

Atmósfera y océanos



- * Composición de la atmósfera de la Tierra.
- * Estructura térmica.
- * Distintas capas atmosféricas.
- * Ionosfera y magnetosfera.
- * Reservorios de agua en la Tierra.
- * Corrientes oceánicas.

Atmósfera de la Tierra



DATOS GENERALES:

N_2 : 78.08%

O_2 : 20.95%

Ar : 0.93%

H_2O (vapor) : 0.25% (promedio)

CO_2 : 0.041%

Ne : 0.0018%

He : 0.00052%

H_2 : 0.000055%

H_2O : 20 ppm

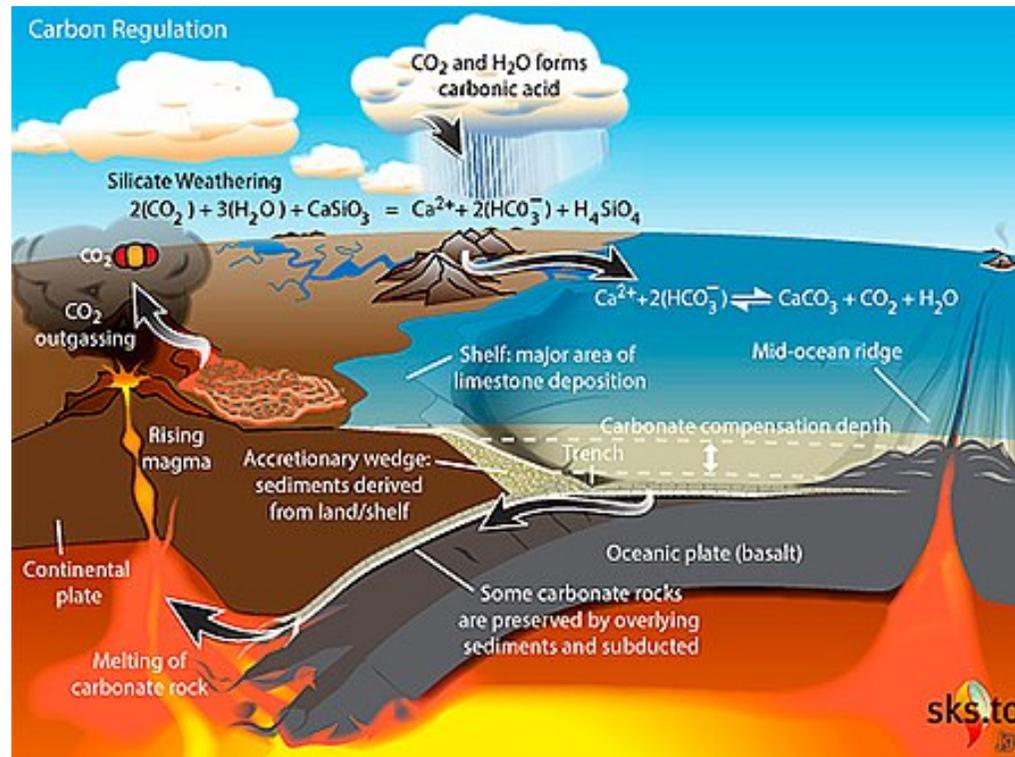
Otro gas importante por su efecto invernadero:

CH_4 : 1900 ppb

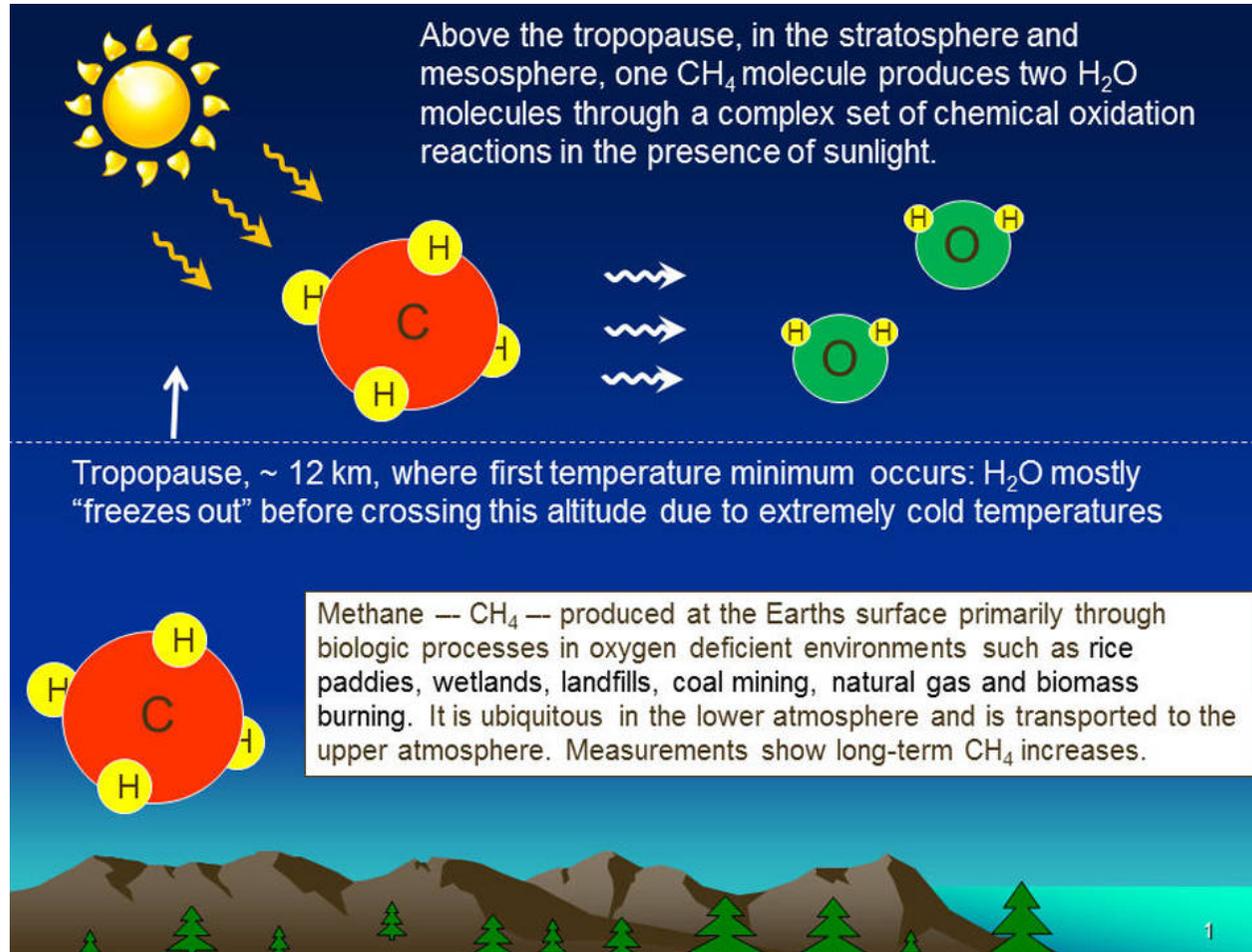
Presión superficial : 101325 Pa

Regulación del CO₂ atmosférico a través de su interacción océano-atmósfera

El CO₂ es removido de la atmósfera a través de su disolución en el agua de lluvia formando ácido carbónico (H₂CO₃). En contacto con el suelo esta lluvia causa *meteorización* ("weathering") que consiste en la disolución de minerales en iones. A través de reacciones inorgánicas o por microorganismos marinos, los iones se combinan para formar minerales carbonatados. El CO₂ retorna a la atmósfera a través de volcanismo.

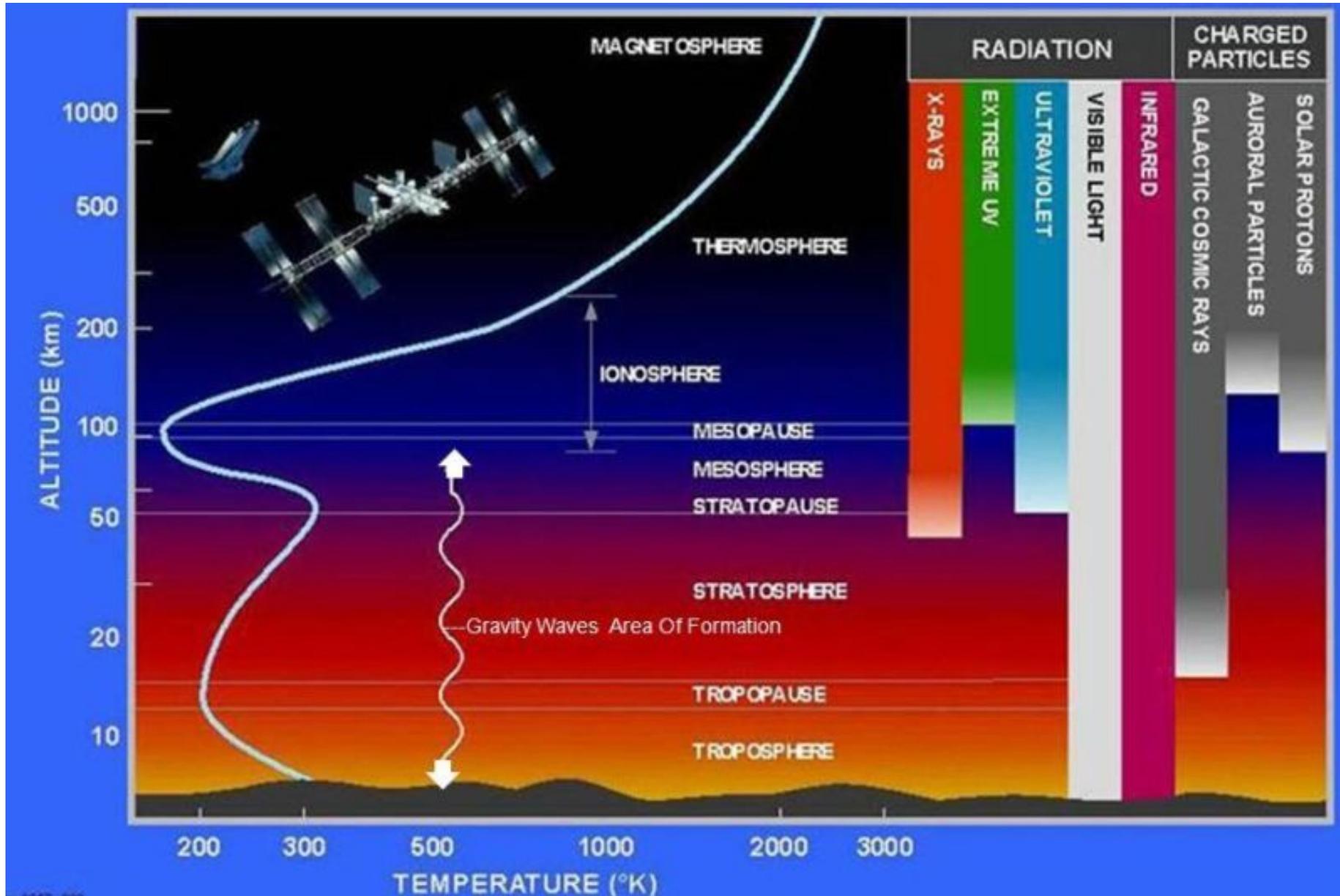


Regulación del metano atmosférico

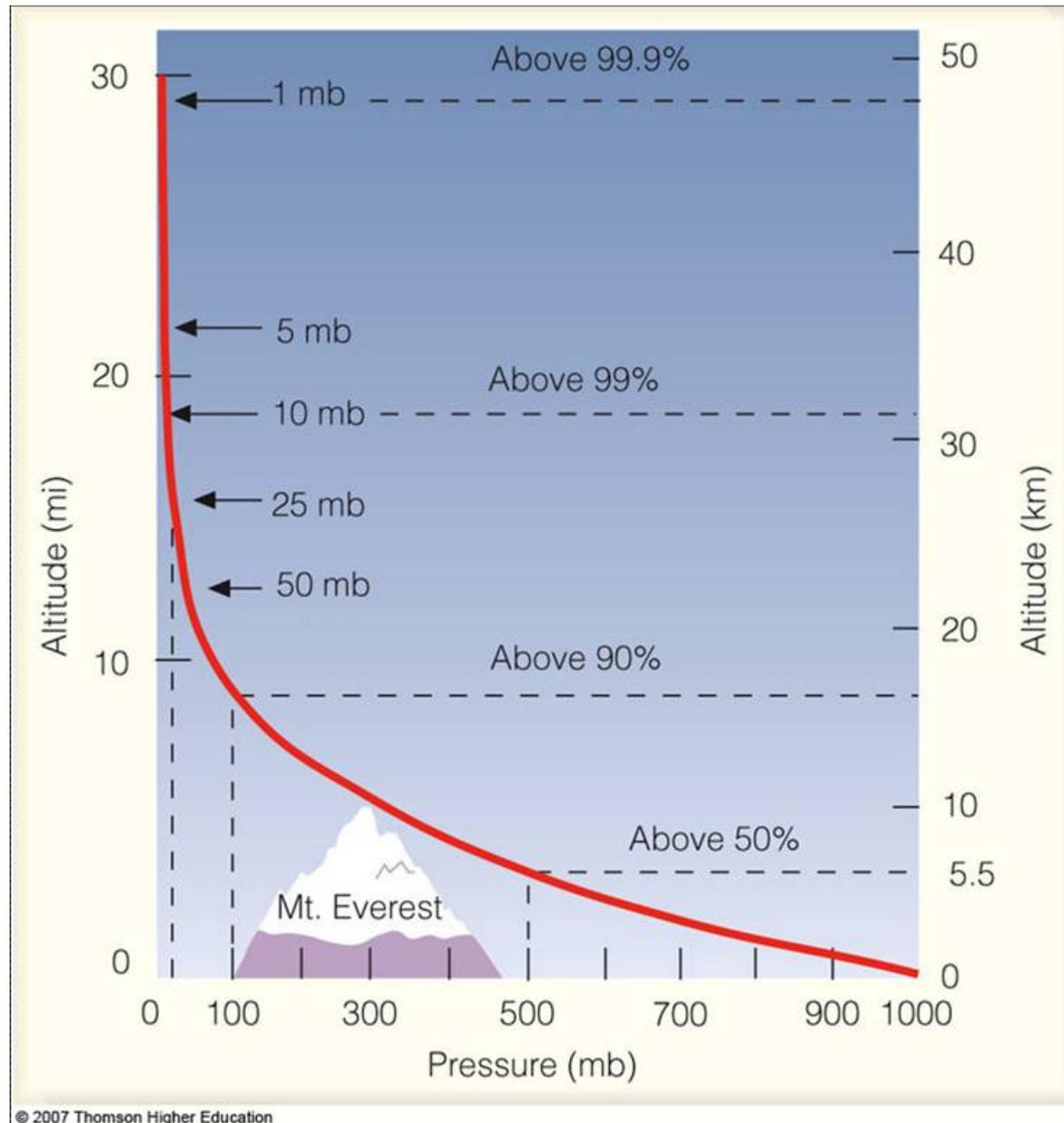


El metano es producido fundamentalmente por procesos biológicos y ha ido en aumento desde la revolución industrial. Su tiempo de vida en la atmósfera es limitado ya que cuando las moléculas de CH_4 alcanzan la estratosfera, son disociadas por la radiación UV del Sol.

Perfil de temperaturas de la atmósfera



Perfil de presión de la atmósfera



Propiedades de las distintas capas atmosféricas

Troposfera: Es la capa más baja. El calor acumulado en la superficie se trasmite hacia el exterior esencialmente por convección. Tenemos un gradiente térmico de aproximadamente:

$$\frac{dT}{dh} = -9 \text{ K/km}$$

La temperatura de la atmósfera disminuye hasta alcanzar la tropopausa.

Estratosfera: La temperatura vuelve a aumentar debido a la acción de la radiación UV solar que forma ozono:



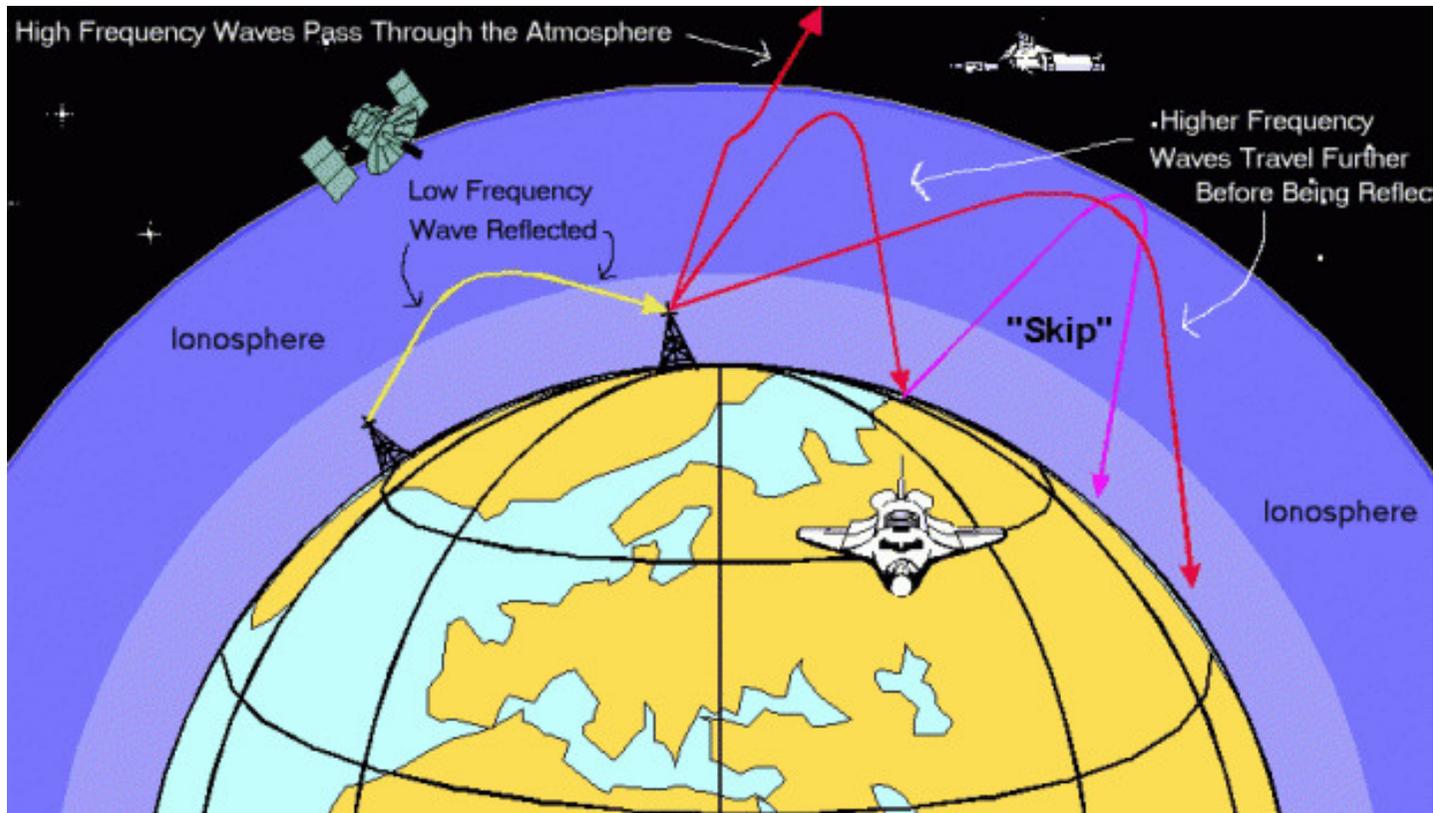
El ozono se forma por recombinación colisional con la participación de una molécula M (p. ej. O_2 , N_2) que lleva la energía excedente permitiendo la unión del O_2 con el $\text{O} \Rightarrow \text{M}$ gana energía lo cual calienta la estratósfera.

Mesosfera: La producción de ozono disminuye en esta capa y con ella la energización de las moléculas M. Las moléculas de CO_2 se desexcitan emitiendo radiación infrarroja. La temperatura vuelve a disminuir.

Termosfera: La temperatura vuelve a aumentar debido a la fotodisociación y fotoionización de moléculas (especialmente O_2 , N_2) por la radiación UV solar. La mayoría de la radiación IR la emiten O y NO pero son menos eficientes en radiar energía que el CO_2 (que escasea en la termosfera). Al no haber procesos eficientes de disipación de energía por radiación, la termosfera se calienta hasta unos 1200 K.

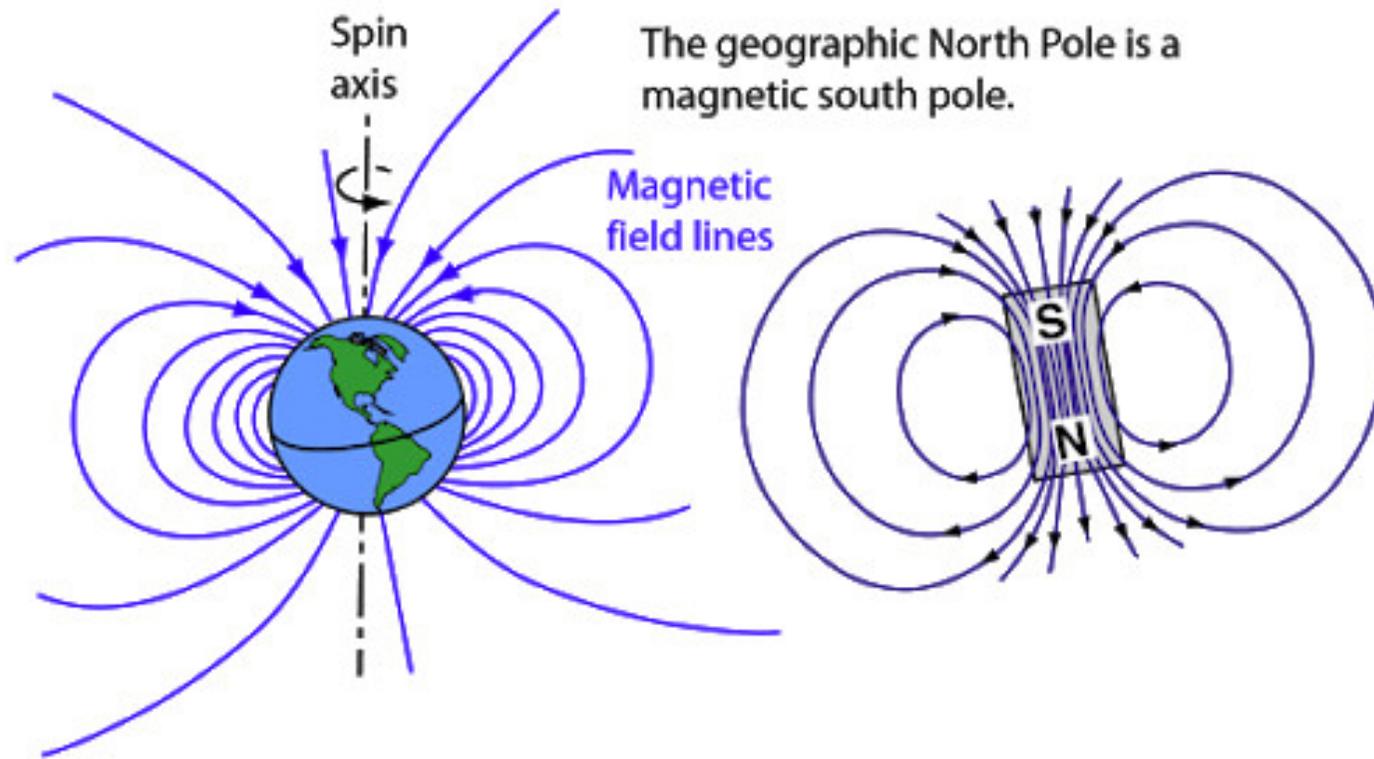
Ionosfera: Es la región de la atmósfera donde predominan los átomos ionizados. Comprende la termosfera, la exosfera y parte de la mesosfera.

Ionosfera



La ionosfera es parte de atmósfera superior, entre aprox. 80 y 600 km, donde la radiación solar en rayos X y UV extremos ionizan los átomos y moléculas, creando una capa de electrones y átomos ionizados. La ionosfera refleja ondas de radio usadas para comunicación y navegación. También tienen influencia los rayos cósmicos y el viento solar en la ionización.

Magnetosfera y campo magnético terrestre



El campo magnético de la Tierra se puede asimilar a un dipolo inclinado unos $11,5^\circ$ con respecto al eje de rotación de la Tierra. La generación del campo geomagnético se puede asimilar a un dínamo donde el material fluido conductor en el interior (hierro-níquel) se mueve ordenadamente por la rotación terrestre generando corrientes eléctricas que a su vez inducen un campo magnético bipolar.

Interacción con el viento solar y fenómenos ionosféricos



El campo magnético es un escudo para desviar los rayos cósmicos y el viento solar (flujo de partículas ionizadas provenientes del Sol) hacia los polos magnéticos. Ahí interactúan con las moléculas y átomos atmosféricos generando fenómenos luminosos: las auroras.

Circulación atmosférica

Escala de altura H : Describe el espesor de una atmósfera supuesta isotérmica y en equilibrio hidrostático. Tenemos

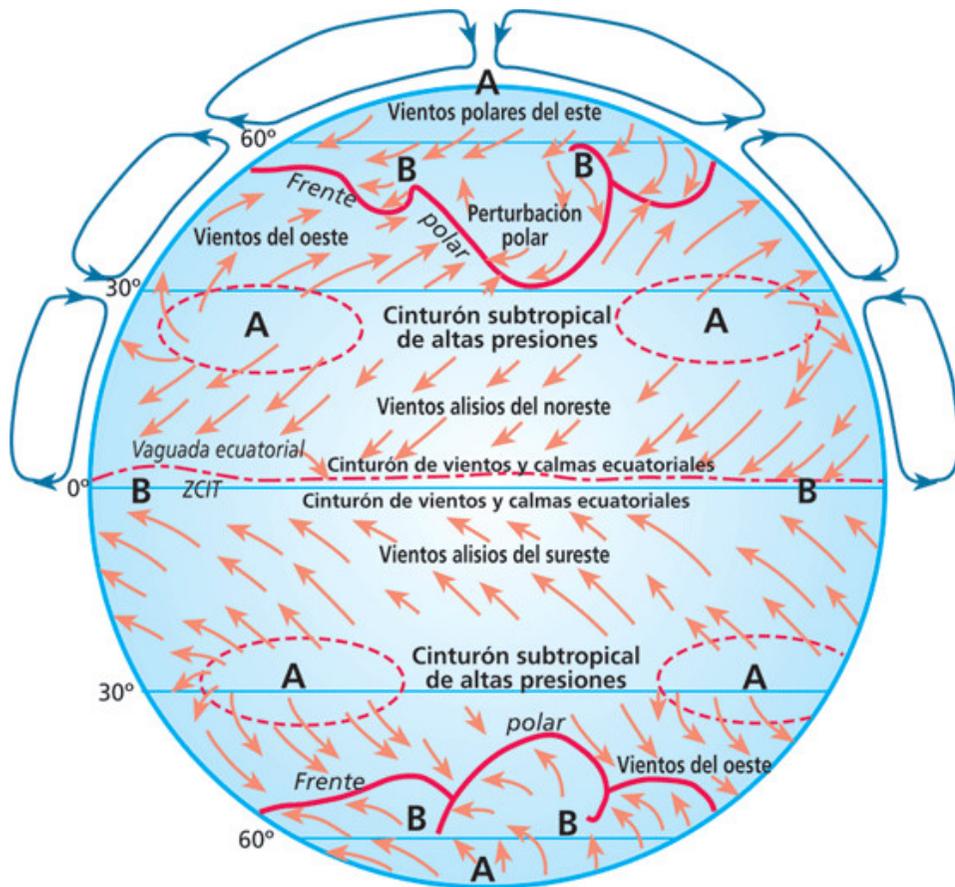
$$\frac{dP}{dh} = -g\rho$$

donde P : presión, g : aceleración de la gravedad y ρ : densidad. Asumiendo ρ constante queda:

$$P = g\rho H$$

Por otro lado, de acuerdo a la ecuación general de los gases perfectos: $P = \frac{\rho kT}{\mu}$, donde T : temperatura, k es la constante de Boltzmann y μ : masa molecular

$$\implies H = \frac{kT}{\mu g}$$



En la zona ecuatorial el aire más caliente tiene una escala de altura mayor que en la zona polar. El aire caliente en las regiones ecuatoriales tiende a fluir sobre la cima de la atmósfera a latitudes cada vez mayores debido a la disminución de H . El aire caliente desplazado hacia las zonas polares es remplazado por aire frío proveniente de las zonas polares. Esta se conoce como *circulación de Hadley*.

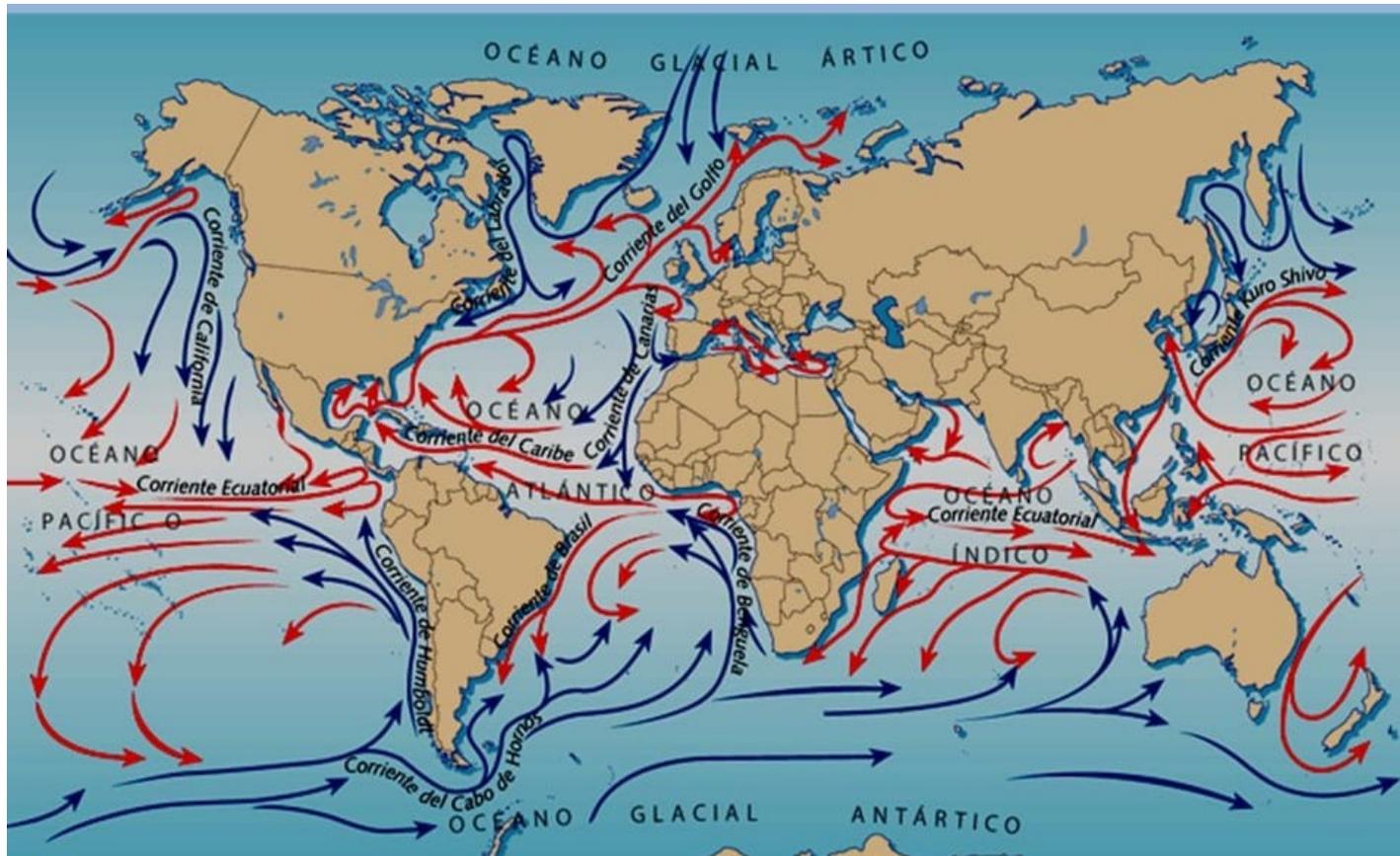
La alta rotación de la Tierra transforma la circulación N-S en una E-W debido a la fuerza de Coriolis. La célula de Hadley se descompone en tres generando los vientos alisios, vientos del oeste y los vientos polares del este.

Reservorios de agua en la Tierra

Depósito	Volumen (millones de km ³)	Porcentaje
Océanos	1370	97,25
Casquetes y glaciares	29	2,05
Agua subterránea	9,5	0,68
Lagos	0,125	0,01
Humedad del suelo	0,065	0,005
Atmósfera	0,013	0,001
Arroyos y ríos	0,0017	0,0001
Biomasa	0,0006	0,00004

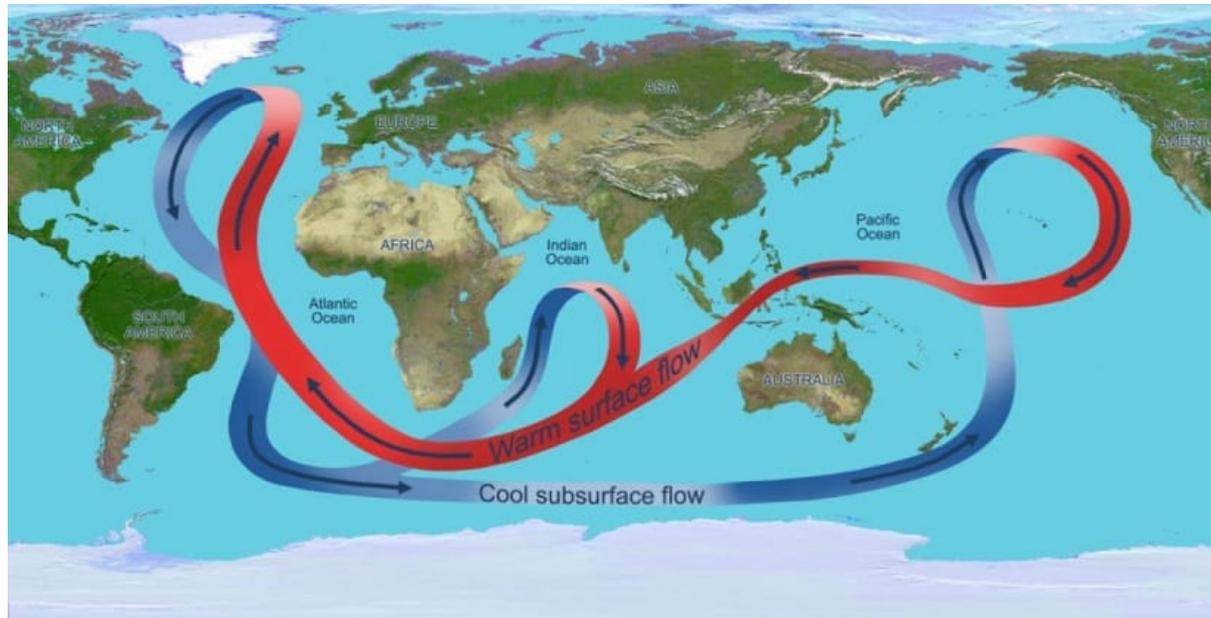
Masa total del agua = $1,4 \times 10^{24}$ g \implies representa el 0,023% de la masa total de la Tierra (podría haber un factor 2-3 más de agua secuestrada en el interior de la Tierra).

Corrientes oceánicas



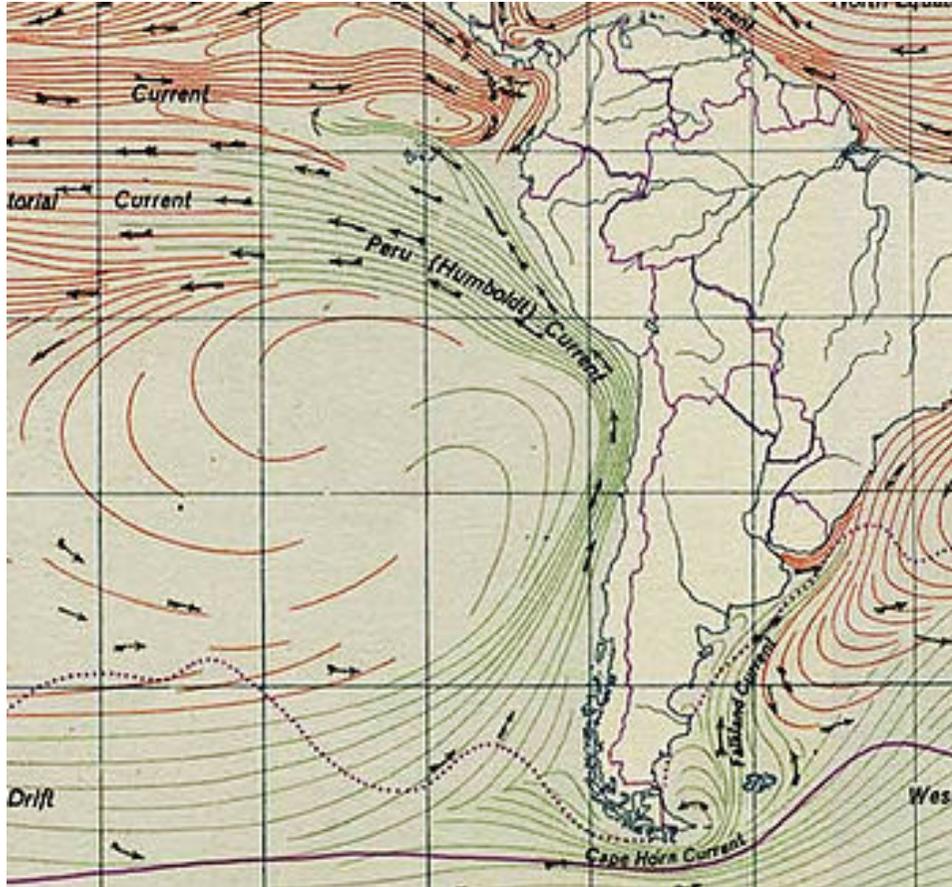
Las corrientes marinas son movimientos de agua que se producen dentro del mar y que son provocados por diferentes elementos como el viento, las mareas, los cambios de salinidad, densidad y temperatura. Estas corrientes marinas pueden ser tanto superficiales como profundas.

La Corriente del Golfo



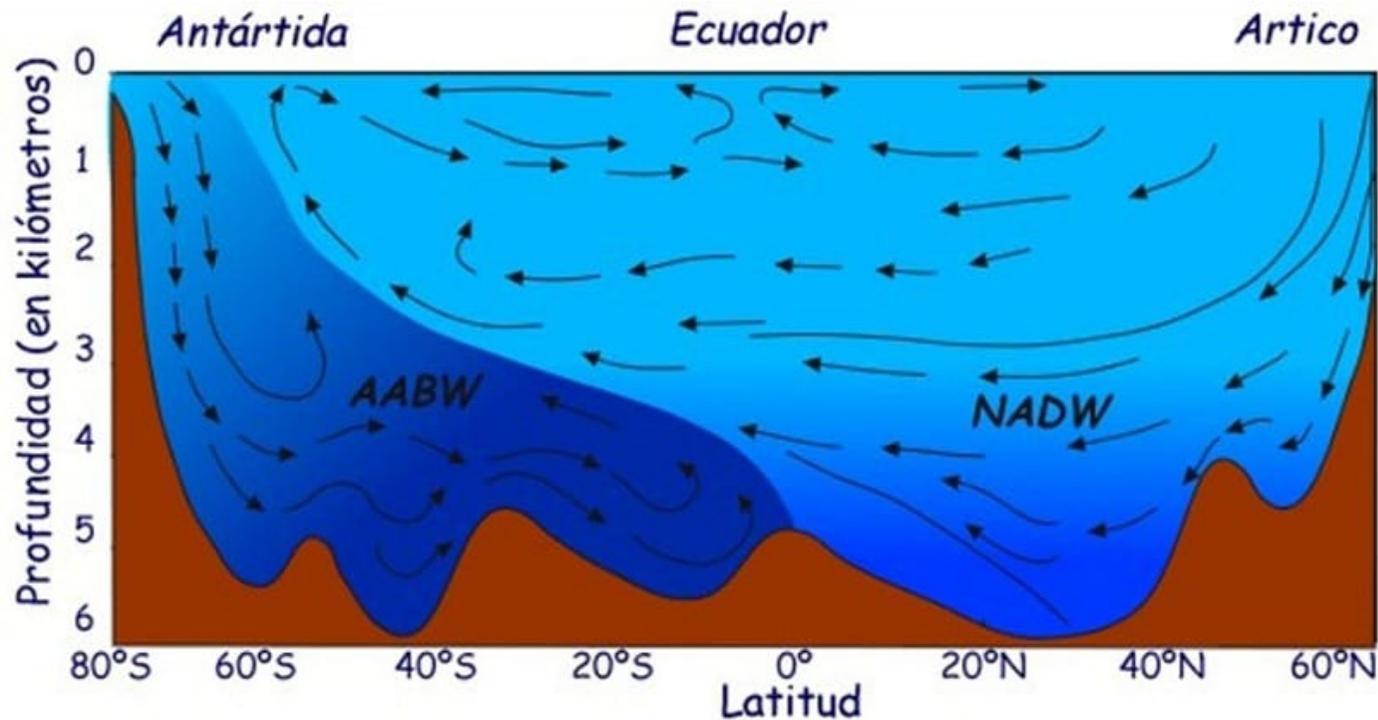
Es una corriente oceánica cálida del Océano Atlántico que se origina en el Golfo de México. La corriente se extiende hasta la Florida, y sigue las costas orientales de los Estados Unidos y Terranova antes de cruzar el océano Atlántico. Es una corriente superficial y disminuye gradualmente en profundidad y velocidad hasta prácticamente anularse a unos 100 m, cota donde la influencia del calentamiento por los rayos solares desaparece. Tiene un ancho de más de 1000 km en gran parte de su larga trayectoria. Transporta una enorme cantidad de energía responsable de que Europa tenga un clima más cálido.

La Corriente de Humboldt



La corriente de Humboldt, también llamada corriente del Perú, es una corriente oceánica originada por el ascenso de aguas profundas y, por ende, muy frías. Se produce en las costas occidentales de América del Sur. La evaporación se limita dando origen a las zonas áridas de la zona del Pacífico.

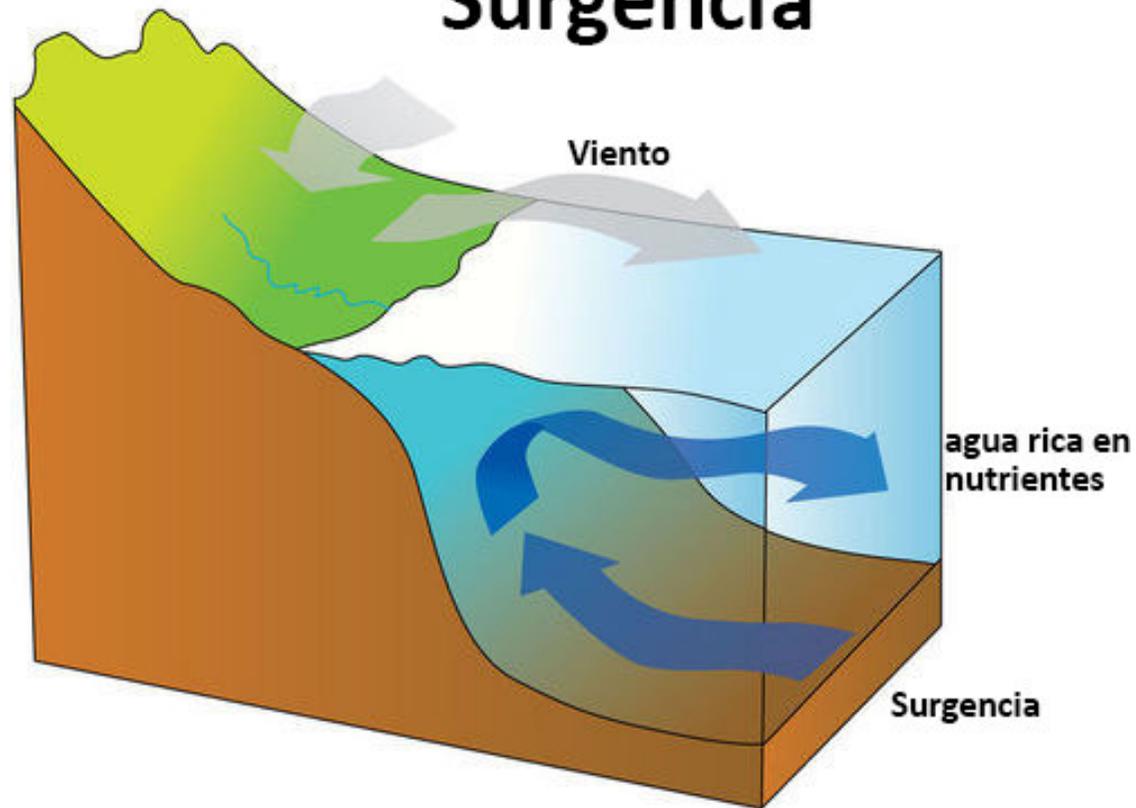
Corrientes profundas



A esto se le conoce como circulación termohalina, o coloquialmente como cinta transportadora oceánica. Las corrientes son impulsadas por las diferencias de densidad en el agua debido a las variaciones de temperatura y salinidad de las regiones oceánicas. Las corrientes impulsadas bajo este proceso, se producen a niveles profundos y poco profundos, pero se mueven mucho más lento que las corrientes de marea y de viento.

Surgencias

Surgencia

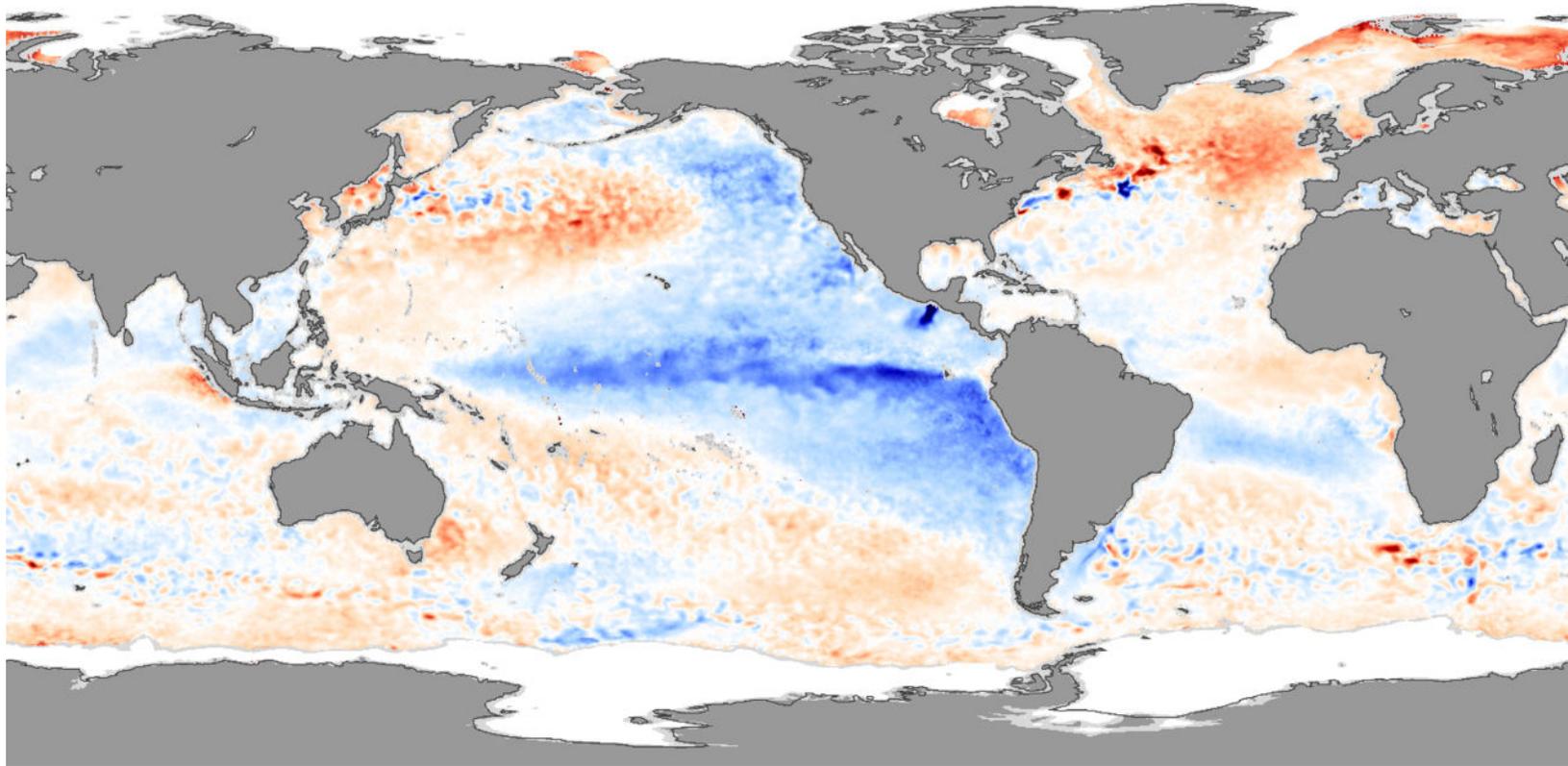


Cuando el agua surge de lo profundo, trae consigo muchos nutrientes. ¿Por qué el agua profunda tiene tantos nutrientes? Con el paso del tiempo, los organismos muertos y otras materias orgánicas se asientan en el agua del fondo oceánico y se amontonan. El agua rica en nutrientes que sube a la superficie mediante surgencia sustenta a muchos seres vivos.

Surgencias y zonas de pesca



Distorsiones en el mapa de corrientes: Fenómenos de El Niño y La Niña



La Niña es un fenómeno climático que forma parte de un ciclo natural-global del clima conocido como El Niño-Oscilación del Sur. Este ciclo global tiene dos extremos: una fase cálida conocida como El Niño y una fase fría, precisamente conocida como La Niña.

EJERCICIO 8

Suponga que toda el agua de los casquetes polares y los glaciares se derritiera y se incorporara a los océanos. Sabiendo que los océanos ocupan el 60% de la superficie terrestre, calcule en cuanto subiría el nivel del agua oceánica por la incorporación de toda esa masa de hielo. Asuma que la densidad del hielo y el agua líquida es la misma.

Dato: Radio de la Tierra = 6400 km

julio@fisica.edu.uy