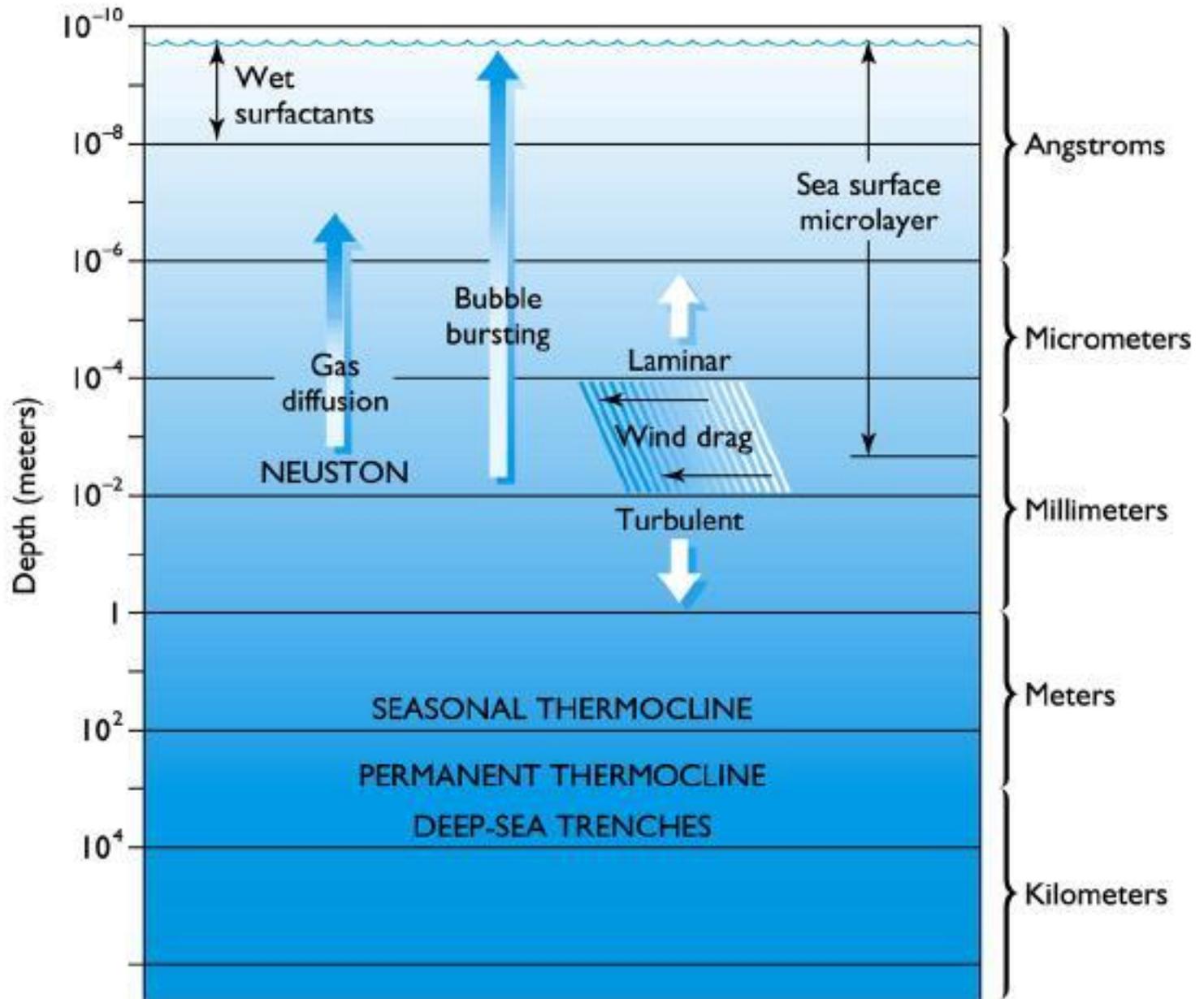


DIAGRAMA DEL MODELO DE WOODS & OAKEN (1982)

(a) Perfil de temperatura, (b) Perfil de energía cinética turbulenta; (c) régimen de mezcla.

L = amplia escala de mezcla, H = ancho de la capa de mezcla; T = tiempo de la escala turbulenta, Z = profundidad

- ESTAS CAPAS SON:
 - CAPA DE MEZCLA SUPERFICIAL, PICNOCLINA ESTACIONAL, PICNOCLINA PERMANENTE



ESTRUCTURA VERTICAL DEL OCÉANO

- LA ENERGÍA NECESARIA PARA CAMBIAR LA ESTRUCTURA VERTICAL DE LA CAPA SUPERFICIAL PROVIENE DE LA MEZCLA OCACIONADA POR:

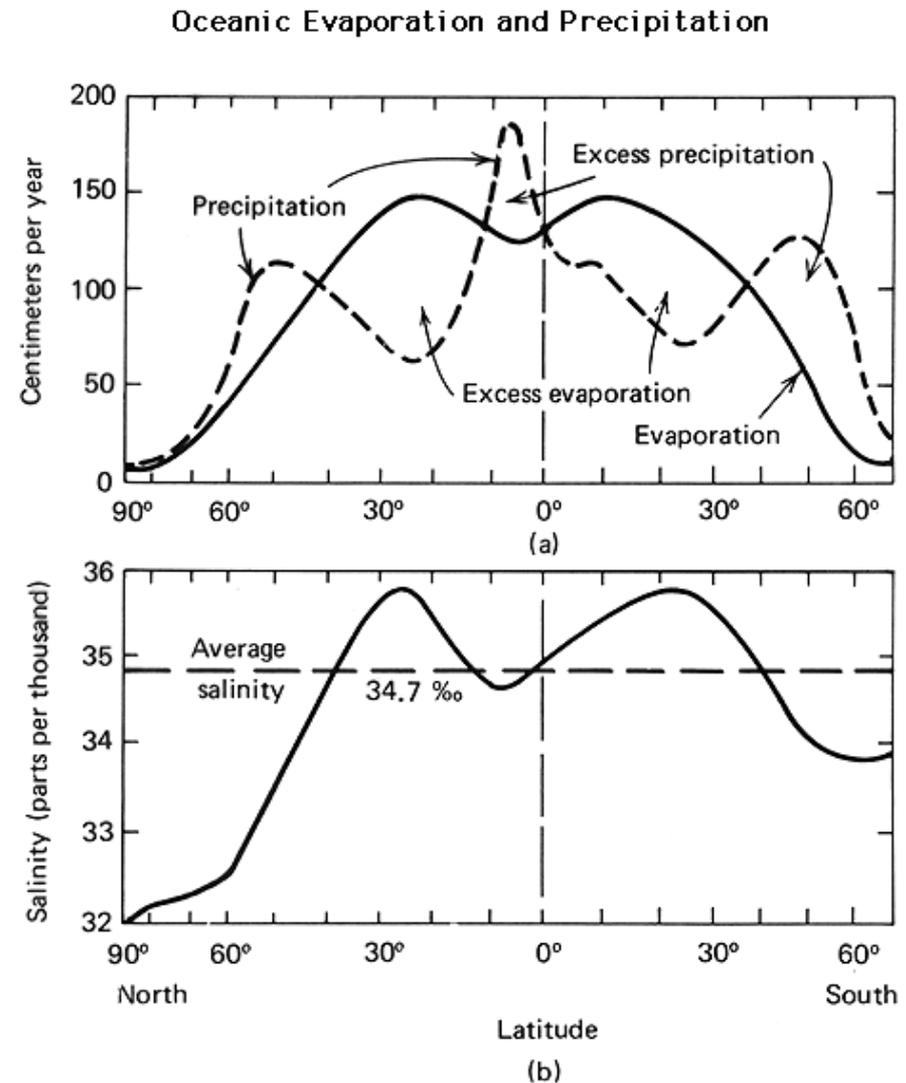
- LA TURBULENCIA VERTICAL

- Y LOS PROCESOS DE CONVECCIÓN A TRAVÉS DEL OLEAJE O POR LA INTRUSIÓN DE AGUA FRÍA DESDE AGUAS DE FONDO HACIA LA CAPA DE MEZCLA

- LA EVAPORACIÓN Y EL ENFRIAMIENTO INDUCEN A UNA MEZCLA CONVECTIVA

- MIENTRAS QUE LLUVIAS Y CALENTAMIENTO VUELVE A ESTRATIFICAR LA CAPA SUPERFICIAL DE MEZCLA

- SE DESARROLLAN NIVELES ALTERNADOS DE GRADIENTES DE DIFERENTES PROPIEDADES

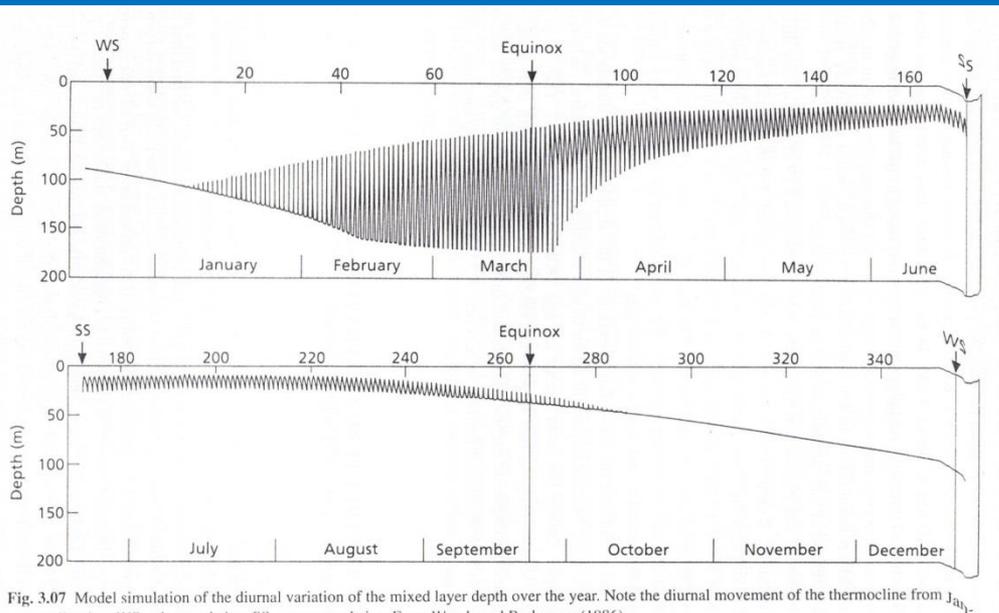


ESTRUCTURA VERTICAL DEL OCÉANO

- VARIACIONES EN LOS FORZANTES ATMOSFÉRICOS PUEDEN ORIGINAR CAMBIOS SUSTANCIALES EN LAS PROPIEDADES DEL AGUA Y POR ENDE EN EL GROSOR DE LA CAPA DE MEZCLA SUPERFICIAL

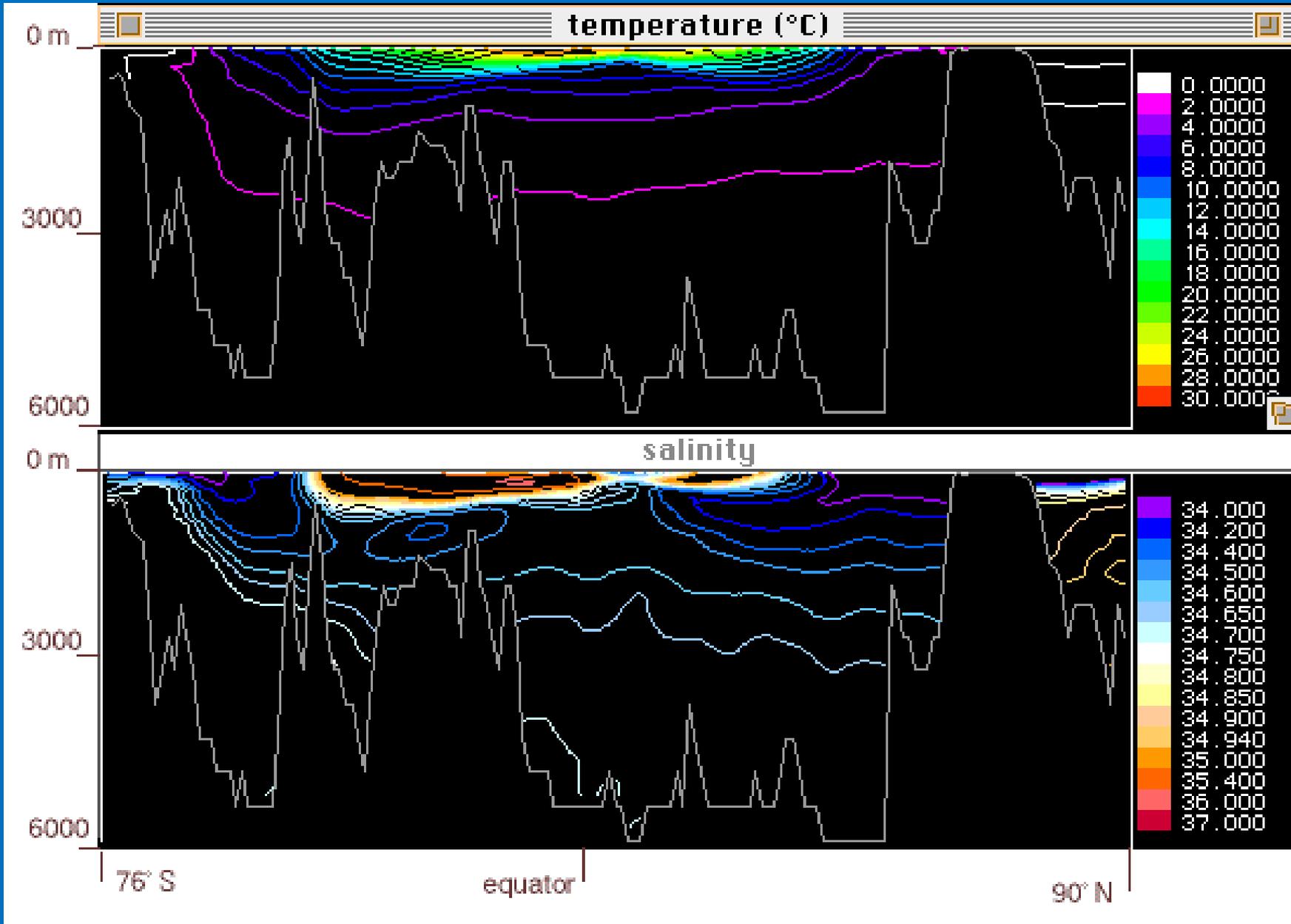
- CAMBIOS EN LA RADIACIÓN SOLAR:

- ESCALA DIARIA: HASTA EL MEDIO DÍA EL SOL CALIENTA LA SUPERFICIE OCEÁNICA CAUSANDO LA ESTARATIFICACIÓN. A MEDIDA QUE DISMINUYE SU INTENSIDAD PASADO EL MEDIODÍA LAS AGUAS COMIENZAN A ENFRIARSE GENERÁNDOSE PROCESOS DE CONVECCIÓN TURBULENTA MEZCLANDO VERTICALMENTE LA CAPA SUPERFICIAL.



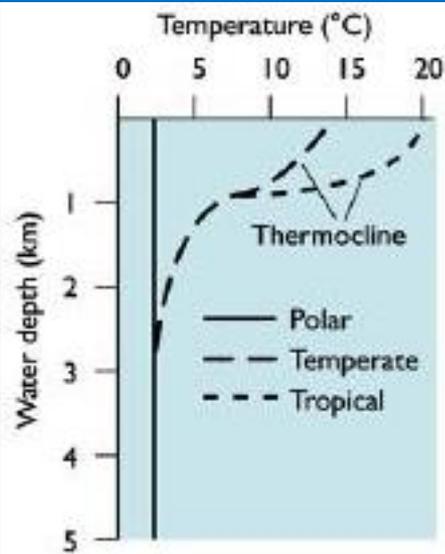
- VARIACIONES HORIZONTALES: DIFERENTES INCIDENCIAS DE LOS RAYOS SOLARES EN UNA MISMA LATITUD RESULTAN EN CAPAS DE MEZCLA DE DIFERENTE PROFUNDIDAD, INCREMENTÁNDOSE DEL ECUADOR A LOS POLOS.

Fig. 3.07 Model simulation of the diurnal variation of the mixed layer depth over the year. Note the diurnal movement of the thermocline from January to October. WS, winter solstice; SS, summer solstice. From Woods and Barkmann (1986).

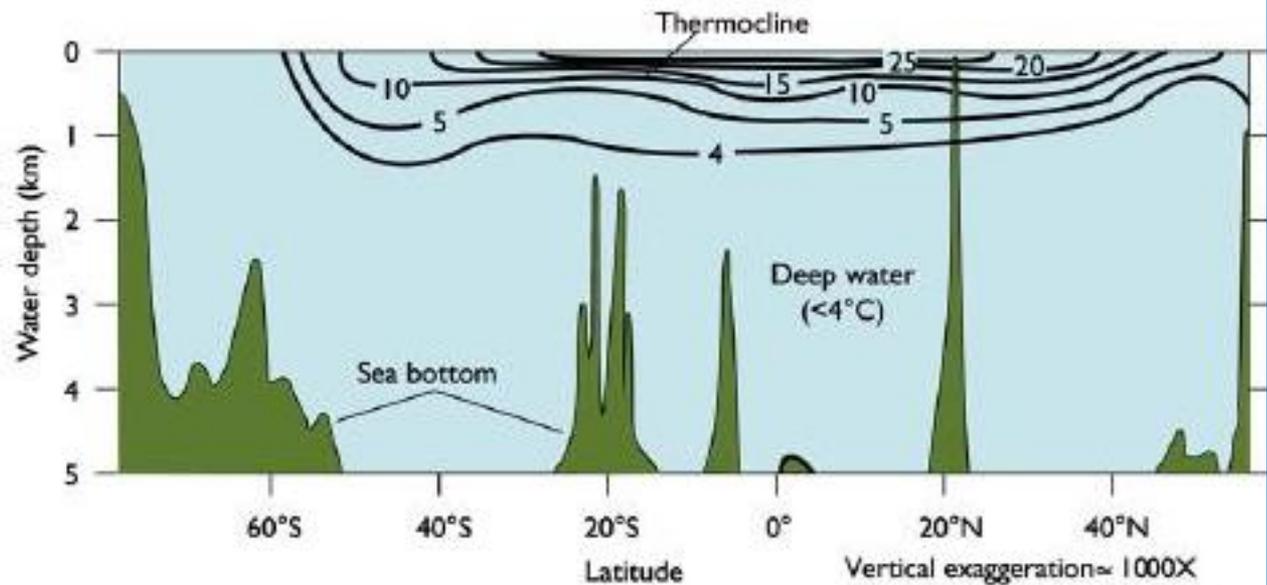


- ENTRE LA CAPA DE MEZCLA Y EL OCÉANO PROFUNDO TENEMOS UNA REGIÓN CARACTERIZADA POR GRADIENTES SUSTANCIALMENTE VERTICALES EN LAS PROPIEDADES DEL AGUA

- EN RELACIÓN CON LA TEMPERATURA, LA ZONA ALTAMENTE ESTRATIFICADA SE DENOMINA TERMOCLINA

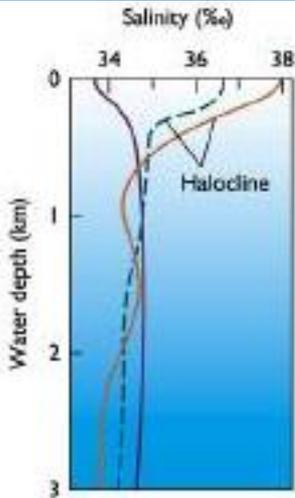


(a) TEMPERATURE PROFILES

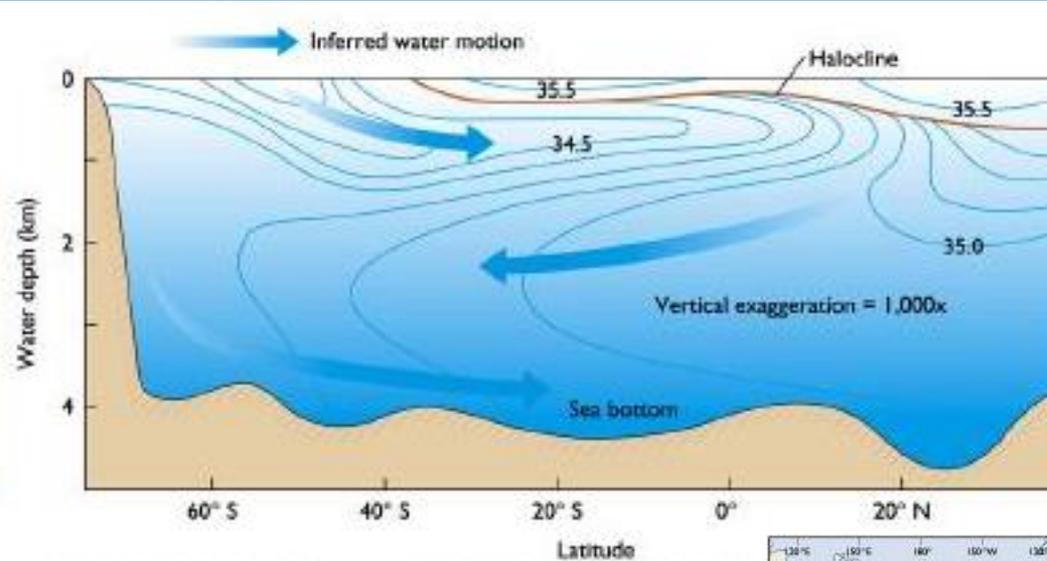


(b) TEMPERATURE DISTRIBUTION (°C) IN CENTRAL PACIFIC OCEAN

EN RELACIÓN CON LA SALINIDAD, LA ZONA ALTAMENTE ESTRATIFICADA SE DENOMINA HALOCLINA



(a) SALINITY PROFILES

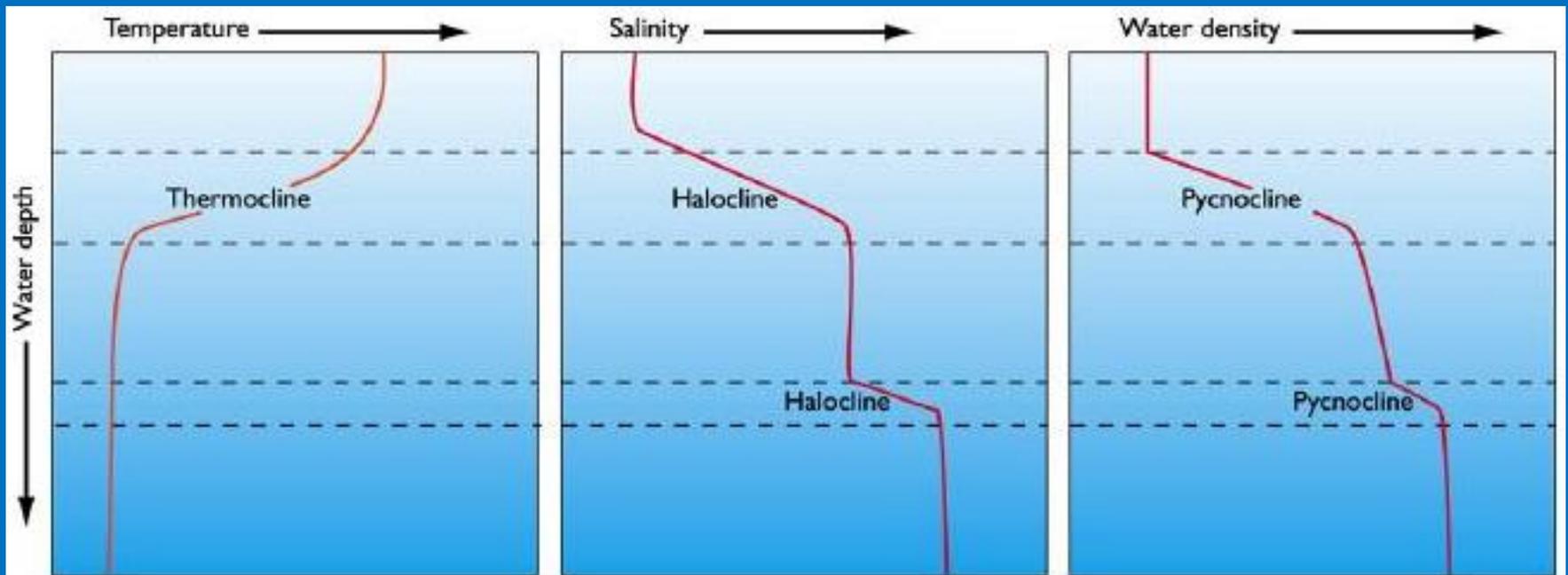


(b) SALINITY DISTRIBUTION (‰) IN THE WESTERN ATLANTIC OCEAN



(c) SEA-SURFACE SALINITY (‰) IN AUGUST

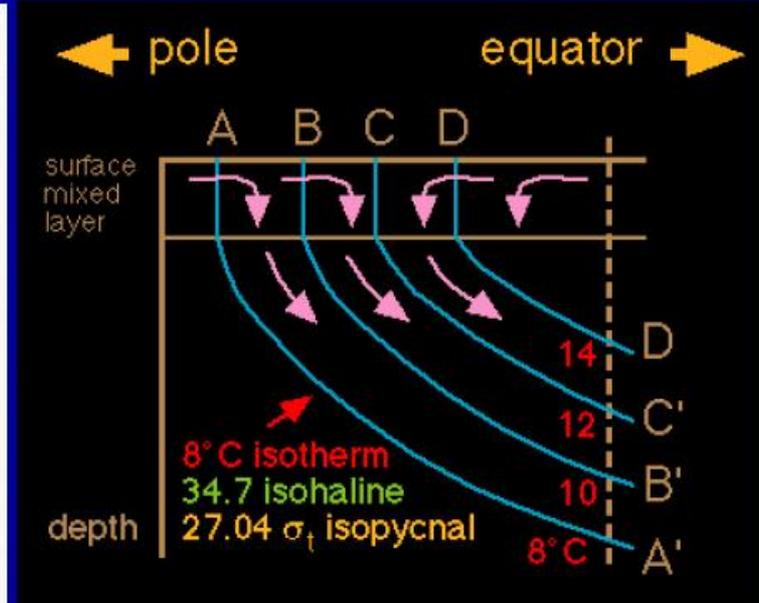
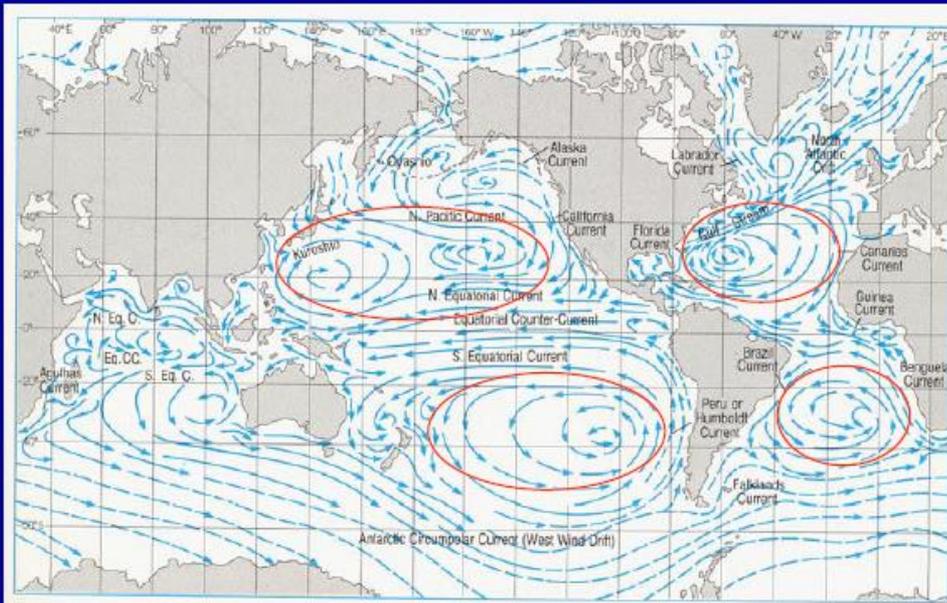
AMBAS PUEDEN NO COINCIDIR EXACTAMENTE EN SU RANGO DE PROFUNDIDAD, PERO SI CONTROLAN LA ESTRUCTURA DENSIDAD DEL AGUA CONFORMANDO LA PICNOCLINA



(b) THERMOCLINE, HALOCLINE, AND PYCNOCLINE

➤ Subducción.

- Sucede principalmente en regiones subtropicales.
- Se produce por convergencia y lento hundimiento de las aguas oceánicas.
- Se bombea el agua de la parte inferior de la capa de mezcla a mayores profundidades a lo largo de superficies de densidad constante.



➤ Mezcla.

- Pueden formarse por mezcla de dos o más masas de agua.

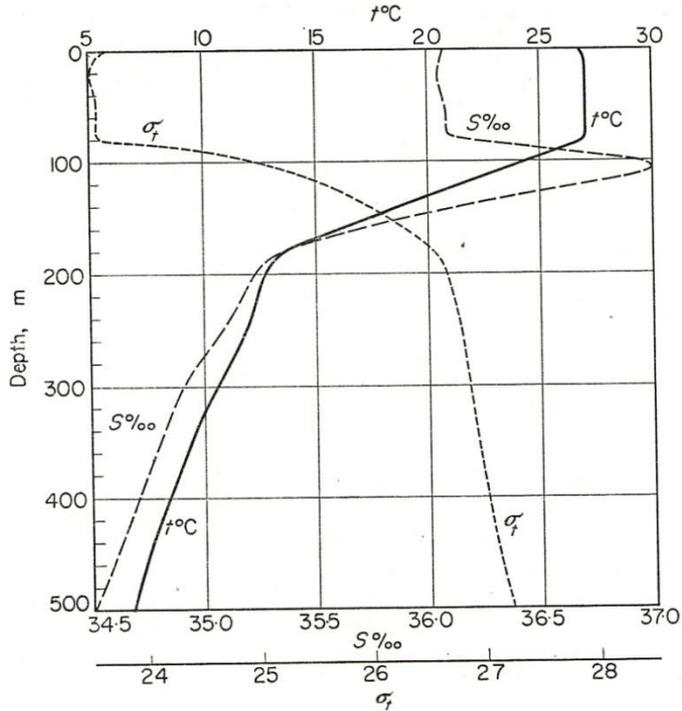


FIG. 70. Vertical temperature, salinity and density curves for the troposphere at "Meteor" Stn. 256 ($\phi = 2.4^\circ \text{ S.}$, $\lambda = 39.3^\circ \text{ W.}$).

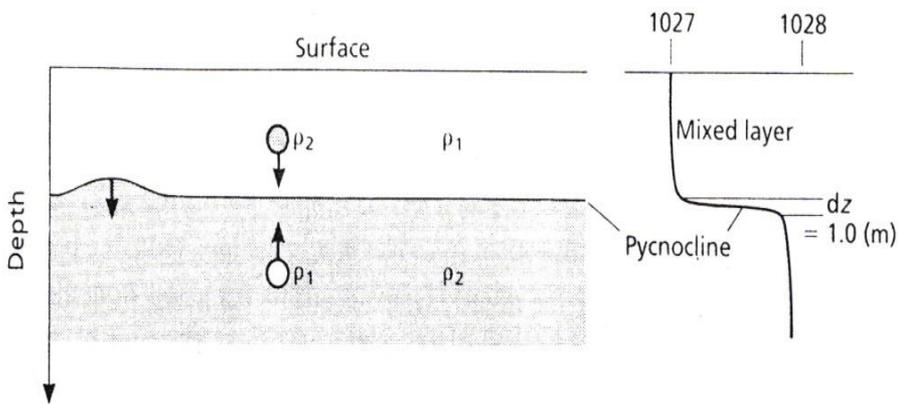
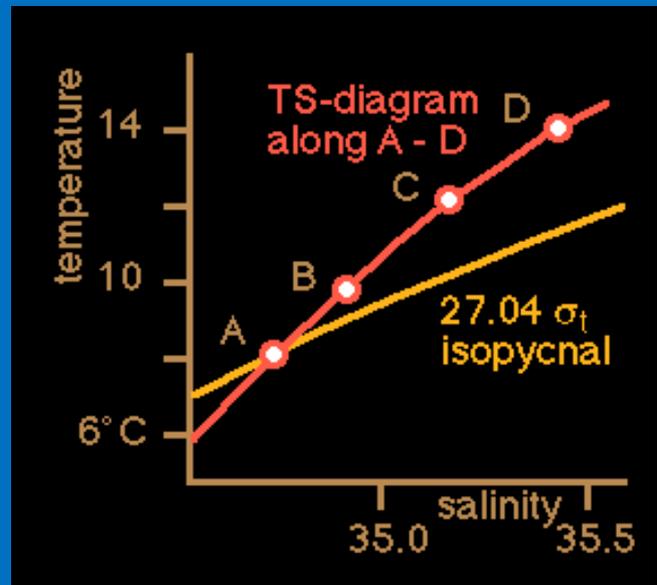
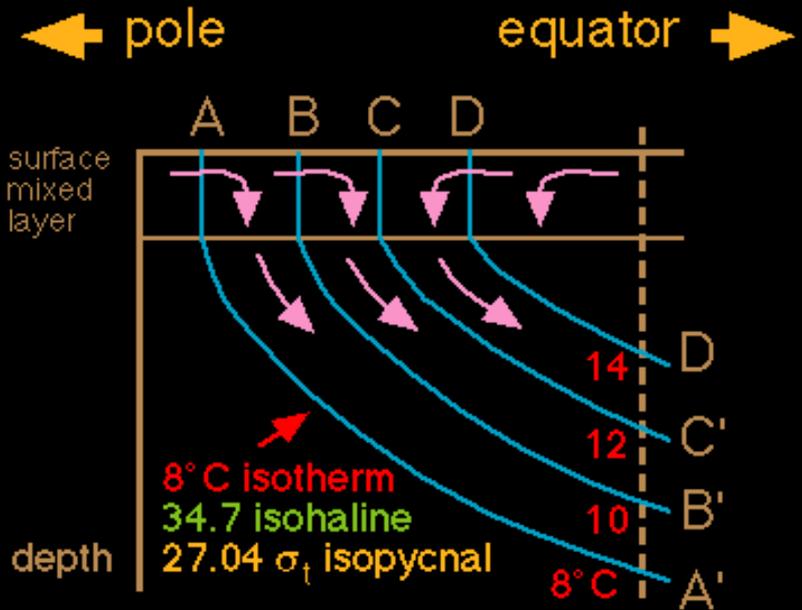


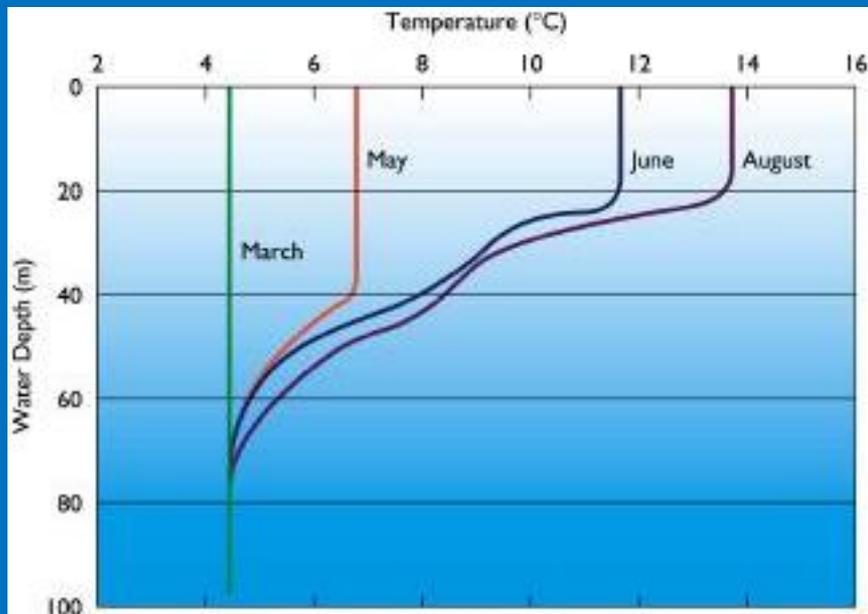
Fig. 3.04 (a) A cross-section through two layers of homogeneous water having unequal density separated by a thin pycnocline. Displacements above or below the pycnocline give rise to the buoyancy forces indicated by the arrows. (b) A vertical profile of the density through the two layers.

PICNOCLINA

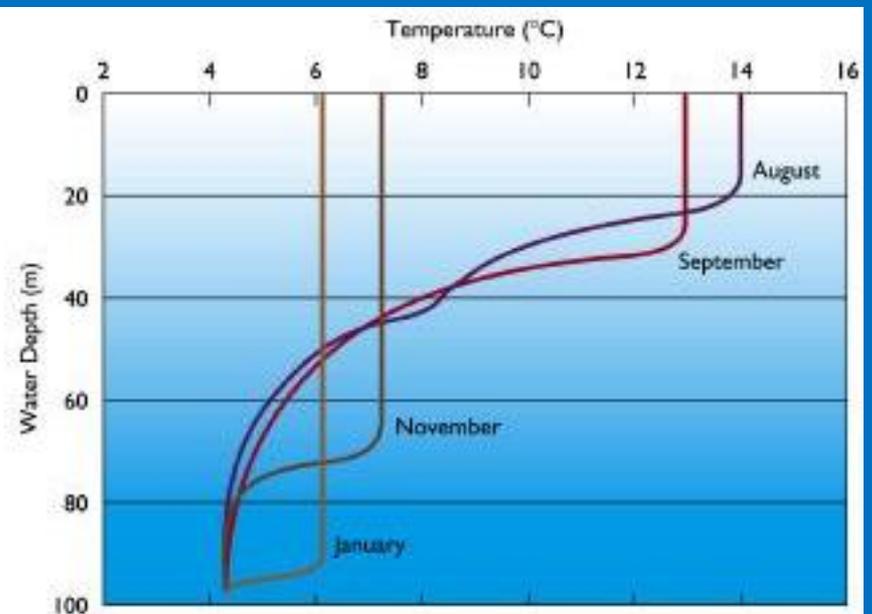


PICNOCLINA

- EN LOS TRÓPICOS Y LATITUDES MEDIAS LA TEMPERATURA ES EL FACTOR CONTROLADOR DE LA DENSIDAD POR LO QUE A LA PICNOCLINA PRINCIPAL SE LA CONOCE COMO TERMOCLINA PERMANENTE
- EN LATITUDES MEDIAS, DURANTE EL VERANO, EL CALENTAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES POR EL SOL PUEDE OCACIONAR UNA TERMOCLINA ESTACIONAL QUE QUEDA ENTRE LA CAPA DE MEZCLA SUPERFICIAL Y LA TERMOCLINA PERMANENTE.



(a) GROWTH OF SEASONAL THERMOCLINE



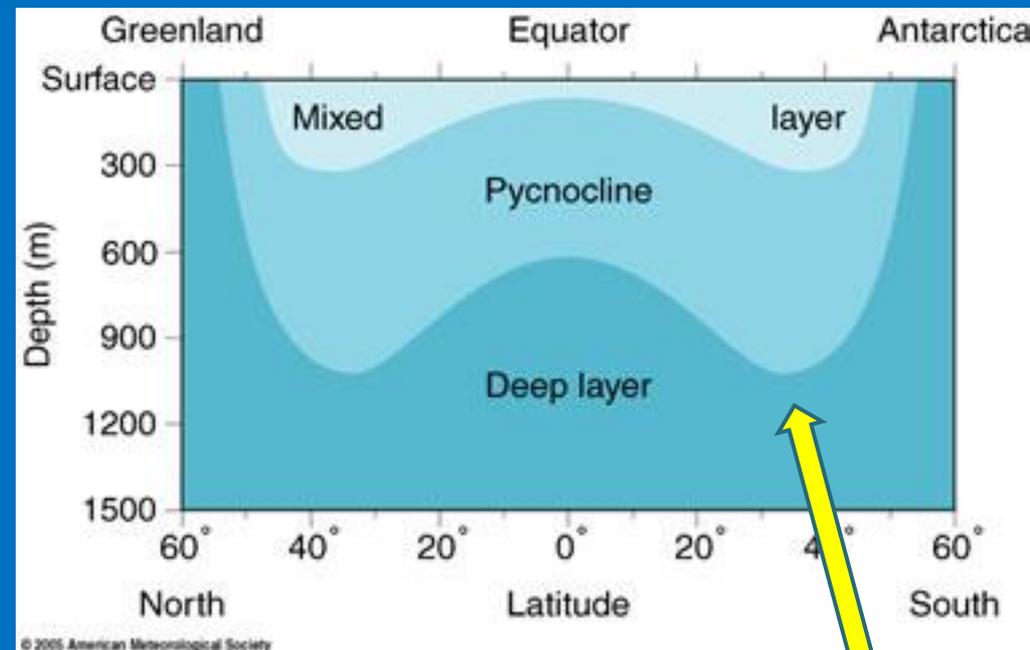
(b) DECAY OF SEASONAL THERMOCLINE

PICNOCLINA

- EN LAS REGIONES SUBPOLARES EL INGRESO ESTACIONAL DE AGUA DULCE POR LLUVIAS, DESCARGAS DE RÍOS O DESHIELO PUEDE RESULTAR EN UNA HALOCLINA ESTACIONAL (PICNOCLINA) QUE SEPARA AGUAS SALOBRES DE SUPERFICIE DE LAS AGUAS SALADAS DE FONDO.

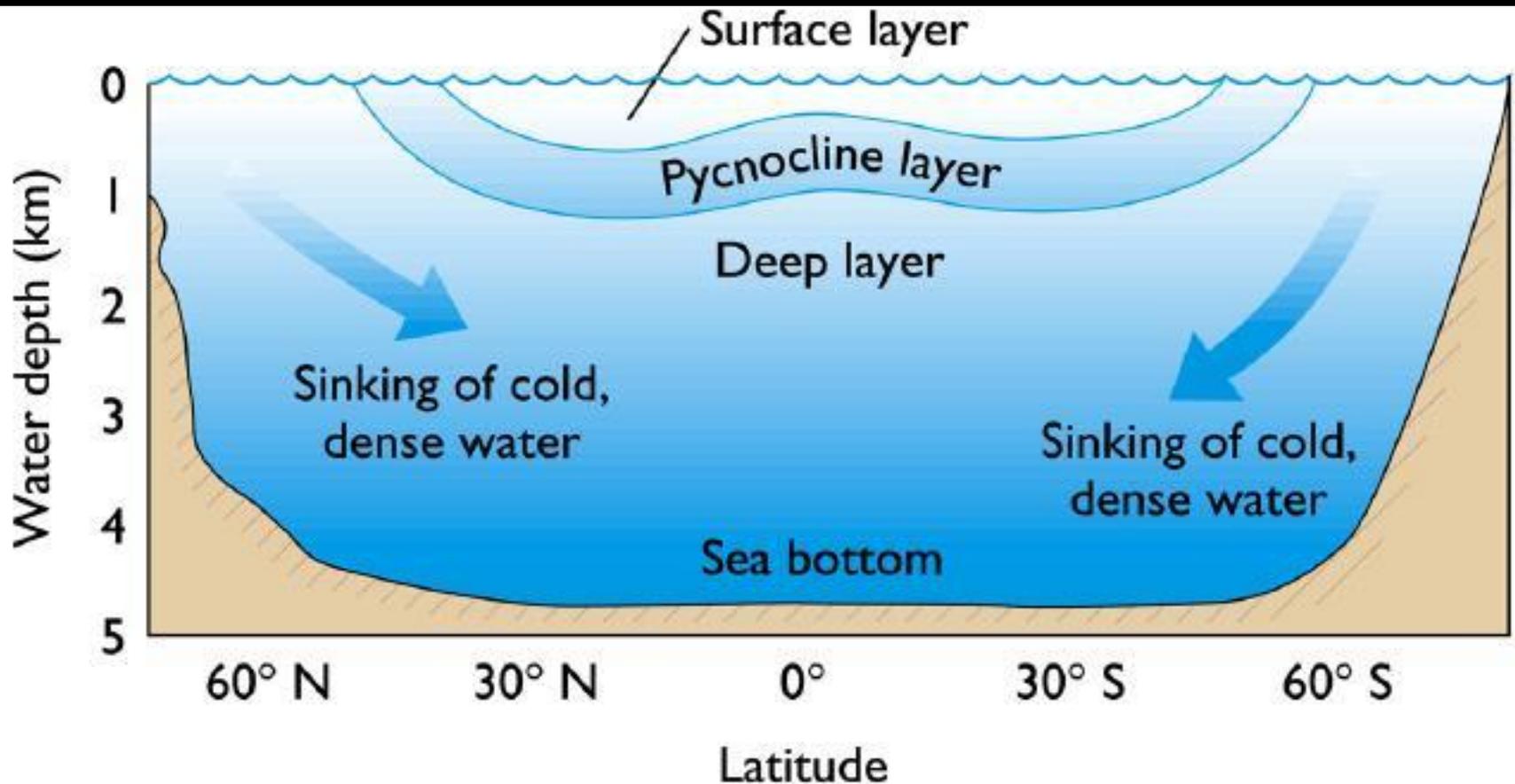
- EN INVIERNO LA PICNOCLINA ESTACIONAL DESAPARECE Y ESTARÁ PRESENTE LA PICNOCLINA PERMANENTE.

- PARA MANTENER LA ESTABILIDAD DE LA COLUMNA DE AGUA, AGUAS MENOS DENSAS DEBEN MANTENERSE POR ENCIMA DE AGUAS MÁS DENSAS. ESTO GENERA QUE LA Z DE LA PICNOCLINA ES UN ÁREA DE DONDE LA DENSIDAD VARÍA RÁPIDAMENTE CON LA PROFUNDIDAD.



- ¿QUÉ SUCEDE ENTONCES CON LAS AGUAS PROFUNDAS?

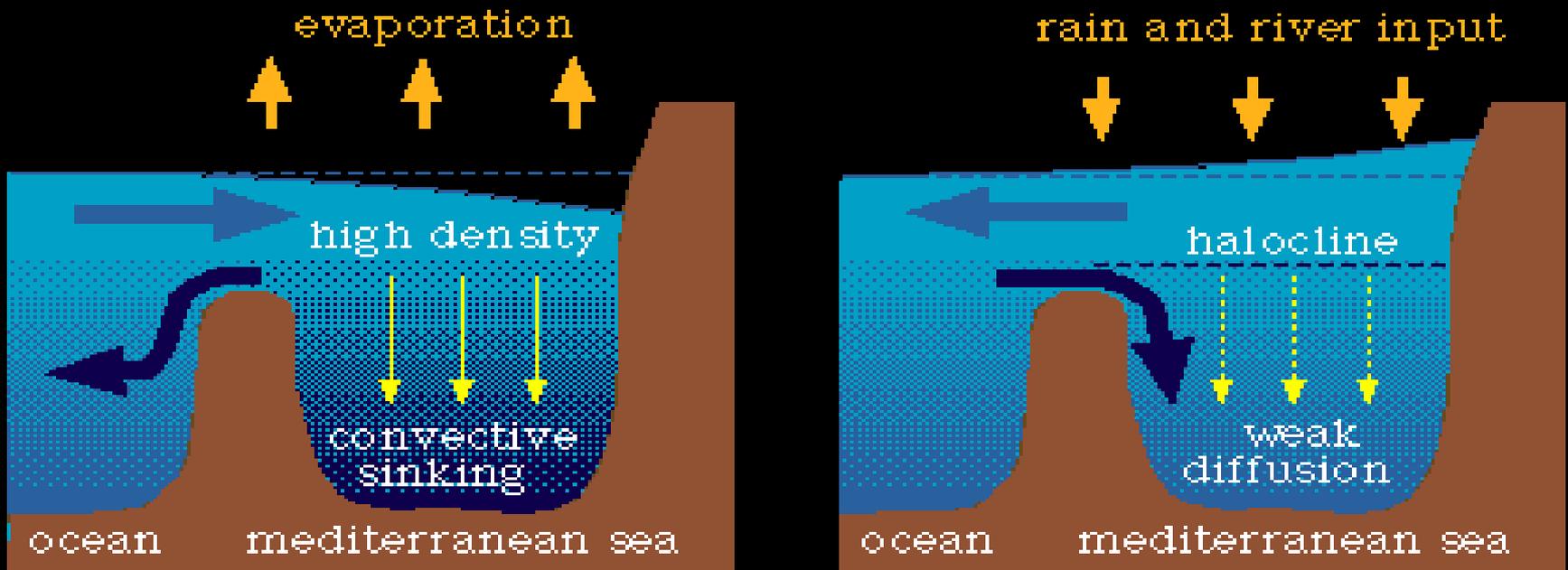
- EN REGIONES POLARES DEL ATLÁNTICO NORTE Y SUR EXISTE UNA TERMOCLINA PERMANENTE. ESTA COLUMNA DE AGUA ISOTÉRMICA SUGIERE QUE LAS AGUAS FRÍAS Y DENSAS ESTÁN CONTINUAMENTE HUNDIÉNDOSE. NO EXISTE UNA BARRERA O PICNOCLINA



- PLATAFORMA DEL MAR DE WEDDELL, EN LA ANTÁRTIDA LA SALINIDAD PUEDE JUGAR UN PAPEL EN LA FORMACIÓN DE AGUA MAS DENSA. ¿CÓMO?

CIRCULACIÓN TERMOHALINA

- EL FLUJO VERTICAL DE LAS AGUAS EN REGIONES POLARES DAN ORIGEN A LAS AGUAS DE FONDO DE LAS CUENCAS OCEÁNICAS QUE LENTAMENTE SE MEZCLAN Y SE DISTRIBUYEN HORIZONTALMENTE.
- LA CIRCULACIÓN TERMOHALINA JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE EN EL MANTENIMIENTO DE LA TERMOCLINA PERMANENTE A UNA PROFUNDIDAD CONSTANTE EN ZONAS DE LATITUDES BAJAS Y MEDIAS.



VARIABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS VERTICALES DEL OCÉANO

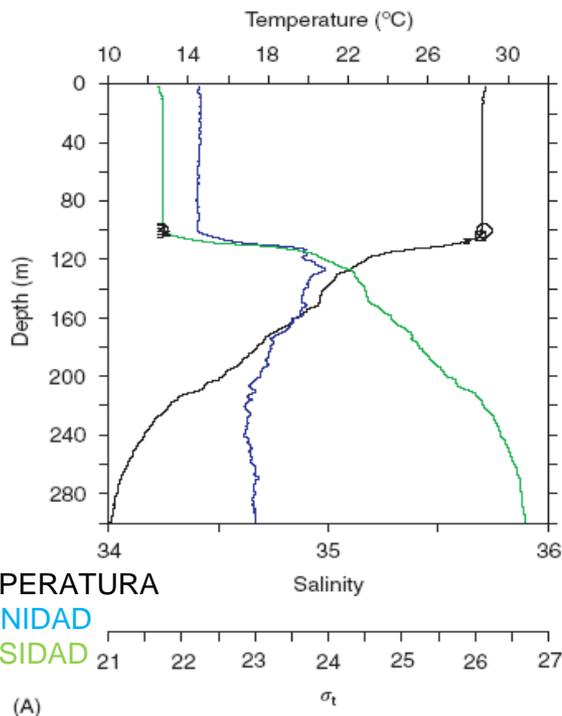
CAPAS ENVEJECIDAS

- LAS CAPAS ENVEJECIDAS SON CAPAS ISOTÉRMICAS QUE SE UBICAN POR DEBAJO DE LA CAPA DE MEZCLA SUPERFICIAL, Y ESTÁN SEPARADAS POR UNA CAPA BIEN ESTRATIFICADA
- PROFUNDIDAD DONDE LA TEMPERATURA ALCANZA EL VALOR MÍNIMO DEL AGUA SUPERFICIAL DURANTE EL INVIERNO.

- EL CALENTAMIENTO POR RADIACIÓN SOLAR Y LA REDUCCIÓN DEL VIENTO EN PRIMAVERA PERMITE QUE LA CAPA SUPERIOR ESTÉ TERMICAMENTE ESTRATIFICADA

- LA NUEVA CAPA SUPERFICIAL DE AGUAS CÁLIDAS ESTÁ SEPARADA DE LA VIEJA CAPA DE MEZCLA INVERNAL POR UNA BIEN ESTRATIFICADA TERMOCLINA

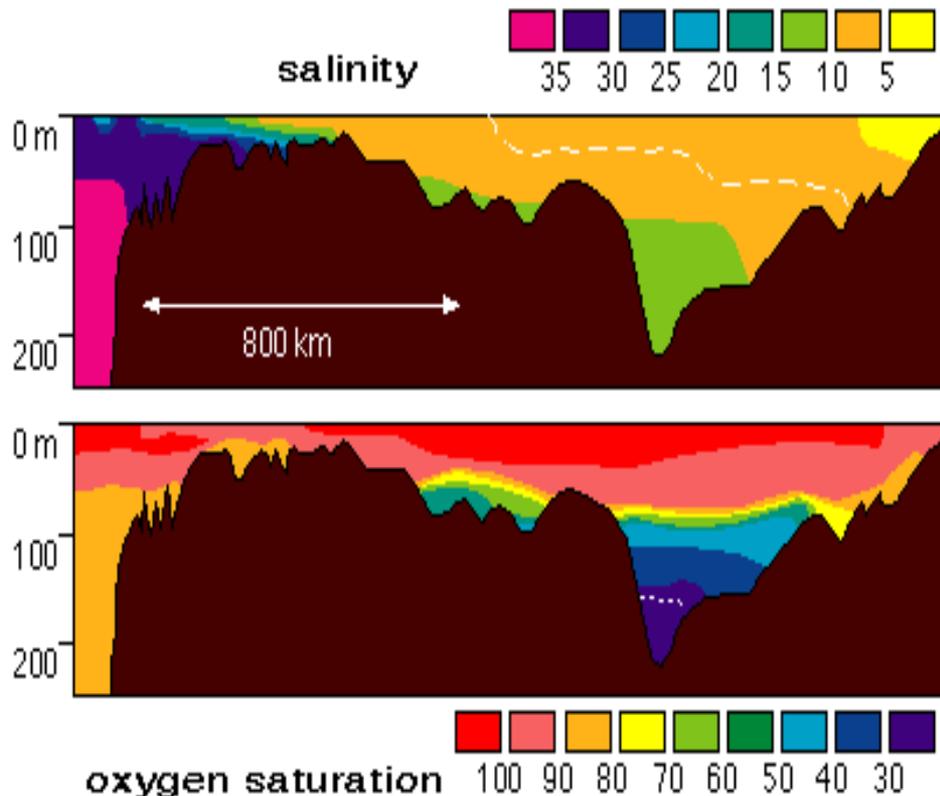
- TIENDEN A FORMARSE EN REGIONES CON CALENTAMIENTO ESTACIONAL SIGNIFICATIVO, UN GRAN RANGO ANUAL DE VIENTO Y CAPAS DE MEZCLA INVERNALES PROFUNDAS



OTRAS PROPIEDADES DE LA ESTRUCTURA VERTICAL SUPERIOR DEL OCEANO

- OTRAS PROPIEDADES COMO OXIGENO DISUELTO Y NUTRIENTES PUEDEN VARIAR EN LA ESTRUCTURA DE LA CAPA SUPERIOR DEL OCEANO. ESTAS PROPIEDADES SON CONSIDERADAS NO CONSERVATIVAS.

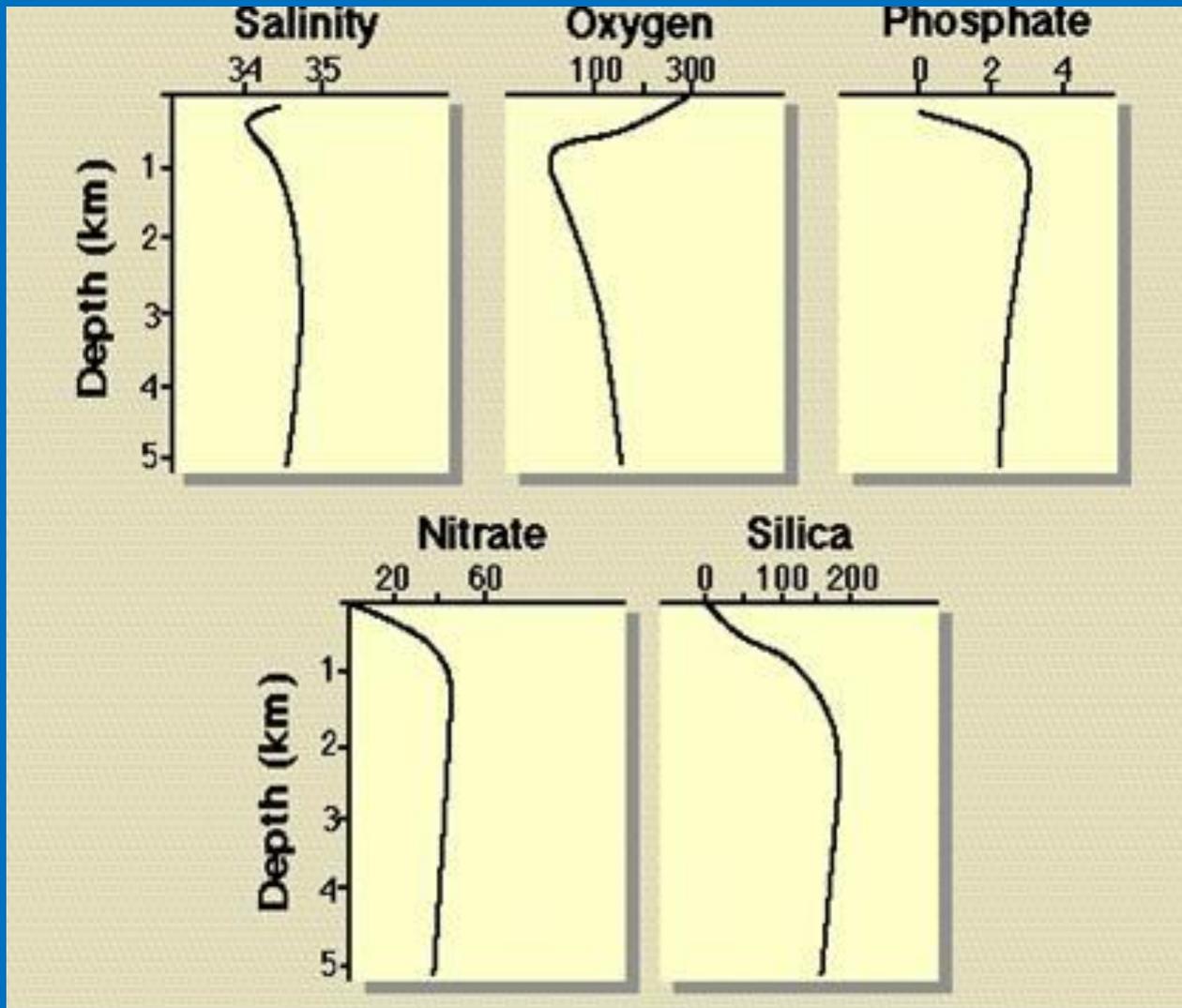
- LOS VALORES DE SATURACION DE OXIGENO DISUELTO PUEDEN SER UN BUEN INDICADOR PARA DETERMINAR LA PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE LOS INTERCAMBIOS ATMOSFERA OCEANO



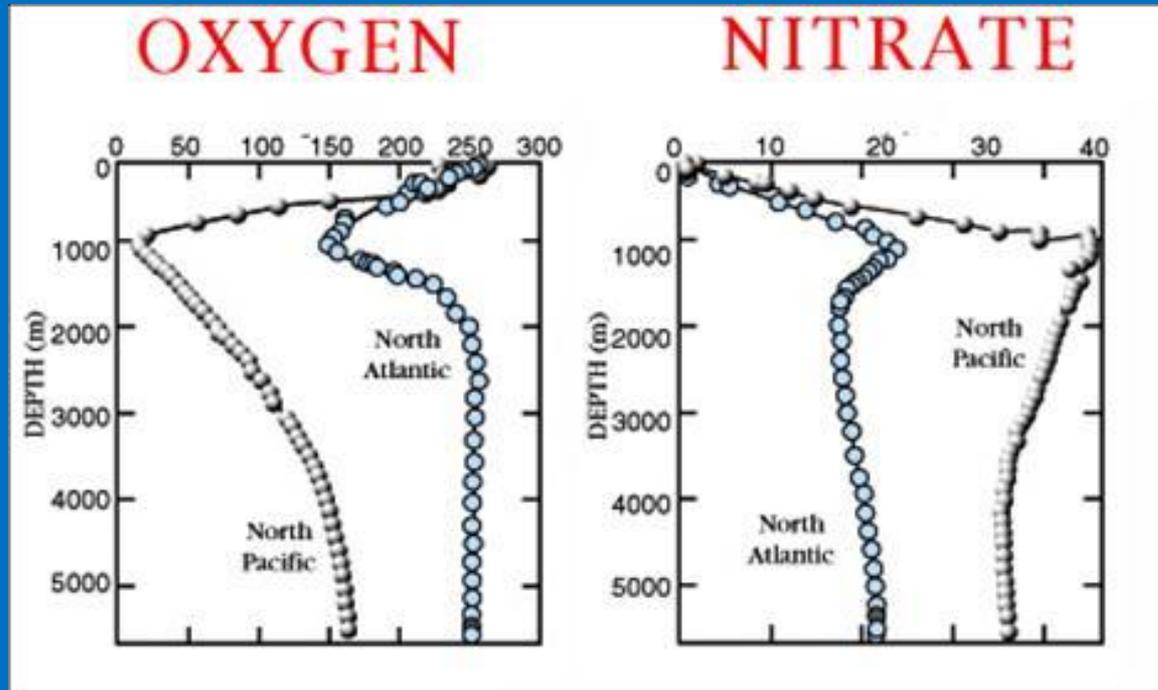
- EL NIVEL DE OD MAS PROFUNDO PROVEE UN CLARO REGISTRO DE LA PROFUNDIDAD DE LA PENETRACION CONVECTIVA DESDE EL AIRE DURANTE EL INVIERNO PREVIO

- EL AGUA SITUADA POR DEBAJO DE LA HALOCLINA ES RENOVADA SOLO MUY LENTAMENTE MEDIANTE PROCESOS DE MEZCLA

NUTRIENTES: PATRONES VERTICALES



NUTRIENTES



- A LOS 800 m LOS NIVELES DE OXÍGENO ALCANZAN SU MÍNIMO
- EN AGUAS PROFUNDAS Y DE FONDO LOS NIVELES DE OXÍGENO SE INCREMENTAN
- ¿POR QUÉ?

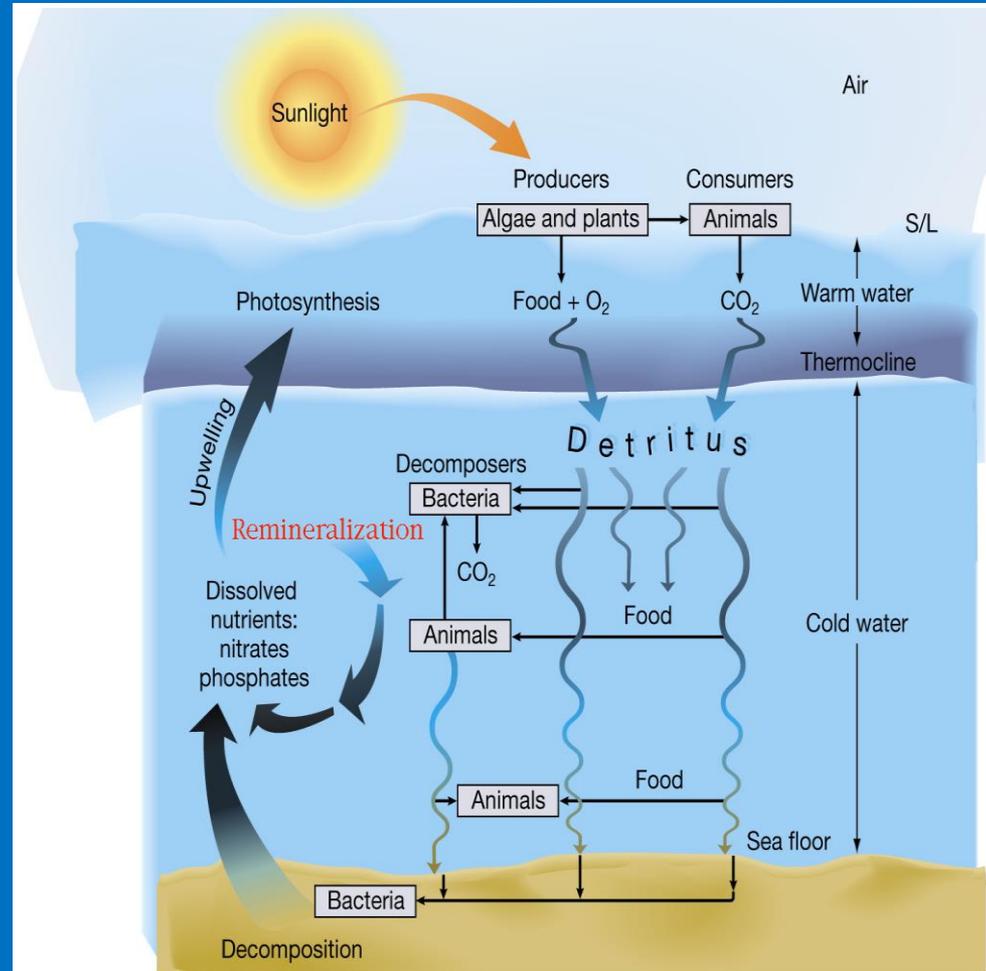
NUTRIENTES

- EN GENERAL LA RELACIÓN ENTRE LOS VARIADOS ELEMENTOS DEL AM SON CONSTANTES, EXCEPTO CUANDO SON MODIFICADOS POR LOS PROCESOS BIOLÓGICOS

- LA LUZ NO PENETRA MÁS ALLÁ DE LOS 150 m : FOTOSÍNTESIS

- EN LA CAPA SUPERFICIAL DE MEZCLA POR ENCIMA DE LA TERMOCLINA EL AGUA SE MEZCLA LO SUFICIENTE COMO PARA MANTENER LA VIDA

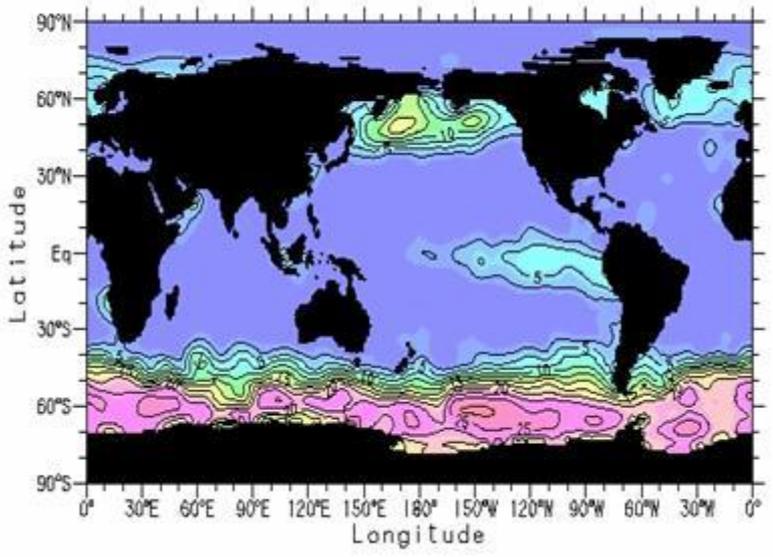
- INTERCAMBIO DE GASES CON LA ATMÓSFERA ES CASI CONSTANTE, LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EL AGUA ESTÁ EN EQUILIBRIO CON LA ATMÓSFERA. PERO DECRECE RÁPIDAMENTE ENTRE 50-70 m ¿POR QUÉ?



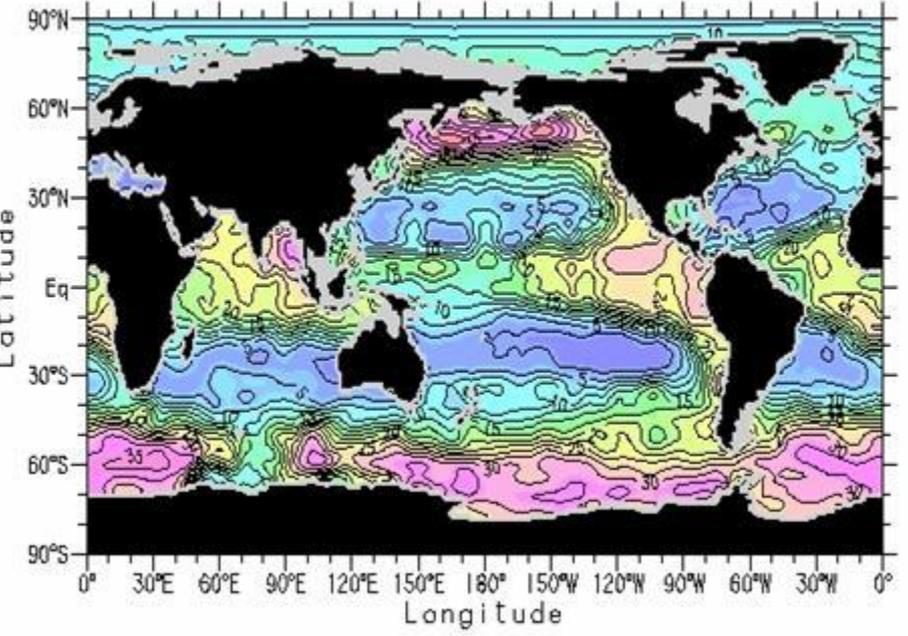
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

NUTRIENTES DISTRIBUCIÓN DE LOS NITRATOS

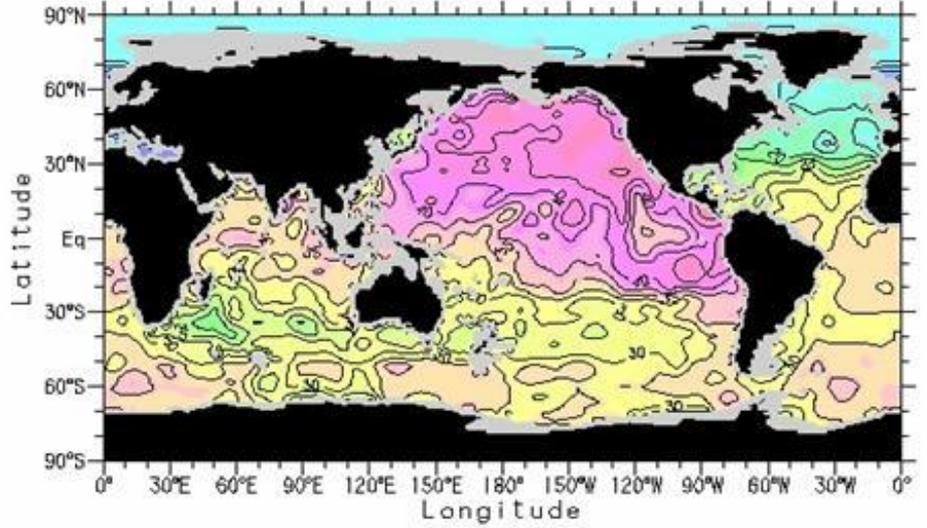
0m nitrate map



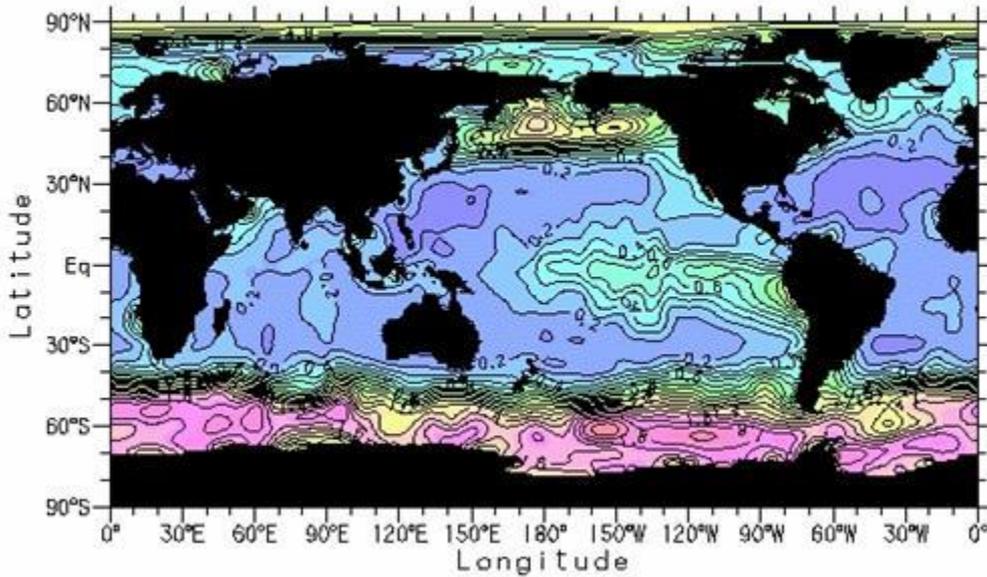
200m nitrate map



1000m nitrate map

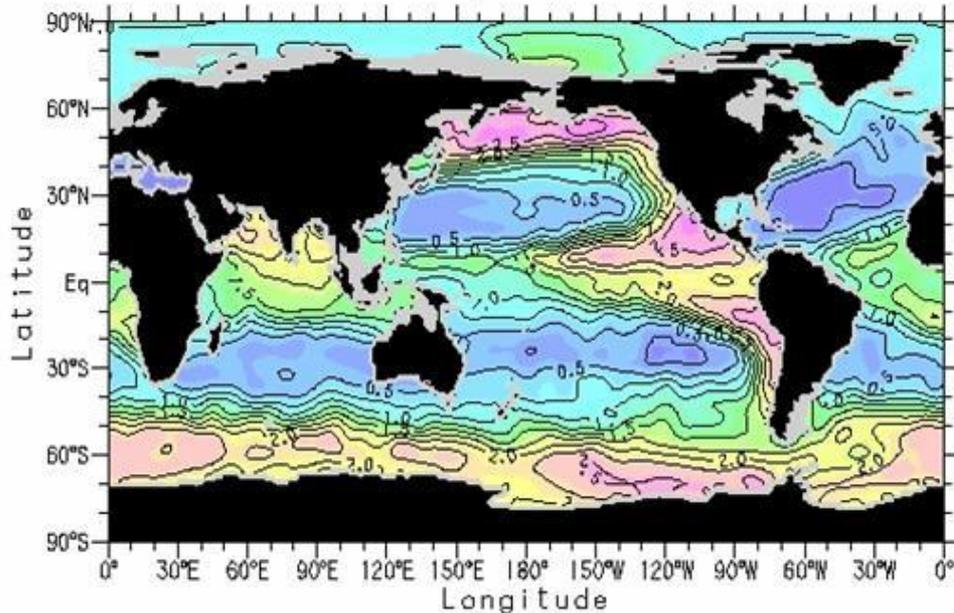


0m phosphate map

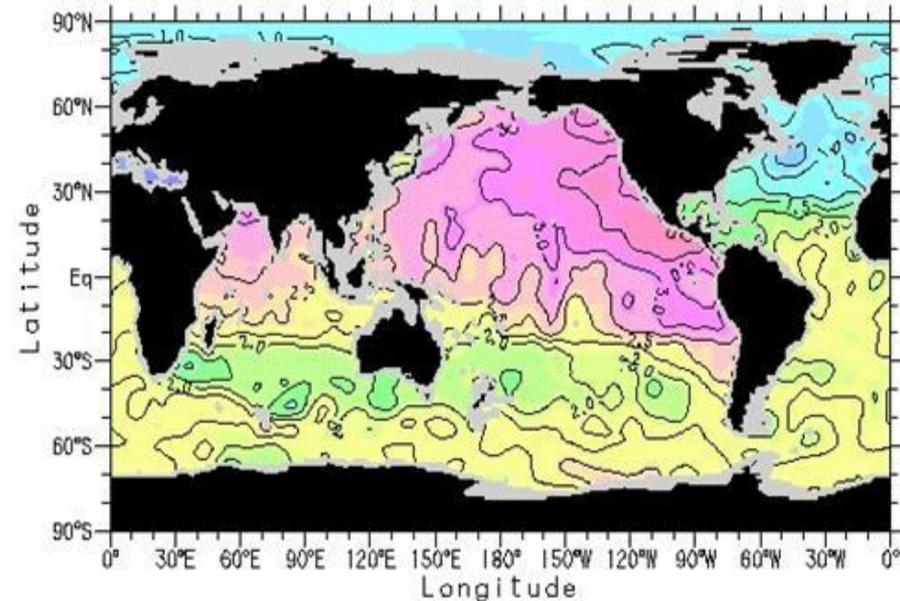


NUTRIENTES DISTRIBUCIÓN DE LOS FOSFATOS

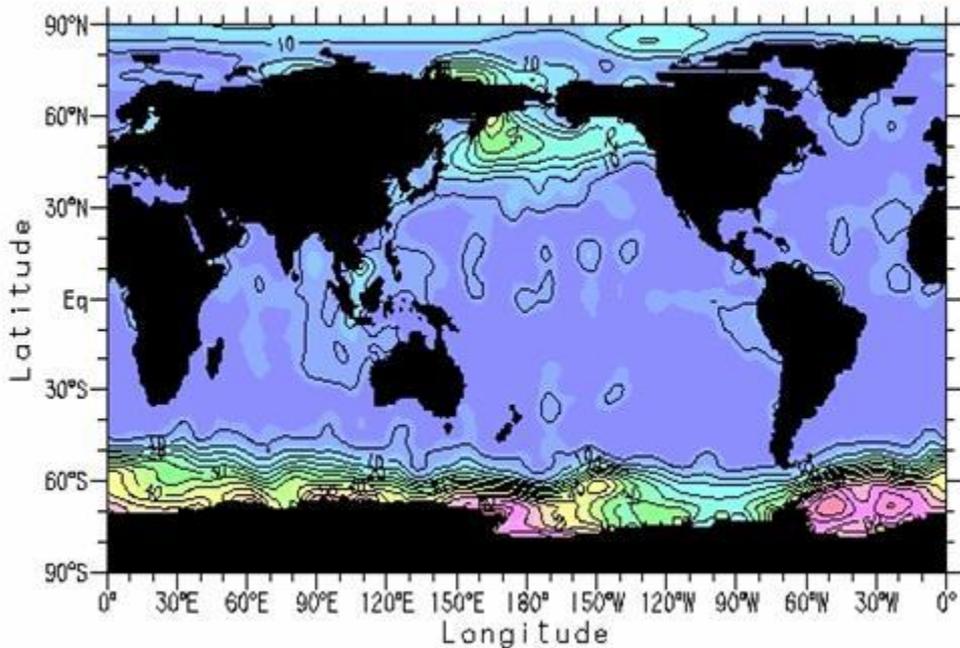
200m phosphate map



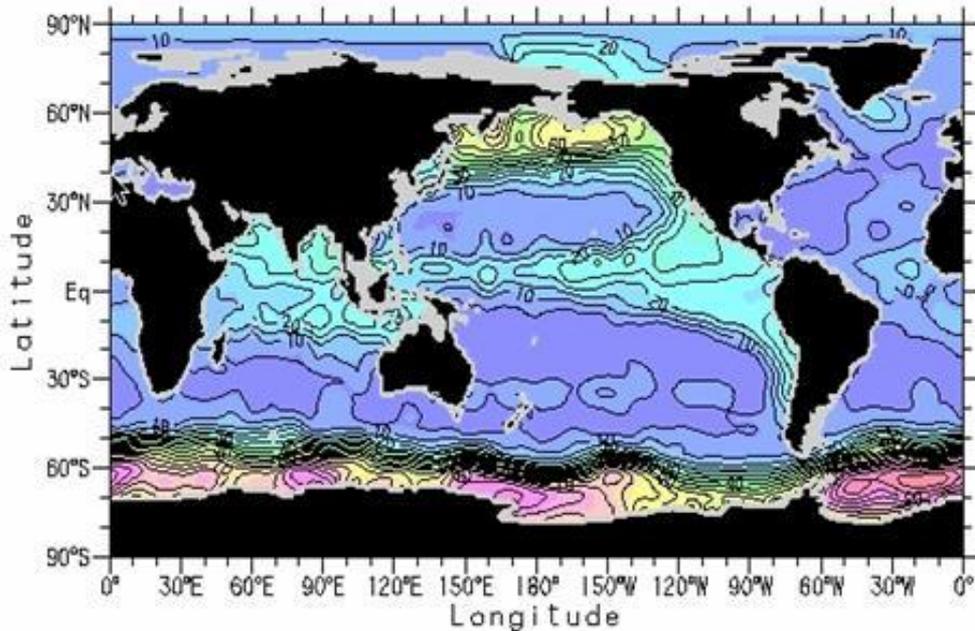
1000m phosphate map



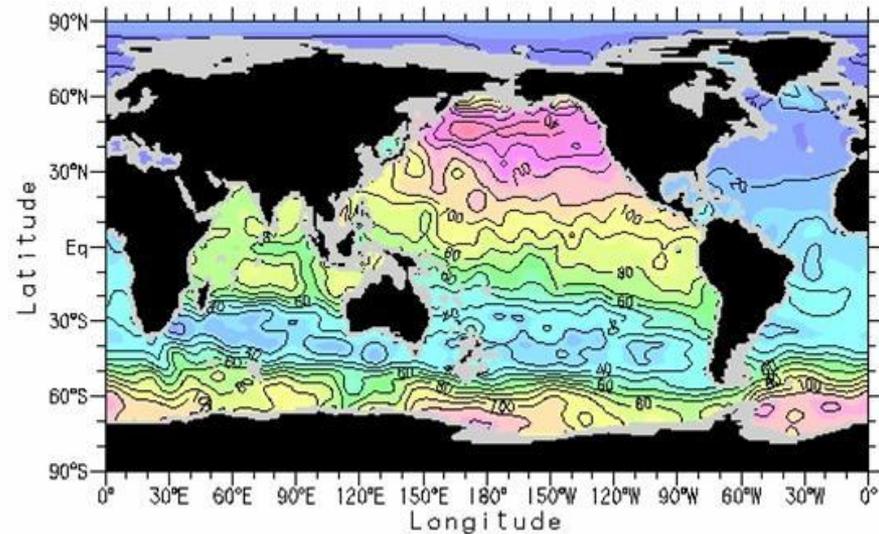
0m silicate map



200m silicate map



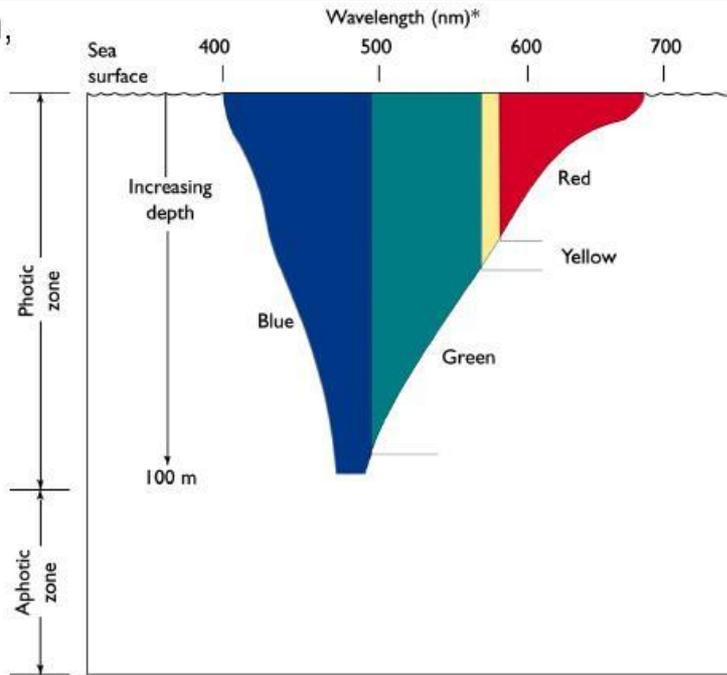
1000m silicate map



NUTRIENTES DISTRIBUCIÓN DE LOS SILICATOS

OTRAS PROPIEDADES DE LA ESTRUCTURA VERTICAL SUPERIOR DEL OCEANO

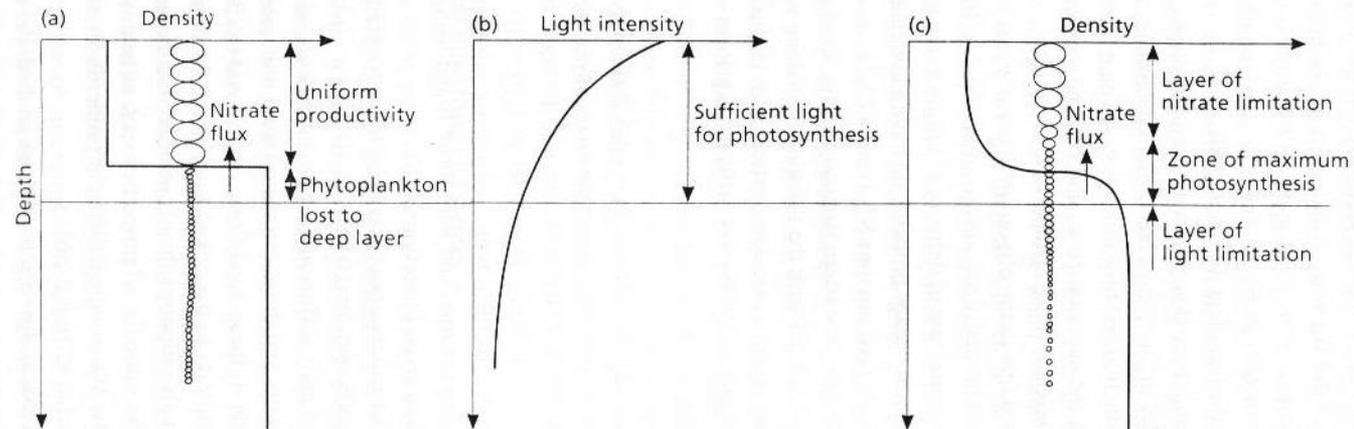
Light Absorption,
open ocean



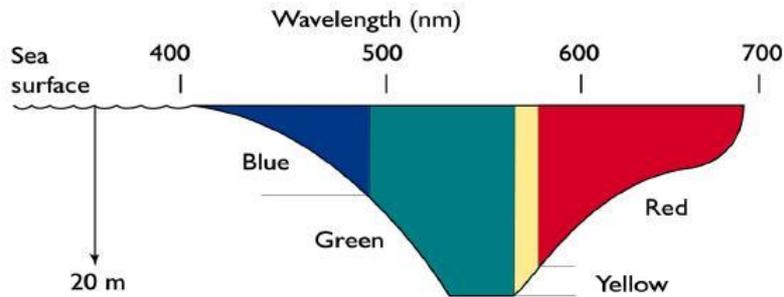
* nm = nanometer (one billionth of a meter)

(a) LIGHT ABSORPTION IN THE OPEN OCEAN

PENETRACION DE LA LUZ



Light absorption in nearshore, productive water



(b) LIGHT ABSORPTION IN NEARSHORE WATERS

PENETRACION DE LA LUZ

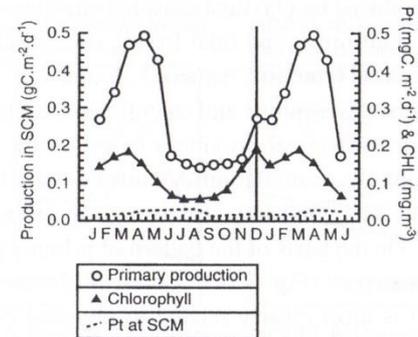
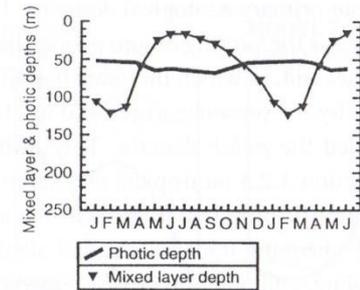
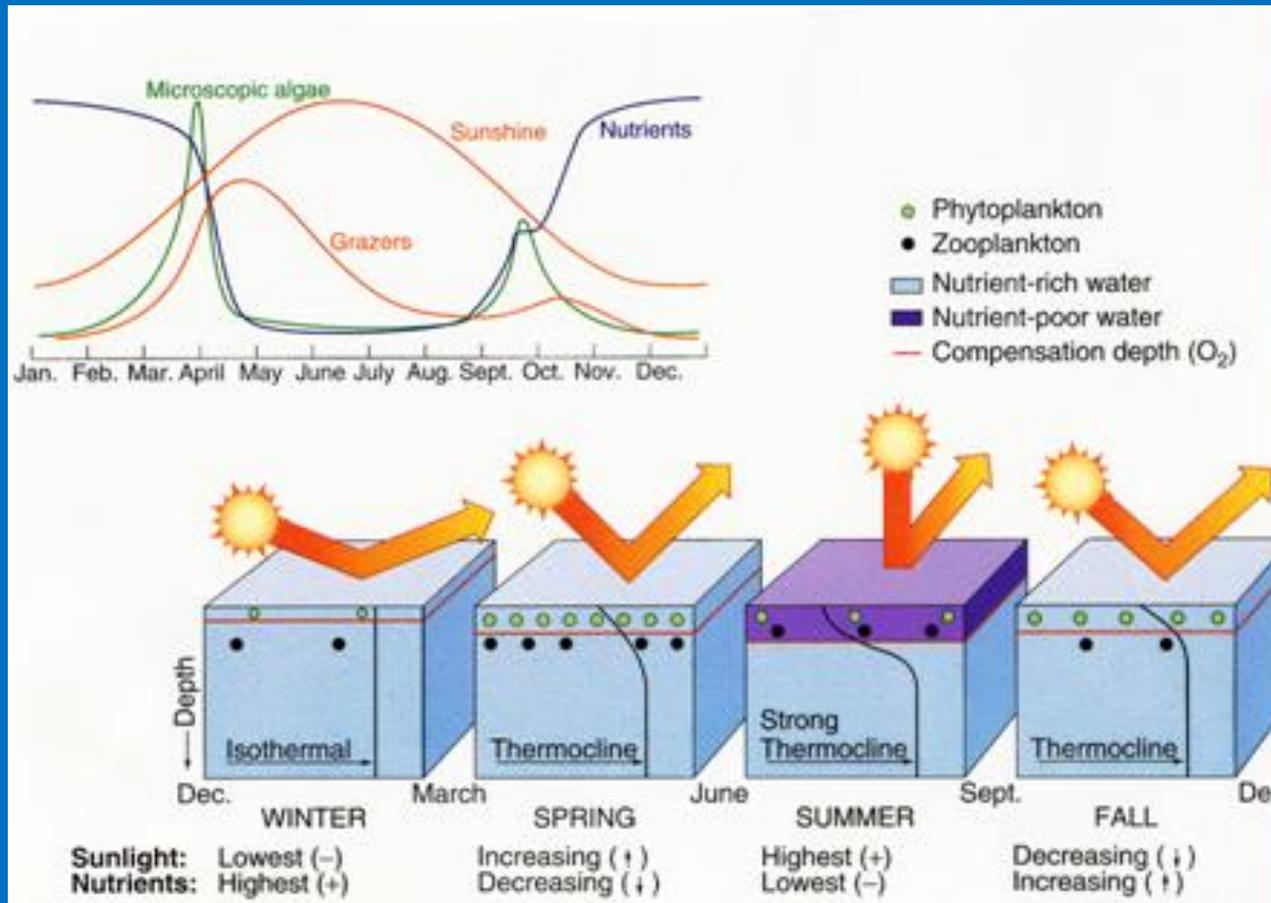


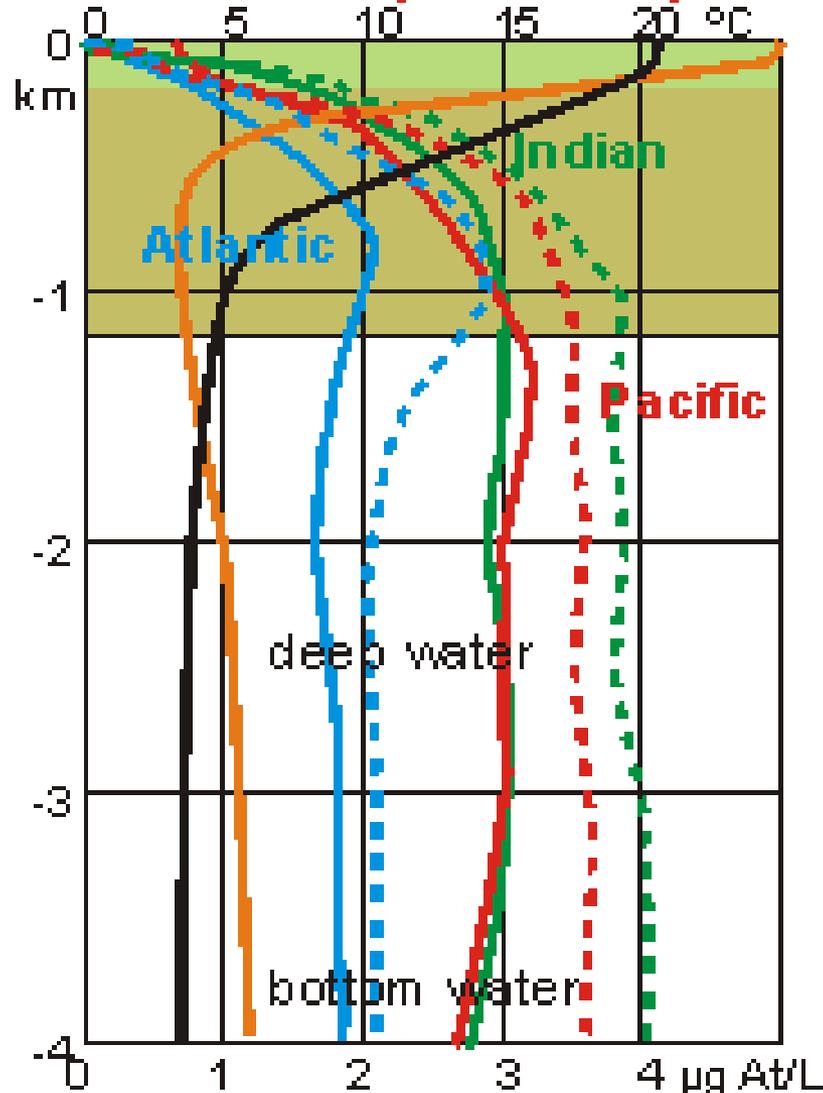
Fig. 3.16 Multiyear averages of the seasonal cycles in photic depth, mixed layer depth, total primary production, primary production at subsurface chlorophyll maximum (SCM), and chlorophyll concentration in the Bermuda region. From Longhurst (1995).

PRODUCCION ESTACIONAL



INTEGRANDO PROCESOS

Deep sea temperature, oxygen & nutrients



surface mixed layer 0-150m
thermocline layer 150-1100m
oxygen minimum 200-1000m

— general oxygen conc. 0-5 mL/L
— general temperature 3-21°C
(After Karl K Turekian, Oceans, 1968)

— phosphate $\text{PO}_4\text{-P}$ µg Atom/Litre
— nitrate $\text{NO}_3\text{-N}$ µg Atom/Litre

(After Sverdrup, Johnson & Fleming, 1942)



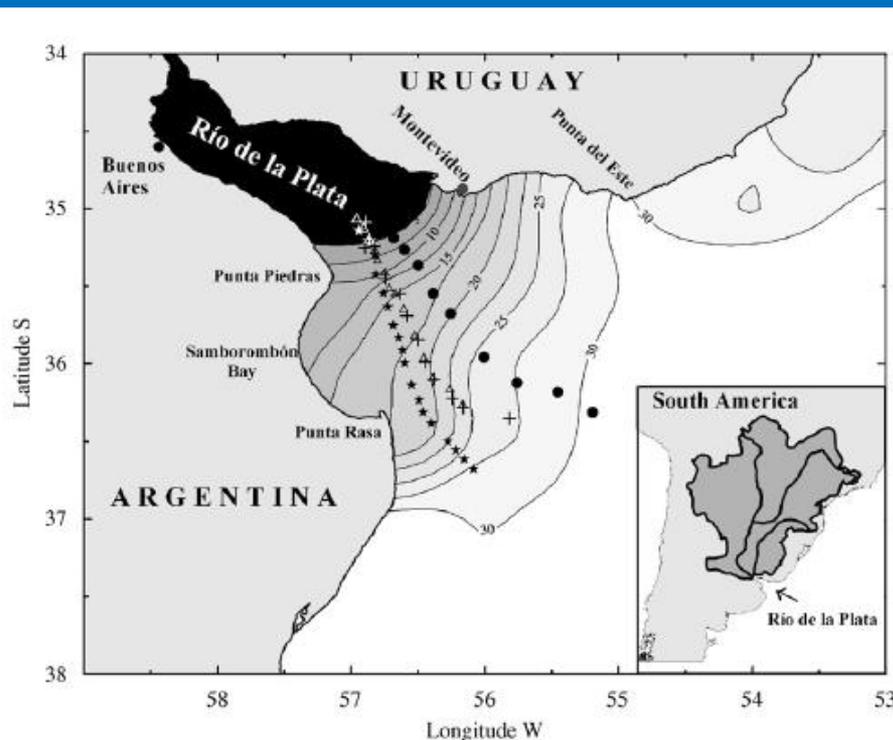
An overview of physical and ecological processes in the Rio de la Plata Estuary

E. Marcelo Acha^{a,b,c,*}, Hermes Mianzan^{a,c}, Raúl Guerrero^{a,b}, José Carreto^{a,b}, Diego Giberto^{a,c}, Norma Montoya^a, Mario Carignan^a

^a INIDEP—Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Paseo Victoria Ocampo No. 1, 7600 Mar del Plata, Argentina

^b Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

^c CONICET—Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina



$$\phi = gh \int (\rho - \rho_0) \times z dz$$

VARIABILIDAD DE LA ESTRATIFICACIÓN

PERFILES DE SALINIDAD DEL RDLP

(A) Condición estratificado (salt wedge)

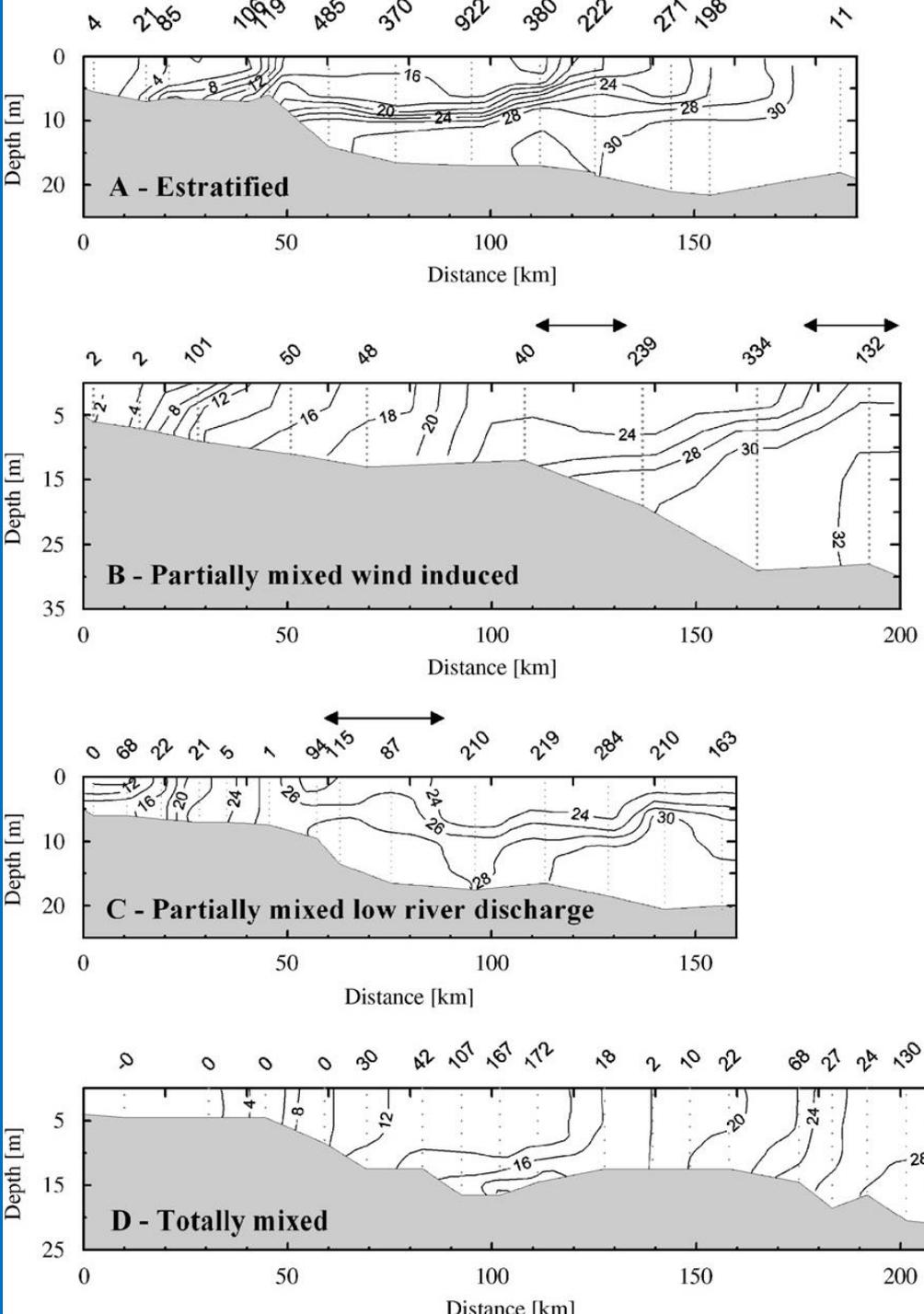
(B) Condición parcialmente mezclado forzada por vientos

(C) Condición parcialmente mezclada inducida por baja descarga de los tributarios

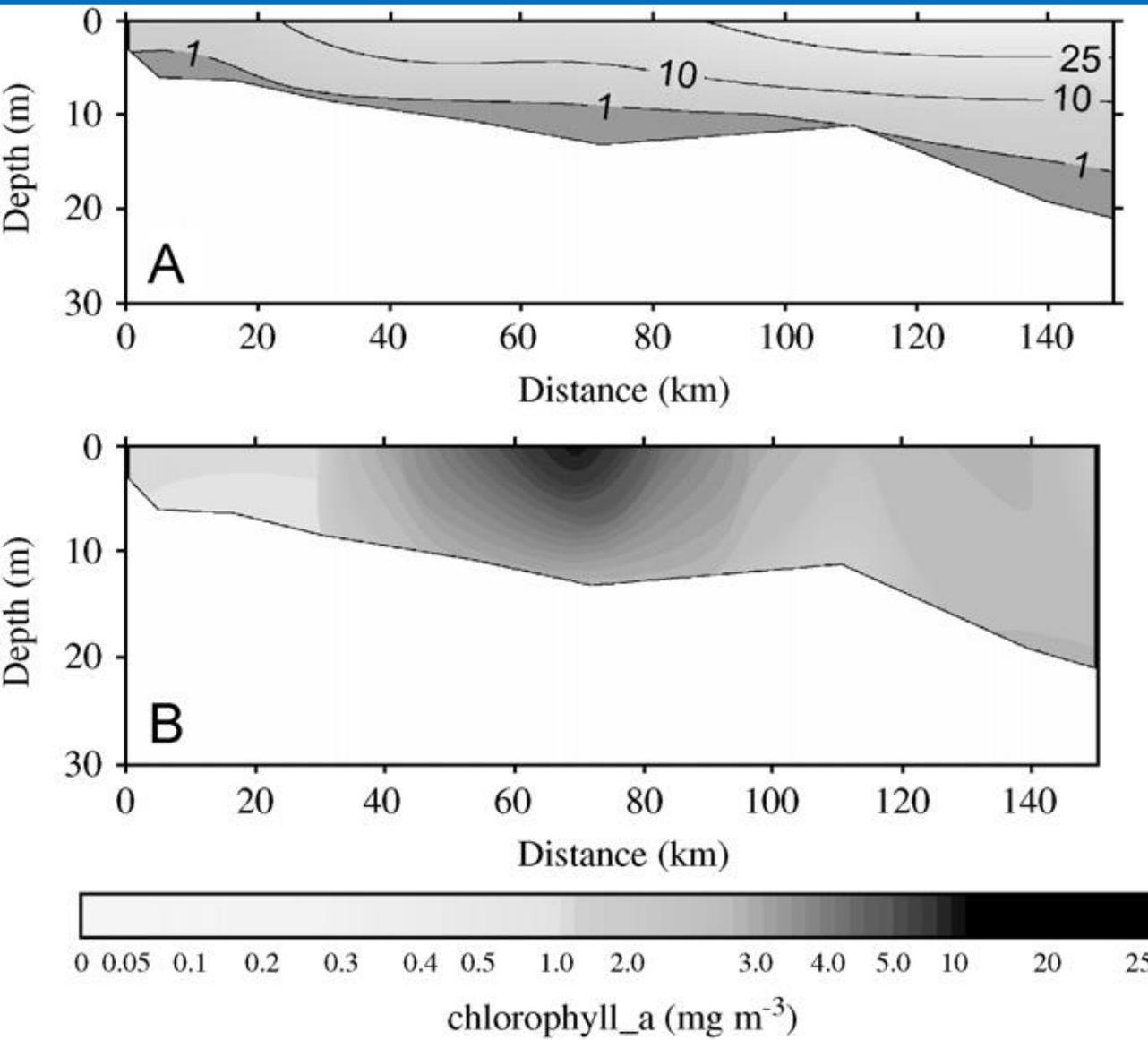
(D) Totalmente mezclada por fuertes vientos.

Nº en el eje superior muestran los valores de indicador de estratificación de Simpson.

Flechas: zonas de transición entre regiones estables (estratificadas) e inestables (mezcladas) del estuario.



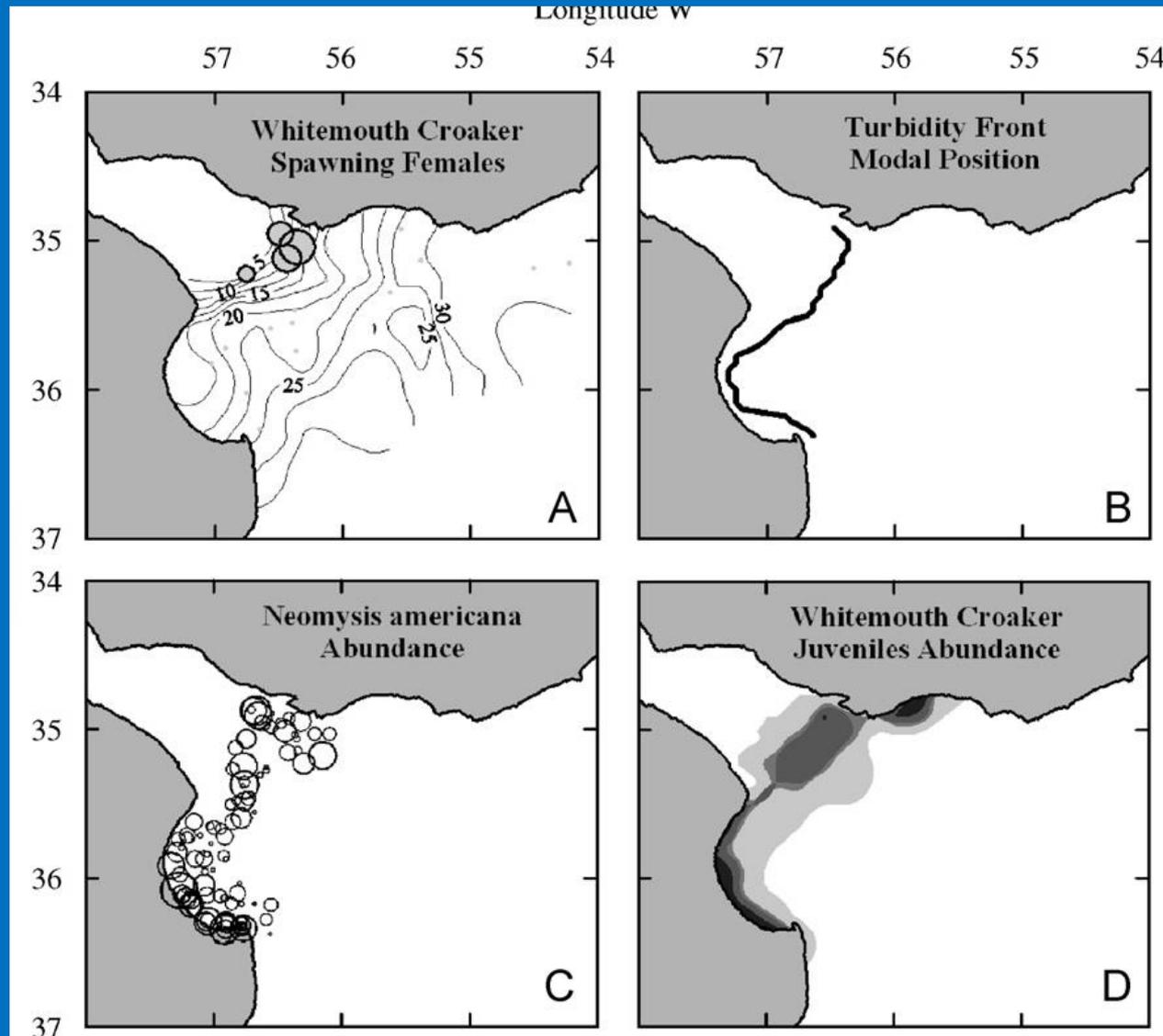
LUZ Y CLOROFILA A LO LARGO DEL ESTUARIO DEL RDLP



(A): distribución de la penetración de la luz como porcentaje de la radiación incidente

(B) Distribución de la Clorofila a (mgm^3) determinada mediante HPLC.

PROCESOS ECOLÓGICOS EN EL RDLP



(A) Hembras grávidas de la corvina blanca y el campo de salinidad de fondo (Macchi et al., 1996).

(B) Posición modal del frente de turbiedad (Framiñan & Brown, 1996).

(C) Distribución de mysidaceos (*Neomysis americana*, Schiariti et al., 2006).

(D) Juveniles de corvina blanca (Lagos, 2002).

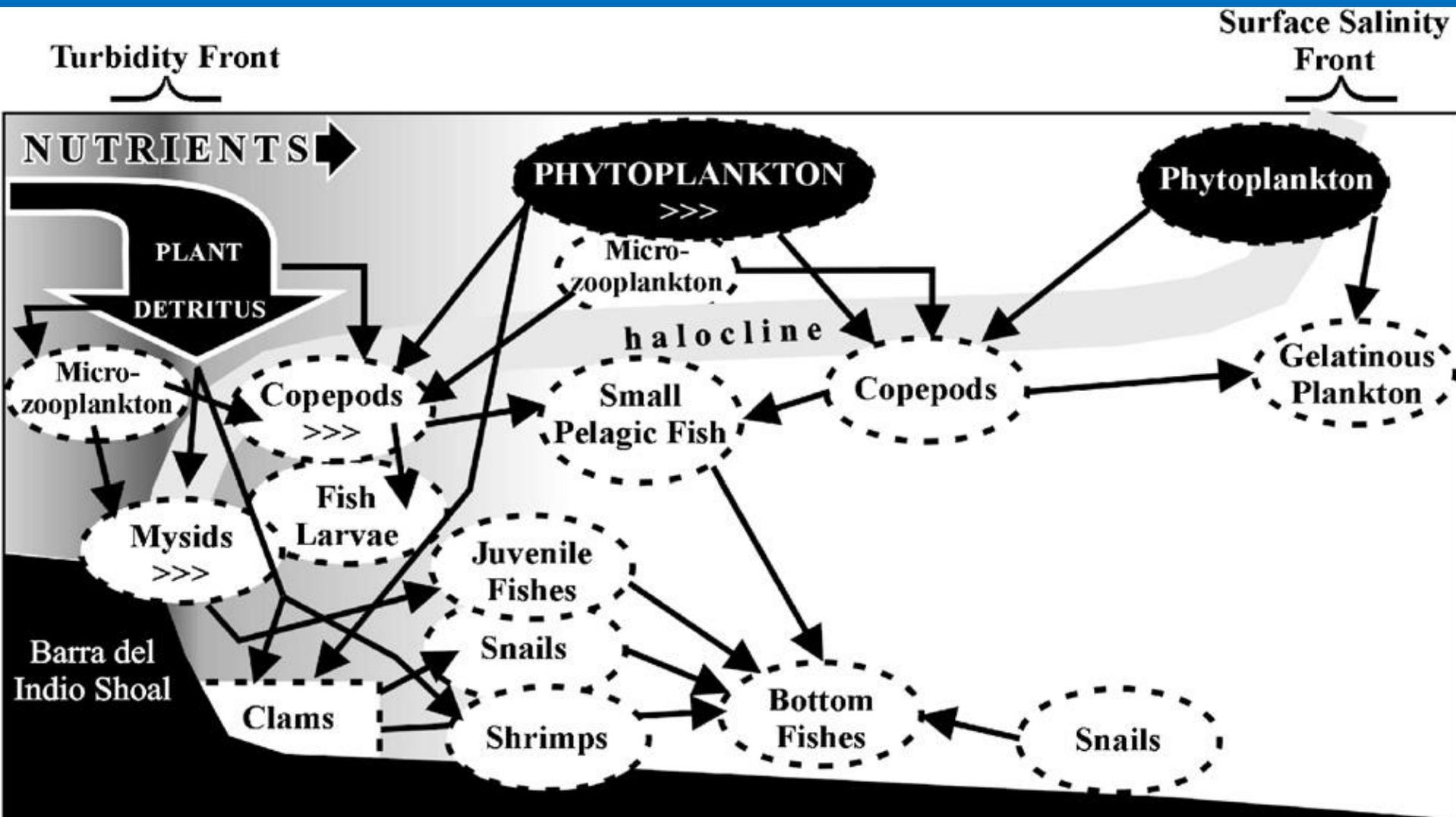
CONDICIONES DE ESTRATIFICACIÓN EN EL RDLP Y DISTRIBUCIÓN DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE PECES ESTUARINOS Y MARINOS

| Condition | Estuarine | Marine | Estuarine vs. marine |
|-------------------------------------|--|---|--|
| Stratified | <i>Micropogonias furnieri</i> (46.47%) | <i>Cynoscion guatucupa</i> (34.91%) | <i>Cynoscion guatucupa</i> (24.07%) |
| | <i>Macrodon ancylodon</i> (22.23%) | <i>Sympterygia bonapartei</i> (15.71%) | <i>Micropogonias furnieri</i> (15.25%) |
| | <i>Brevoortia aurea</i> (11.25%) | <i>Stromateus brasiliensis</i> (14.41%) | <i>Brevoortia aurea</i> (14.07%) |
| | <i>Paralichthys brasiliensis</i> (9.08%) | <i>Mustelus schmitti</i> (9.40%) | <i>Sympterygia bonapartei</i> (7.22%) |
| Totally mixed | <i>Micropogonias furnieri</i> (35.64%) | <i>Micropogonias furnieri</i> (26.15%) | <i>Xystreurus rasile</i> (9.14%) |
| | <i>Netuma barbatus</i> (29.86%) | <i>Macrodon ancylodon</i> (14.47%) | <i>Netuma barbatus</i> (7.28%) |
| | <i>Macrodon ancylodon</i> (18.80%) | <i>Xystreurus rasile</i> (13.71%) | <i>Trichiurus lepturus</i> (6.84%) |
| | <i>Parapimelodus valenciennesi</i> (6.50%) | <i>Trichiurus lepturus</i> (11.25%) | <i>Cynoscion guatucupa</i> (6.49%) |
| Partially mixed low river discharge | <i>Micropogonias furnieri</i> (43.98%) | <i>Trichiurus lepturus</i> (21.78%) | <i>Micropogonias furnieri</i> (13.43%) |
| | <i>Trichiurus lepturus</i> (12.13%) | <i>Prionotus punctatus</i> (16.81%) | <i>Cynoscion guatucupa</i> (11.17%) |
| | <i>Mugil platanus</i> (9.48%) | <i>Anchoa mitchilli</i> (14.75%) | <i>Trichiurus lepturus</i> (8.68%) |
| | <i>Anchoa mitchilli</i> (8.58%) | <i>Cynoscion guatucupa</i> (12.89%) | <i>Anchoa mitchilli</i> (8.52%) |

Typical species (those contributing more than 90% to the average similarity for each group "estuarine" and "marine") and discriminating species (those contributing more than 90% to the average dissimilarity between groups "estuarine" and "marine") are listed (% contribution in parenthesis).

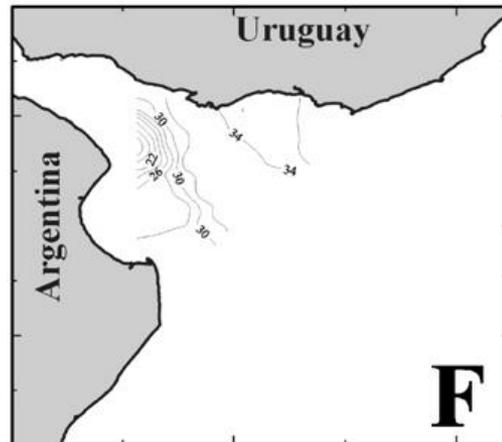
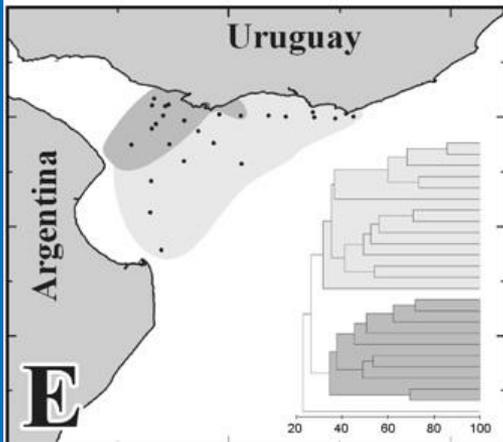
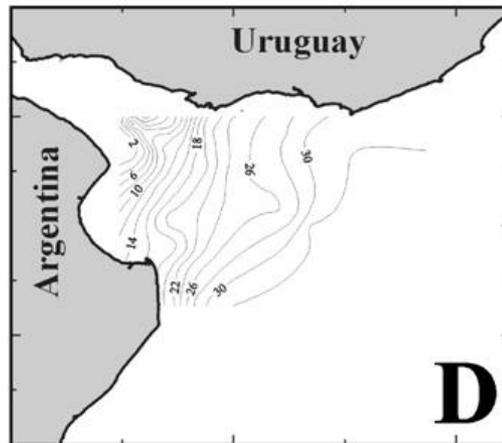
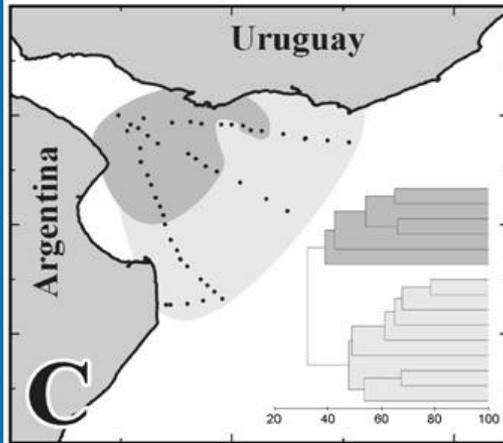
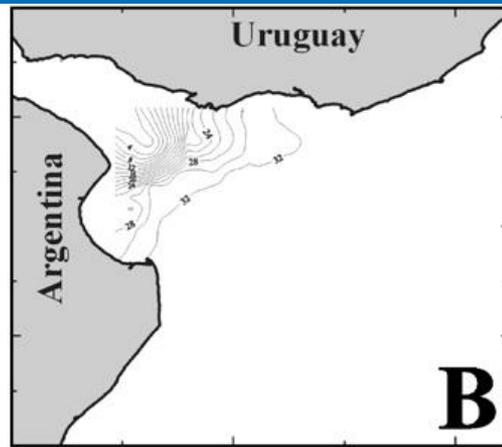
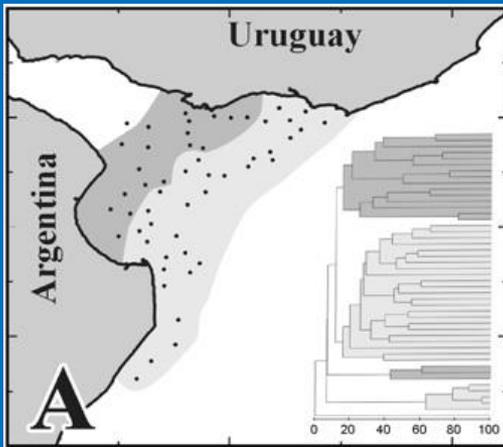
SIMPER ("similarity percentages" analysis) results for comparison between the estuarine and marine groups for the three stratification conditions

DIAGRAMA CONCEPTUAL DE LAS RELACIONES TRÓFICAS EN EL RDLP



PECES DEMERSALES Y LA SALINIDAD DE FONDO

CONDICIONES DE ESTRATIFICACIÓN:



(A) y (B) estratificado (salt wedge);

(C) y (D) totalmente mezclado debido a fuertes vientos

(E) y (F) parcialmente mezclado, condición inducida por bajas descargas de los tributarios

Zona pelágica

Zona crucial para la fotosíntesis

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display

