

Corrientes Oceánicas

Tema 3

Contenidos

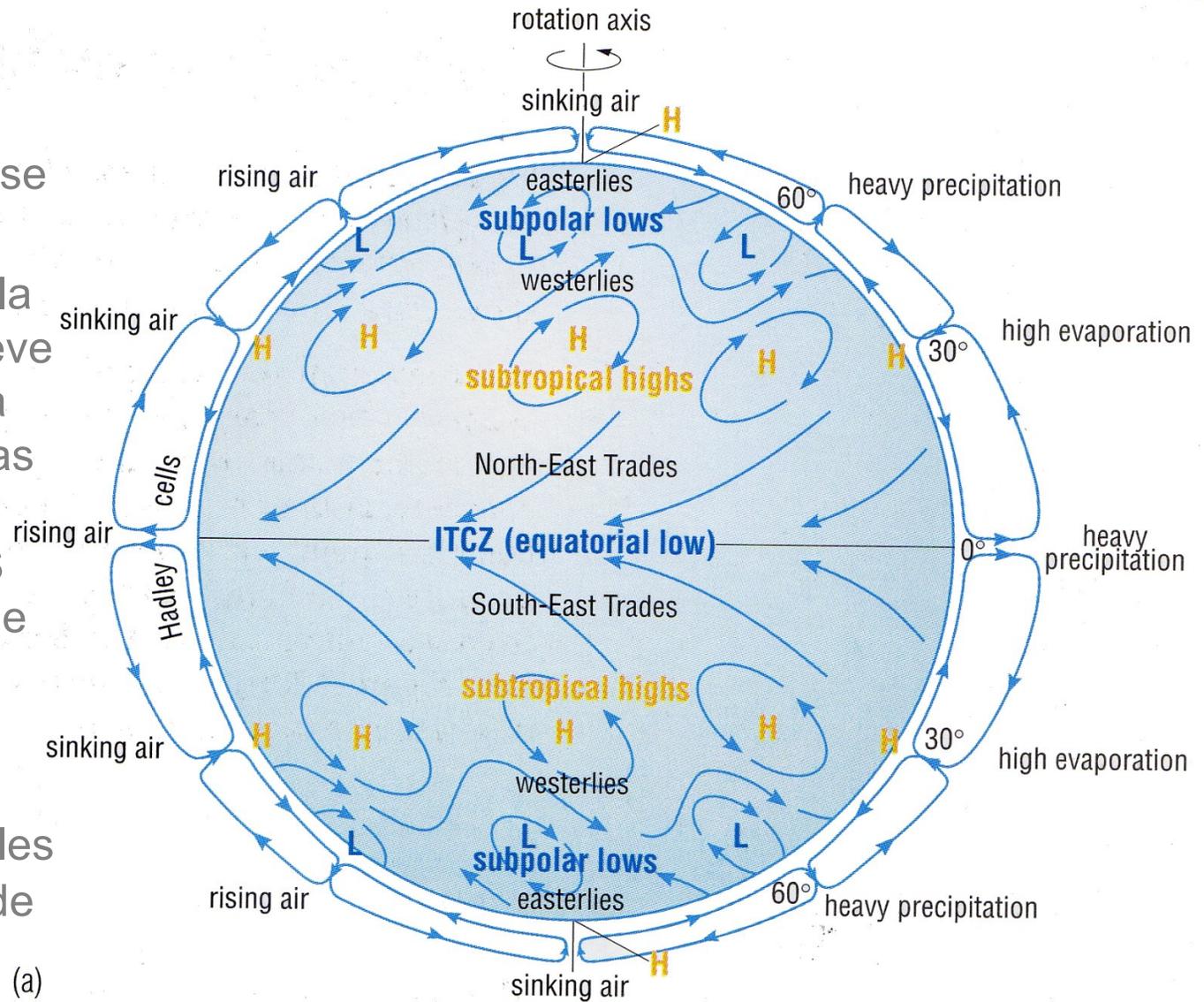
- Circulación Oceánica
 - Circulación atmosférica
 - La fuerza de Coriolis
 - Efecto del viento en la superficie del océano (problema de escalas)
 - Oleaje
 - Celdas de Langmuir
 - Transporte de Ekman
 - Flujos geostróficos
 - Circulación termohalina
 - Flujos de calor en el mar
 - Flujos de sal y agua dulce en el mar
 - Distribución geográfica de T° y $S\text{‰}$
 - Masas de agua oceánicas

Contenidos

- Circulación Oceánica
 - La banda transportadora (Conveyor belt)
 - Giros subtropicales
 - Gulf Stream (Giro del Atlántico Norte)
 - Oscilación del Atlántico Norte (NAO)
 - Oscilación del Sur (El Niño y la Niña)

Circulación Atmosférica

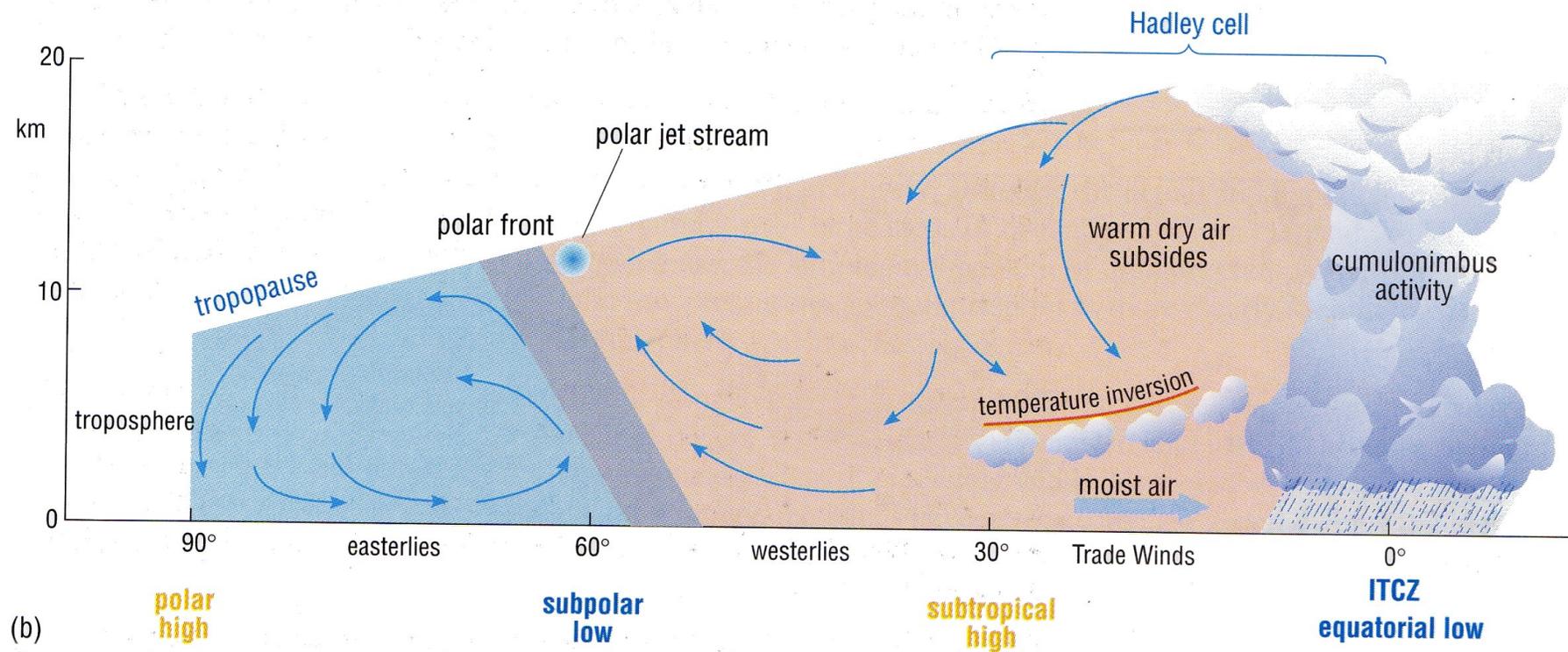
- En la atmósfera baja encontramos bajas presiones en el Ecuador ...el aire caliente sube y se mueve hacia los polos.
- Debido a la curvatura de la Tierra, el aire que se mueve hacia el polo es forzado a converger (como las líneas de longitud). Como resultado a los 30° N y S existe una acumulación de atmósfera, lo que genera una alta presión
- El gradiente de presión entre latitudes subtropicales y trópicos genera viento de zonas de alta presión a zonas de baja presión atmosférica (Vientos Alisios).



(a)

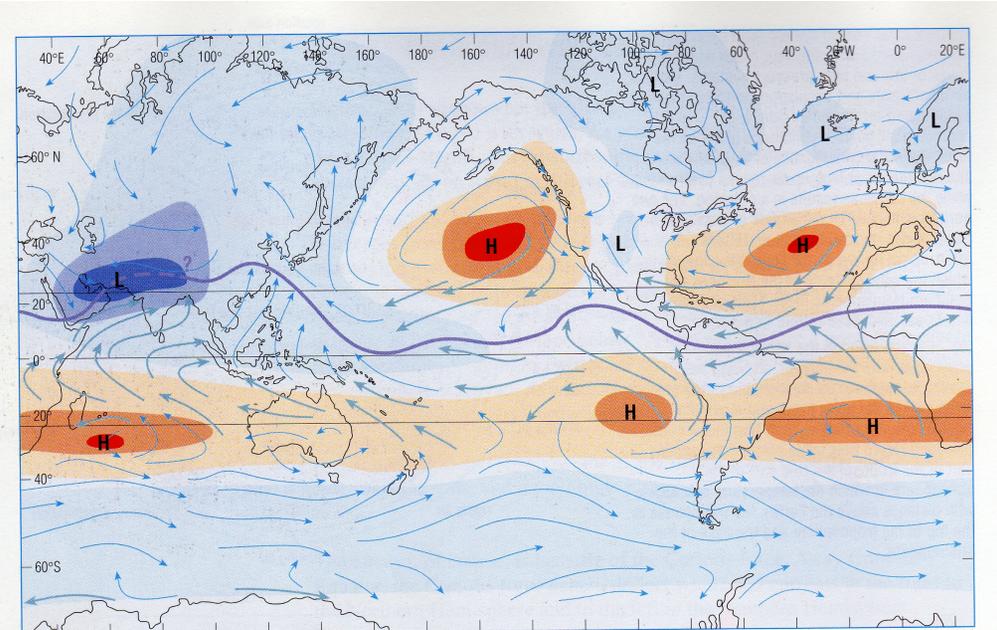
Circulación Atmosférica

- En latitudes medias la magnitud de la fuerza de Coriolis y la inestabilidad de la columna de aire, generan remolinos atmosféricos. Baja presión (ciclón) alta presión (anticiclón)



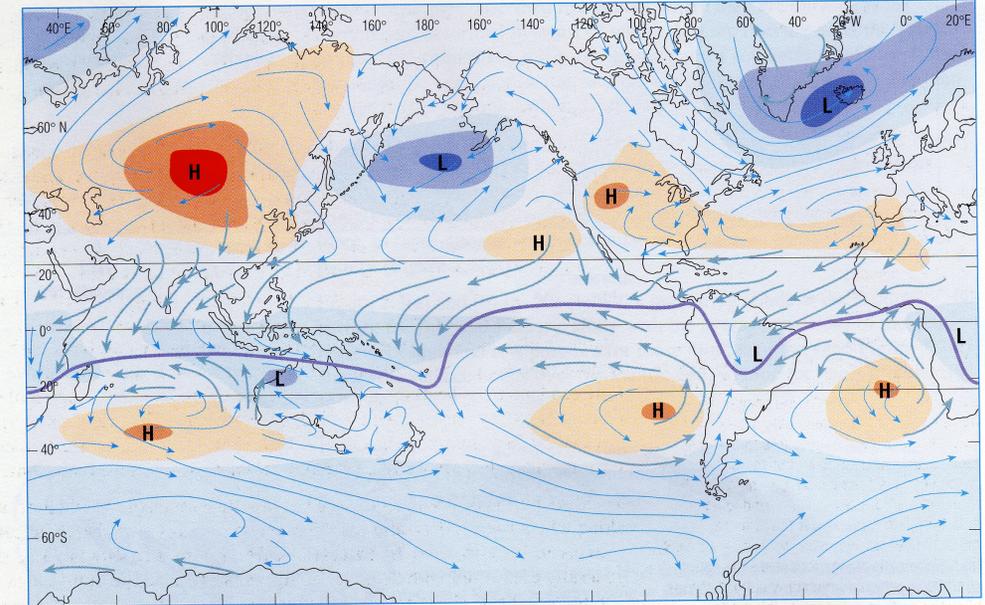
Circulación Atmosférica

VERANO



(a) JULY KEY — mean position of ITCZ ← most frequent wind direction ← prevailing wind direction (≥50% of observations)

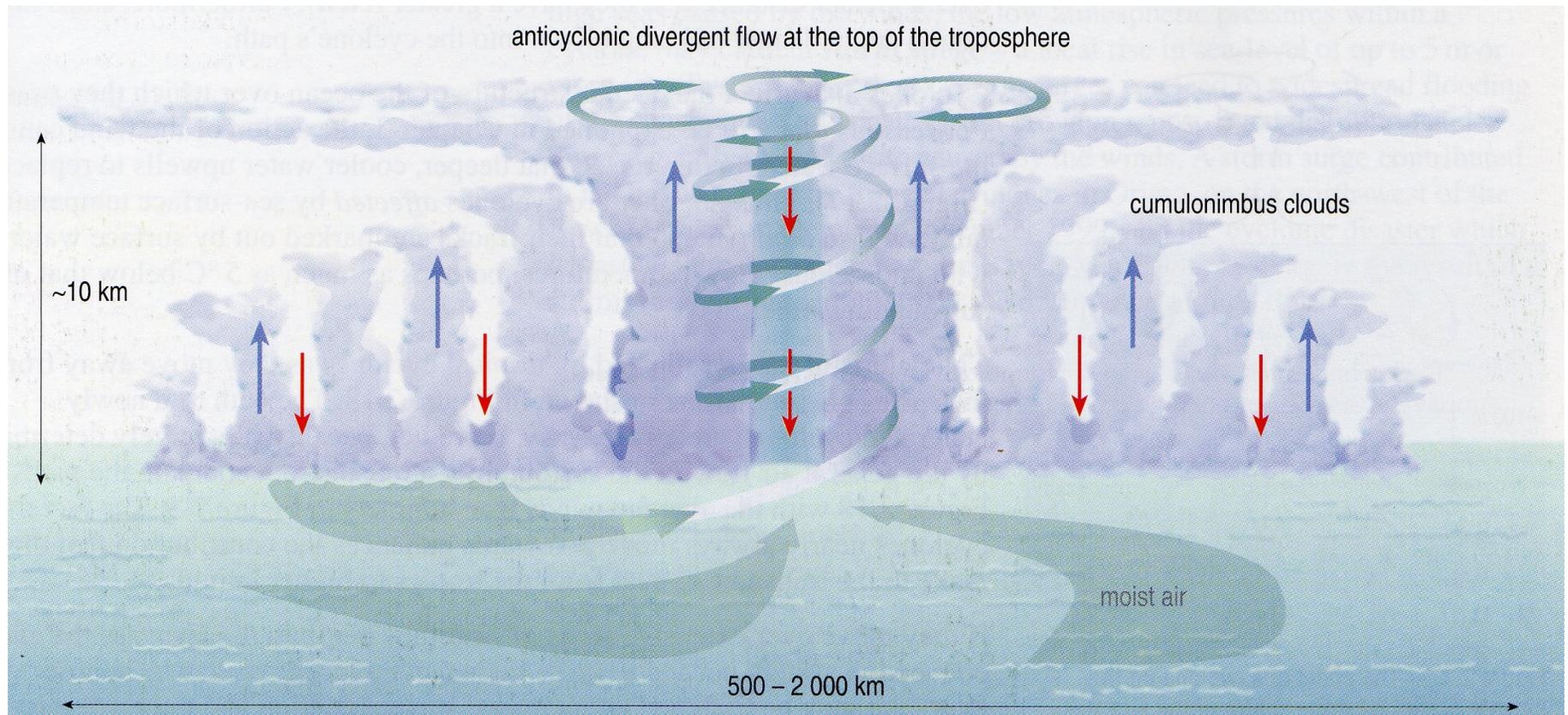
INVIERNO



(b) JANUARY

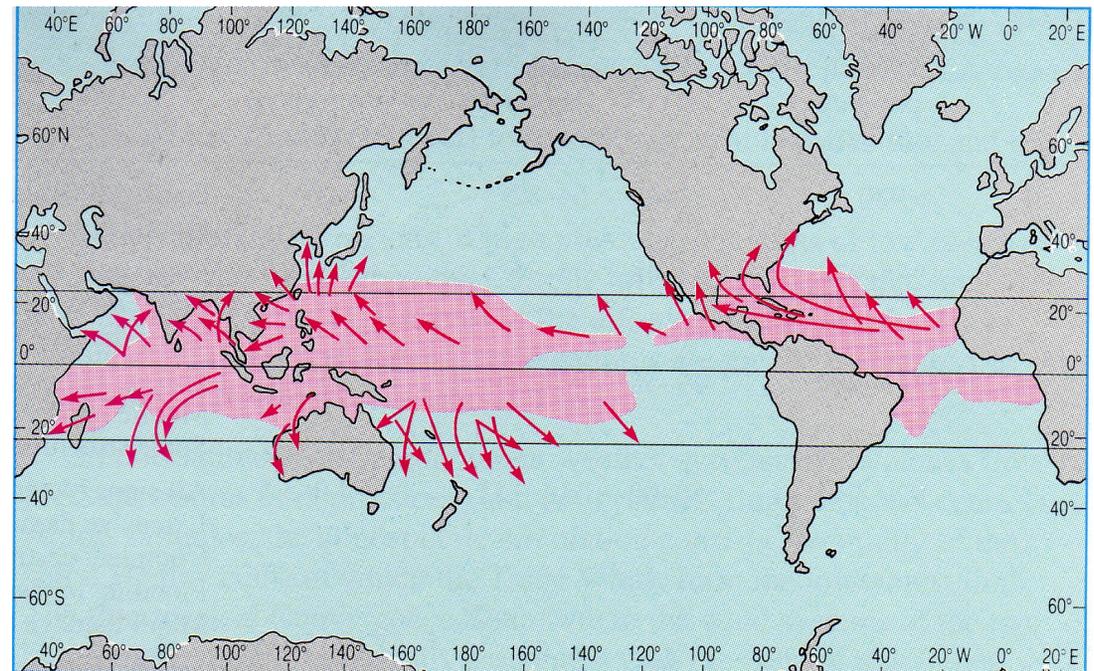
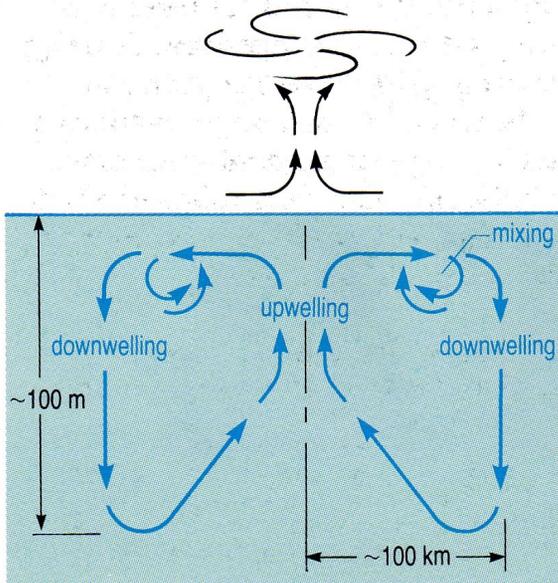
Ciclones tropicales

- Convección violenta de aire hacia arriba genera bandas de cumulus-nimbus que se mueven en espiral hacia el ojo.
- La energía que los mantiene es el calor latente del vapor de agua al condensarse en nubes. El calentamiento en la región central obliga el aire a subir.
- Se desarrollan sobre áreas amplias del océano donde el agua es caliente $>28^{\circ}\text{C}$

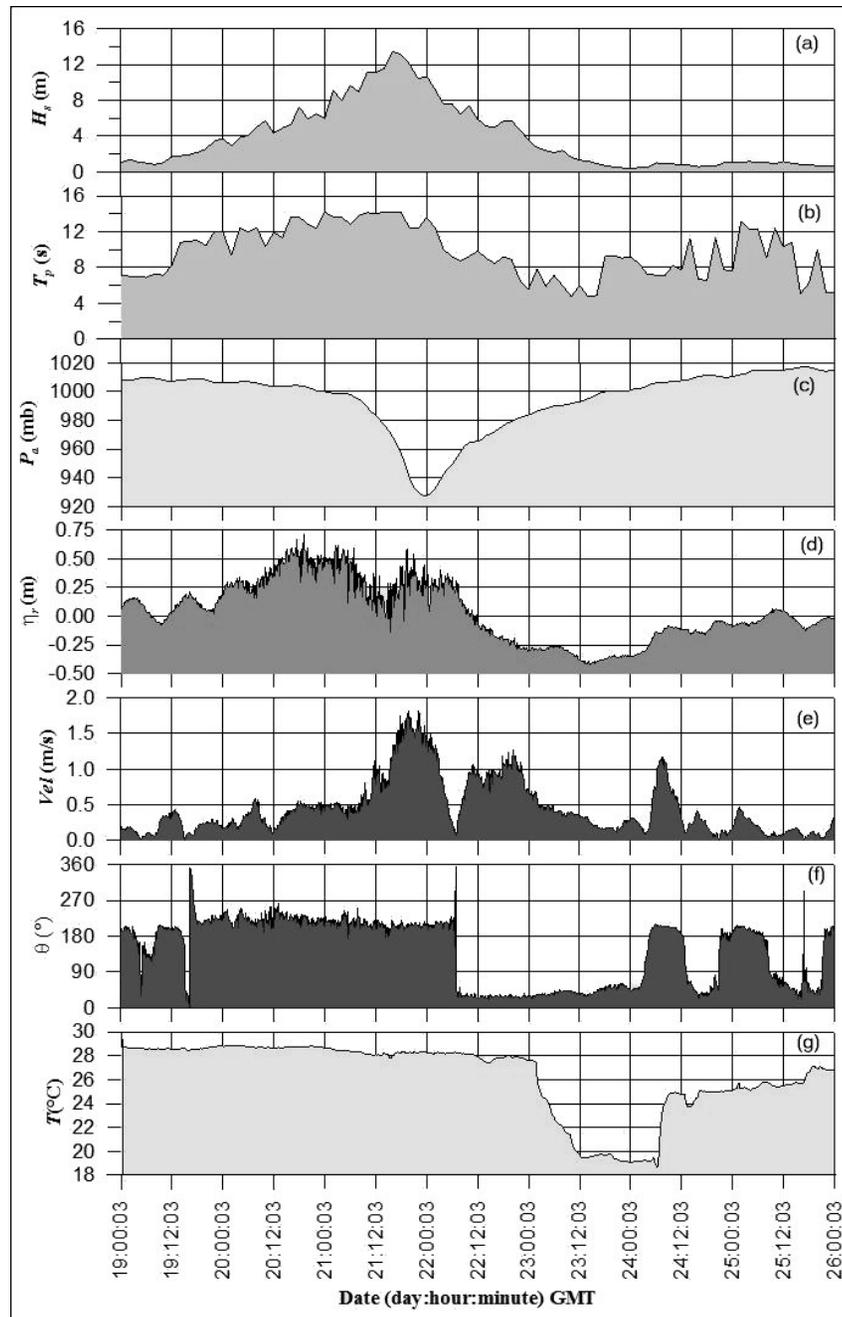


Ciclones tropicales

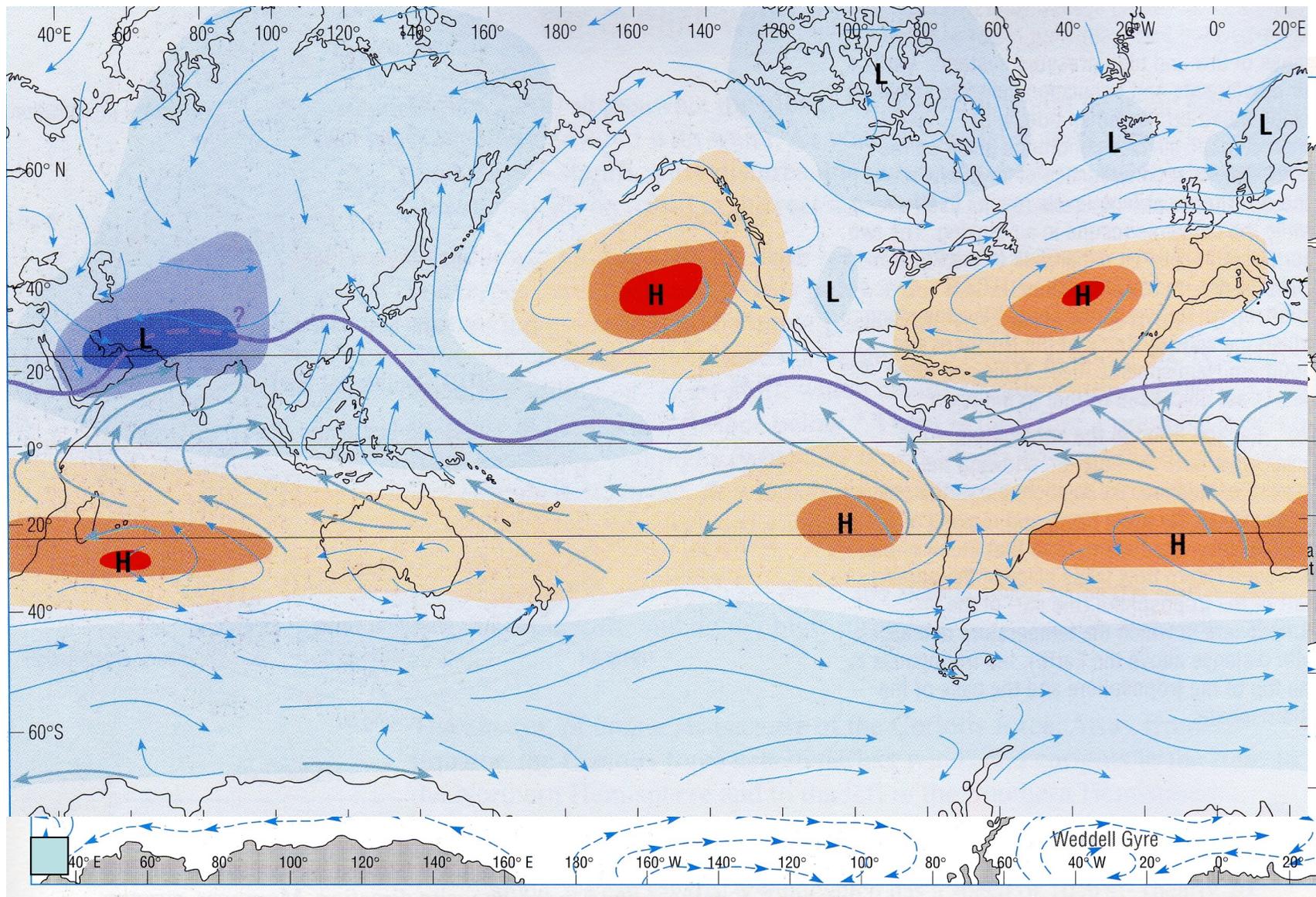
- El viento causa divergencia de agua y surgencia de aguas profundas...y mezcla.



Ciclones tropicales

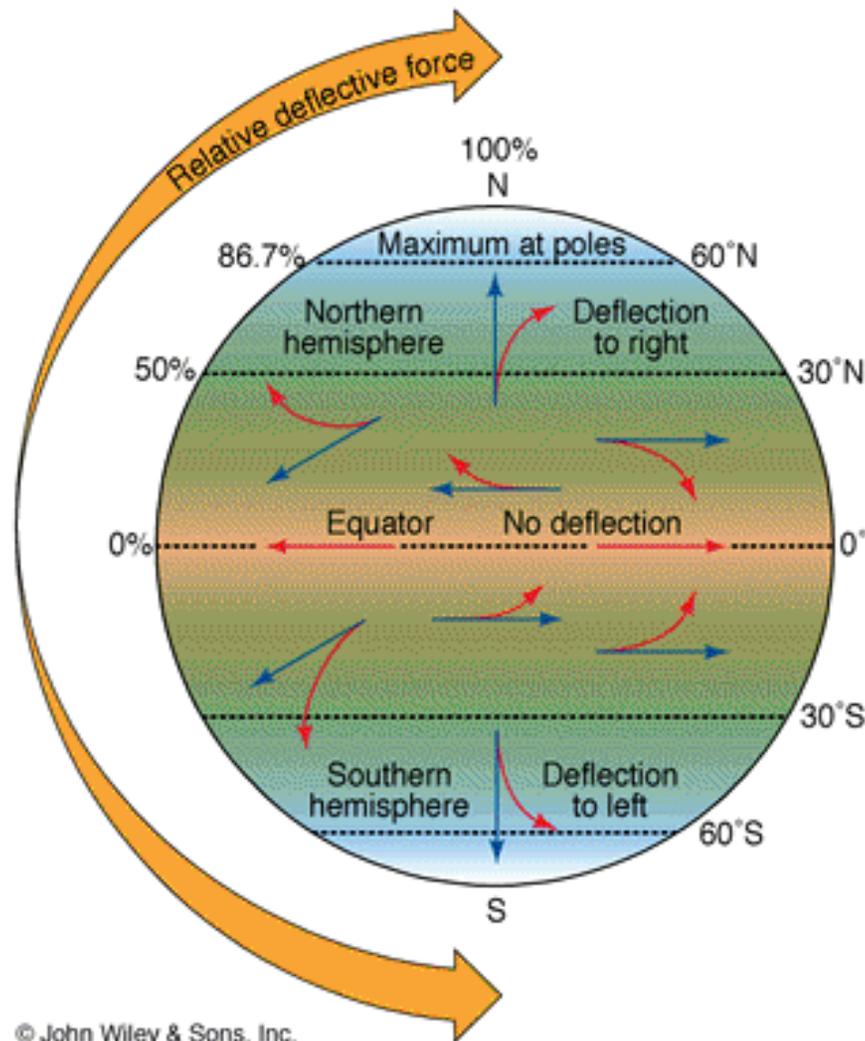


Circulación Oceánica



Fuerza de Coriolis

- Contribución de la rotación de la tierra al movimiento de fluidos.



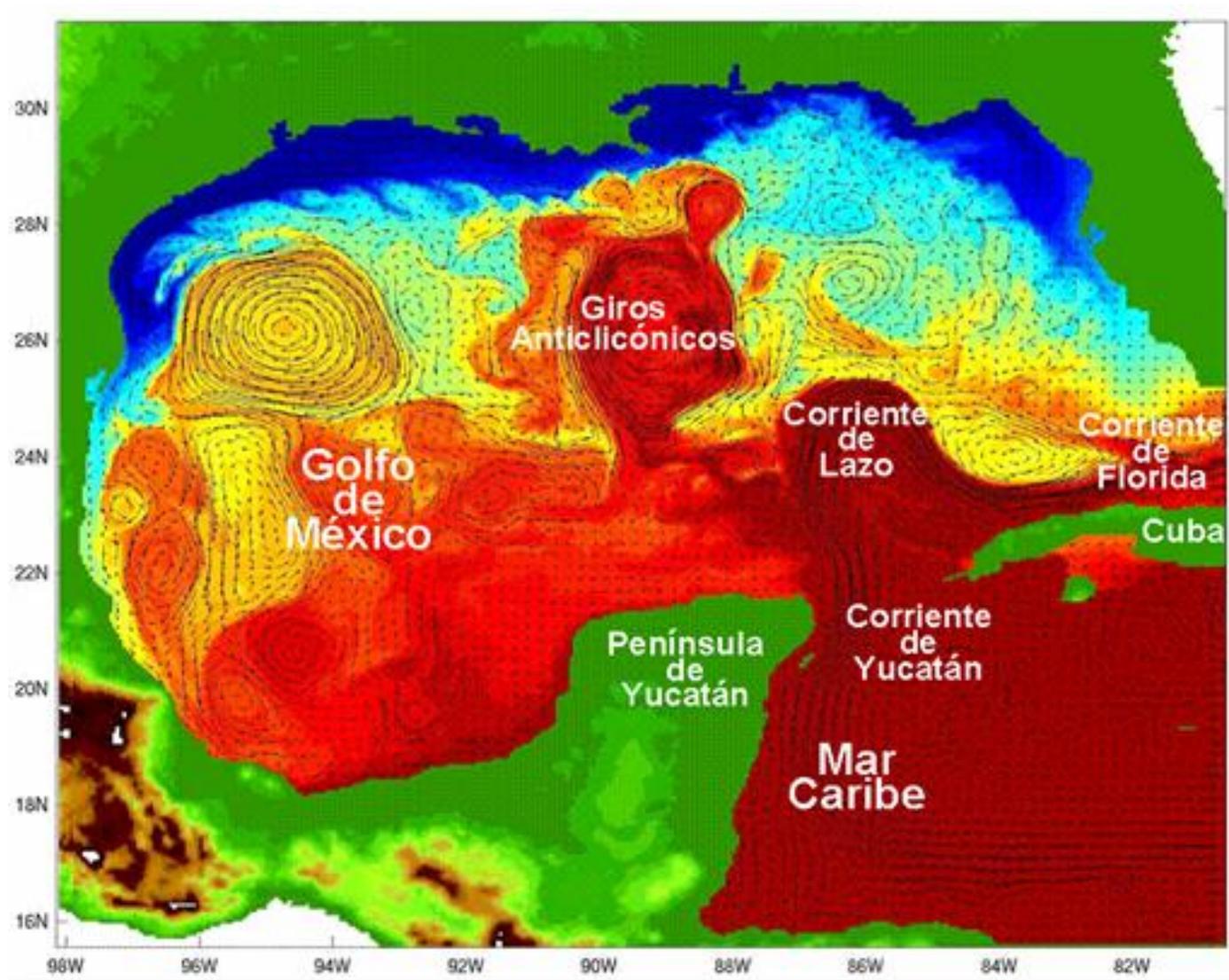
Coriolis:

$$f = -2\Omega \cdot \sin \phi$$

Ω = Velocidad angular (rotación de la tierra)
= 2π radianes en un día sideral

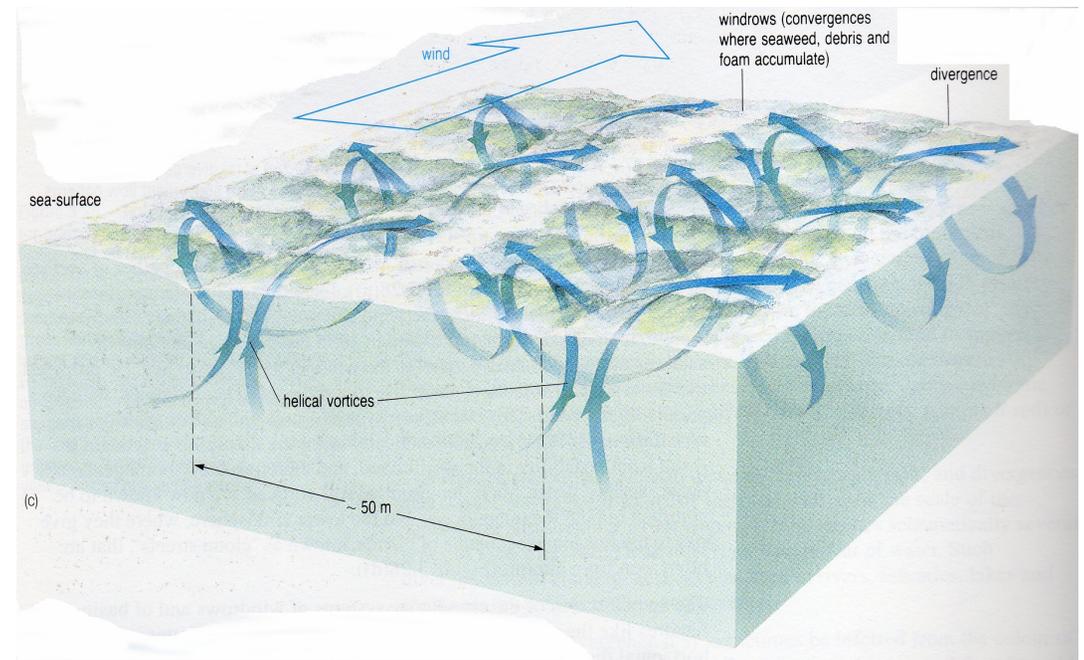
http://youtu.be/f_a8LSghEzQ?hd=1

Circulación Oceánica



Efectos del viento en la superficie del mar

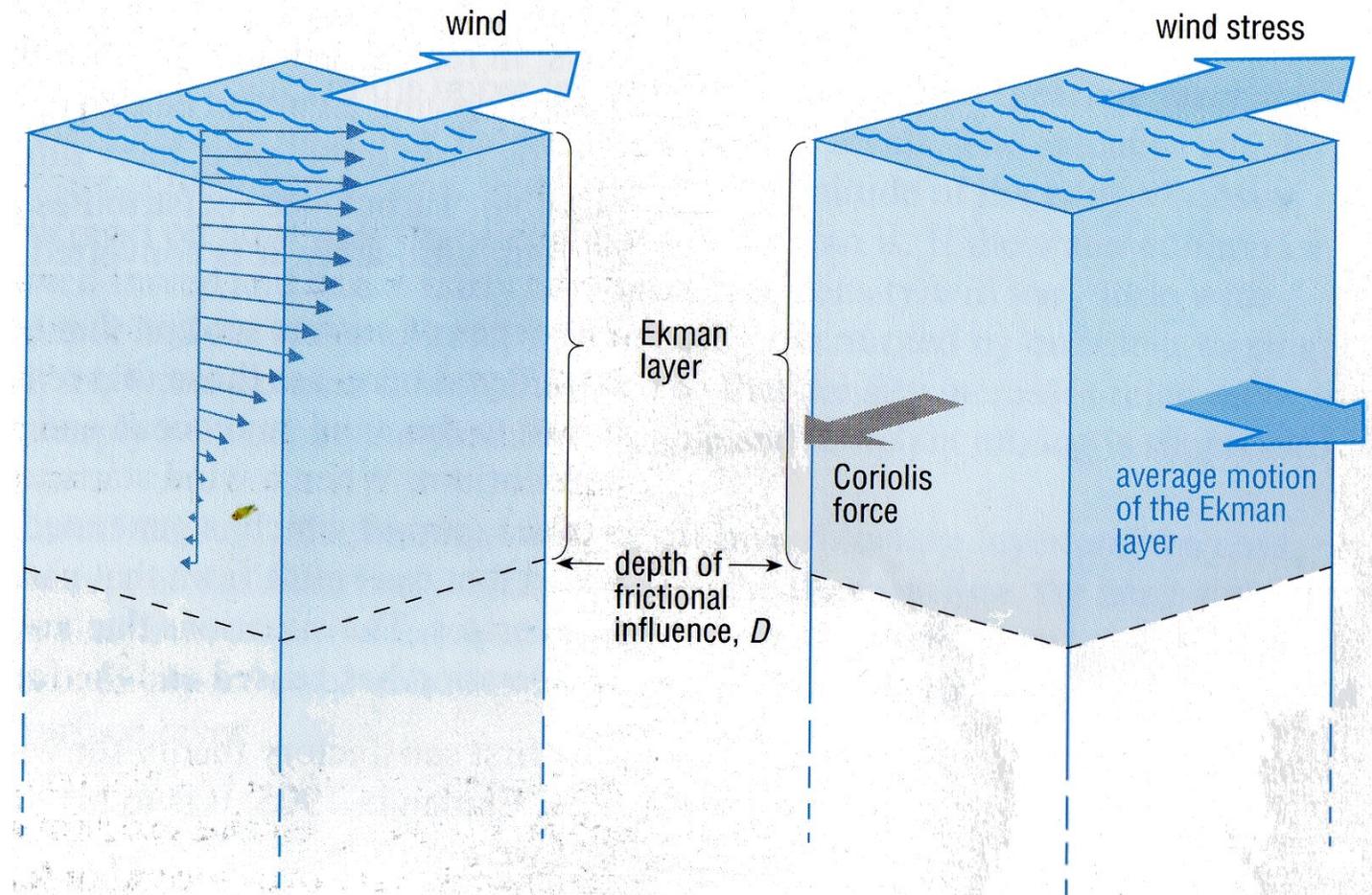
– Celdas de Langmuir



- En oceanografía física, la circulación de Langmuir se compone de una serie de vórtices, que rotan lentamente y a poca profundidad en la superficie del océano, alineados con el viento. Esta circulación se desarrolla cuando el viento sopla constantemente sobre la superficie del mar. Irving Langmuir descubrió este fenómeno después de observar las hileras de algas en el mar de los Sargazos, en 1927. Las celdas de Langmuir circulan dentro de la capa de mezcla; sin embargo, aún no está claro cuál es su influencia relativa en la profundidad de la capa mezcla.

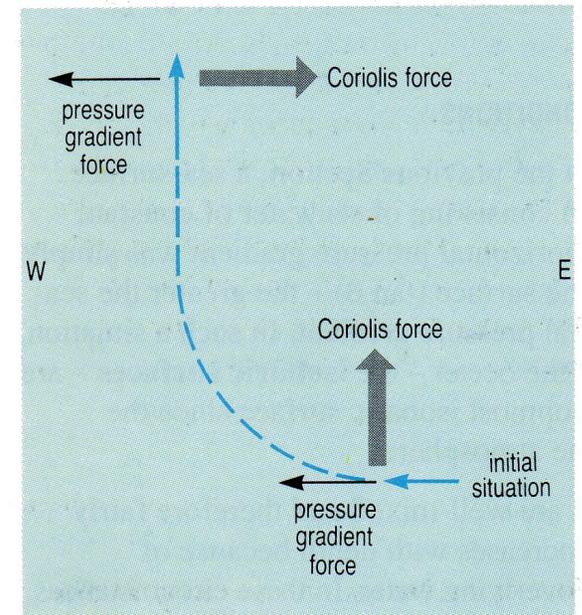
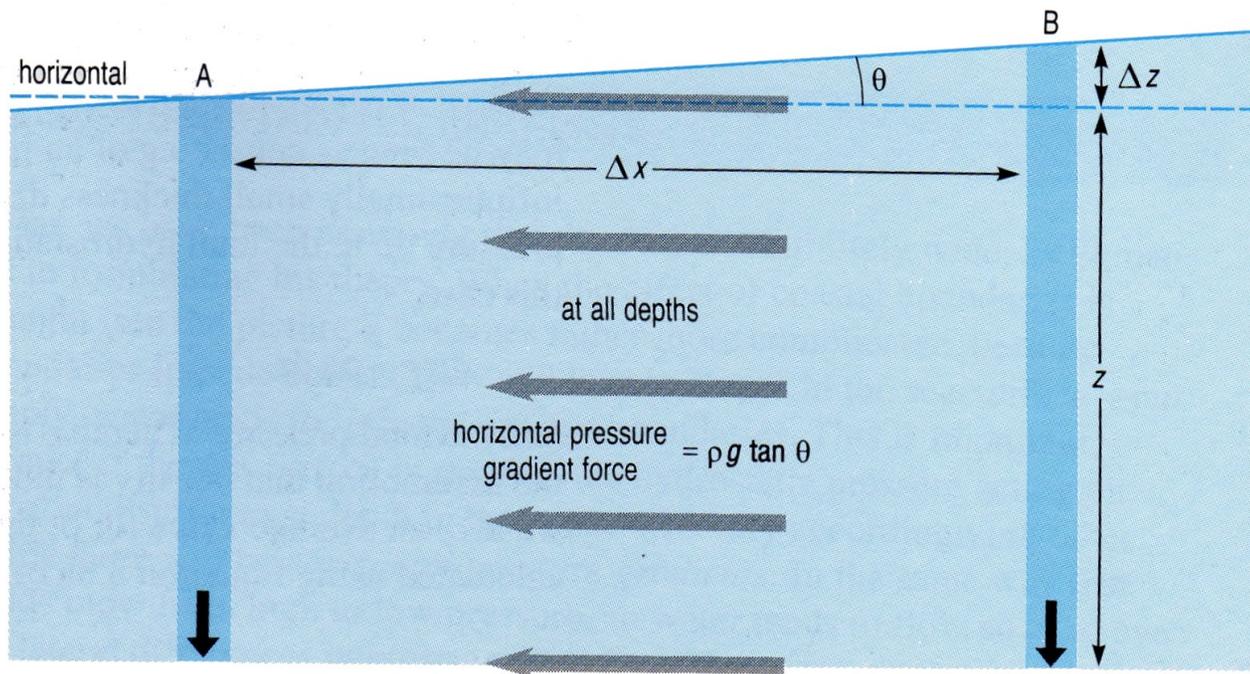
Efectos del viento en la superficie del mar

- Capa de Ekman



Efectos del viento en la superficie del mar

– Flujo Geostrófico



Efectos del viento en la superficie del mar

– Flujo Geostrófico

En el interior del océano lejos de la superficie, del fondo y de las fronteras laterales, para distancias que exceden las decenas de kilómetros, y para escalas de tiempo mayores a algunos días, los gradientes de presión horizontal están en un balance casi completo con la fuerza de Coriolis que resulta de los movimientos horizontales.

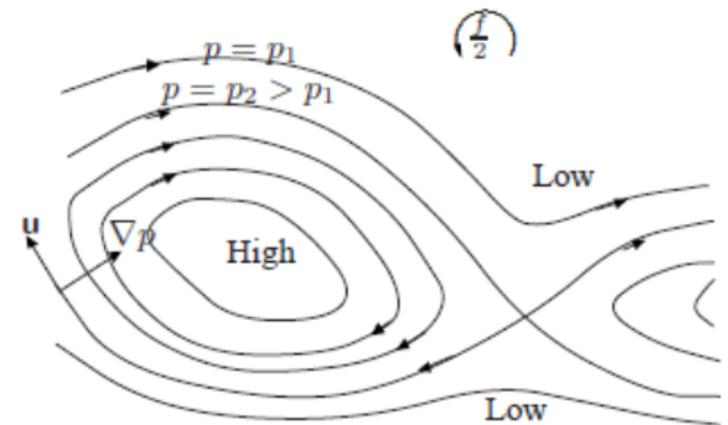
En los flujos geostroficados, las velocidades horizontales están dadas por el balance entre la fuerza gradiente de presión horizontal y la fuerza de Coriolis. Este balance se denomina equilibrio geostrofico y da lugar a las corrientes geostroficadas

Efectos del viento en la superficie del mar

– Flujo Geostrófico

Las corrientes geostróficas son perpendiculares al gradiente de presión. Por lo tanto, en un fluido rotante las parcelas no se mueven de alta presión a baja presión sino que circulan alrededor de los centros de presión moviéndose a lo largo de las isóbaras.

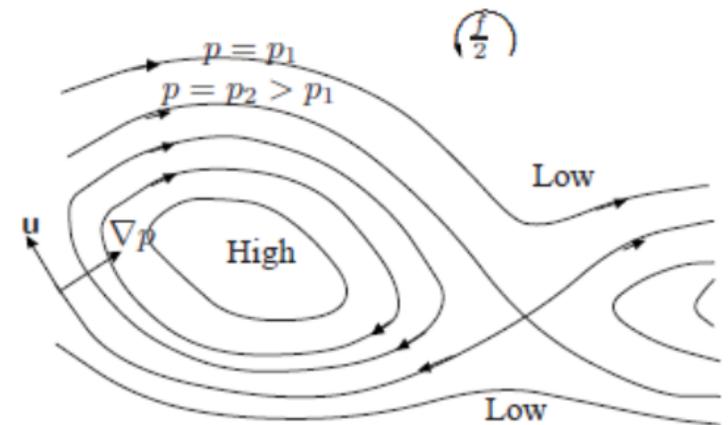
Esto implica que no se realiza trabajo sobre el fluido, y por lo tanto una vez comenzado el flujo puede persistir sin entrega de energía adicional. La dirección de rotación depende del hemisferio ya que f cambia de signo. En el hemisferio sur el flujo es tal que las altas presiones están a la izquierda del flujo.



Efectos del viento en la superficie del mar

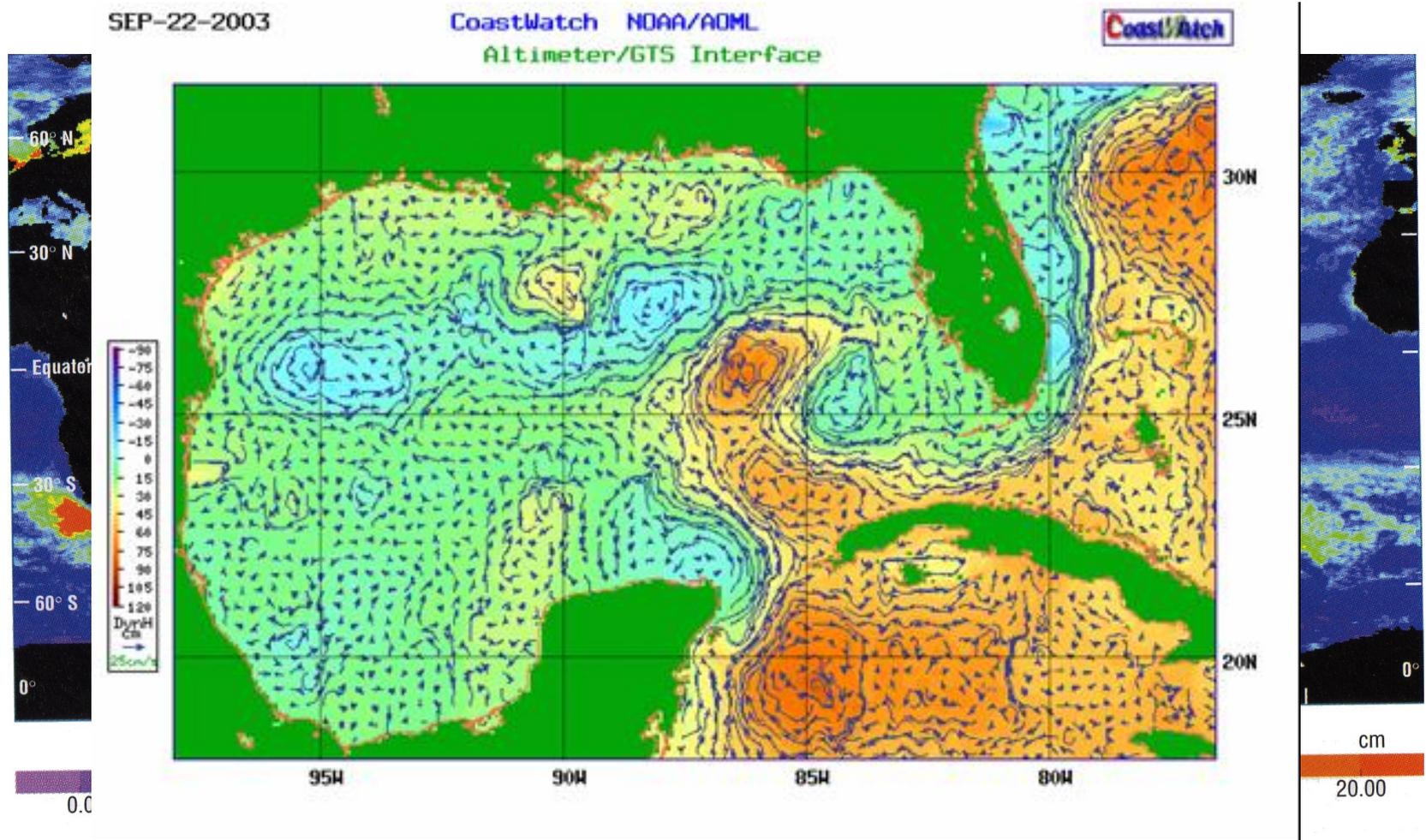
– Flujo Geostrófico

Las estimaciones de los flujos geostróficos se usan extensivamente en meteorología y oceanografía para determinar las velocidades a partir del campo de presión. Antes del uso de los correntómetros, el conocimiento de las corrientes oceánicas estaba basado fundamentalmente en estimaciones de corrientes geostróficas derivadas de datos hidrográficos de T y S.



Efectos del viento en la superficie del mar

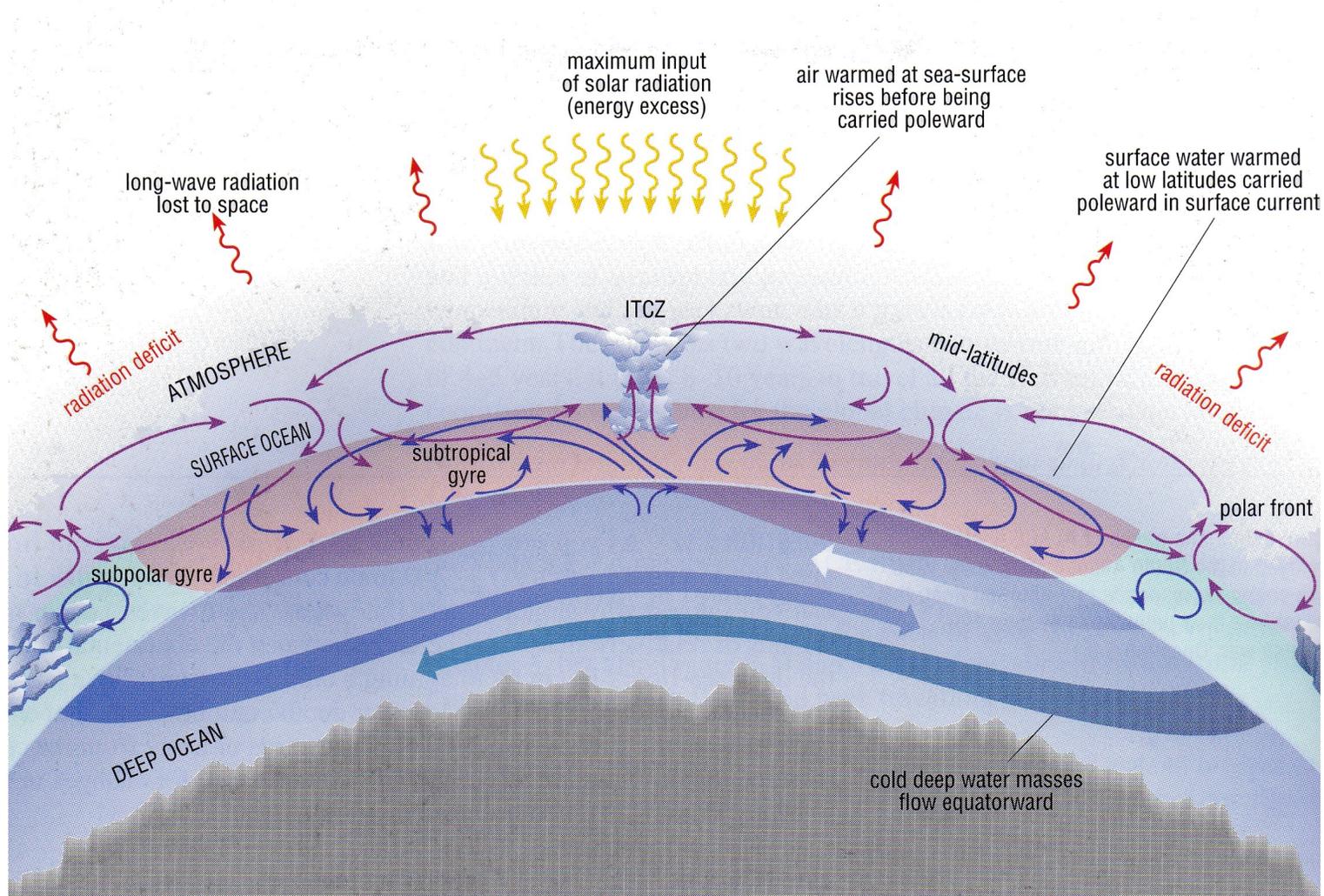
- Flujo Geostrófico



Circulación termohalina

Flujos de calor en el mar

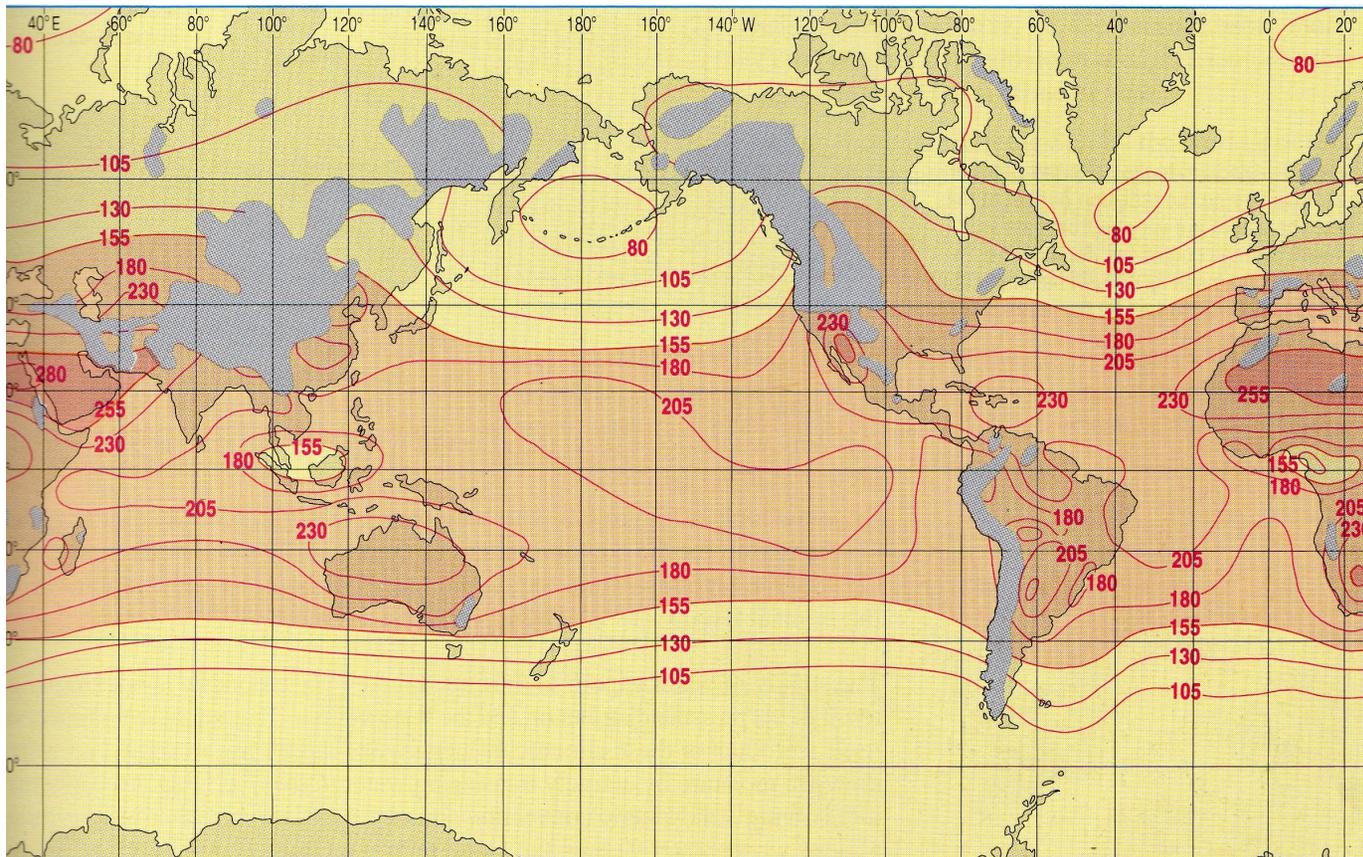
- El sistema océano – atmósfera es una gran máquina de distribución del calor que recibe de la radiación solar



Circulación termohalina

Distribución geográfica de la radiación solar (Q_s)

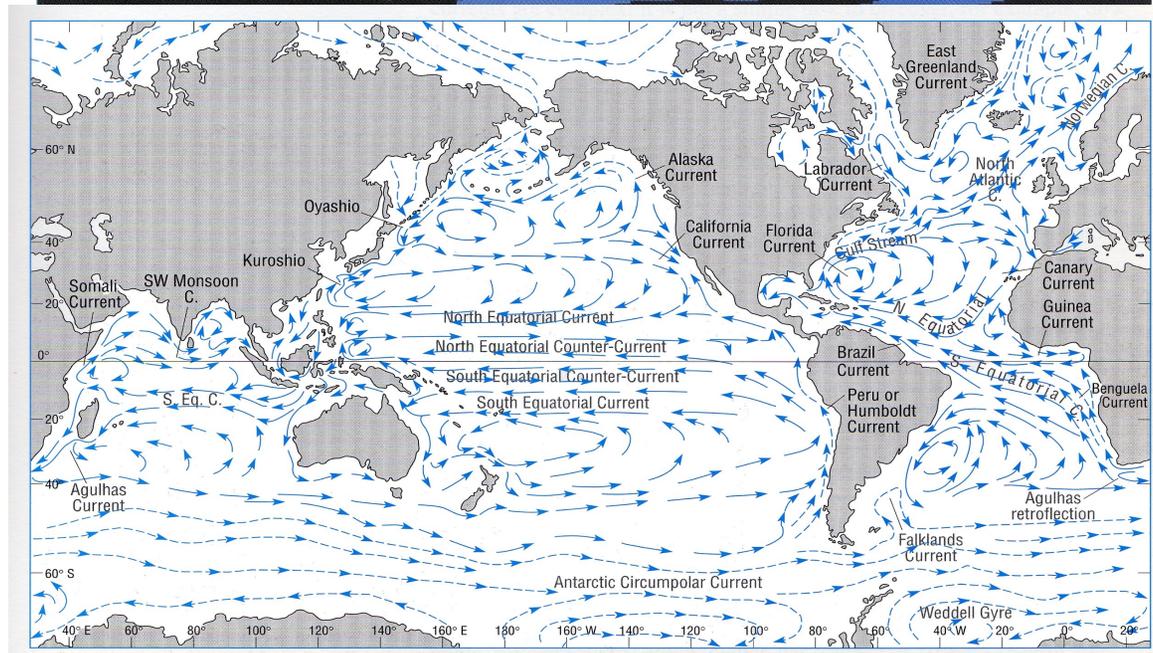
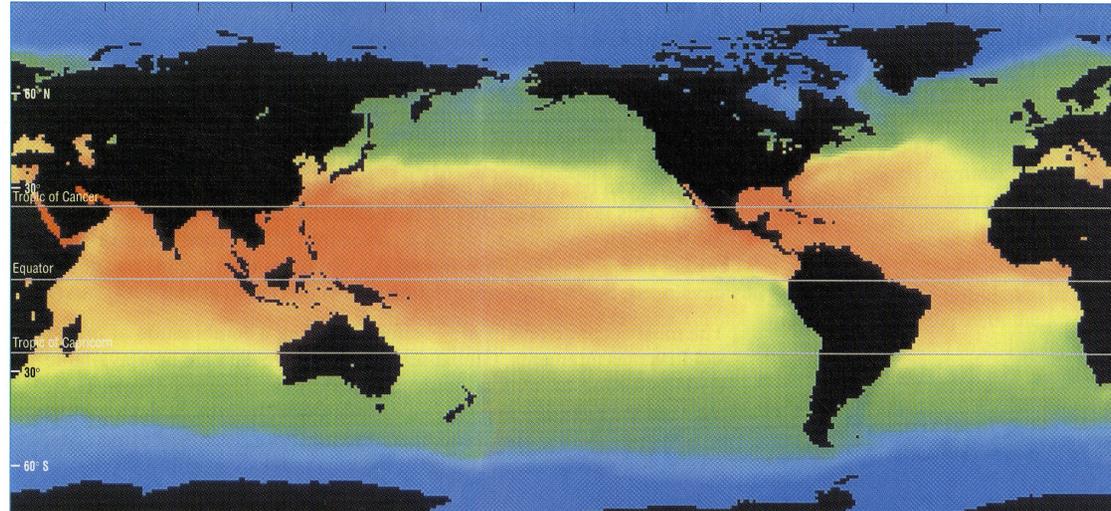
- Mapa presenta la cantidad de radiación solar recibida en la superficie de la Tierra (en W/m^2) promediada a la largo de un año
- La atmósfera sobre los océanos contiene gran cantidad de agua (nubes) las que absorben gran cantidad de radiación. Sobre Tierra la atmósfera tiende a ser menos nublada y mas seca



Circulación termohalina

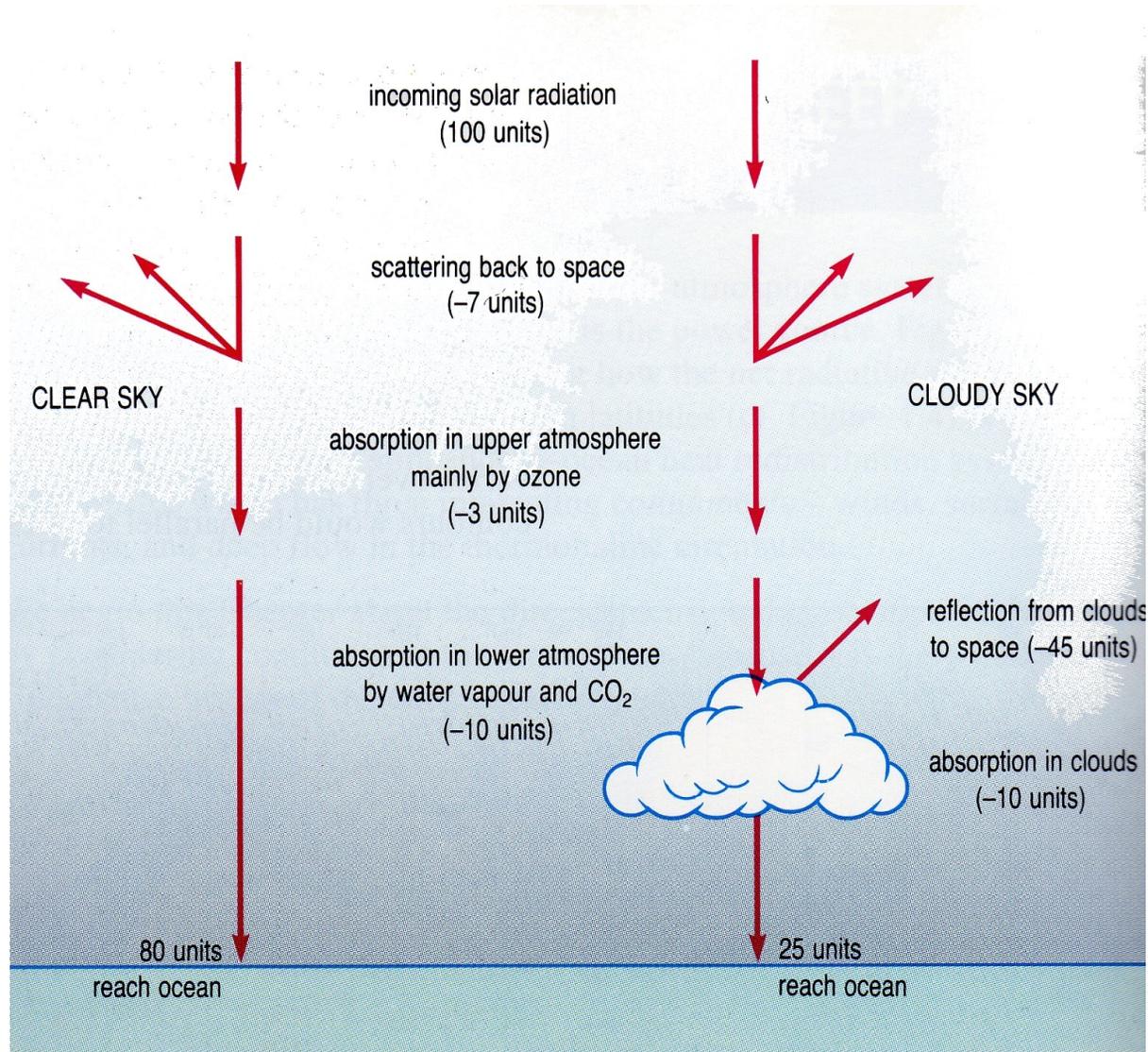
Distribución geográfica de la temperatura oceánica

– Estos patrones de temperatura, ¿Reflejan la circulación oceánica?



Circulación termohalina

Efecto de la atmósfera en el balance de calor global



Circulación termohalina

Ecuación de flujos de calor:

- La Tierra recibe del sol energía térmica de alta frecuencia (Q_s)
- Entre mayor sea la temperatura de un cuerpo, mayor será la radiación que emite (Ley de Stefan)

$$I = \alpha T^4 \text{ (Ley de Stefan)}$$

- Debido a la temperatura de los océanos (relativamente frío) parte de la energía recibida se refleja con frecuencias mas bajas que se pierde hacia el espacio o se absorbe por la nubes y gases invernadero (Q_b)
- Si la temperatura de los océanos fuera a mantenerse constante la energía que se gana y la que se pierde deberían equilibrarse ($Q_s = Q_b$)...

Circulación termohalina

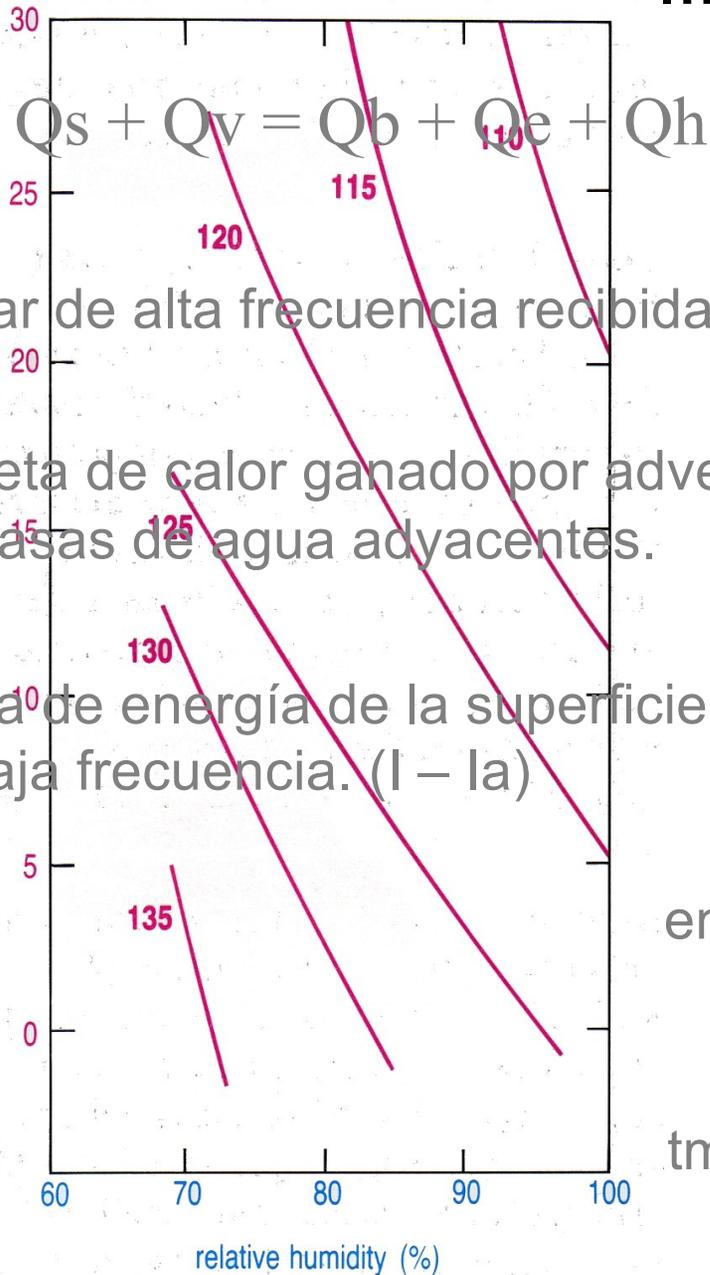
$$Q_s + Q_v = Q_b + Q_e + Q_h$$

Q_s = Energía solar de alta frecuencia recibida por el océano

Q_v = Cantidad neta de calor ganado por advección horizontal o vertical de masas de agua adyacentes.

Q_b = Pérdida neta de energía de la superficie del mar como radiación de baja frecuencia. ($I - I_a$)

Clima de la línea



Q_s = Energía solar de alta frecuencia recibida por el océano

Q_v = Cantidad neta de calor ganado por advección horizontal o vertical de masas de agua adyacentes.

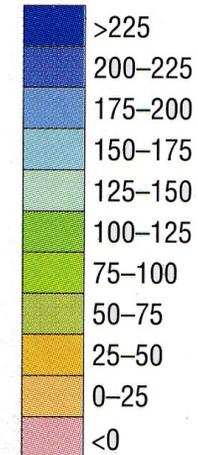
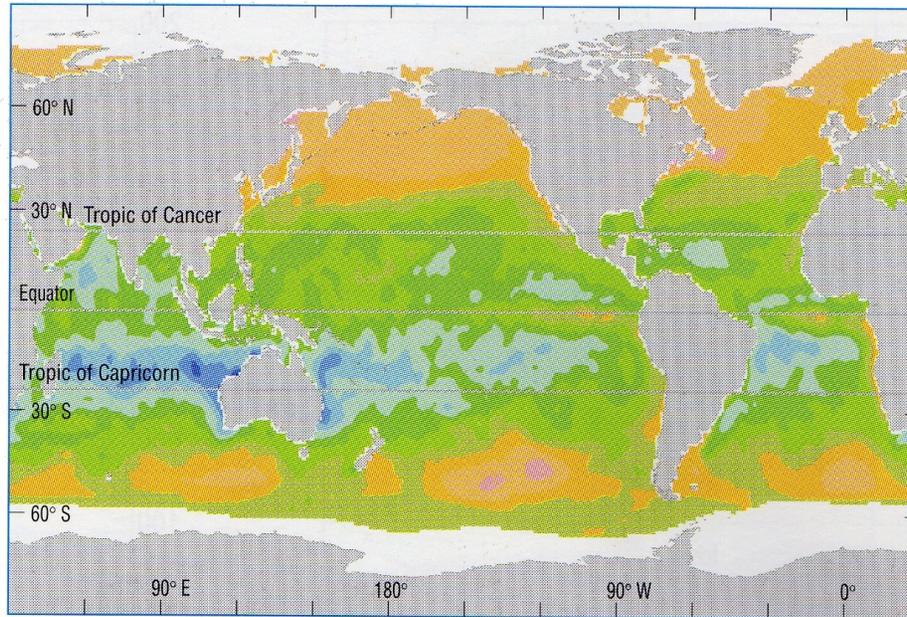
Q_b = Perdida neta de energía de la superficie del mar como radiación de baja frecuencia. $(I - I_a)$

Q_e = Perdida de energía por evaporación y condensación

Q_h = La ganancia de energía por conducción de la atmósfera por el océano

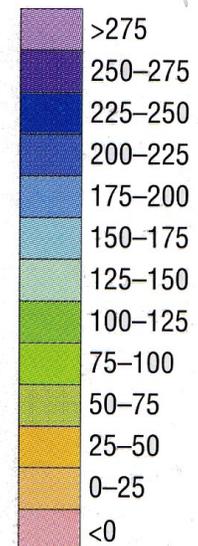
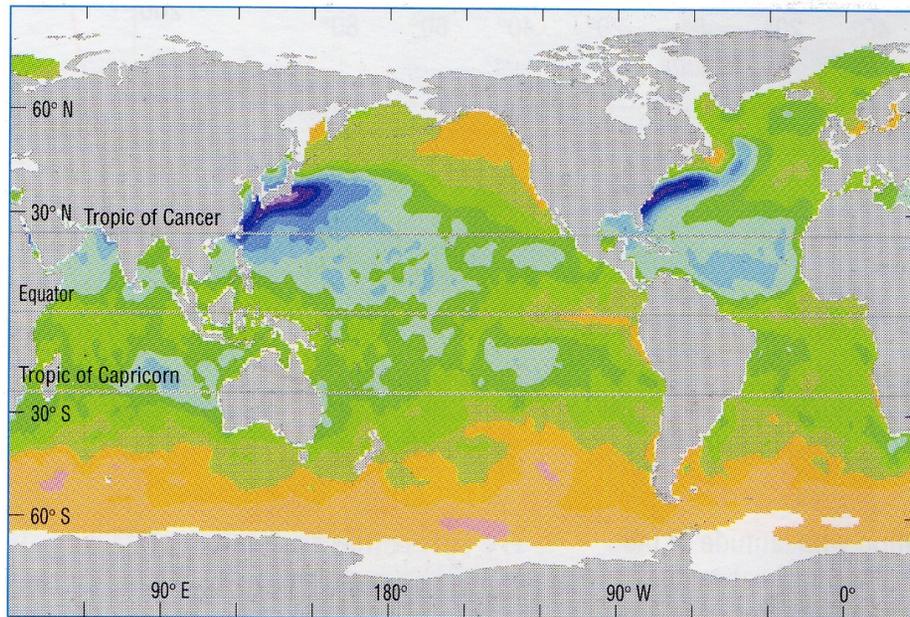
Circulación termohalina

Q_e July



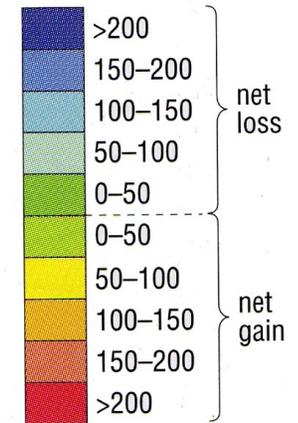
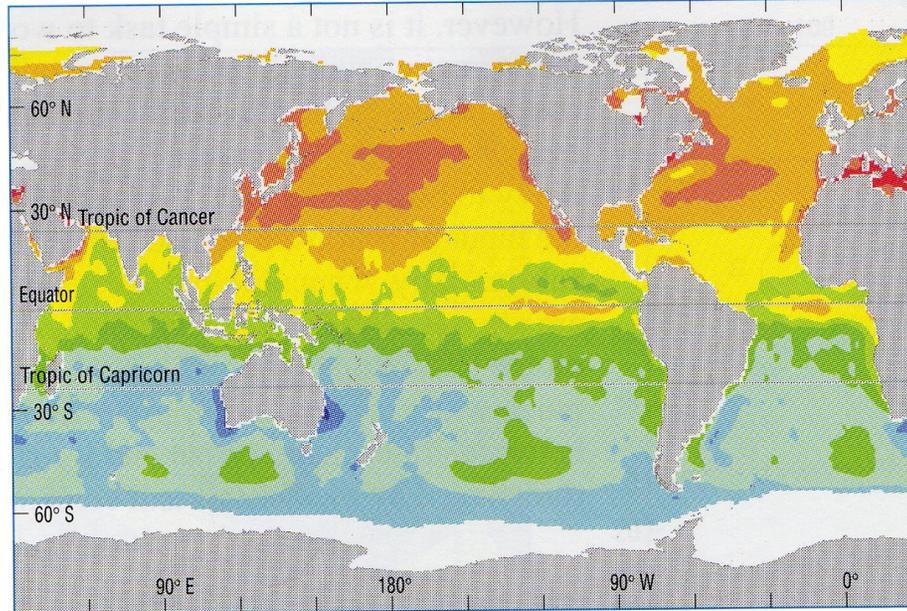
(a)

Q_e January



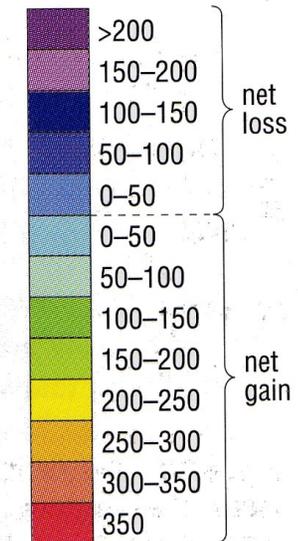
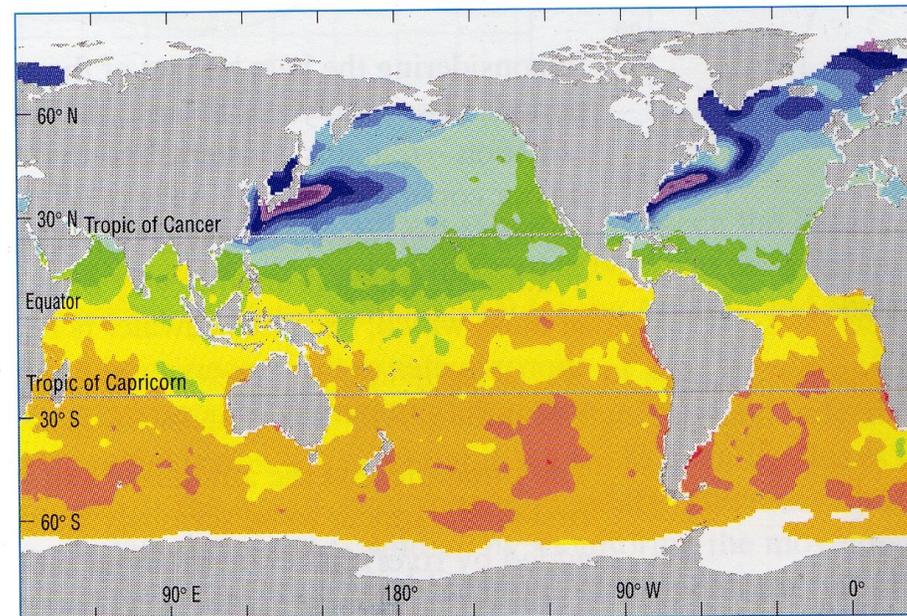
Circulación termohalina

Q_{net} July



(a)

Q_{net} January

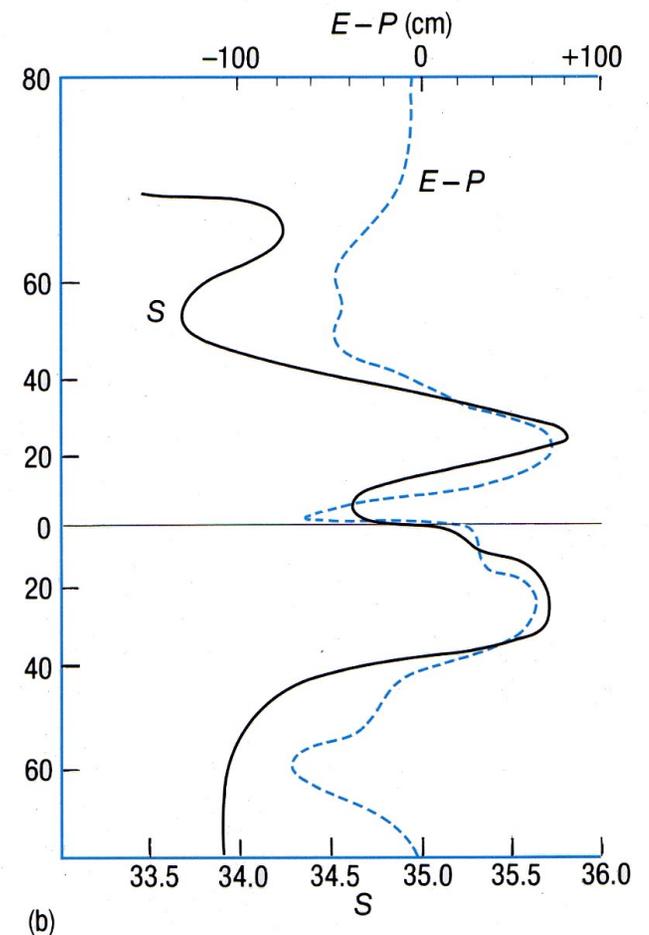
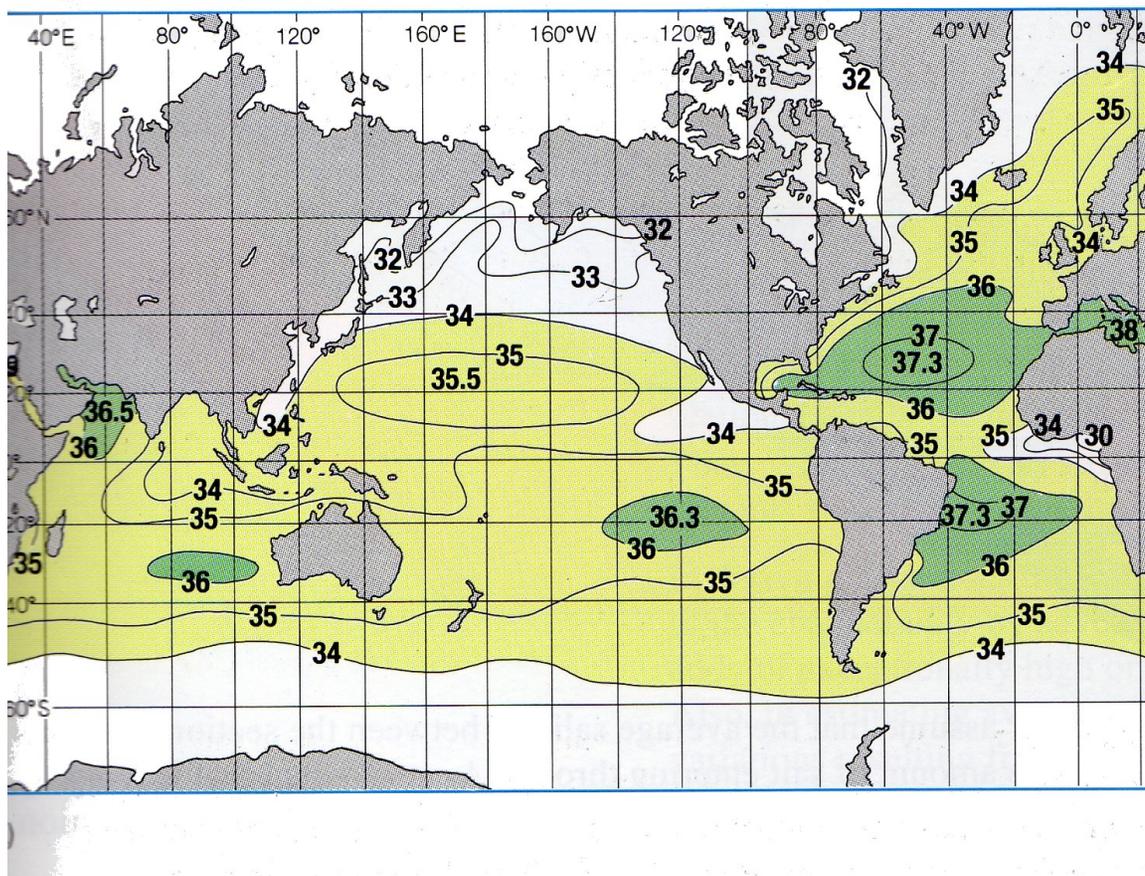


(b)

Circulación termohalina

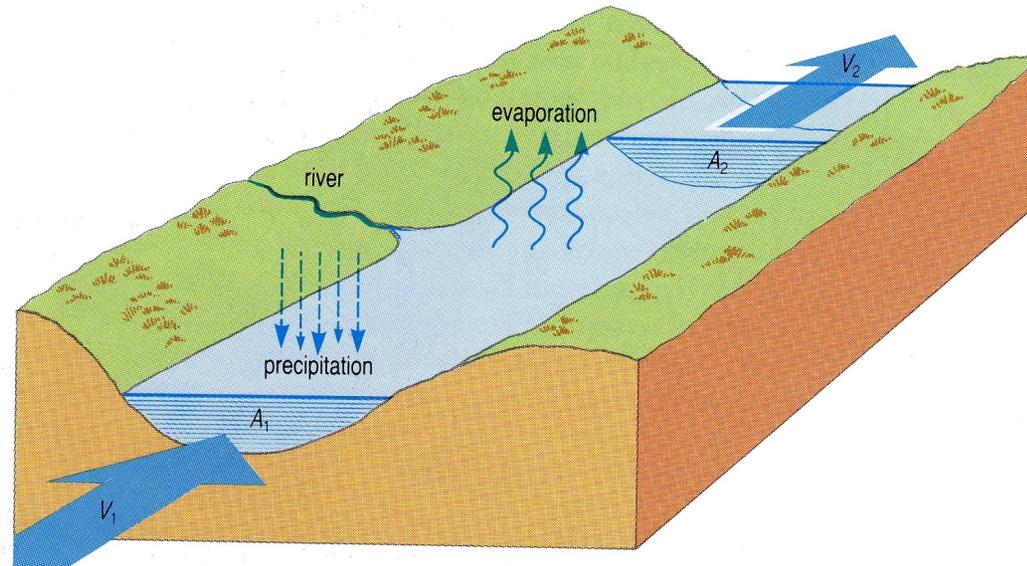
Balance de sal:

- La cantidad de sal (masa) en los océanos se mantiene constante y en equilibrio
- ¿Como se refleja la ITCZ en la gráfica de la derecha?



Circulación termohalina

Aplicación de los principios de conservación de sal



$$V_1 + F = V_2$$

$$V_1 \rho_1 S_1 = V_2 \rho_2 S_2$$

Circulación termohalina

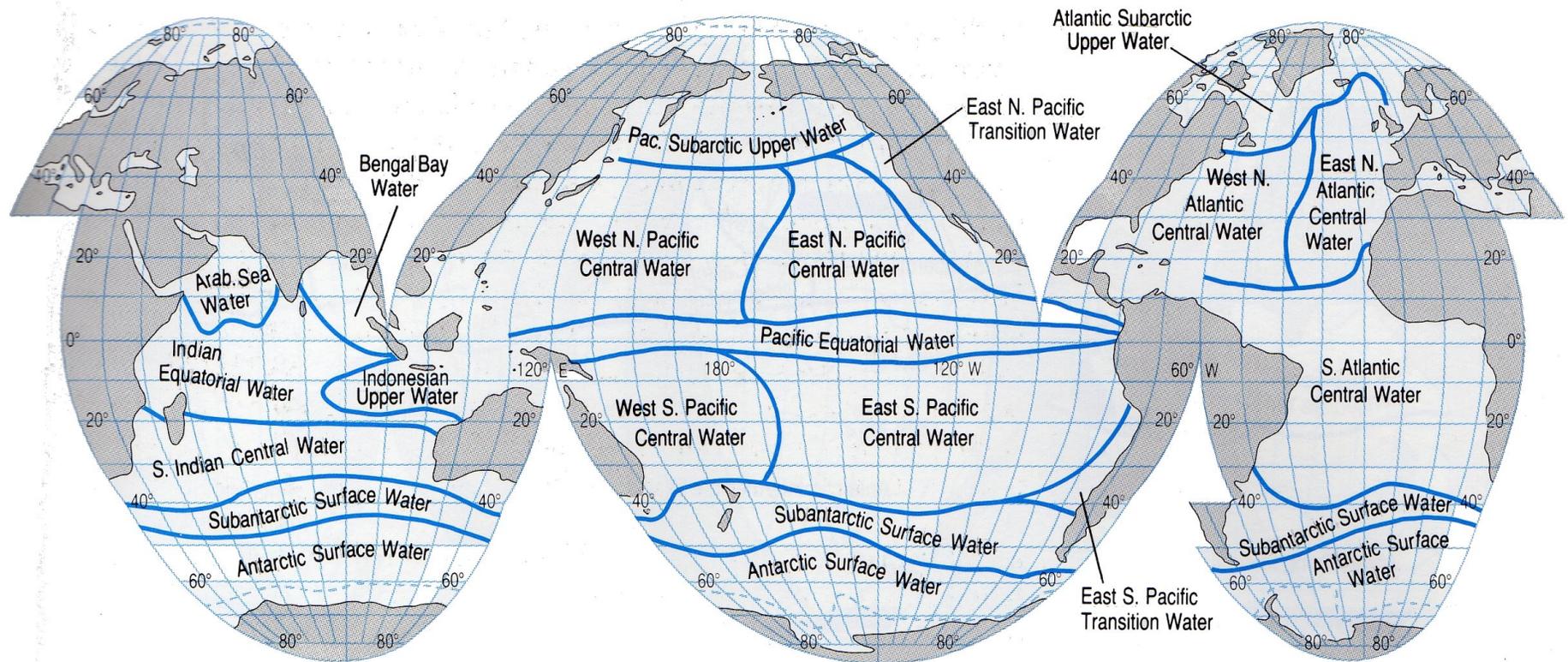
Masas de agua:

- Existen en el océano cuerpos de agua con características específicas que los hacen identificables.
- Las propiedades físicas que hacen únicas a las masas de agua son sus características de temperatura y salinidad. Esto ocurre gracias a que son propiedades conservativas del agua de mar cuyo comportamiento esta vinculado solamente por la mezcla y la advección.
- Propiedades del agua de mar que son alterables por procesos químicos o biológicos son no-conservativas y no deben ser utilizadas para caracterizar masas de agua (excepción del O_2) .
- Los valores de temperatura y salinidad de cierta masa de agua, la obtienen solamente cuando el agua esta sujeta a condiciones meteorológicas específicas durante un tiempo considerable

Circulación termohalina

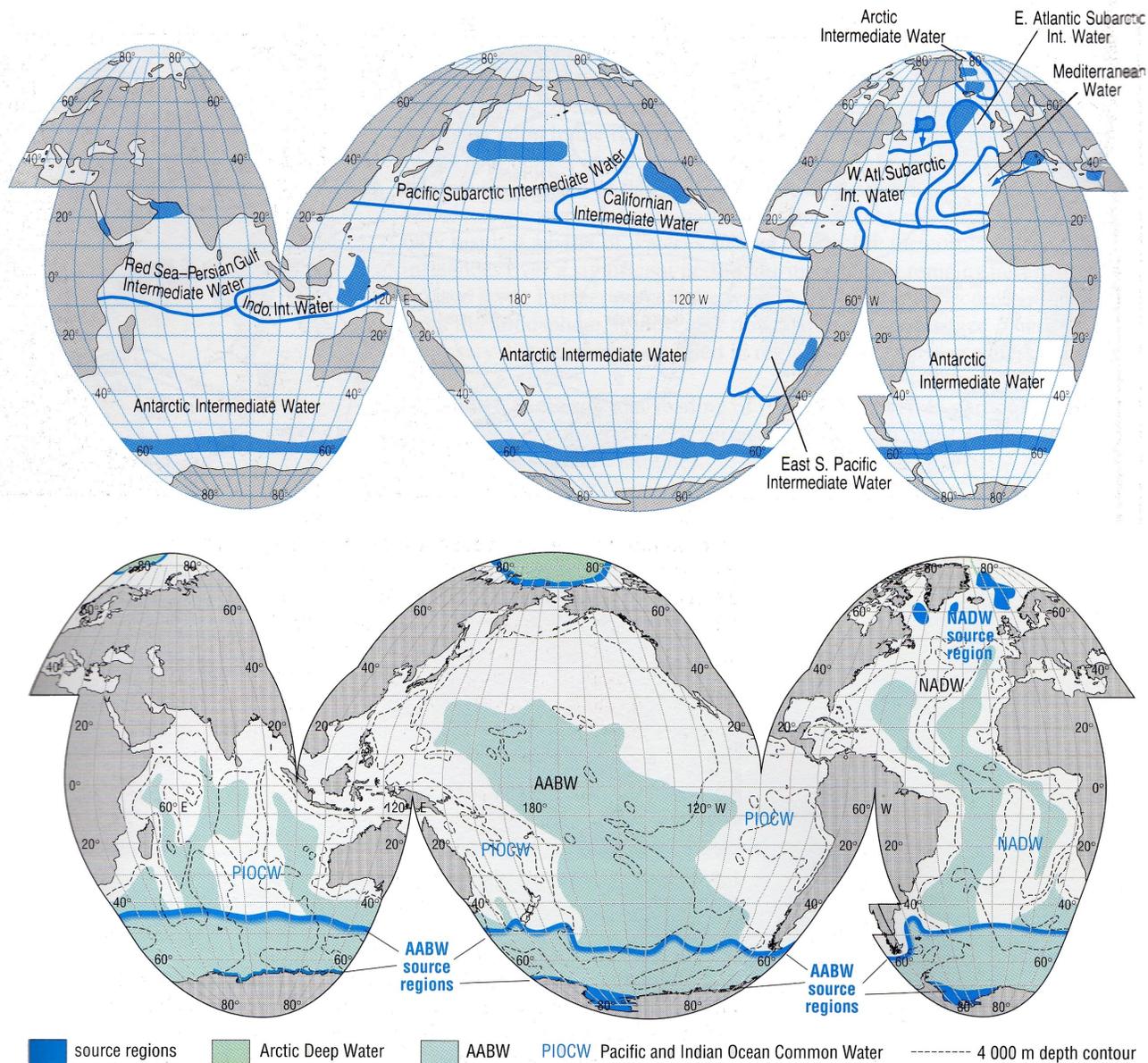
Masas de agua superficiales:

- Se asocian claramente con los patrones de circulación global
 - Agua del Pacífico Ecuatorial: Baja salinidad, alta temperatura
 - Giros subtropicales (Mar de los Sargazos): 20 a 7° C en invierno



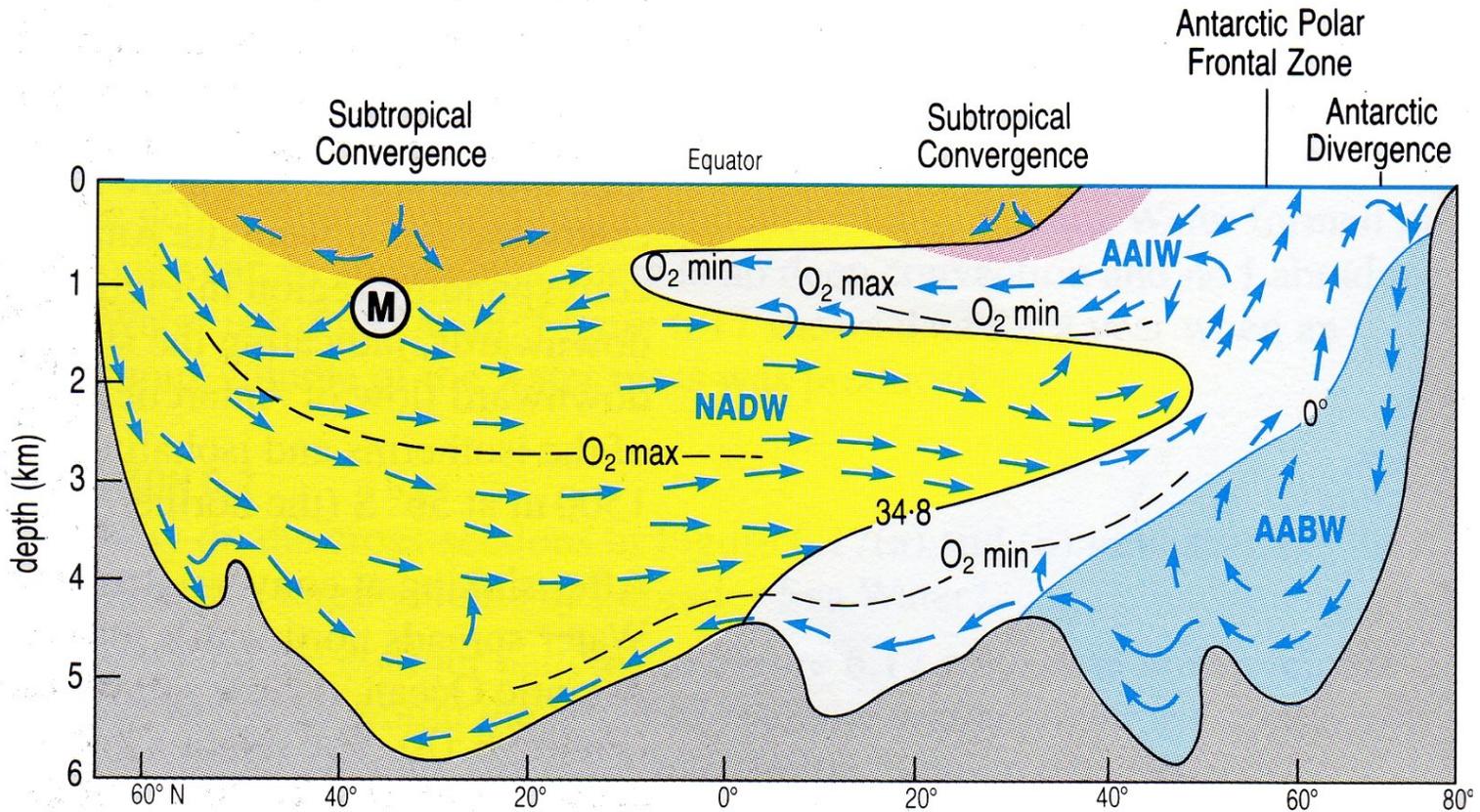
Circulación termohalina

Masas de agua intermedias y profundas:



Circulación termohalina

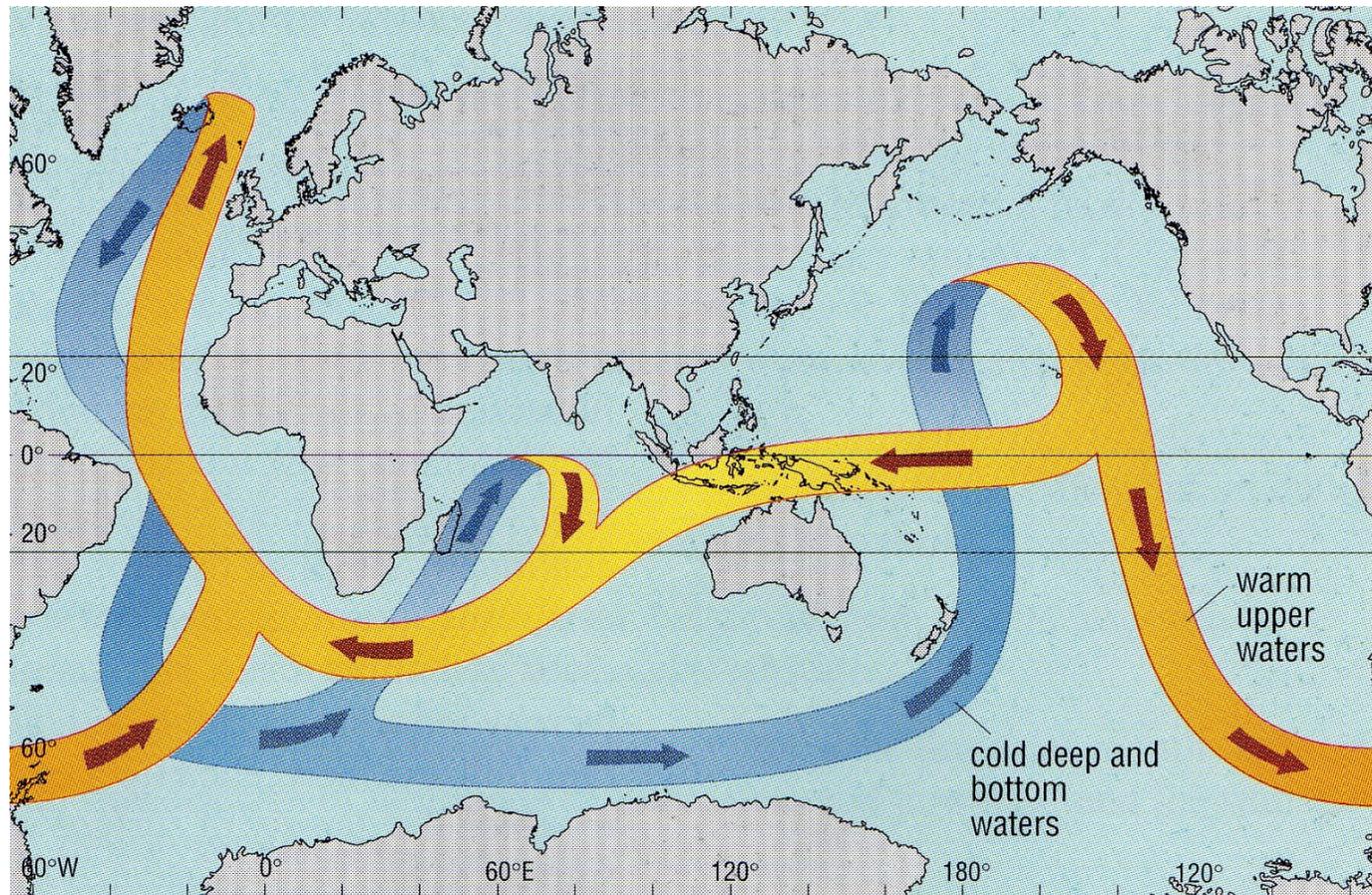
Circulación tridimensional:



Circulación termohalina

La banda transportadora:

- No es una representación literal de corrientes frías y calientes sino mas bien del efecto promediado de estas en la circulación vertical de los océanos.



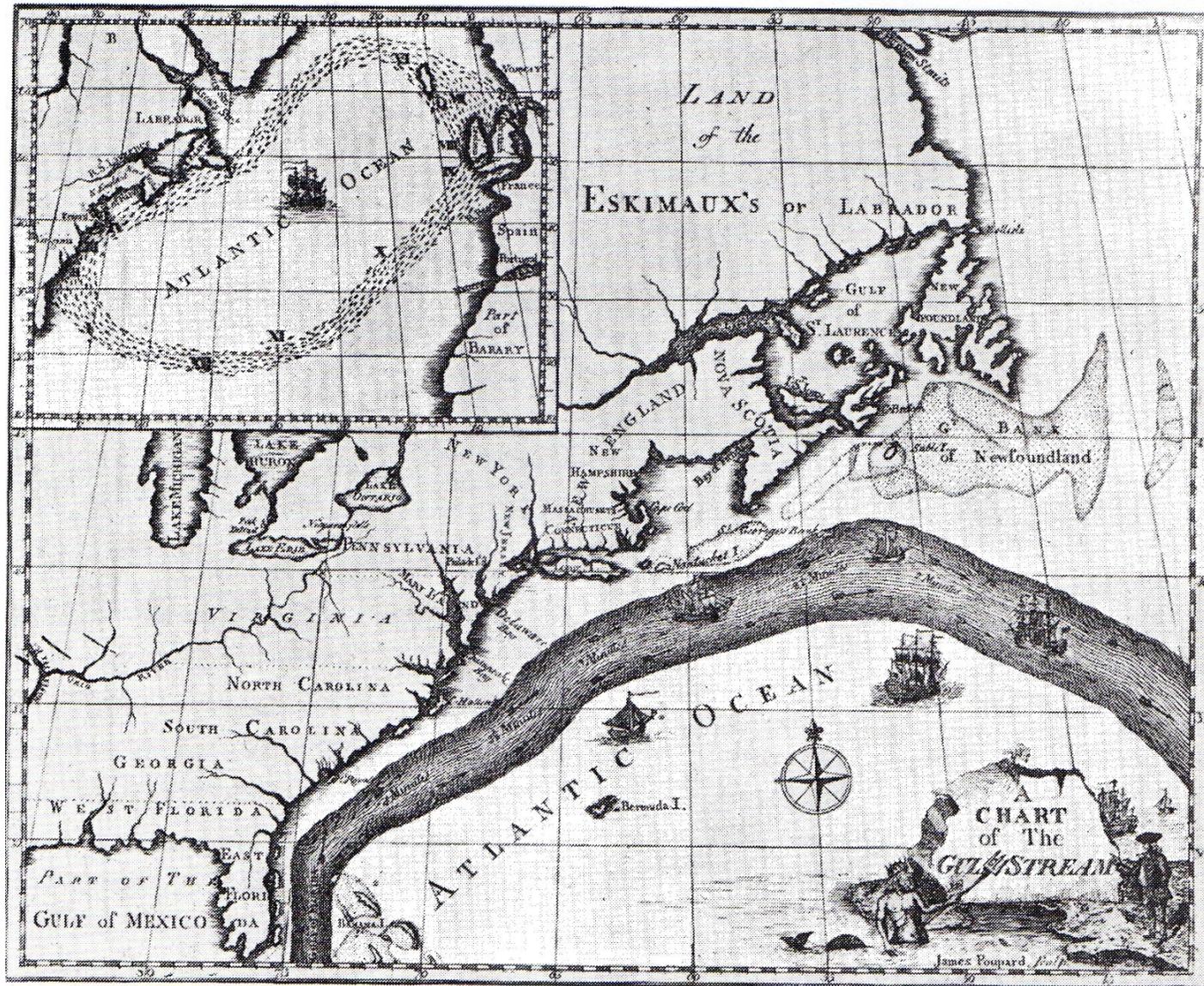
Circulación oceánica

Giros subtropicales (La corriente del Golfo):

- El sistema de circulación oceánica mas estudiado
- 1515 Pedro Martir de Angheira: Corriente del Golfo se origina por la desviación de la corriente Norequatorial por el continente Americano.
- S. XVIII gran avance en la dinámica de fluidos
- Benjamín Franklin (1750s) propone que los vientos alisios apilan agua contra Sudamérica y generan circulación a través del Caribe, Golfo de México y los estrechos de Florida.

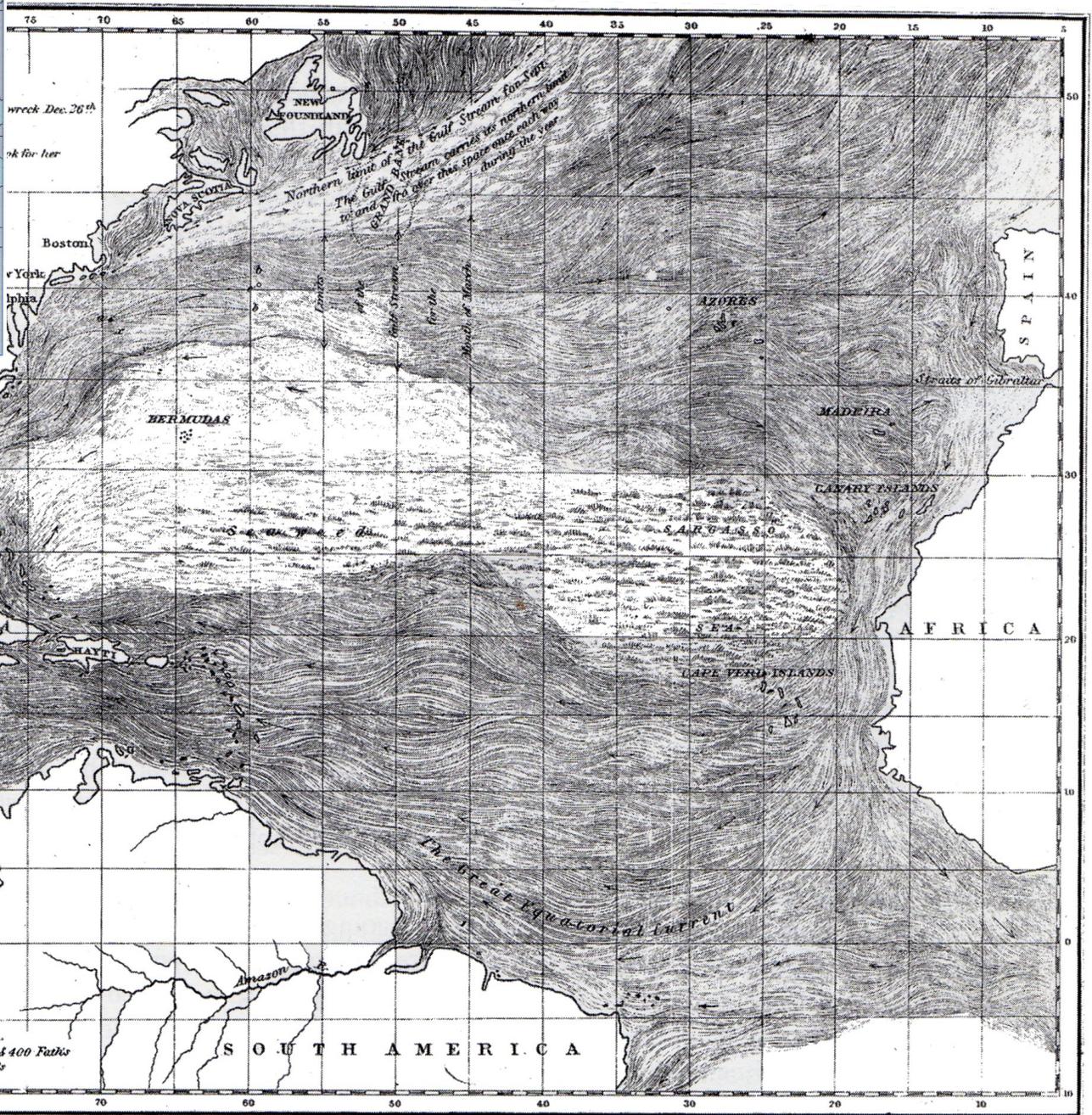
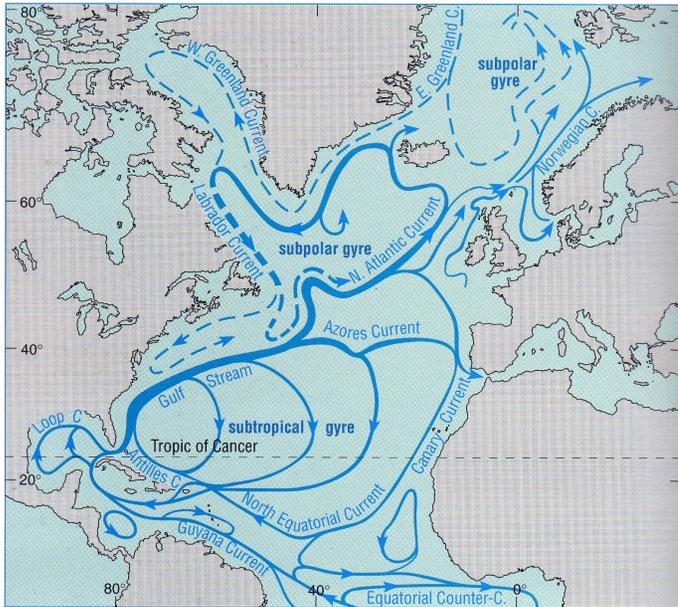
Circulación oceánica

Giros subtropicales (La corriente del Golfo):



circulación oceánica

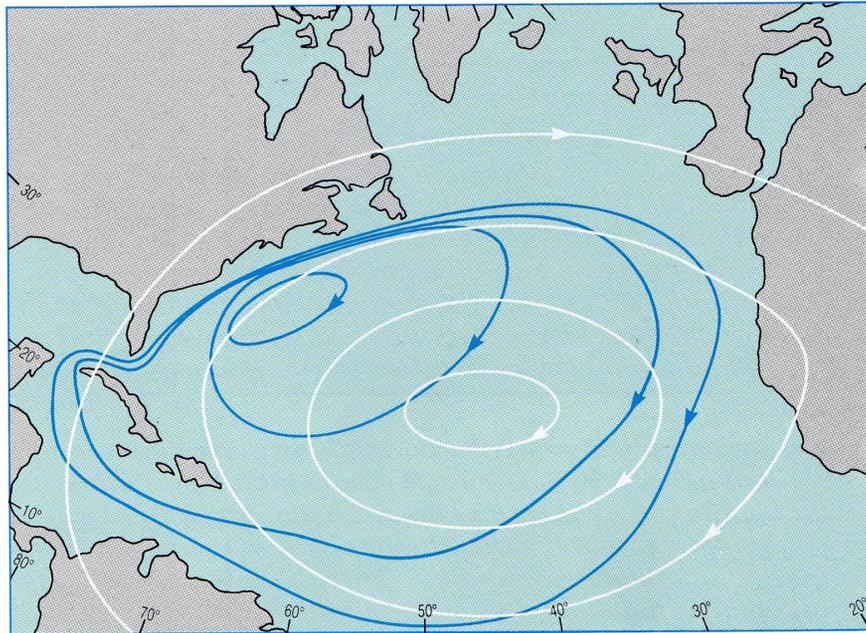
(La corriente del Golfo):



Circulación oceánica

Giros subtropicales (La corriente del Golfo):

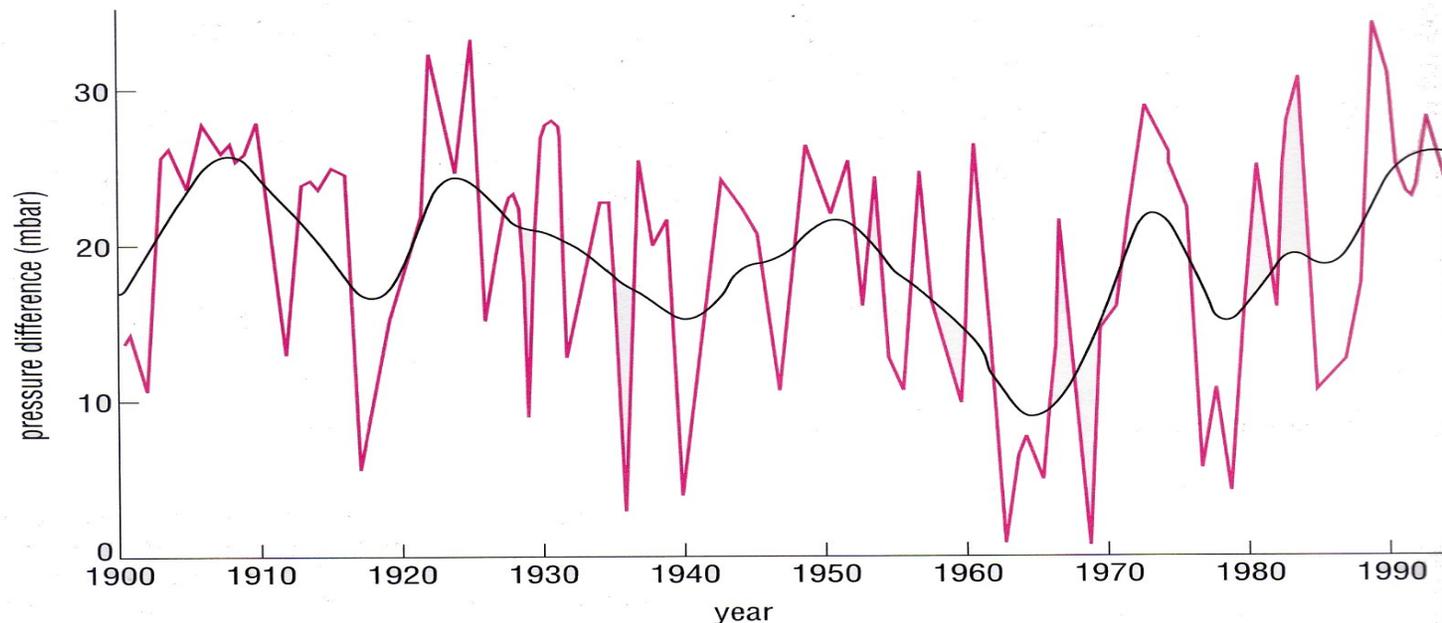
- El sistema de circulación que origina la corriente del Golfo es generada por el viento y densidad en menor grado.
 - El centro del giro oceánico y el atmosférico no coinciden exactamente (Modelo de Stommel)
 - Muy angosta cerca de la costa (55 km), se ensancha y oscila al alejarse de
 - 30 Sv ($\times 10^6$ donde tiene
 - En invierno subpolares,
- nta hacia el norte
0 Sv en 65° N.
hunde en latitudes
inuidad)



Circulación oceánica

Oscilación del Atlántico Norte (NAO):

- Con base en observaciones de satélite de temperatura superficial del mar, se ha determinado desde 1966 la posición de la corriente del golfo la cual oscila.
- Estas posiciones se han correlacionado con procesos ecológicos como florecimiento de zooplancton en el mar del Norte, o tasas de crecimiento de especies vegetales en Inglaterra.
- NAO: Oscilación continua de la diferencia de presión atmosférica entre Islandia y las Azores (índice NAO)



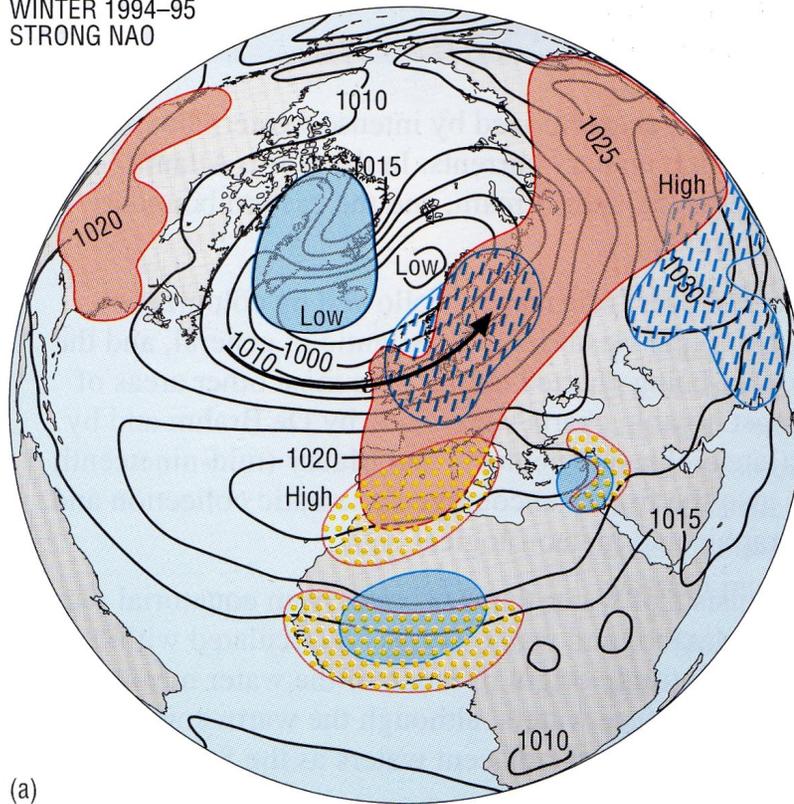
Circulación oceánica

Oscilación del Atlántico Norte (NAO):

– NAO intenso = Vientos del Oeste intensos, mas tormentas,

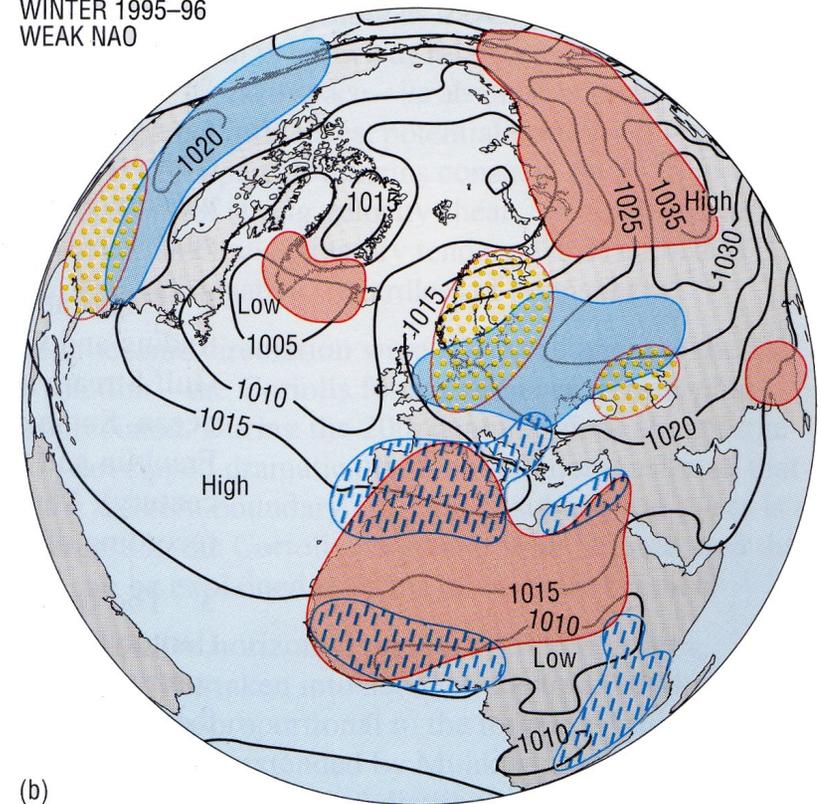
139

WINTER 1994–95
STRONG NAO



(a)

WINTER 1995–96
WEAK NAO



(b)

KEY



warmer than usual



cooler than usual



wetter than usual

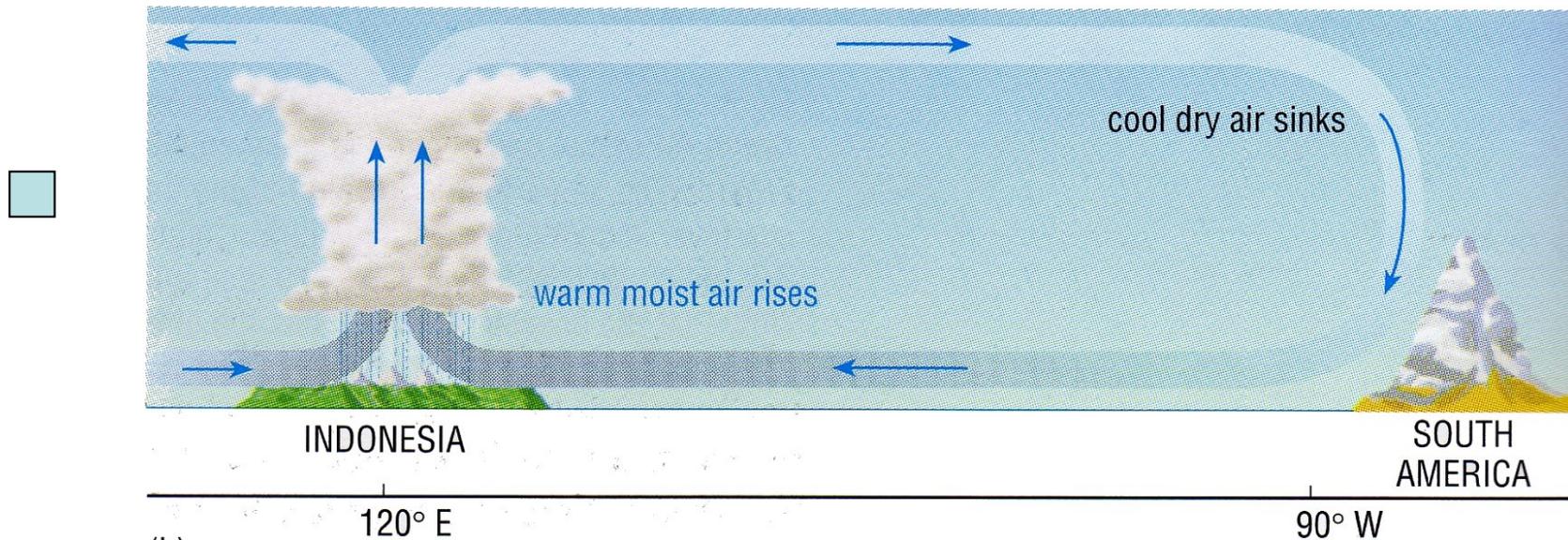


drier than usual

Circulación oceánica

Oscilación del Sur (El Niño/ La Niña - ENSO):

- Perturbaciones del sistema océano-atmósfera que ocurren con frecuencias de 2 a 7 años en el Pacífico Ecuatorial.
- Condiciones normales: En invierno existe baja presión en Indonesia (Darwin, Australia) y alta en el Pacífico Este (Tahiti)

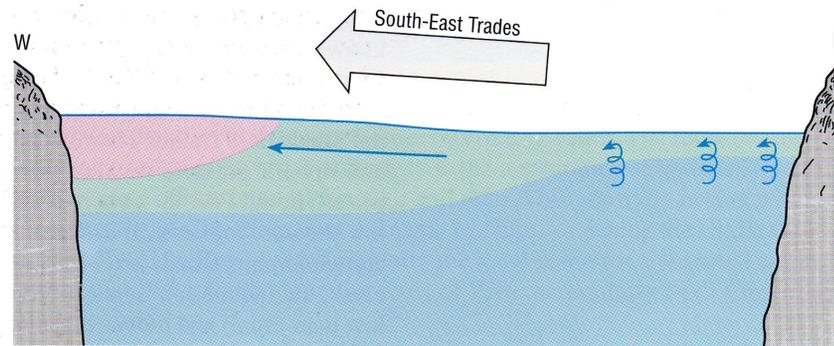


- La intensidad de los vientos alisios depende de la diferencia en presión atmosférica entre la región Subtropical (E) y la región de presión baja en Indonesia (W).

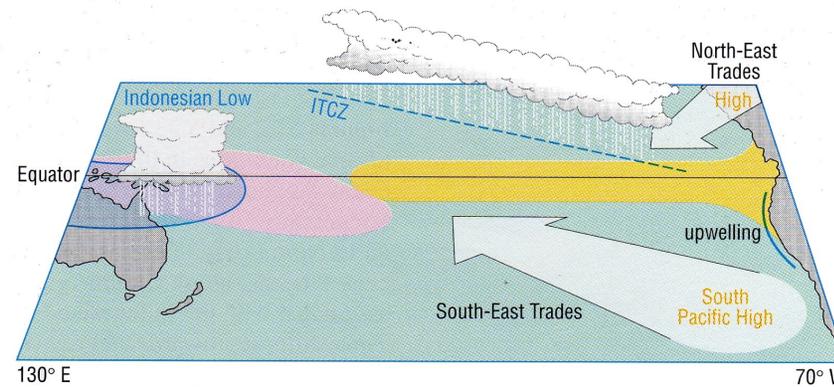
Circulación oceánica

Oscilación del Sur (El Niño/ La Niña - ENSO):

- Condiciones normales: Elevación del nivel del mar en W, surgencia en el E (alta productividad)



(a)

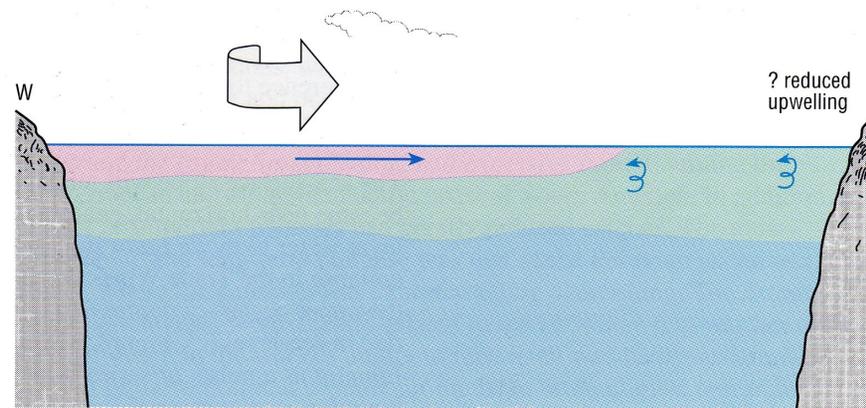


(a)

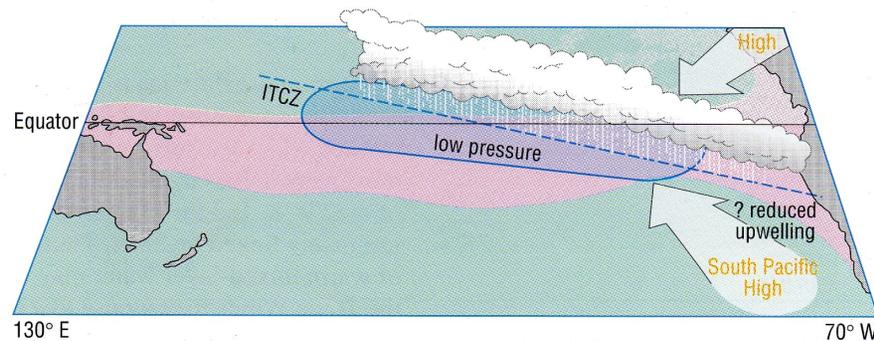
Circulación oceánica

Oscilación del Sur (El Niño/ La Niña - ENSO):

- Condiciones El Niño: Baja presión de Indonesia es debil (mas alta de lo normal) y se mueve al centro del Pacífico, la Alta presión del Este es mas baja de lo normal..vientos se relajan y...



(b)

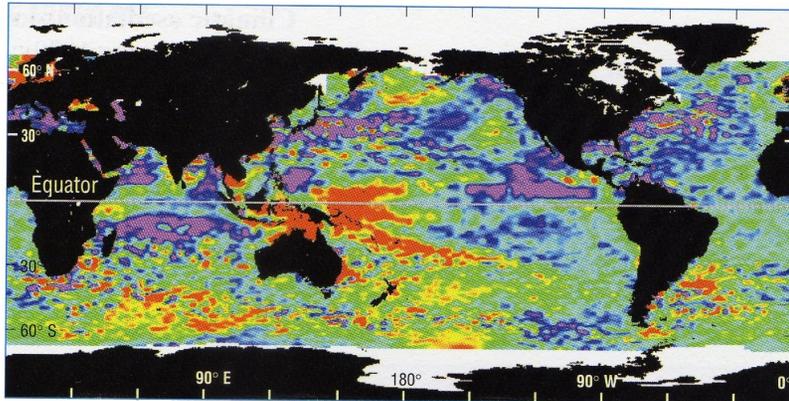


(b)

Circulación oceánica

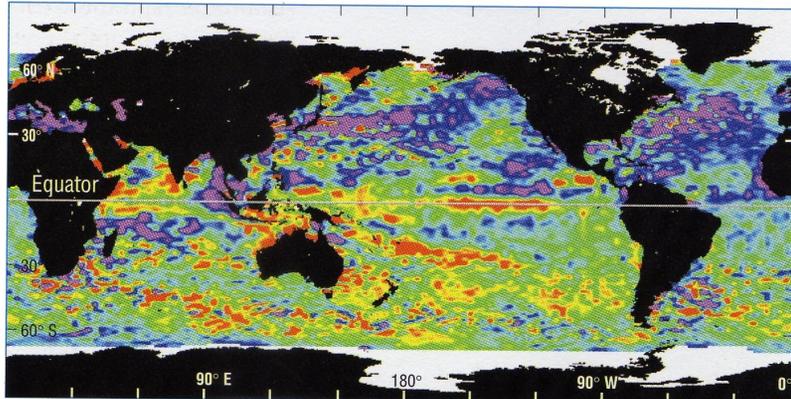
Oscilación del Sur (El Niño/ La Niña – ENSO - 1997):

FEBRUARY 1997



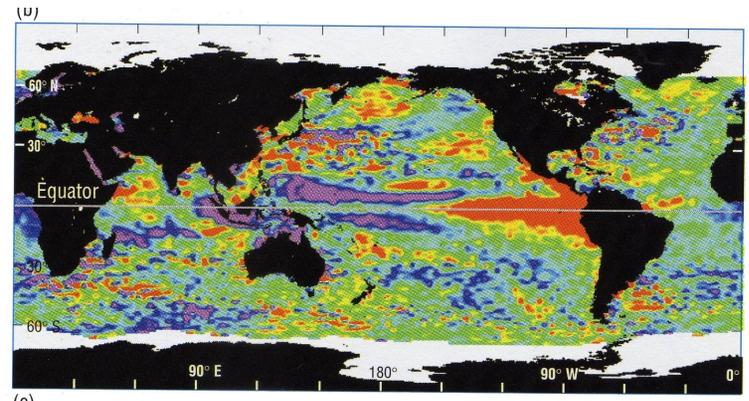
(a)

APRIL 1997



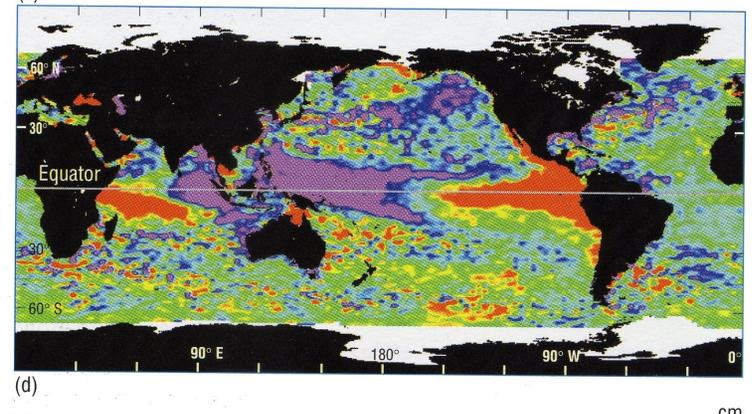
(b)

JULY 1997

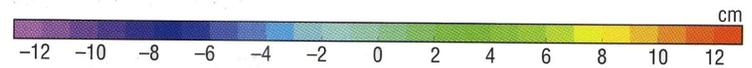


(c)

JANUARY 1997



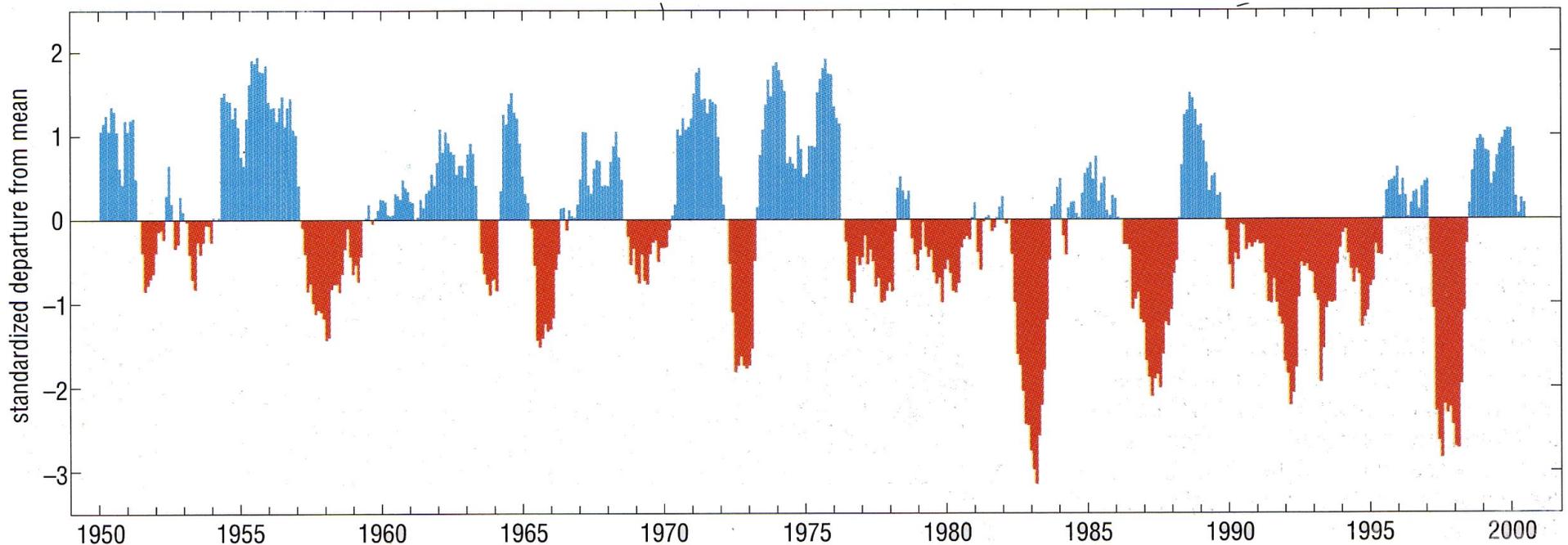
(d)



Circulación oceánica

Indice del Niño/ La Niña:

- Presión atmosférica al nivel del mar, intensidad de vientos, temperatura de la superficie del mar, temperatura del aire, y cobertura de nubes.



- Efectos: Sequías, incendios, Ciclones, erosión costera, lluvias torrenciales, plagas,, etc.