

Clase N°6 Curso  
Oceanografía Física y  
Química 2021.  
Circulación oceánica vertical  
(teórico)

La circulación termohalina es difícil y costosa de estudiar, porque ocurre en el subsuelo del océano. Estas corrientes tienden a fluir muy lentamente, haciendo que sus velocidades sean técnicamente difíciles de medir directamente. Sin embargo, a pesar de estas dificultades, se ha identificado el patrón general del movimiento del agua profunda.



Como se mueven tan lento es difícil que se mezclen muy rápido, esto es importante para realizar el seguimiento de las masas de agua.

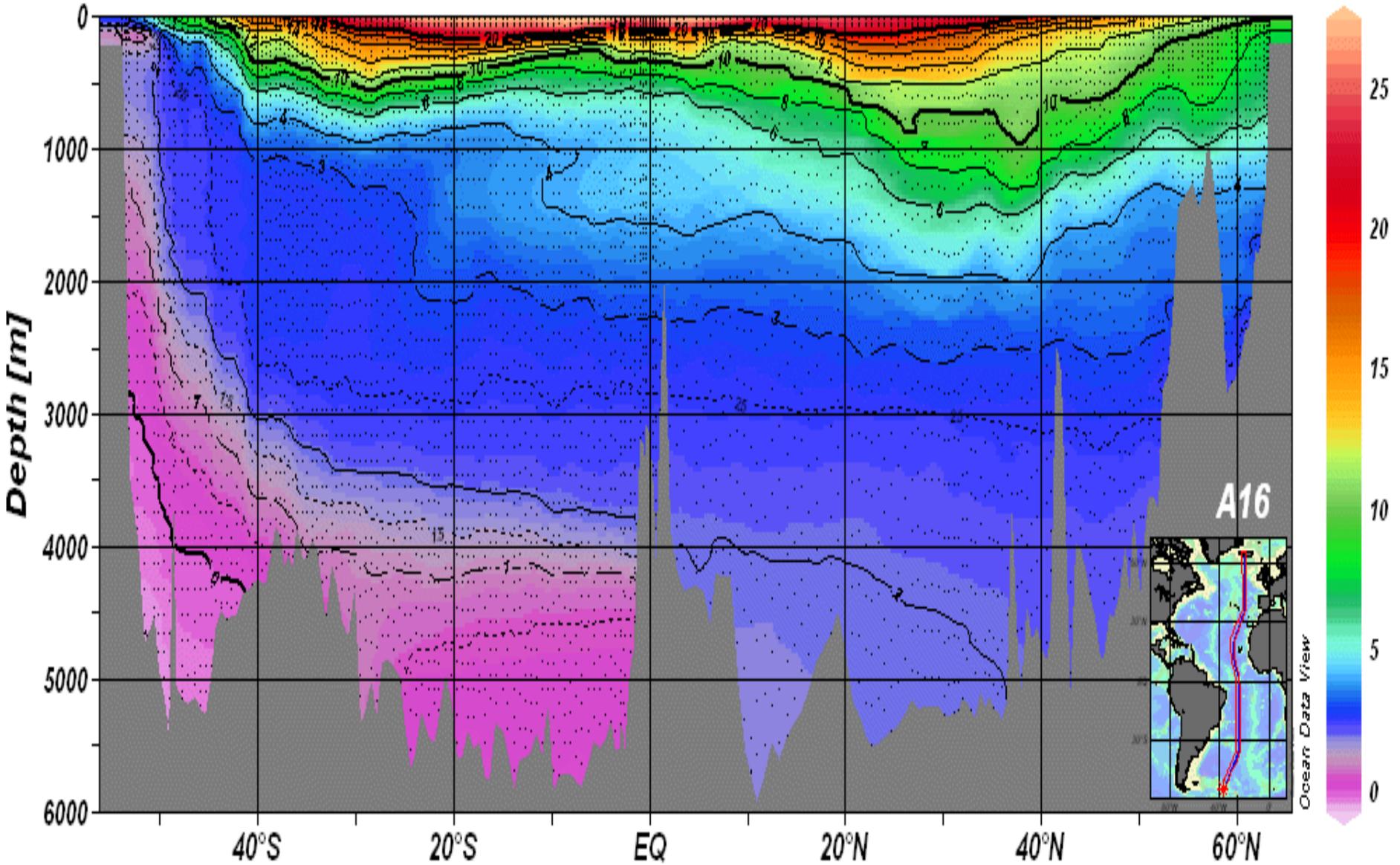


## ***Topografía dinámica y corrientes geostróficas***

- El procedimiento más directo para medir la velocidad y dirección de una corriente es el uso de correntímetros. Esto, sin embargo, resulta muchas veces demasiado caro y presenta mayores dificultades operativas que otro método más comúnmente utilizado para determinar movimientos de corrientes de gran escala, basado en la distribución de densidad "densidad " (y por tanto, de la presión) en una región oceánica de interés. Lo significativo son las variaciones o anomalías horizontales de la densidad.
- La distribución de dichas anomalías puede relacionarse con la desviación de la superficie del agua con respecto a la horizontal; con ellas puede construirse un mapa mostrando la topografía dinámica "topografía dinámica" , que se definirá más adelante, pero que en esencia describe las irregularidades de la superficie del mar. La topografía refleja los gradientes de presión horizontales, y a partir de ella es posible obtener aproximaciones de corrientes reales.

eWOCE

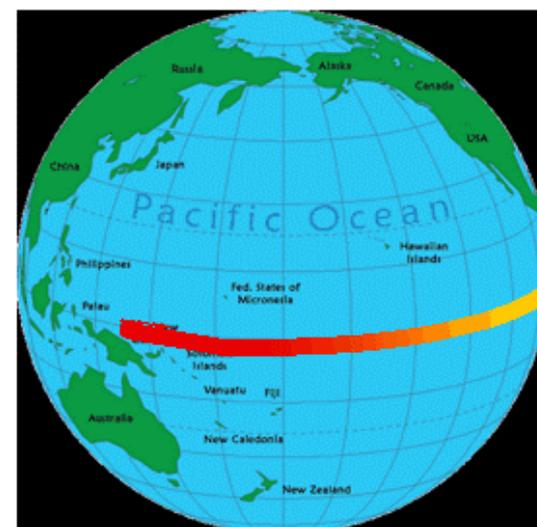
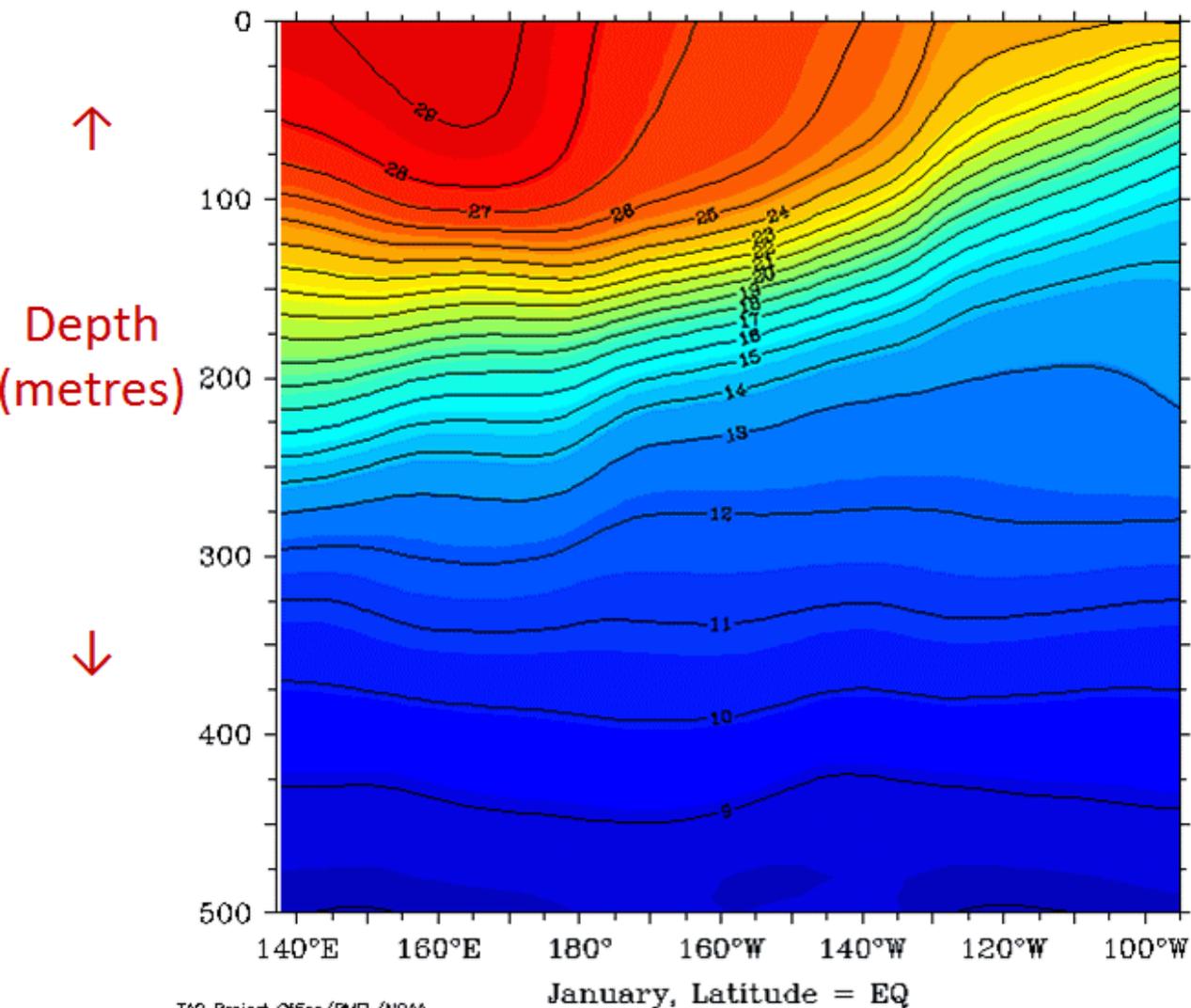
$T_{pot-0}$  [ $^{\circ}$ C]



La circulación profunda que transporta agua fría desde las latitudes altas en invierno a las latitudes más bajas en todo el mundo tiene consecuencias muy importantes.

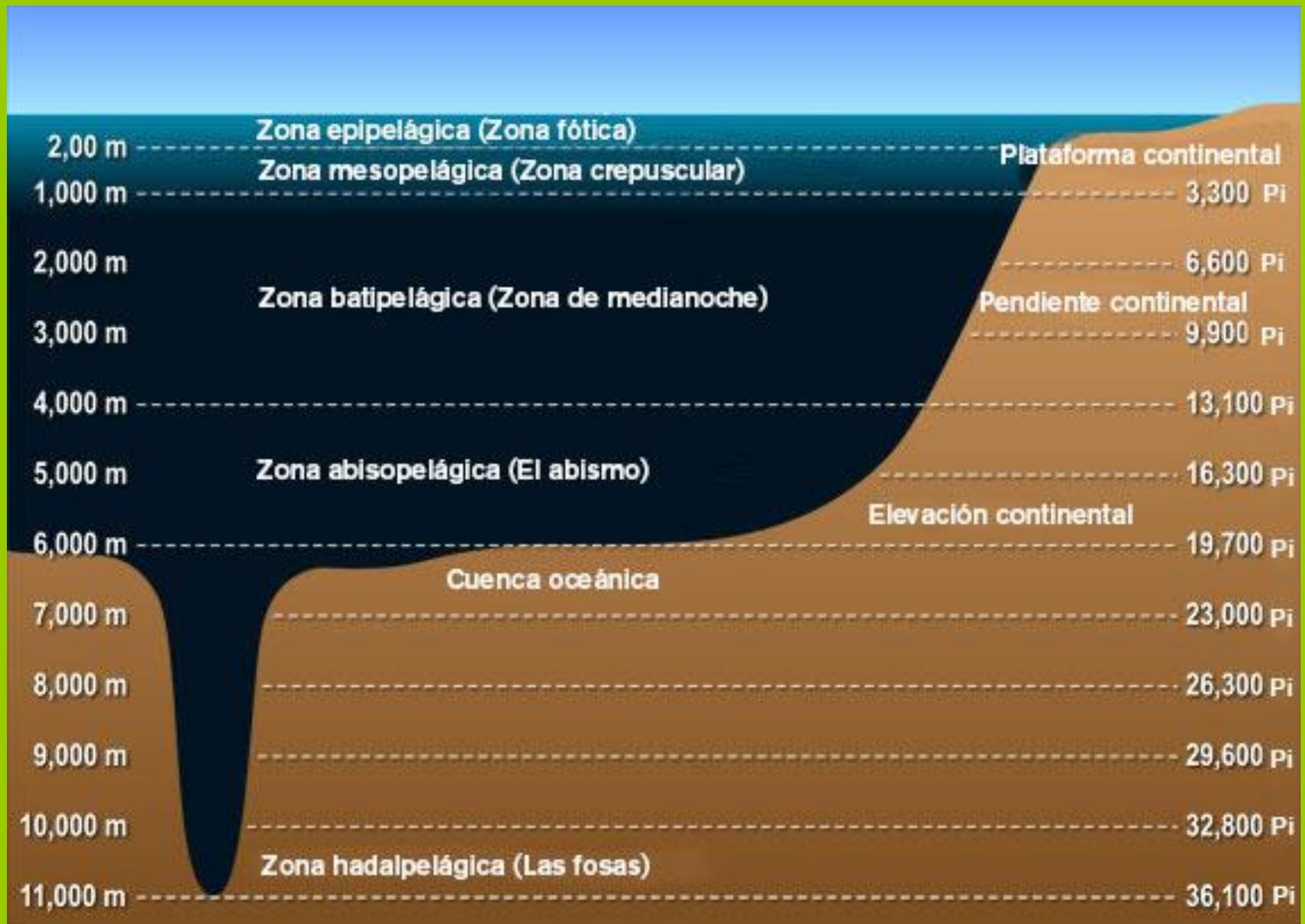
1. El contraste entre las aguas frías y profundas de las aguas superficiales cálidas determina la estratificación de los océanos. La estratificación influye fuertemente en la dinámica oceánica.

Kessler Objective Analysis of XBT and CTD Temperatures (1994)



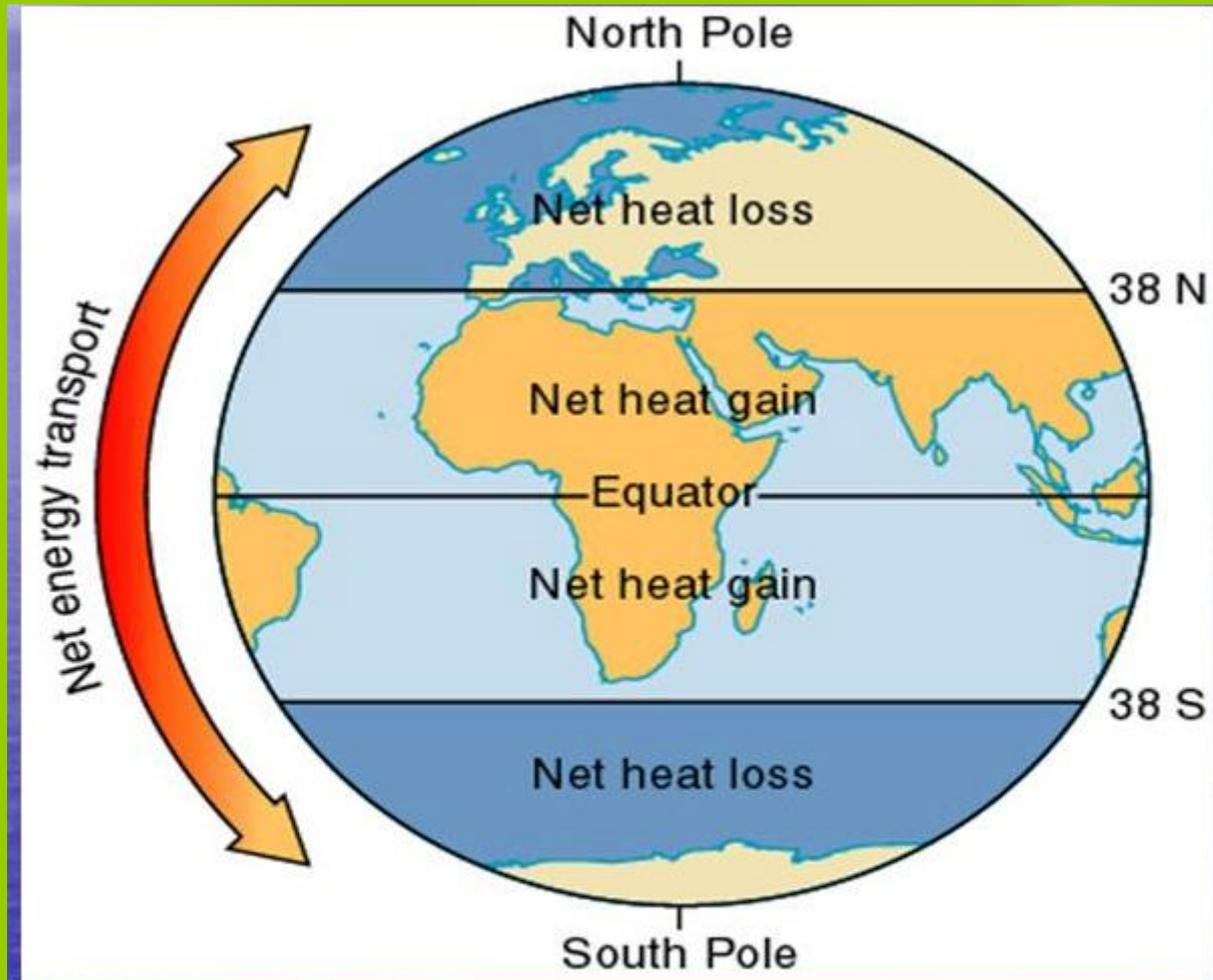
The temperature gradient across 10,000 km of the Pacific ocean at the equator

2. El volumen de agua profunda es mucho mayor que el volumen de agua superficial; y aunque las corrientes en el océano profundo son relativamente débiles, tienen transportes comparables a los transportes de superficie.



# TRANSPORTE DE CALOR EN LOS OCEANOS

Los océanos transportan calor de los trópicos a las altas latitudes. La circulación comienza cuando el agua fría y densa se hunde desde la superficie en latitudes altas. Se mueve desde estas regiones para llenar las cuencas oceánicas, y finalmente surge a través de la termoclina. Es esta corriente ascendente la que impulsa la circulación profunda.



- Heat is transferred from equator to poles
  - Atmosphere
  - Ocean currents

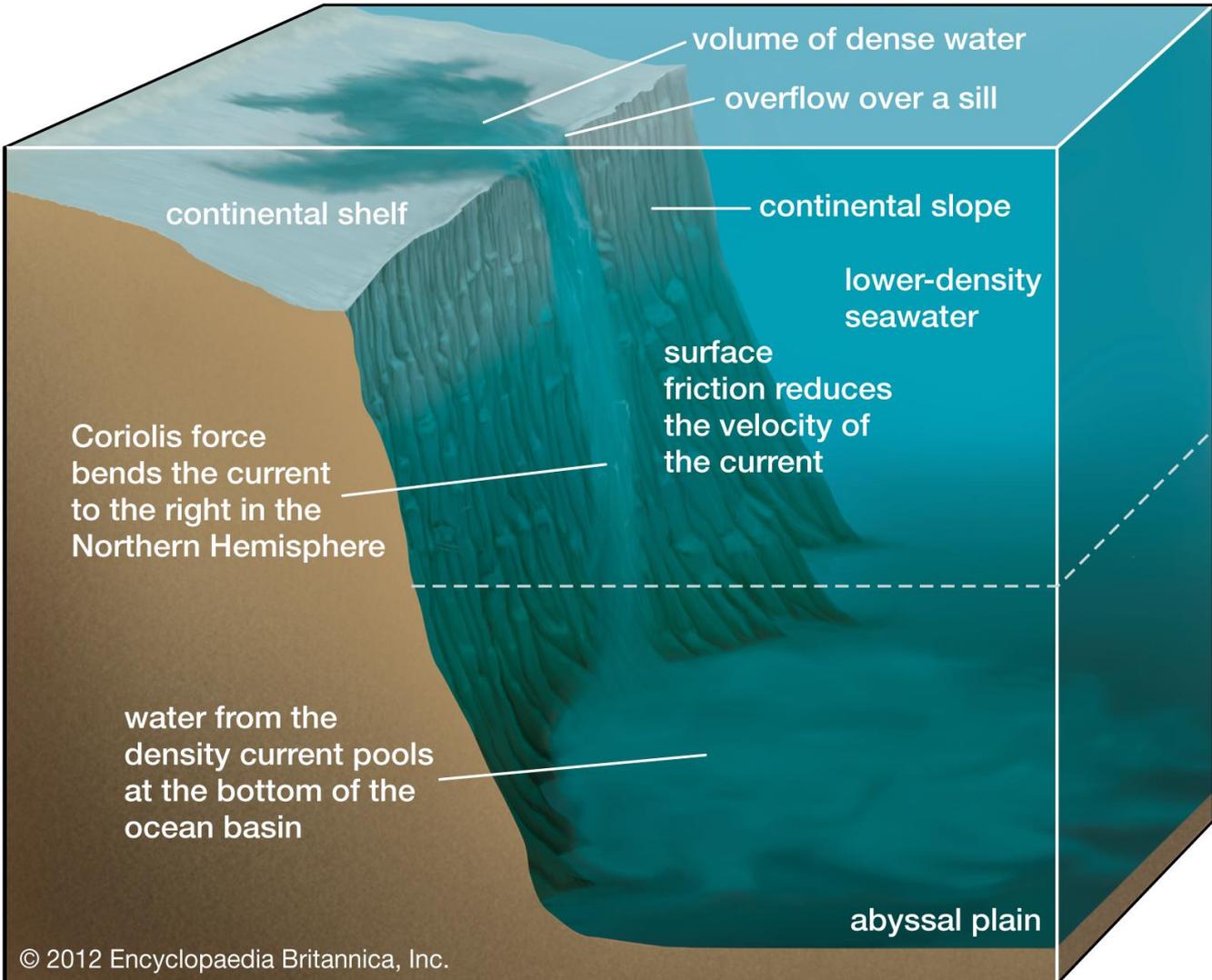
La corriente del Golfo lleva calor al Atlántico Norte. Allí el agua superficial libera calor a la atmósfera y el agua se vuelve lo suficientemente densa como para hundirse en los mares de Noruega y Groenlandia. Como se está agregando constantemente agua densa, comienza a moverse hacia lugares donde es menos densa.



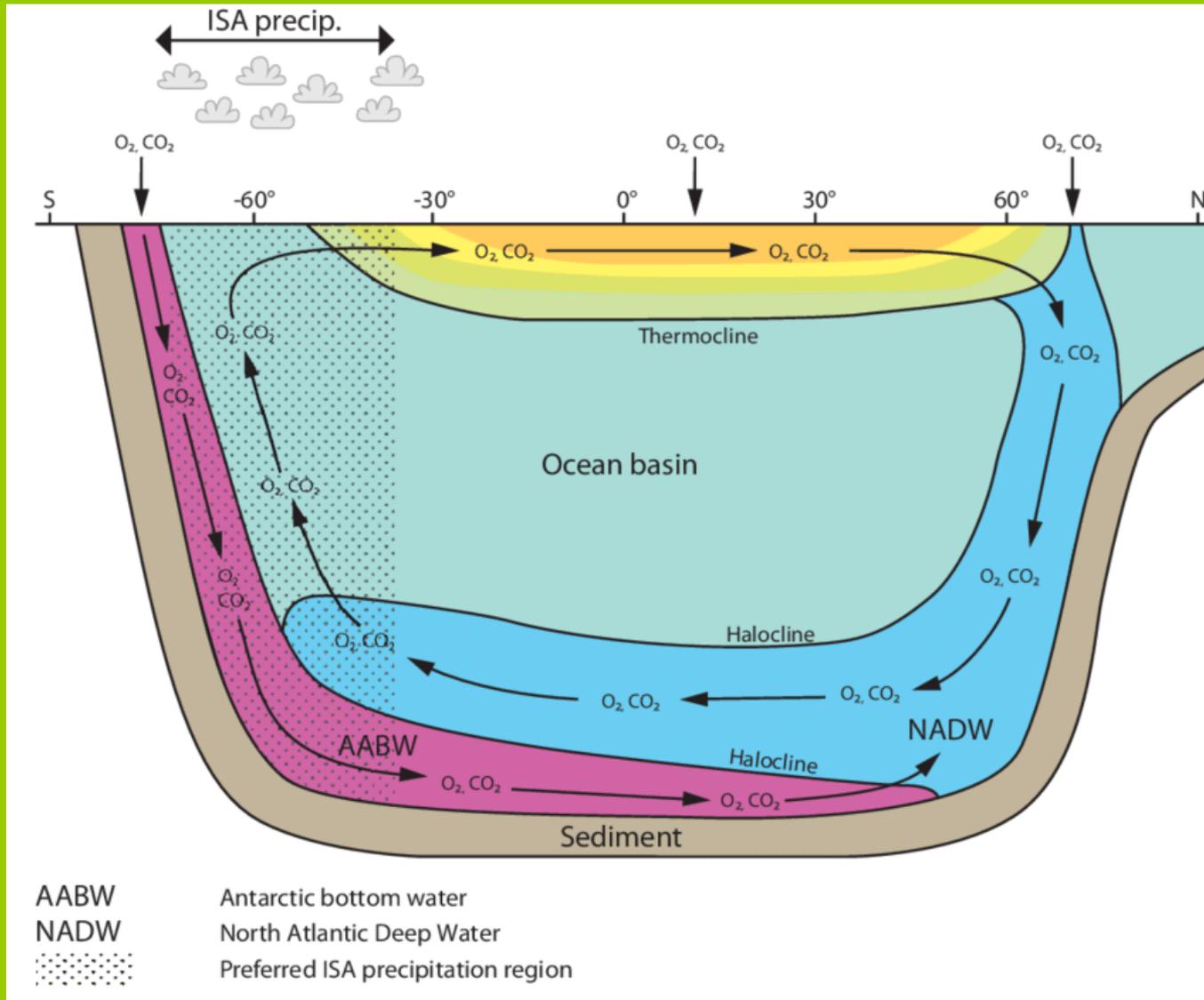
El agua más densa en la superficie del mar (lo suficientemente densa como para hundirse hasta el fondo) se forma cuando el aire helado sopla a través del océano en latitudes altas en invierno en el Atlántico entre Noruega y Groenlandia y cerca de la Antártida.

El viento enfría el agua. Si el viento es lo suficientemente frío, se forma hielo marino, lo que aumenta aún más la salinidad del agua porque el hielo expulsa las sales al formarse. El agua de fondo se produce solo en estas dos regiones

### Density current: seafloor descent



Las profundidades del océano están llenas de agua muy fría, mucho más fría que la temperatura promedio de  $\sim 17.5^\circ\text{C}$  de las aguas superficiales del océano. Este hallazgo, a su vez, indica que la mayor parte del agua de las cuencas oceánicas debe haberse originado en las latitudes polares, donde se enfrió al perder calor en el aire helado.

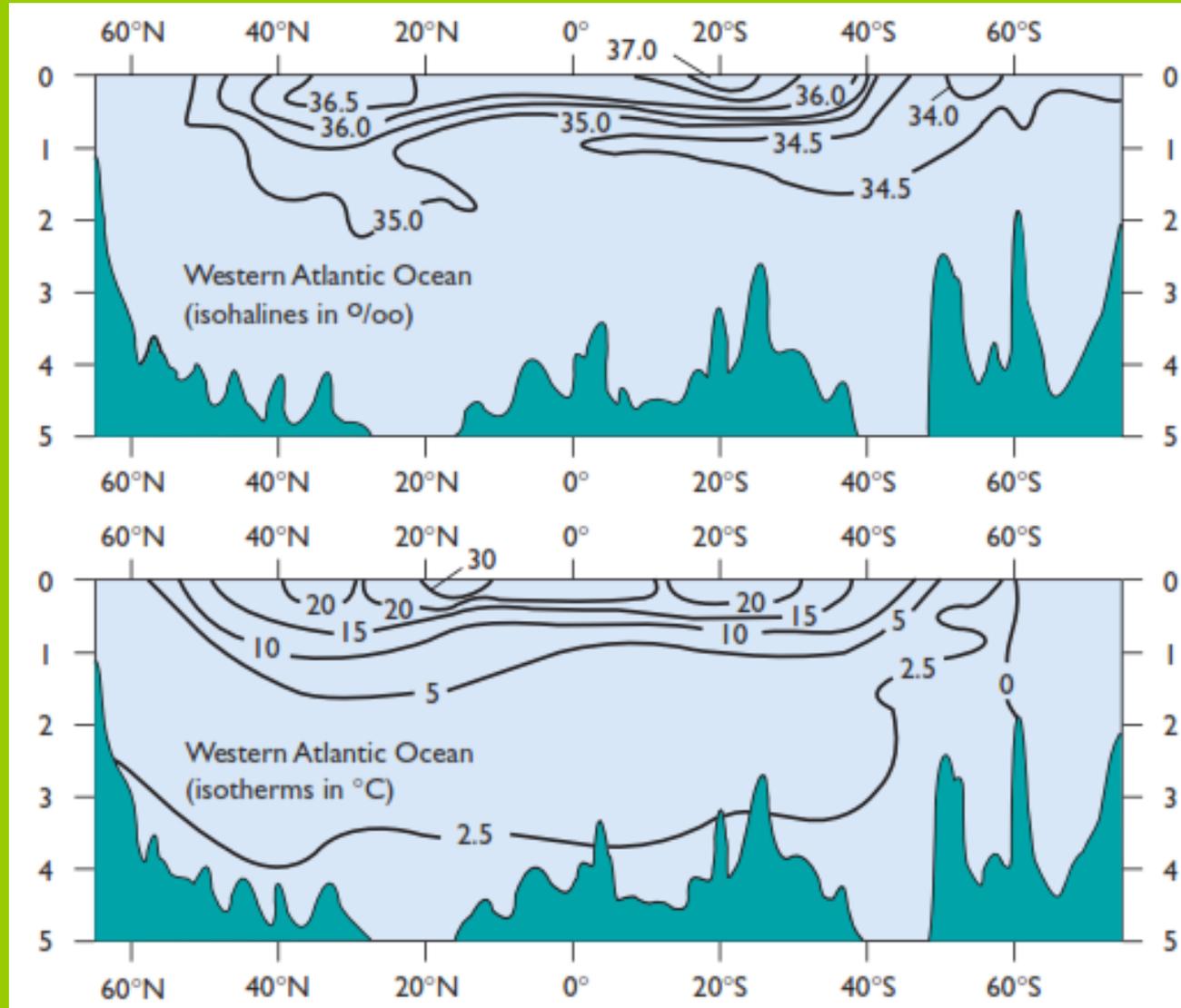


# MODELO GENERAL DE CIRCULACION TERMOHALINA

El agua que está a más de 10 ° C es una capa delgada desde el ecuador hacia latitudes 45° N y 45° S y verticalmente hasta la termoclina permanente. Esta agua es ligera y está mezclada por la circulación superficial.

El agua fría desciende de acuerdo a su densidad, deslizándose bajo agua menos densa y sobre agua más densa, y fluye horizontalmente.

Durante este viaje la mezcla se produce en sus bordes, modificando lentamente su temperatura y salinidad. Finalmente, estas llegan a la superficie (aprox 1,000 años).

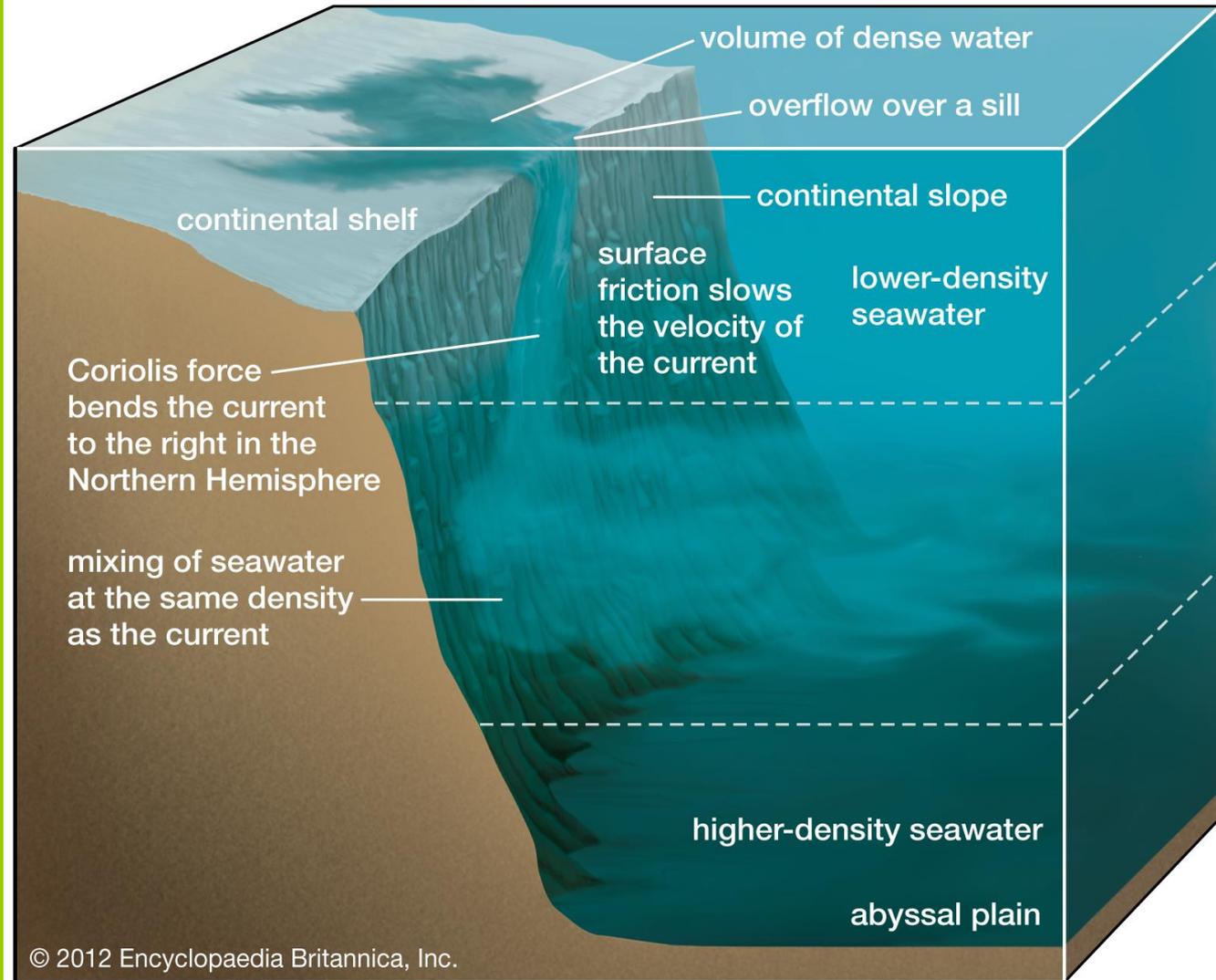


En latitudes medias y bajas, la densidad, incluso en invierno, es lo suficientemente baja como para que el agua no pueda hundirse más de unos cientos de metros en el océano.

La única excepción son algunos mares, como el Mediterráneo, donde la evaporación es tan grande que la salinidad es suficientemente elevada como para que el agua se hunda a profundidades intermedias.

Si estos mares pueden intercambiar agua con el océano abierto, las aguas formadas en invierno se extienden a profundidades intermedias en el océano.

### Density current: descent to a layer of equal density



Aguas superficiales más salinas forman agua más densa en invierno que agua menos salina. Al principio, se puede pensar que la temperatura también es importante, pero en latitudes altas el agua en todos los océanos se enfría lo suficiente como para congelarse. De esto, solo el más salado se hundirá, y el agua más salada se encuentra en el Atlántico y debajo del hielo en las plataformas continentales alrededor de la Antártida.



# OCEANO ATLANTICO

Las aguas profundas y de fondo del Océano Atlántico son frías y densas. Dos de estas MDA se crean en Antártida. Agua Antártica de Fondo (AABW), se produce en el mar de Weddell durante invierno (formación de hielo), el agua más densa en el océano mundial.

Debido a su muy alta densidad el AABW se hunde hasta el fondo de la cuenca del Atlántico y fluye hacia el norte, a través del ecuador y llega hasta el Atlántico Norte

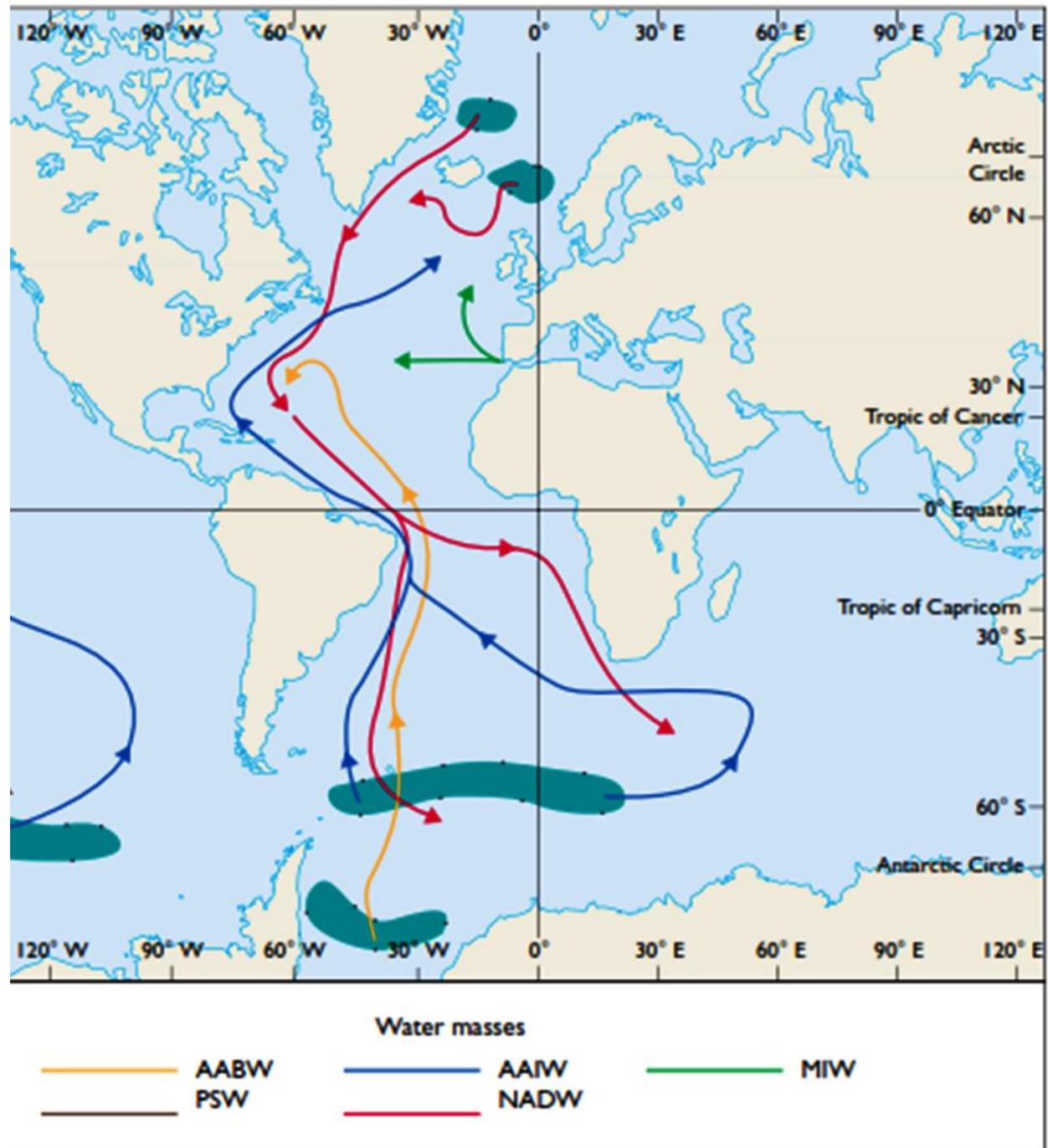


AABW (Agua Antártica de Fondo)

AAIW (Agua Antártica Intermedia)

NADW (Agua Profunda del Atlántico Norte)

MIW (Agua Intermedia del Mediterraneo)



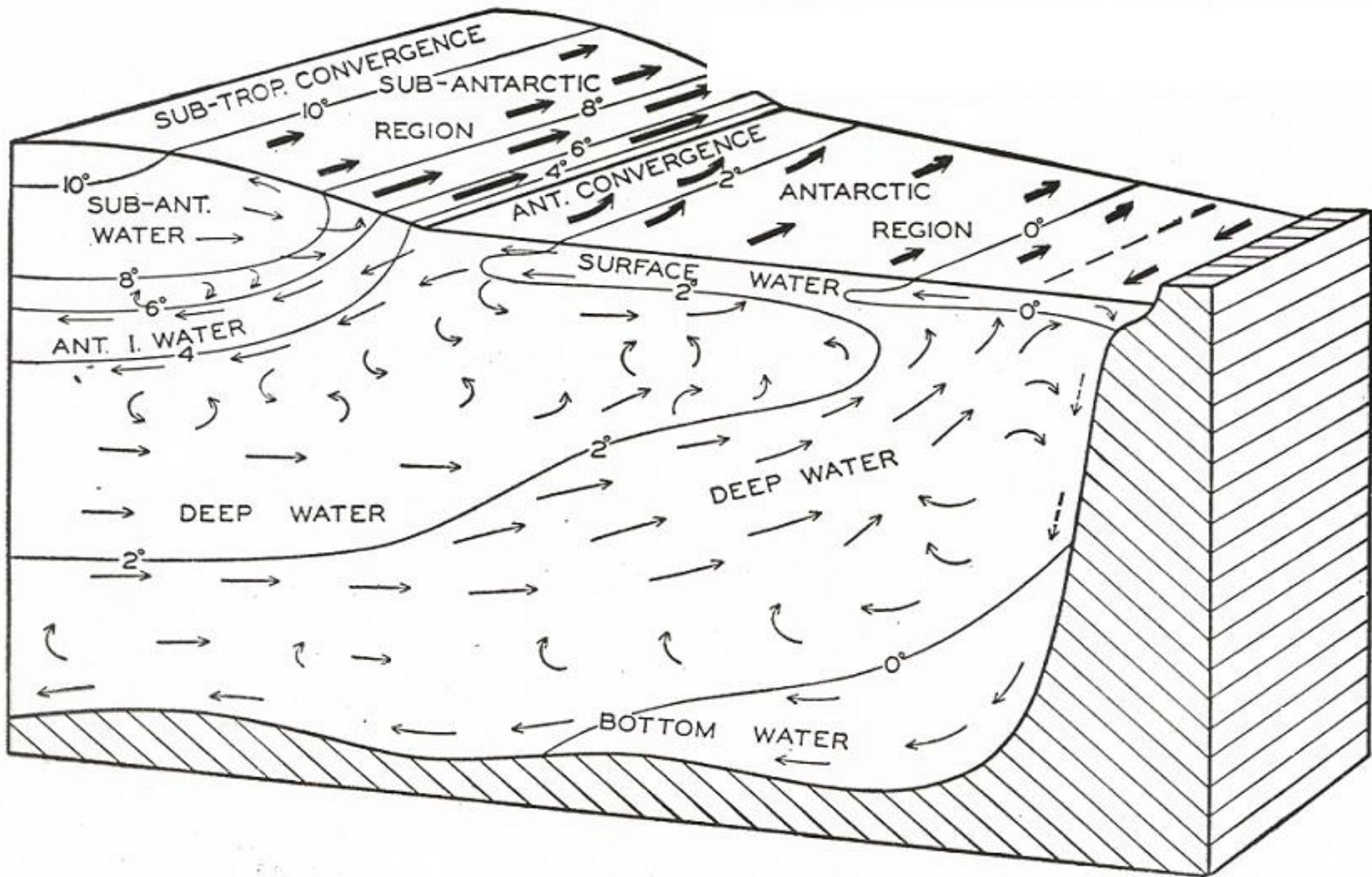
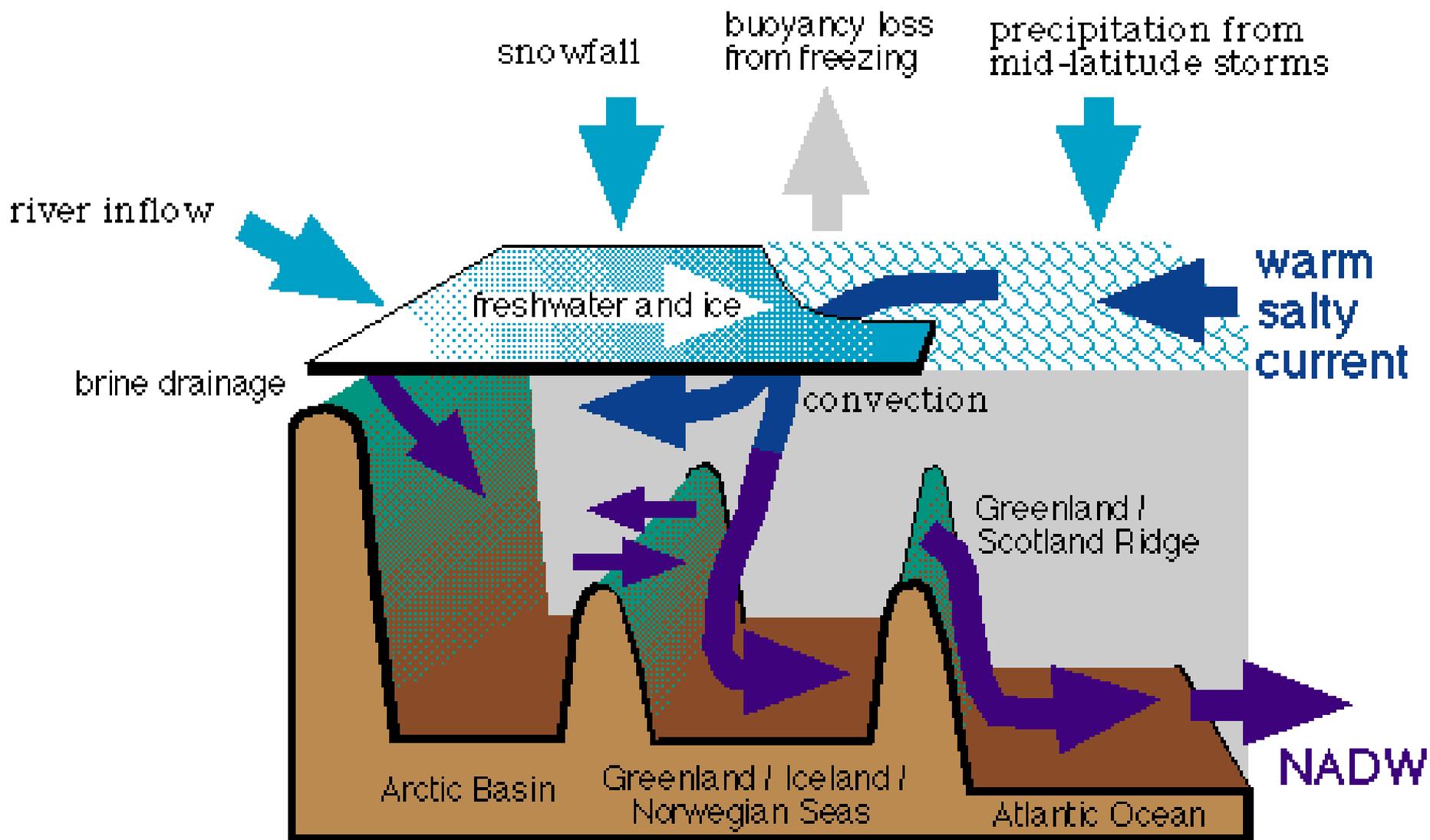


Fig. Schematic representation of the currents and water masses of the Antarctic regions and of the distribution of temperature.



# OCEANO PACIFICO

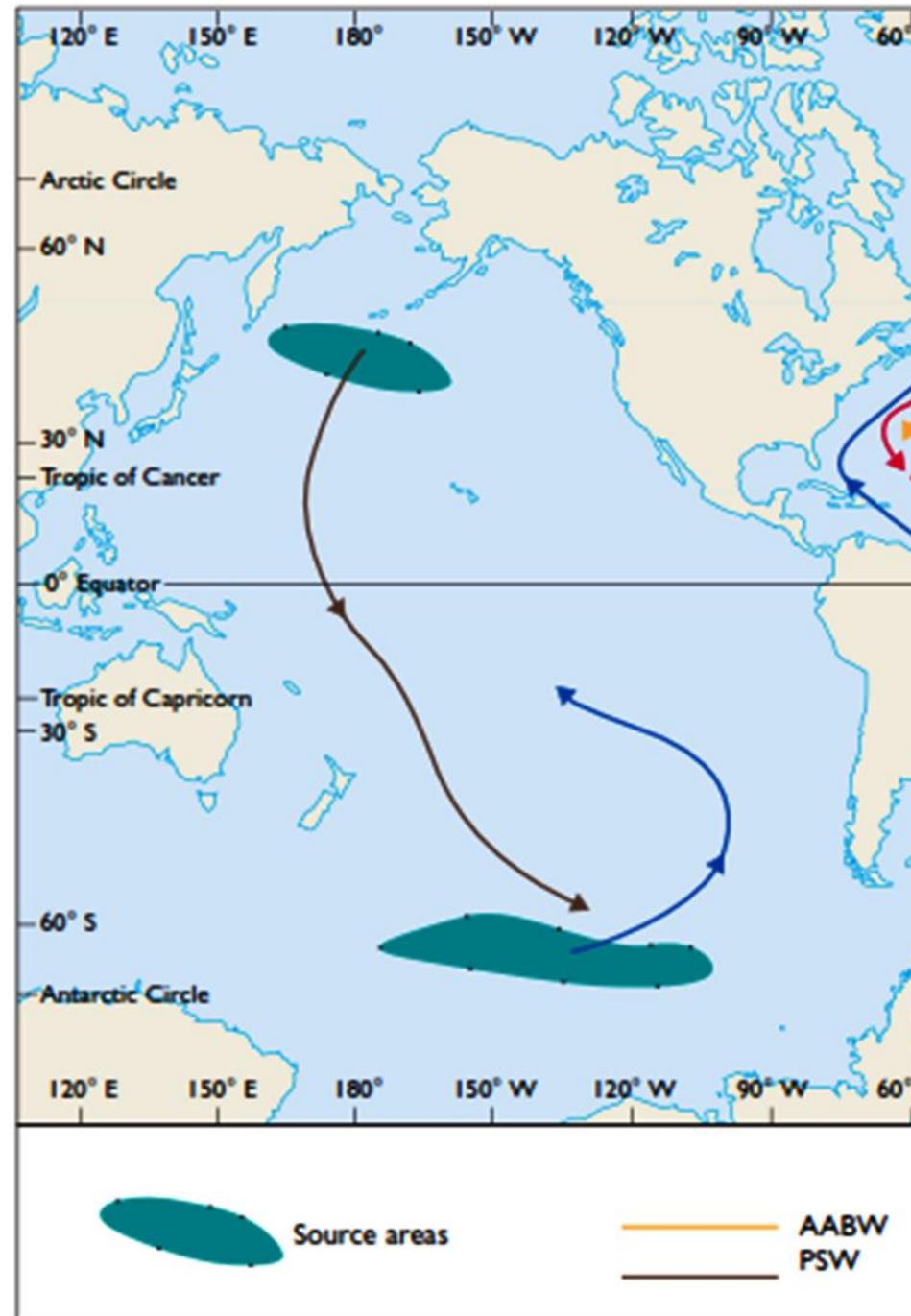
El estrecho de Bering poco profundo que se extiende entre Asia y América del Norte previenen gran parte de flujo de agua fría y profunda desde la región ártica. La columna de agua del Océano Pacífico tiende a tener una capa fina, particularmente por debajo de los 2.000 metros, donde la temperatura y la salinidad son uniformes. Esto significa que los contrastes de densidad entre las masas de agua son leves, impartiendo una circulación lenta a través de las partes más profundas del Océano Pacífico.



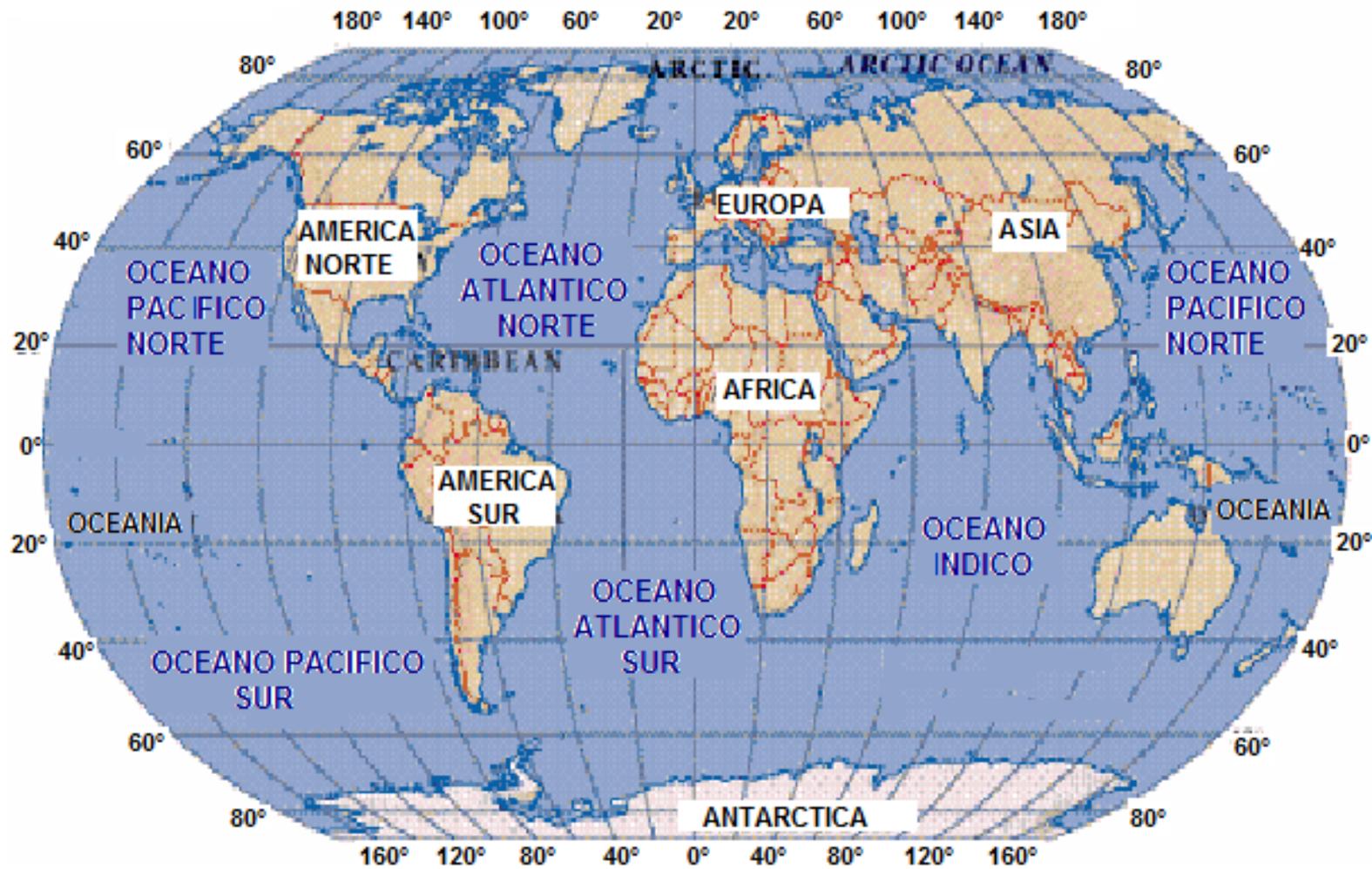
AABW (Agua Antártica de Fondo)

PSW (Agua Subártica del Pacífico)

NADW (Agua Profunda del Atlántico Norte)



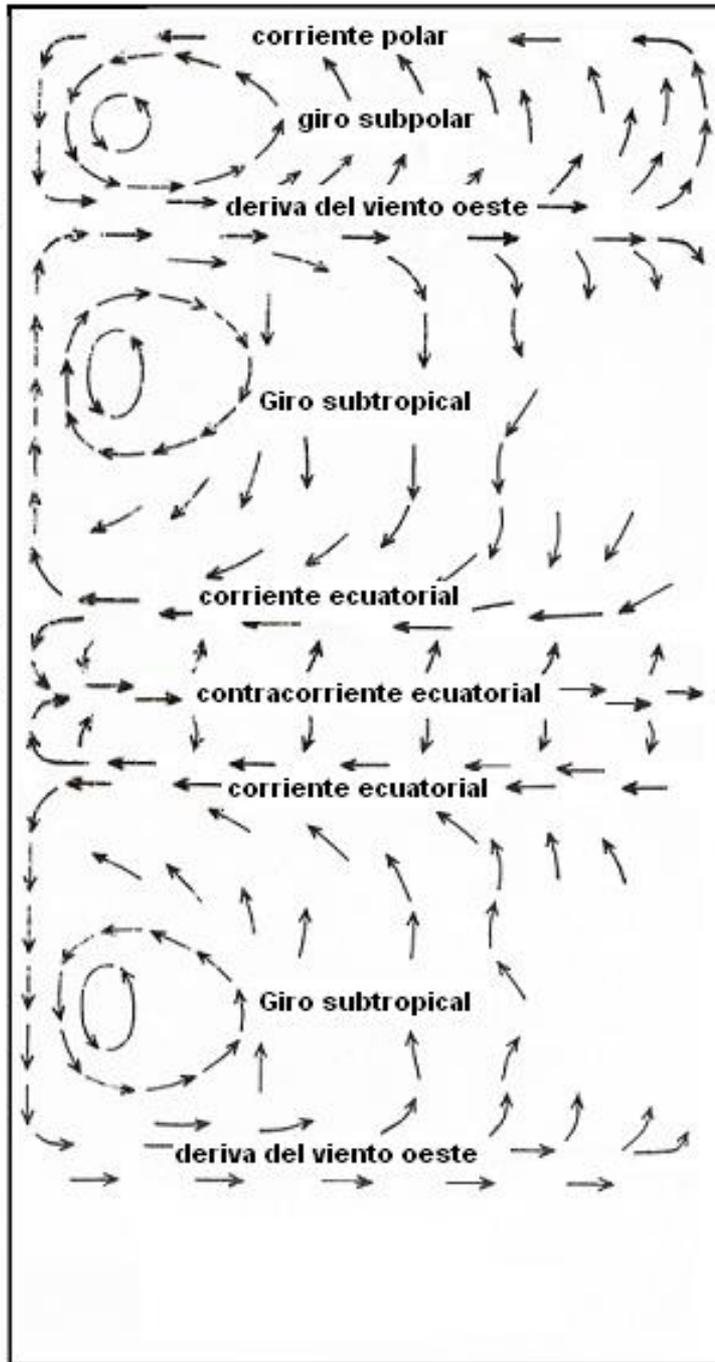
# OCEANOS

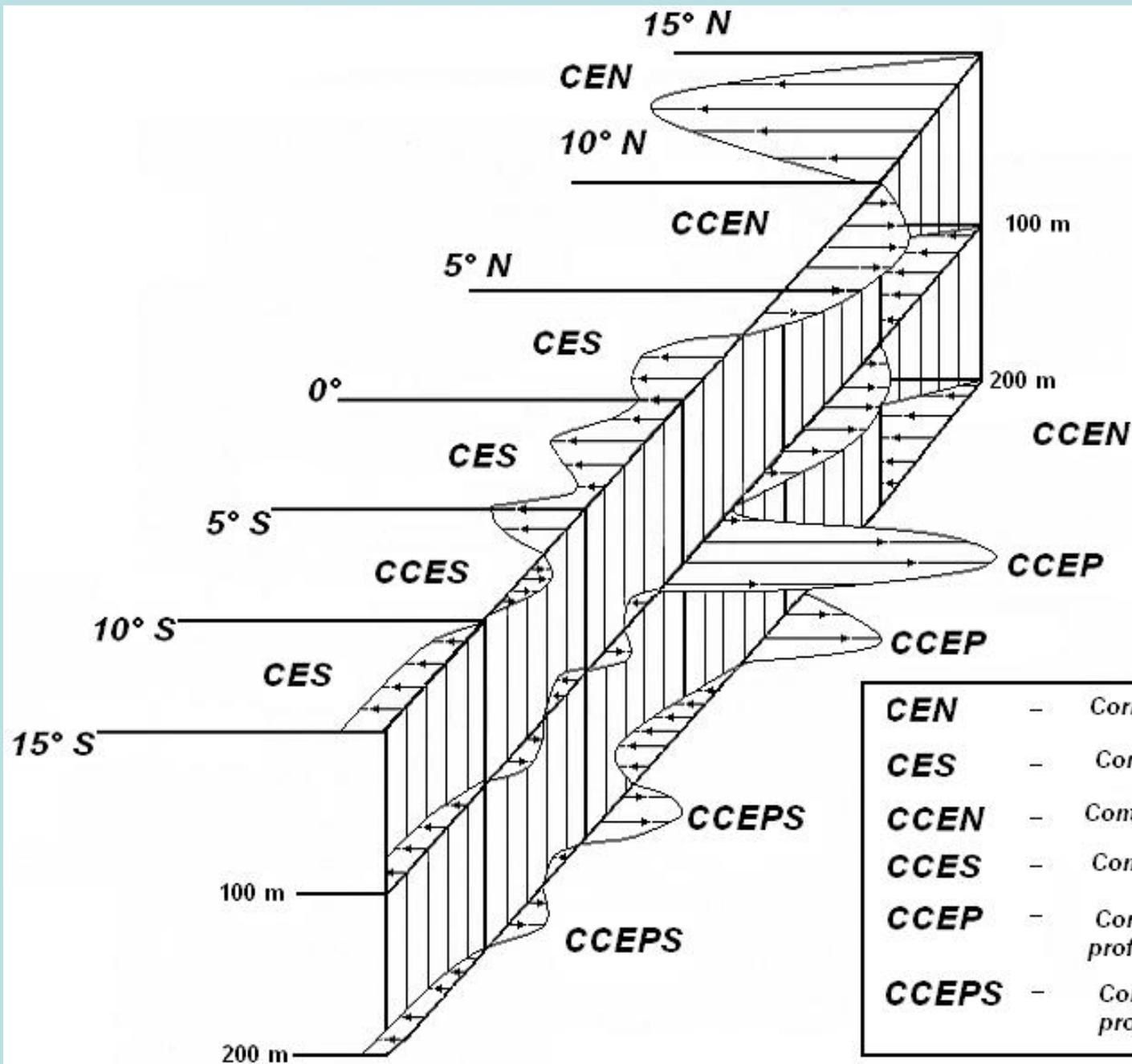


# VIENTOS



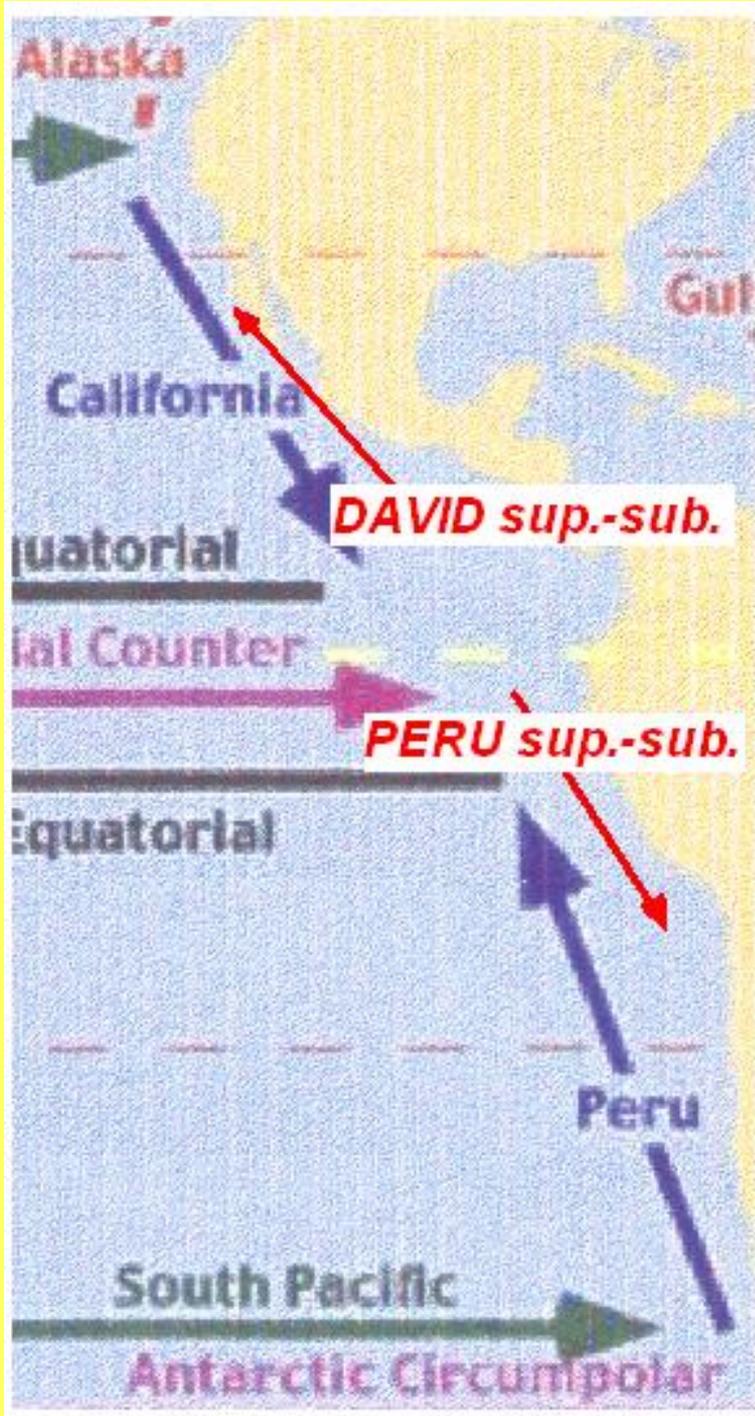
# CORRIENTES





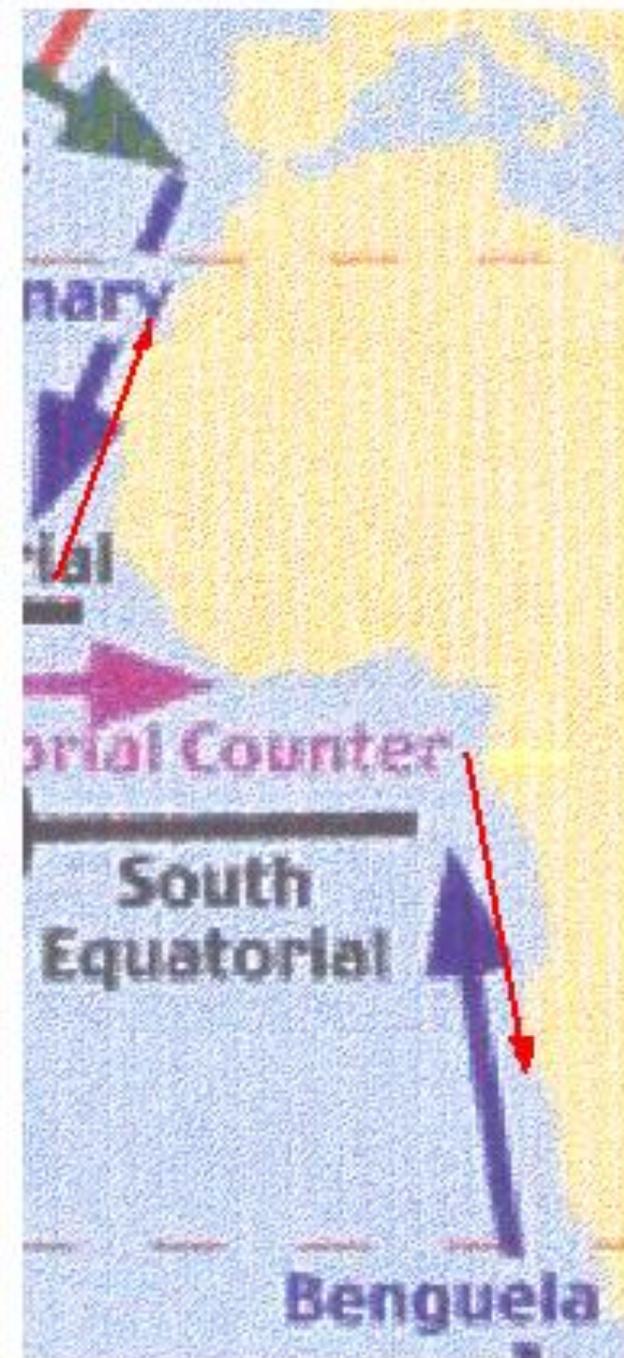
- |              |   |  |
|--------------|---|--|
| <b>CEN</b>   | - | <i>Corriente ecuatorial norte</i>              |
| <b>CES</b>   | - | <i>Corriente ecuatorial sur</i>                |
| <b>CCEN</b>  | - | <i>Contracorriente ecuatorial norte</i>        |
| <b>CCES</b>  | - | <i>Contracorriente ecuatorial sur</i>          |
| <b>CCEP</b>  | - | <i>Contracorriente ecuatorial profundo</i>     |
| <b>CCEPS</b> | - | <i>Contracorriente ecuatorial profundo sur</i> |

# Contracorrientes de las surgencias en Océano Pacífico



Contracorriente **DAVID** superficie  
y subsuperficie **verano** : junio-agosto

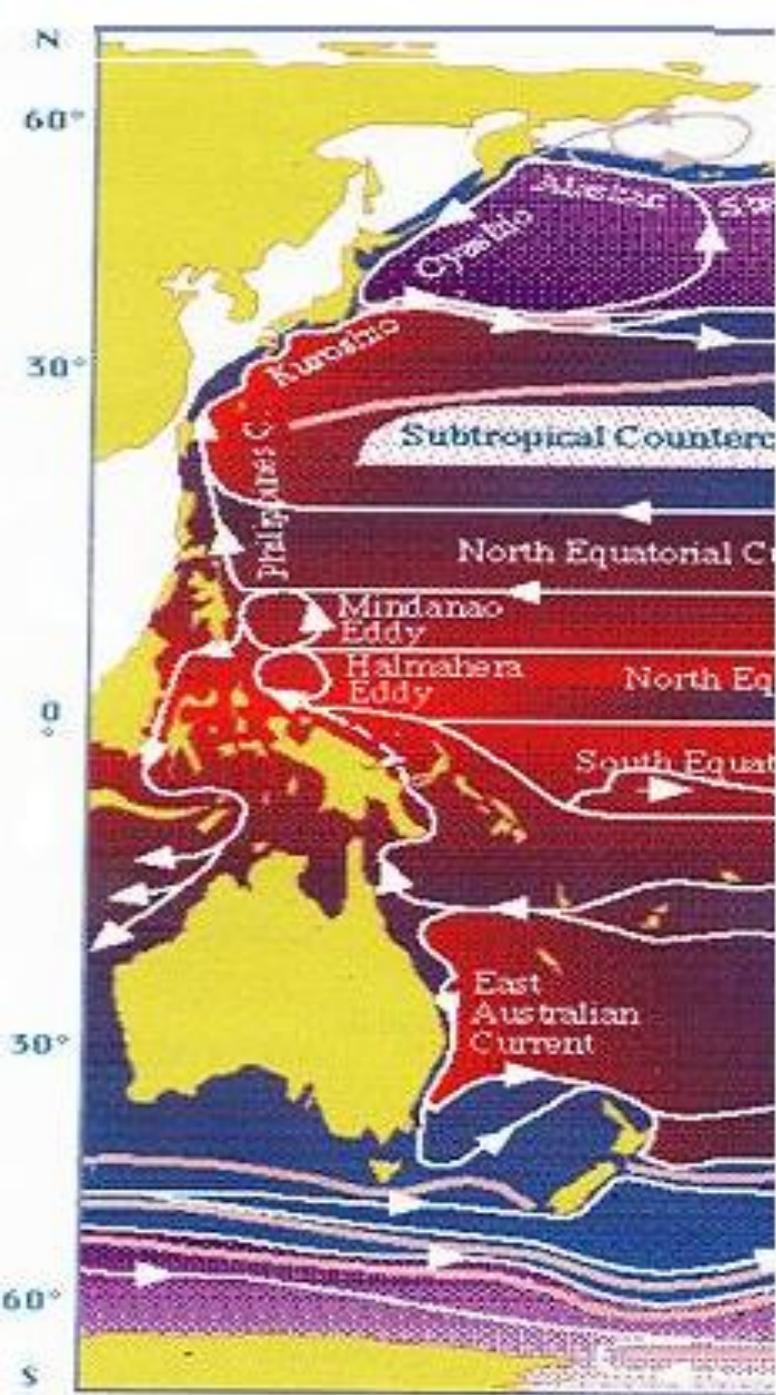
Contracorriente **PERU** superficie  
y subsuperficie **verano** : diciembre - febrero



Contracorriente **MARRUECOS** superficie  
y subsuperficie **verano** : junio-agosto

Contracorriente **ANGOLA** superficie  
y subsuperficie **verano** : diciembre - febrero

## Contracorrientes de las surgencias en Océano Atlántico



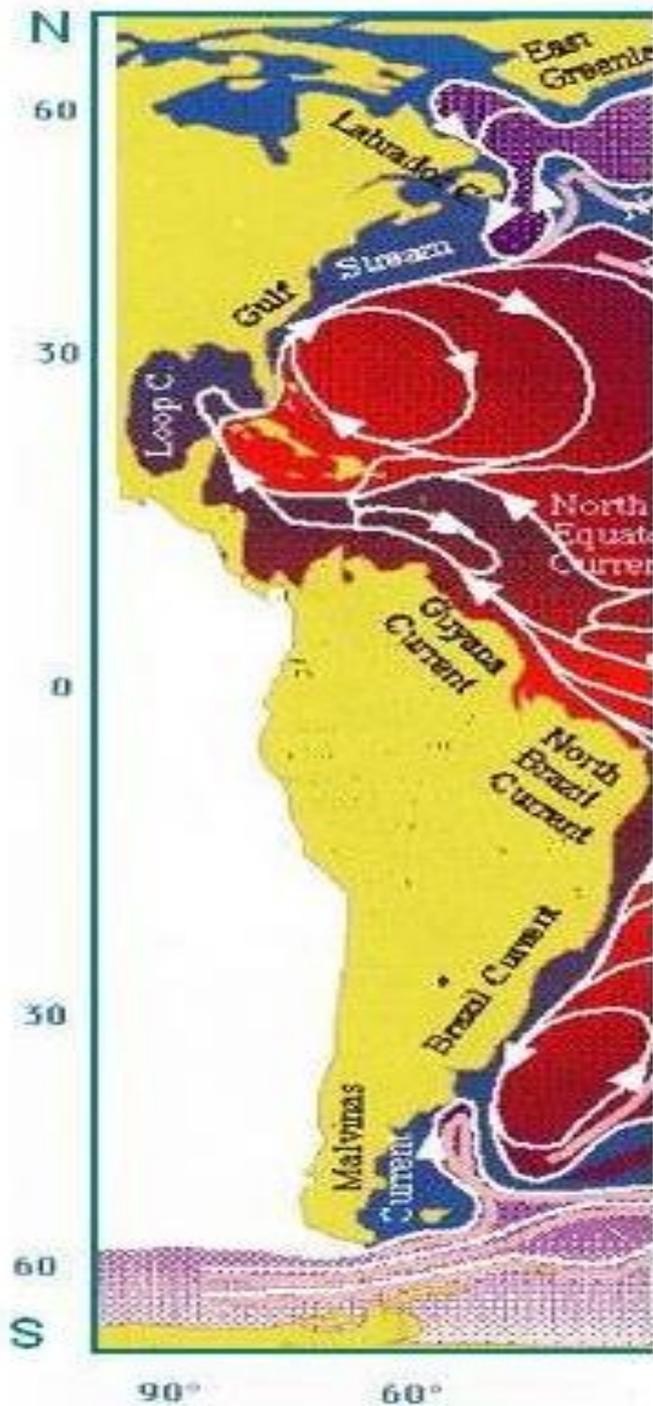
Contracorrientes : **KUROSHIO**

– **OYASHIO**

Contracorrientes  
circuncontinental en  
Océano Pacífico

Contracorrientes : **AUSTRALIA  
ESTE**

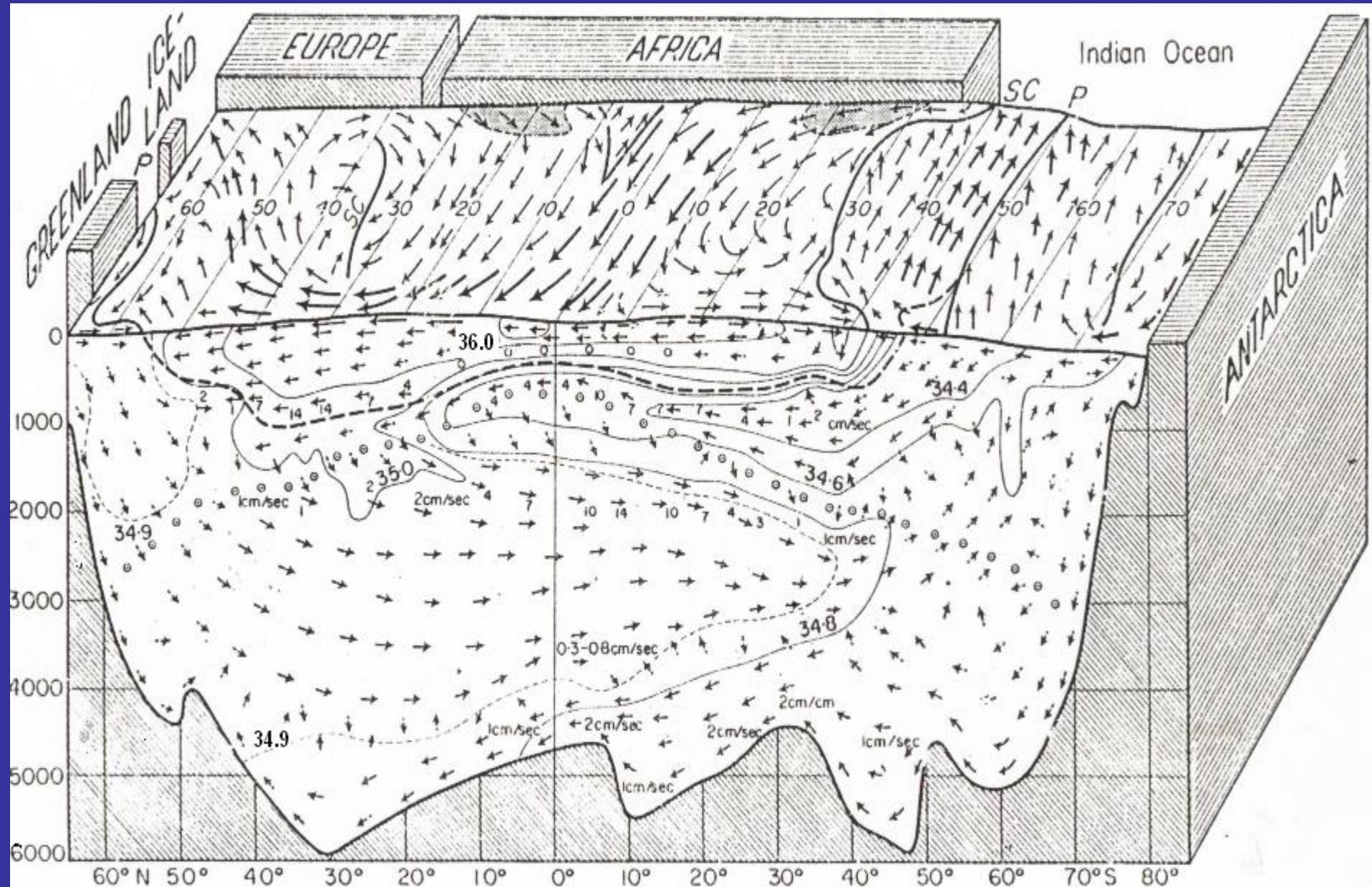
– **CIRCUMPOLAR**



Contracorrientes : **GOLFSTRIM**  
 — **LABRADOR**

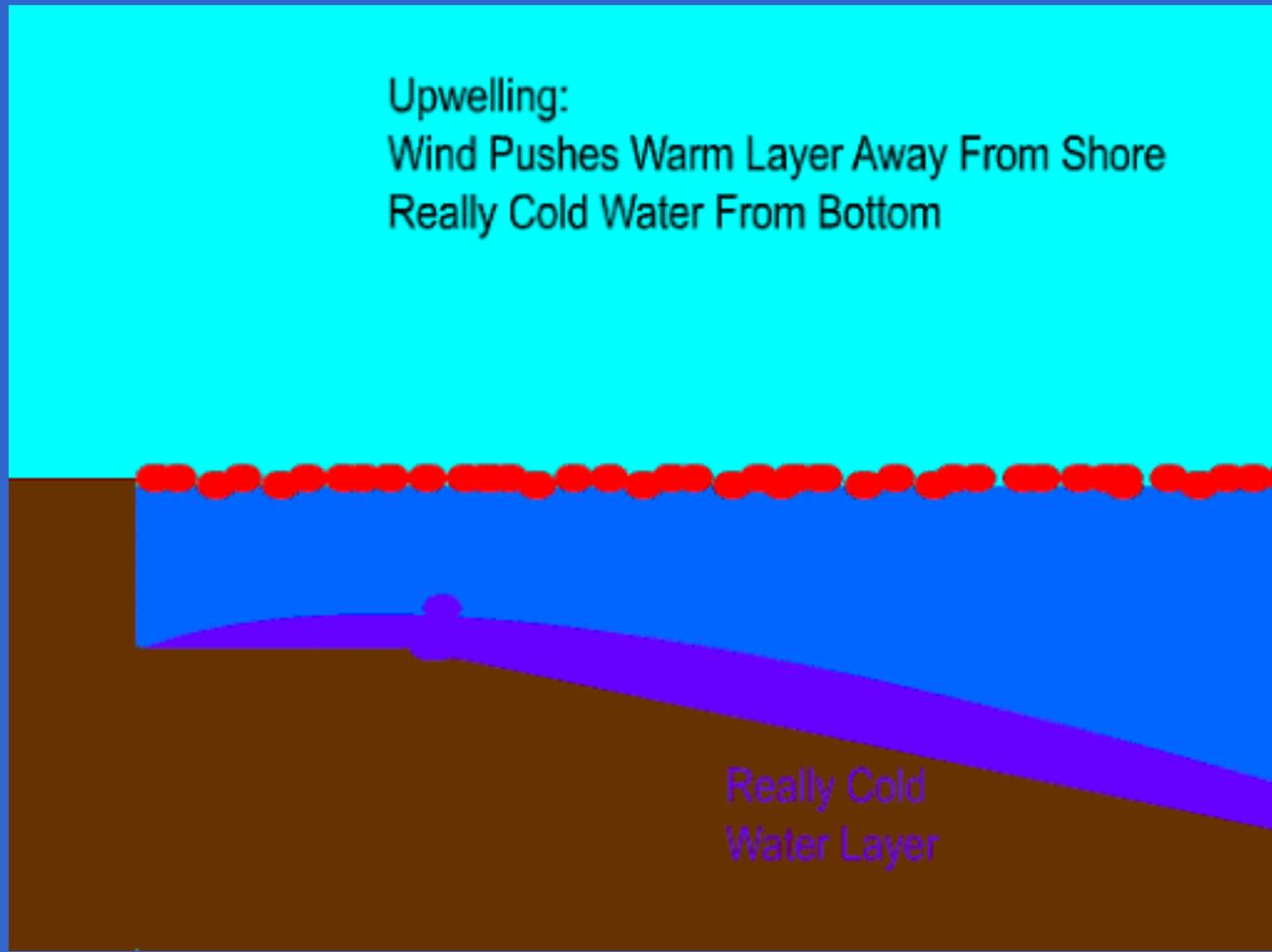
Contracorrientes : **BRASIL**  
 — **CIRCUMPOLAR - MALVINAS**

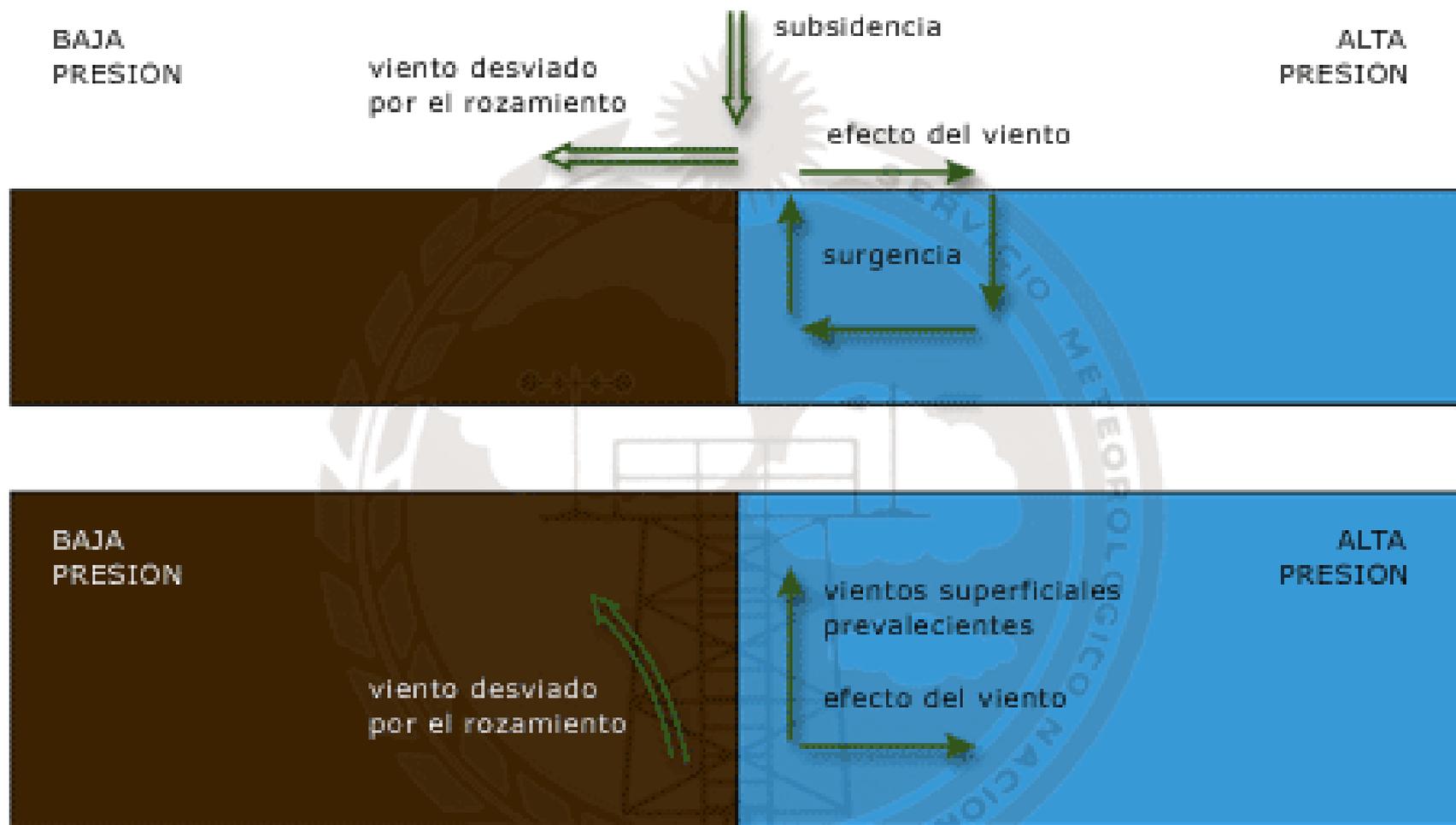
Contracorrientes  
 circuncontinental en  
 Océano Atlántico



Schematic block-diagram of the surface currents and of the deep sea circulation of the Atlantic Ocean (according to Wüst).

- **Fenómeno de surgencia oceánica**
- La surgencia oceánica “upwelling”, es el movimiento ascendente de las aguas subsuperficiales. Varios procesos pueden provocarla, pero el más importante es la acción del viento sobre la superficie del mar. El viento actúa sobre toda la superficie por un contacto de rozamiento.

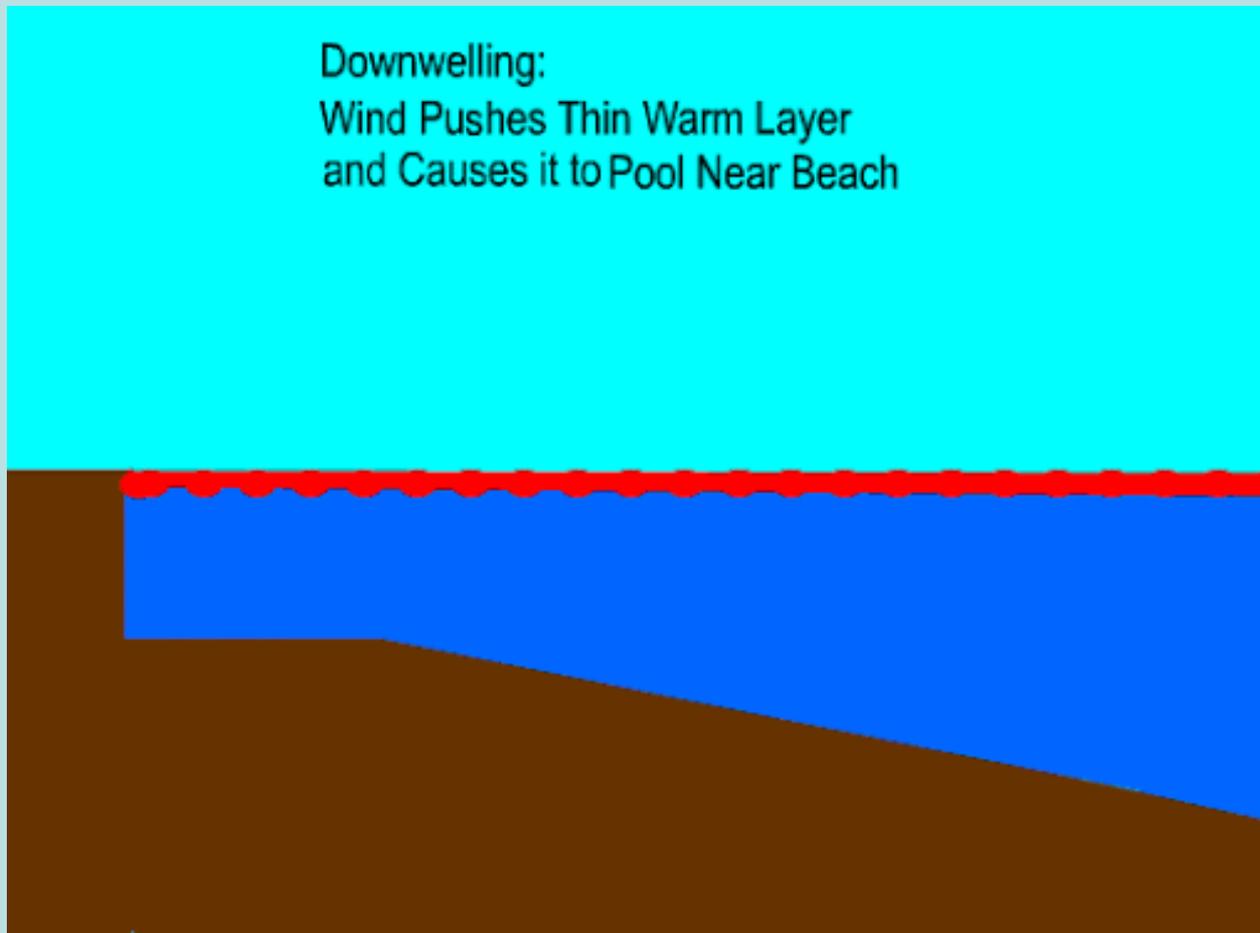




**FIGURA .4** Diagrama esquemático con la tierra a la izquierda y el mar a la derecha, indicando los efectos del viento que sopla paralelamente a la costa de un continente del Hemisferio Norte durante el verano.  
 (Arriba) Sección transversal con viento superficial que sopla hacia el papel.  
 (Abajo) Vista en planta. desarrollo de tormentas como consecuencia del ascenso orográfico.

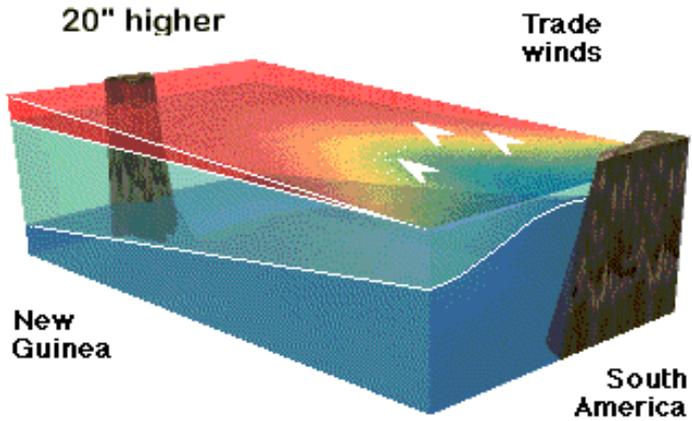
El arrastre del viento en la superficie del mar no sólo causa un movimiento horizontal en el agua, sino que también genera movimientos verticales. Cuando la tracción del viento o de los vientos en determinada región produce una divergencia en la superficie del agua, otra agua más profunda debe ascender para ocupar el lugar de la desplazada ; hablamos de un afloramiento, uno de los tipos de los que se trató en relación con la temperatura.

Contrariamente, cuando hay una convergencia de cuerpos de agua en superficie, debe producirse en algún momento un descenso de agua, ya que ésta no puede acumularse indefinidamente en la zona de convergencia; tiene lugar entonces un hundimiento .

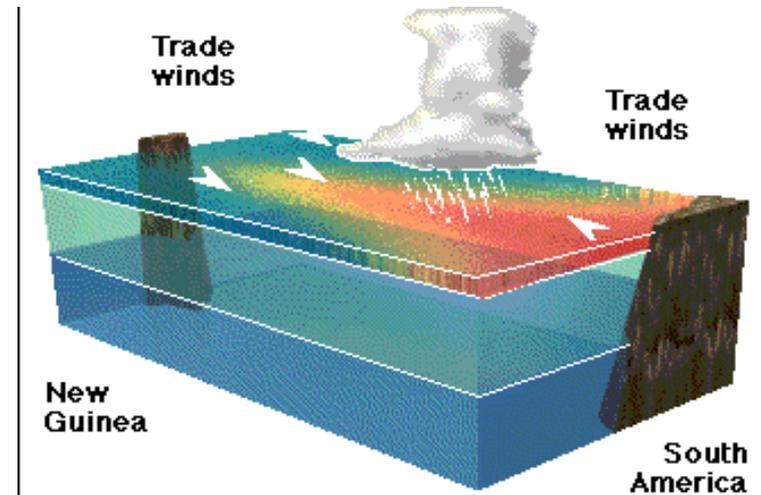
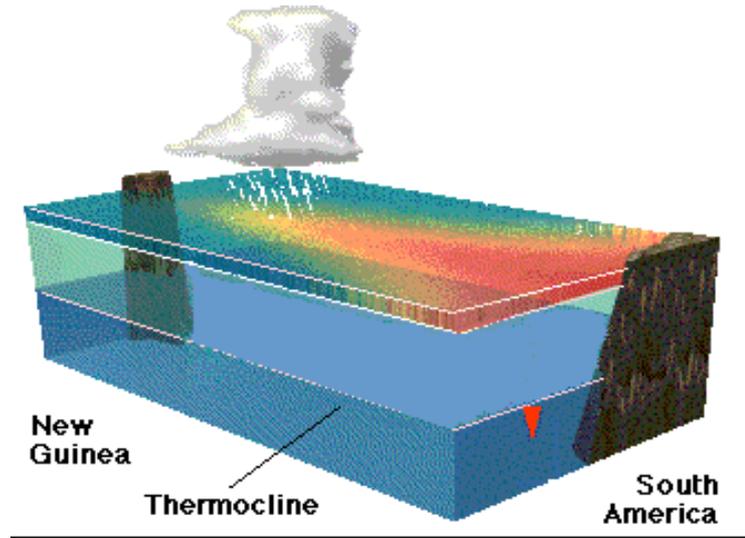
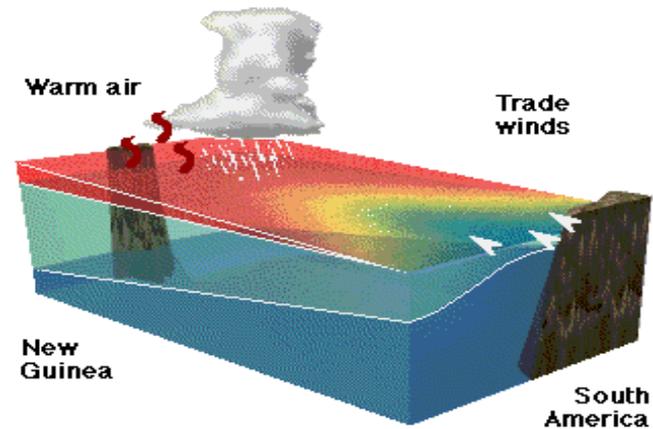
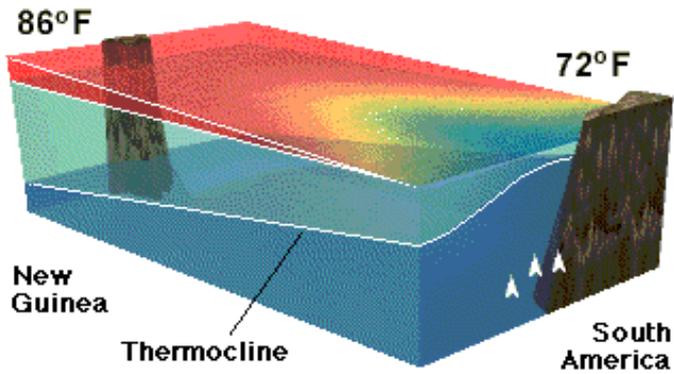


- **Fenómeno “El Niño”**
- El niño es el término usado por los pescadores peruanos para nombrar un fenómeno, que consiste en el aumento de la temperatura superficial del océano, sobre el Pacífico ecuatorial oeste.
- Según estudios realizados hasta el momento, el origen podría ser una alteración en el signo de la diferencia de la presión atmosférica, entre Tahití (Polinesia), y Darwin (Australia).
- El calor extra, que las aguas cálidas del océano ceden a las capas más bajas de la atmósfera, modifica el modo de los esquemas de la circulación atmosférica.
- Las condiciones que prevalecen en el océano Pacífico, pueden estar asociadas con anomalías climáticas a gran escala, que provocan impactos sobre la economía.

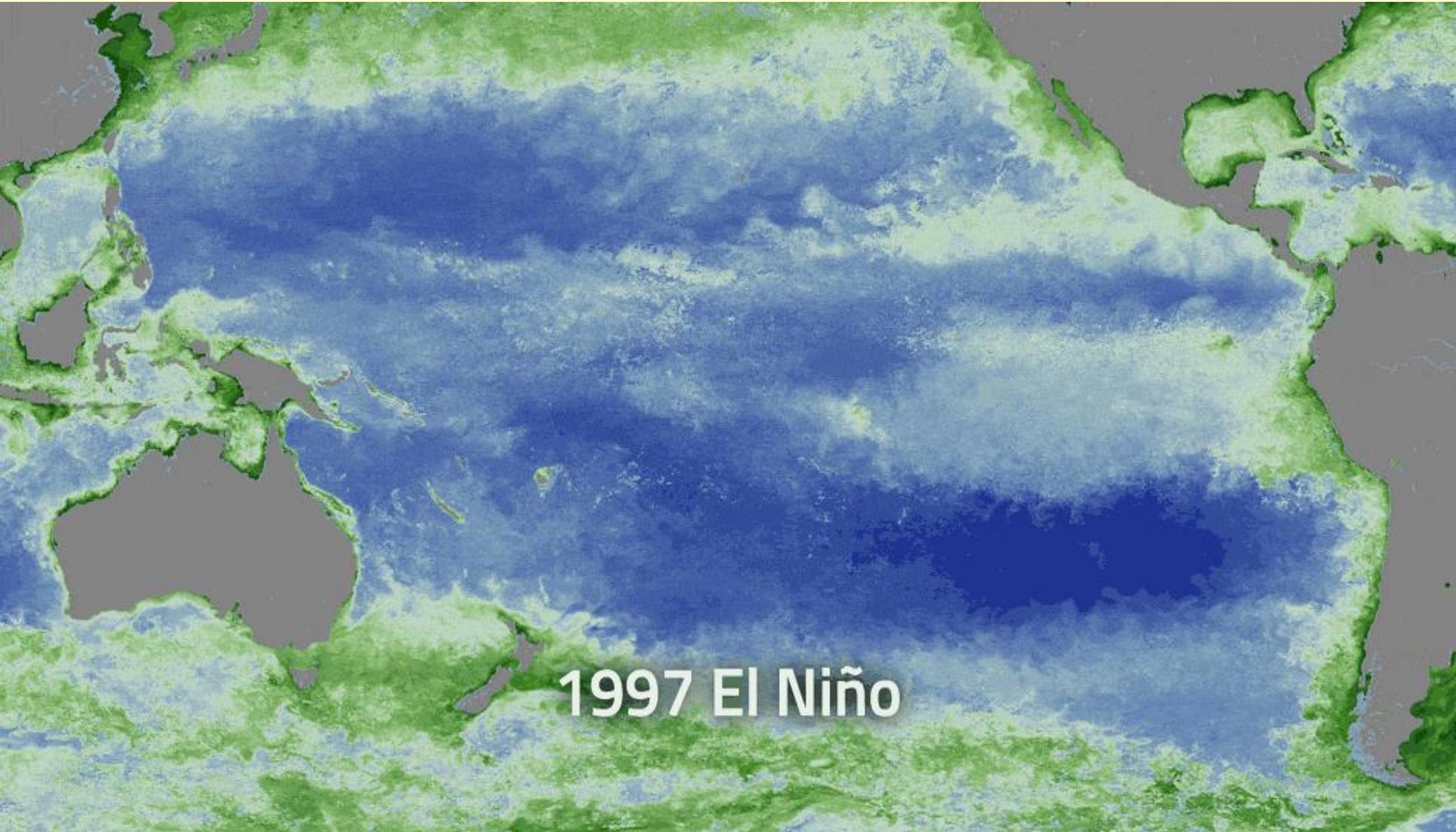
# Condiciones normales

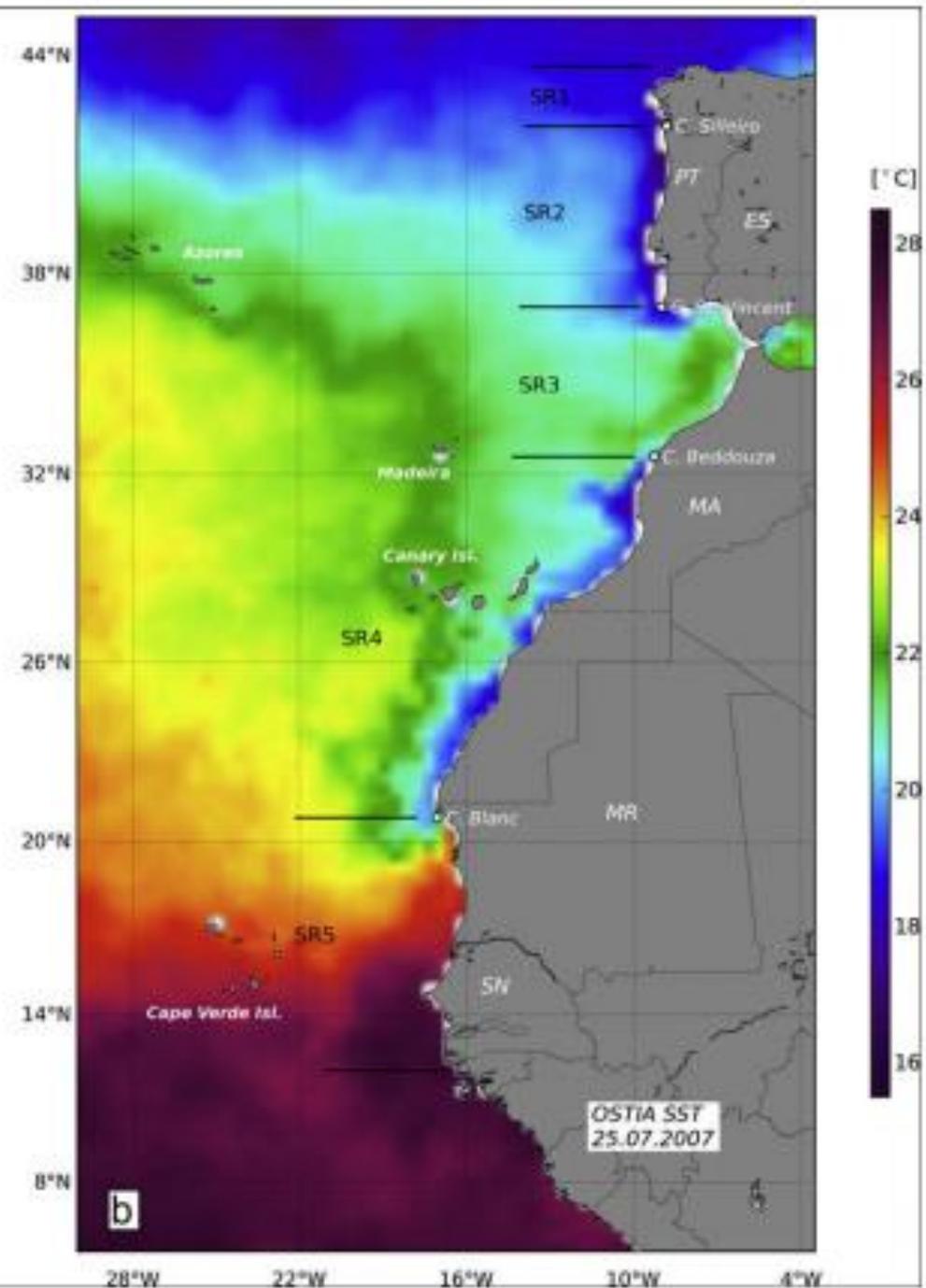
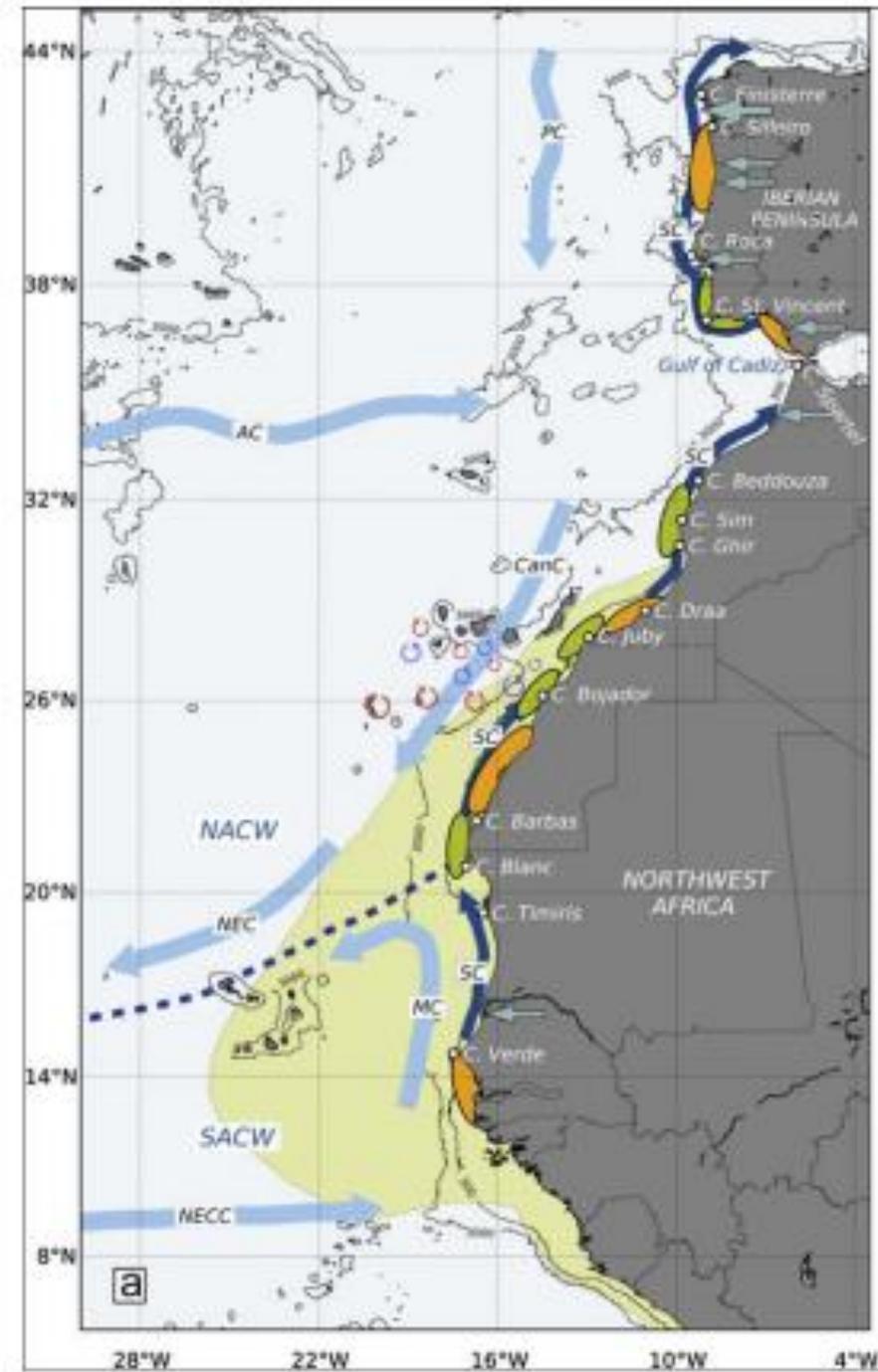


# Condiciones de el niño



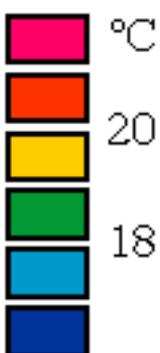
# Las surgencias en Océano Pacífico: California y Perú-Chili





# Coastal Upwelling in the Canary Current

temperature



velocity

