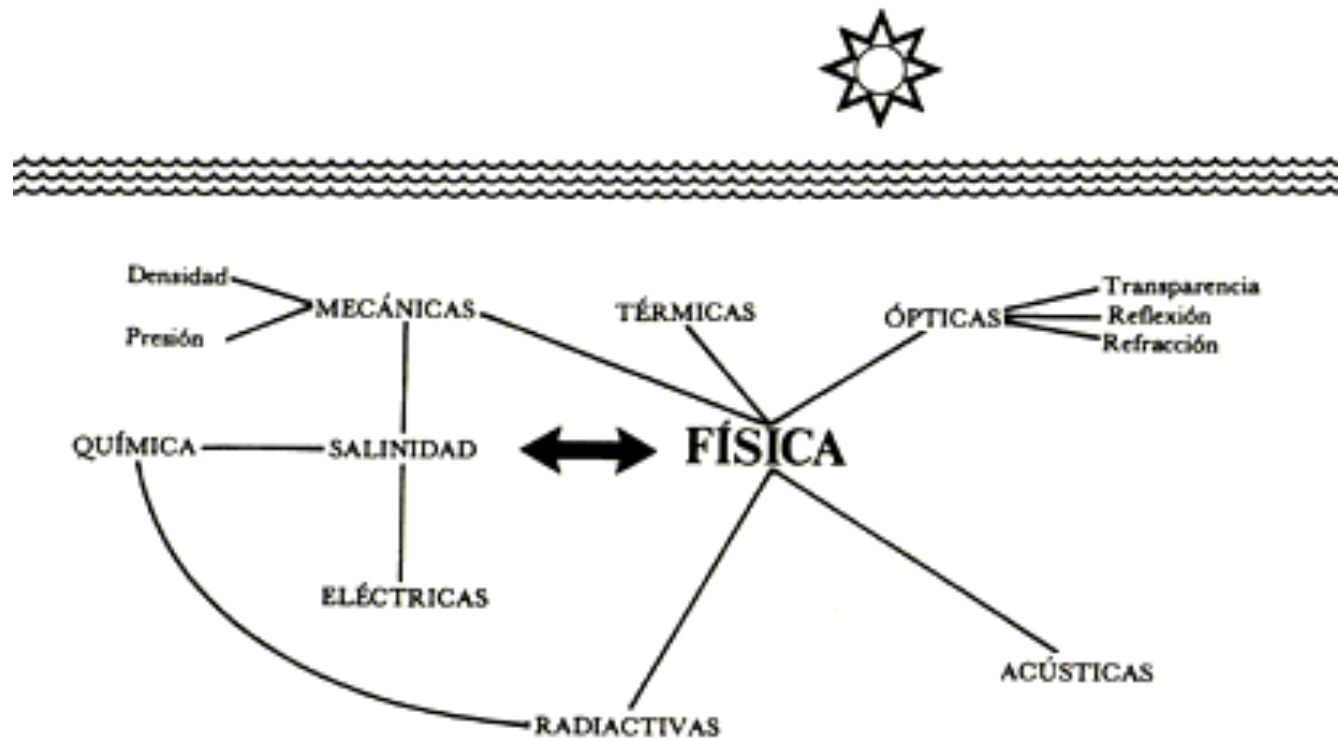


III. Estructura de las masas de agua en el océano

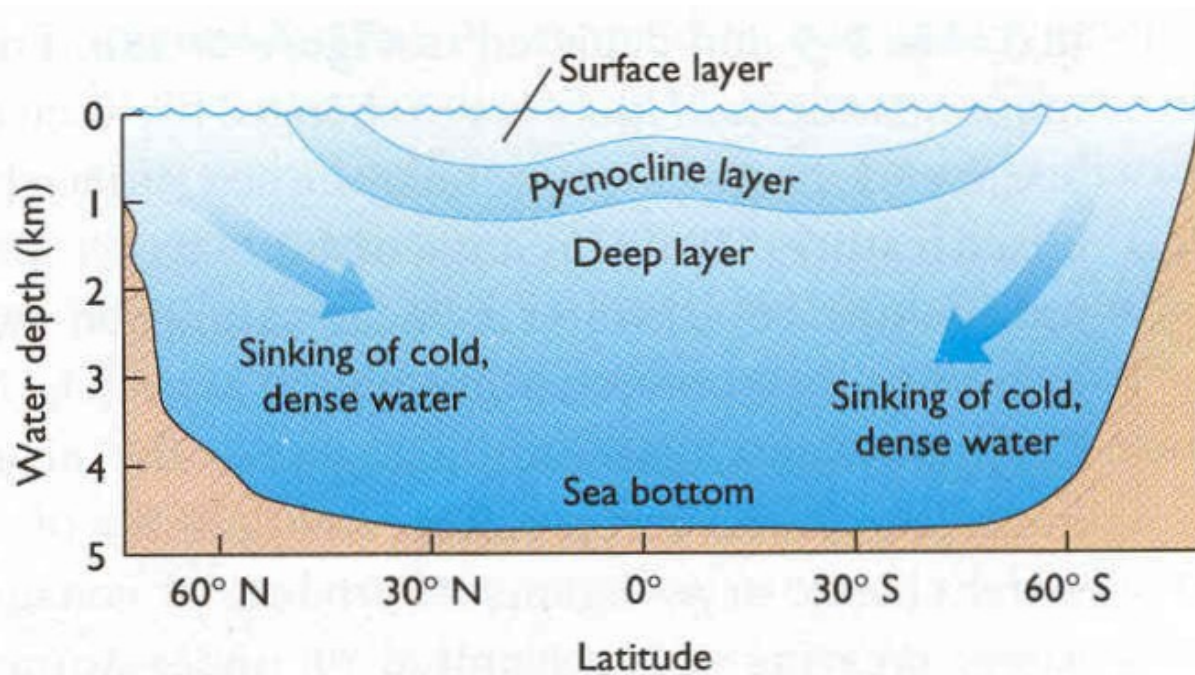
En el siguiente esquema se presentan de manera generalizada algunas de las propiedades físicas del océano:



ESTRUCTURA FÍSICA DE LOS OCÉANOS

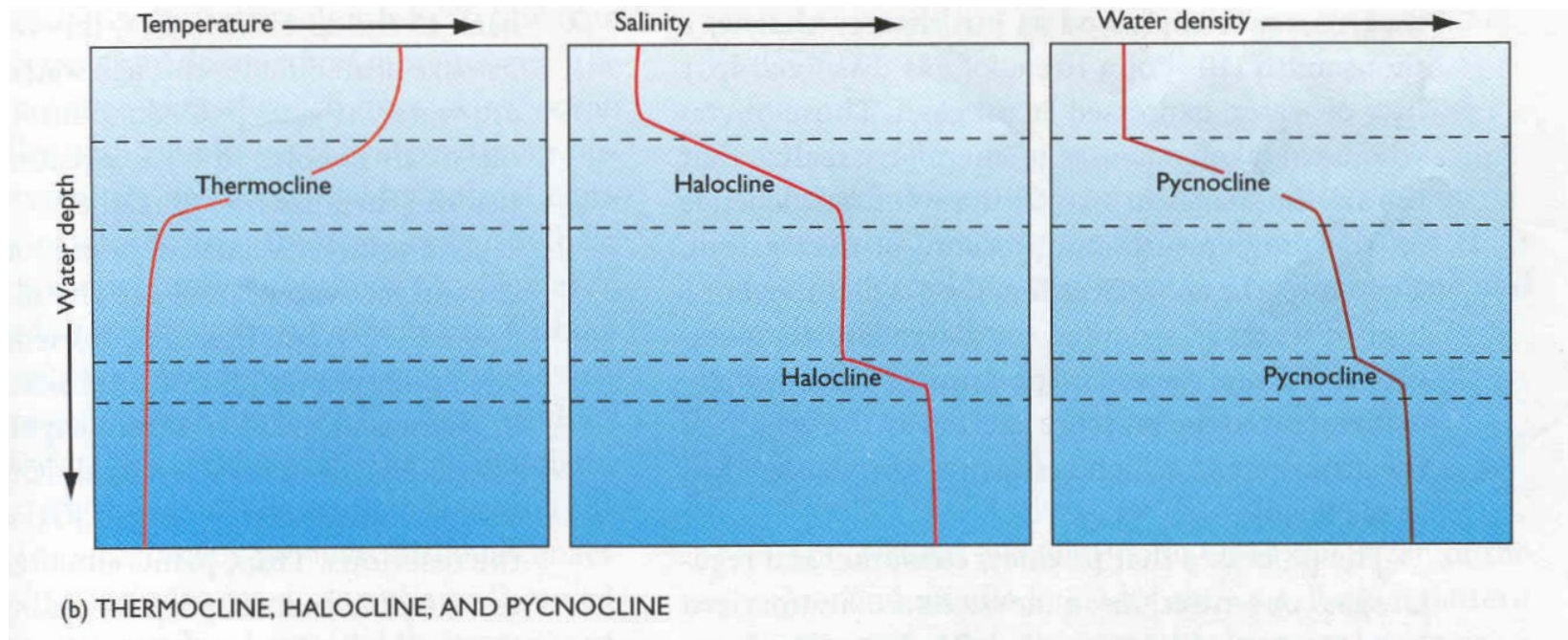
Si recordamos las propiedades físicas del agua de mar, encontramos que el océano se encuentra dividido en su estructura vertical en capas, resultado esto de las diferencias de densidad que se presentan como resultado de la temperatura y salinidad.

De manera general, tendremos siempre al agua menos densa, más caliente y más ligera en la superficie, mientras que el agua más fría, salada y densa se encontrará más abajo.



(c) DENSITY STRUCTURE OF THE OCEANS

Por lo anterior podemos dividir la estructura vertical del océano en tres zonas generales: la superficie, la pycnoclina (la zona donde el cambio en la densidad es mayor*) y la zona profunda.



(* La terminación clina hace referencia a las zonas donde el cambio en un parámetro es más acentuado, así tenemos que la termoclina es la zona en donde el cambio en temperatura es mayor y la haloclina es la zona donde el cambio en salinidad es mayor.)

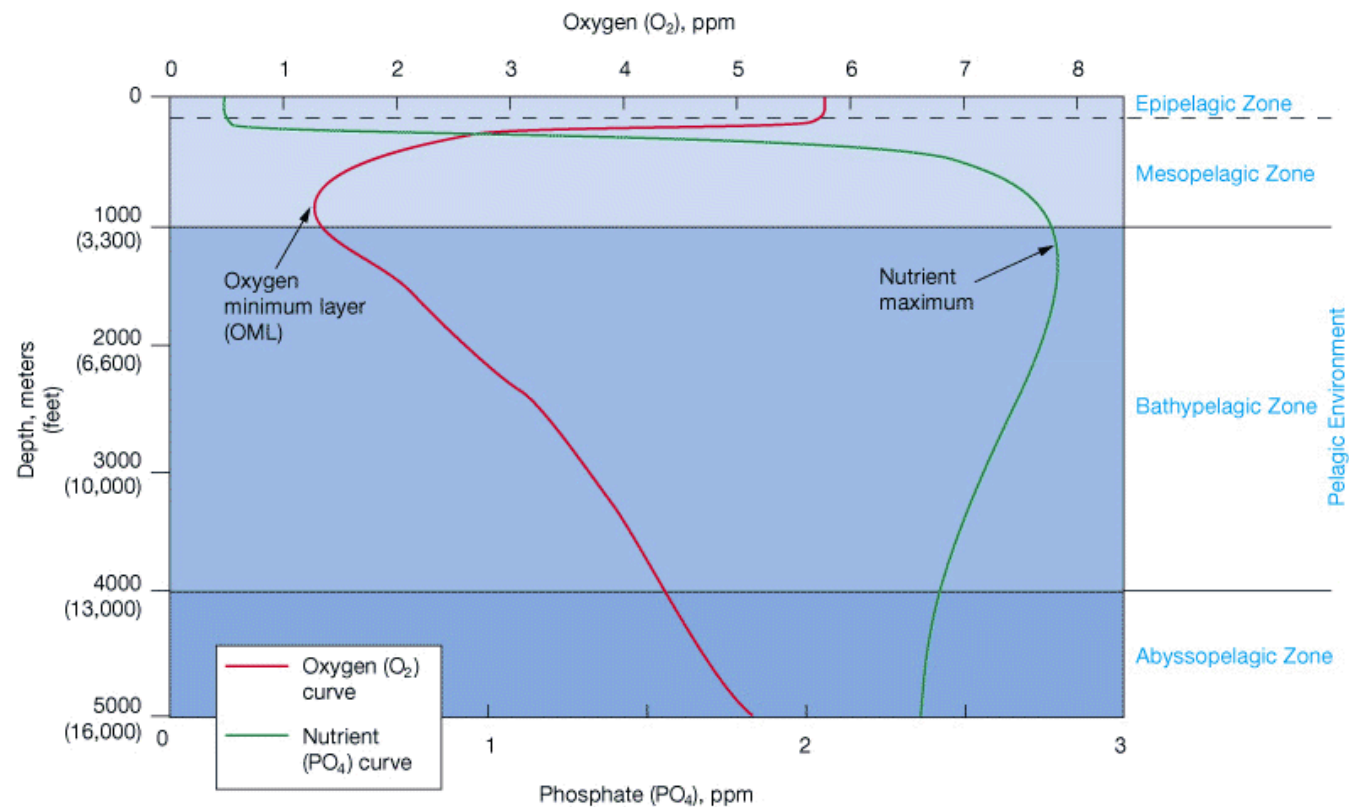
La zona de la superficie es la que está en contacto con la atmósfera y sufre cambios sustanciales debido a las variaciones estacionales en la cantidad de agua (precipitación, evaporación) y de radiación solar. La zona superficial tiene en promedio 100m de anchura y constituye cerca del 2% del volumen del océano. Es esta zona también la que se ve más influenciada por los fenómenos atmosféricos, lo que provoca que esta zona sea relativamente homogénea por los procesos de mezcla. Por esta razón también se le conoce como zona mezclada.

La importancia de la zona superficial es que es ahí en donde se presenta la mayoría de la producción primaria (fotosíntesis) por que es la zona en donde la luz puede penetrar, además de que como ya se mencionó, es la zona que interactúa con la atmósfera.

En la picnoclina, la densidad del agua cambia de manera notable conforme se incrementa la temperatura y forma entonces una capa de mayor estabilidad que la de las aguas superficiales. Como ya mencionamos, la formación de la picnoclina es el resultado de los cambios en la temperatura y salinidad con la profundidad, por lo que no es de sorprender que la termoclina coincida con la picnoclina. La formación de termoclinas es mucho más marcada en las zonas oceánicas que se ven más afectadas por la radiación solar. En altas latitudes, donde la radiación solar puede no ser suficiente, el establecimiento de la picnoclina puede darse por efectos de la salinidad (por procesos de precipitación)

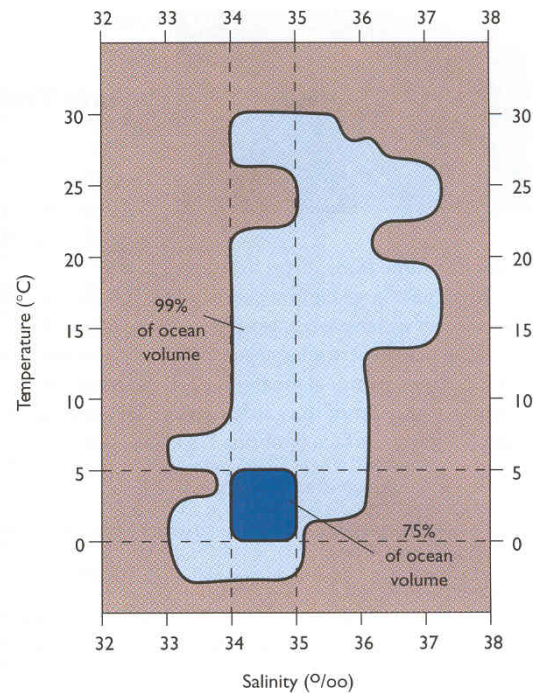
La pycnoclina aísla parcialmente a la zona profunda del océano de los procesos superficiales debido a que las aguas superficiales de menor densidad no pueden mezclarse fácilmente con las aguas más profundas y densas. Los cambios en la temperatura son mínimos en las aguas por debajo de la pycnoclina.

La zona profunda comprende cerca del 80% de las aguas oceánicas y se encuentra en promedio a profundidades de 2,000m o más. En general, la zona profunda es más rica en nutrientes que la zona superficial.



MASAS DE AGUA

A pesar de la aparente homogeneidad del Océano es posible distinguir varias zonas donde las aguas tienen propiedades características bastante homogéneas, a partir de las cuales se puede inferir algunas otras características como su origen y movimientos . Las principales propiedades del agua que determinan estas masas de agua son temperatura y salinidad.



Una masa de agua es un volumen de agua caracterizado por la gráfica de una curva de Temperatura vs. Salinidad y cuya extensión queda determinada por la semejanza con otras curvas obtenidas en diferentes puntos y estaciones.

*Some Major Water Masses of the Ocean**

WATER MASS	TEMPERATURE RANGE (°C)	SALINITY RANGE (‰)
Antarctic bottom water	-0.4	34.66
North Atlantic deep water	3-4	34.9-35.0
North Atlantic central water	4-17	35.1-36.2
Mediterranean water	6-10	35.3-36.4
North polar water	-1-+2	34.9
South Atlantic central water	5-16	34.3-35.6
Subantarctic water	3-9	33.8-34.5
Antarctic intermediate water	3-5	34.1-34.6
Indian equatorial water	4-16	34.8-35.2
Indian central water	6-15	34.5-35.4
Red Sea water	9	35.5
Pacific subarctic water	2-10	33.5-34.4
Western north Pacific water	7-16	34.1-34.6
Pacific equatorial water	6-16	34.5-35.2
Eastern south Pacific water	9-16	34.3-35.1
Antarctic circumpolar water	0.5-2.5	34.7-34.8

*After Albert Defant, 1961. *Physical Oceanography*. Pergamon Press, Elmsford, N.Y. Vol. I, p. 217.

Las masas de agua con temperaturas y salinidades características se forman en ciertas áreas aisladas del océano.

Las características que tiene el agua y, en particular, la temperatura y salinidad son adquiridas mientras se encuentra en la superficie bajo la influencia de los procesos que afectan esas propiedades (radiación, evaporación, precipitación). Estas características se modifican al mezclarse con otras masas de agua, por lo que dejan la superficie para hundirse según su densidad.

Se puede afirmar que las distintas masas de agua se forman de dos maneras:

1. Por mezcla subsuperficial de las masas de agua que se transportan por efecto de las corrientes.

2. Por procesos físicos meteorológicos en la superficie (enfriamiento, calentamiento por radiación, evaporación o precipitación, fusión de hielo, etc.).

Table 5–3 Processes affecting seawater salinity .

Process	How accomplished	Adds or removes	Effect on salt in seawater	Effect on H ₂ O in seawater	Salinity increase or decrease?	Source of fresh water from the sea?
Precipitation	Rain, sleet, hail, or snow falls directly on the ocean	Adds very fresh water	None	More H ₂ O	Decrease	—
Runoff	Streams carry water to the ocean	Adds mostly fresh water	Negligible addition of salt	More H ₂ O	Decrease	—
Icebergs melting	Glacial ice calves into the ocean and melts	Adds very fresh water	None	More H ₂ O	Decrease	Yes, icebergs from Antarctic have been towed to South America
Sea ice melting	Sea ice melts in the ocean	Adds mostly fresh water and some salt	Adds a small amount of salt	More H ₂ O	Decrease	Yes, sea ice can be melted and is better than drinking seawater
Sea ice forming	Seawater freezes in cold ocean areas	Removes mostly fresh water	30% of salts in seawater are retained in ice	Less H ₂ O	Increase	Yes, through multiple freezings, called <i>freeze separation</i>
Evaporation	Seawater evaporates in hot climates	Removes very pure water	None (essentially all salts are left behind)	Less H ₂ O	Increase	Yes, through evaporation of seawater and condensation of water vapor, called <i>distillation</i>

Dadas las características propias de las masas de agua, (temperatura, salinidad, densidad, presión, gases disueltos, etc.) cada masa de agua representa un ecosistema diferente y, no sólo eso, sino que el origen de las masas de agua afecta a estos factores y las condiciones de vida de los organismos y también determina la productividad primaria.

El estudio de las diferentes masas de agua y, por lo tanto, de la determinación de la densidad producida por la relación temperatura-salinidad, es una de las operaciones de gran importancia para la oceanografía física, debido a que crea los conocimientos para entender toda la dinámica del océano y proporciona las bases para establecer la síntesis sobre los movimientos del agua del mar.

FRENTES

De manera general podemos decir que un frente es una zona de frontera entre dos masas de agua en donde se da el choque de estas. Por las ligeras diferencias que las masas de agua presentan en salinidad y temperatura, cuando dos masas se encuentran no hay una mezcla inmediata, sino un choque inicial que posteriormente generará una zona de mezcla de las dos masas de agua.

Los frentes son zonas también muy productivas, ya que los nutrientes tienden a acumularse y depositarse en estas zonas.

Un ejemplo típico de frentes lo tenemos en las desembocaduras de los ríos, pero también pueden encontrarse en zonas del océano abierto.

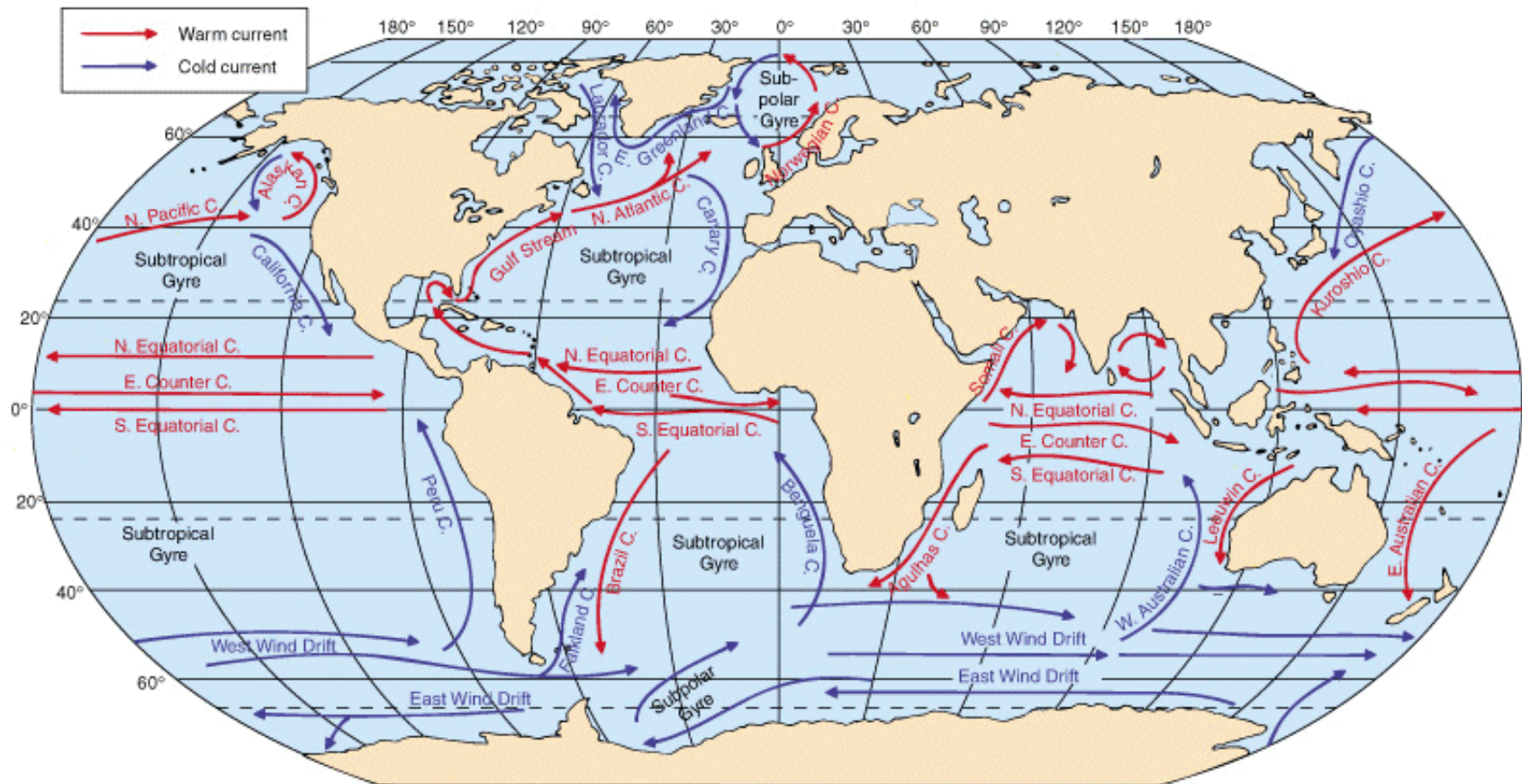
PATRÓN GENERAL DE CIRCULACIÓN DE LOS OCÉANOS: CORRIENTES

Las corrientes, o el movimiento de las masas de agua, pueden ser divididas en corrientes impulsadas por el viento y corrientes termohalinas.

La circulación por el viento es principalmente horizontal y es importante en las aguas superficiales (hasta más de 300m), donde tienen un papel importante en el transporte de calor hacia las latitudes altas.

La circulación termohalina tiene un significativo componente vertical y es la causante de la mezcla de las masas de agua. La circulación termohalina se inicia en las latitudes altas donde se produce agua de mayor densidad que se hunde y se expande lentamente.

La circulación eólica corresponde de manera general al patrón general de circulación atmosférica. Este patrón de viento es relativamente constante, cambiando únicamente en eventos extraordinarios, como el Niño, que cambia el patrón de circulación del viento, lo que a su vez cambia la circulación marina.



Corrientes Termohalinas

El término de circulación termohalina se refiere a la circulación del agua por cambios ya sea en su temperatura o densidad.

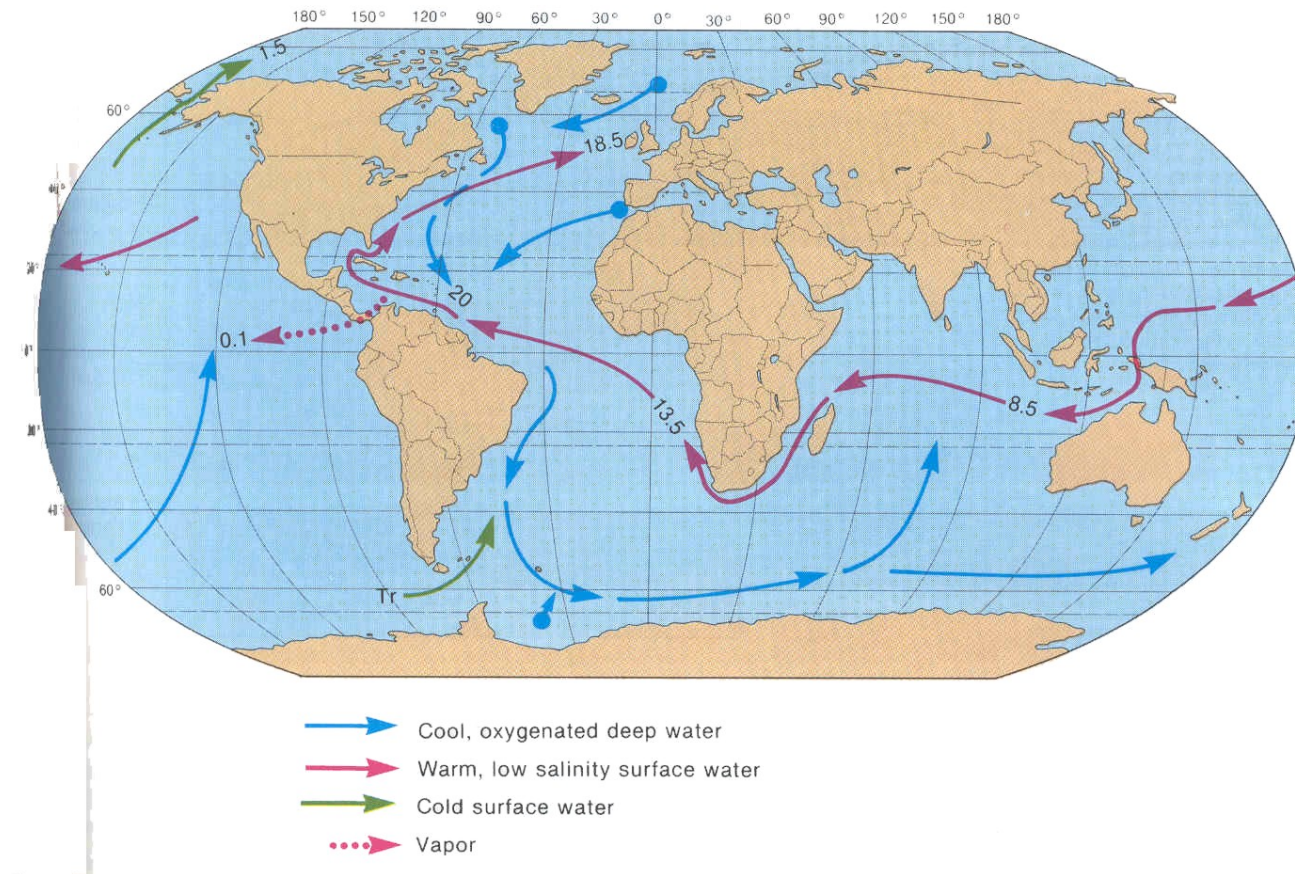
De manera general, sabemos que en latitudes bajas hay un mayor calentamiento de las aguas superficiales. Por este calentamiento, esas aguas se expanden y suben su nivel. Por esa diferencia de nivel, el agua caliente de los trópicos fluye hacia los polos. No es este, sin embargo el único mecanismo de formación de corrientes termohalinas.

Otras corrientes termohalinas se producen en altas latitudes. Como sabemos existe una pérdida de calor en los polos, por el enfriamiento del agua en la superficie, lo que provoca que su densidad aumente y se hunda. Además, el incremento en la salinidad durante la formación del hielo contribuye también al incremento en la densidad. A ese hundimiento de grandes cantidades de agua de la masa superficial se le llama *convergencia*.

También pueden presentarse convergencias en latitudes medias por incremento de la densidad debido a la evaporación.

Dentro de los movimientos de convergencia que se presentan en los océanos, uno de los más notorios es el antártico, que rodea al planeta entre los 50° y 60° de latitud austral.

En las convergencias tropicales, localizadas en las latitudes bajas, las aguas que se hunden sólo llegan a poca profundidad.



El agua que se dirige hacia zonas más profundas durante las convergencias generalmente regresa a la superficie, y cuándo esto sucede se presentan las llamadas *divergencias*, o también *surgencias*, que pueden encontrarse a lo largo del perímetro del Continente Antártico y en ciertos lugares frente a las costas occidentales de los continentes.

En estas zonas situadas frente al continente la acción de los vientos que soplan paralelamente a la costa es determinante para que se presenten los movimientos de divergencia, encontrándose las regiones de surgencia más importantes del planeta frente a las costas de California, Perú, Marruecos, África Sudoccidental y Australia Occidental.

En resumen y de manera general, se puede decir que las corrientes oceánicas se producen porque el agua caliente del ecuador, que es más ligera, fluye hacia los polos por la superficie del mar, al llegar a éstos se enfría, desciende y regresa hacia el ecuador por el fondo, ascendiendo muy lentamente en las regiones tropicales, para iniciar el ciclo nuevamente.

La rotación del planeta complica más la circulación oceánica, porque tiende a desviar todas las masas de agua hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el sur por el efecto Coriolis.

De este modo, grandes cantidades de calor solar son transportadas desde los trópicos hacia el norte y el sur, dispersándose por el planeta; este calor, al aumentar, produce la evaporación del agua en regiones subtropicales, la cual se precipita como lluvia en las zonas templadas de mayor latitud. Esta disipación del calor solar hace posible que una gran parte del planeta sea habitable e influye en la distribución de los seres vivos.

