

Tema 1

Conceptos previos

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

1.2 La atmósfera

1.2.1 Capas de la atmósfera

1.2.2 Composición de la atmósfera

1.2.3 Régimen general de vientos

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

1.3.2 Calor específico

1.3.3 Propiedades ópticas

1.4 El océano

1.4.1 Capas del océano

1.4.2 Flotabilidad y estabilidad

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

Partes constituyentes:

- La atmósfera
- La hidrosfera (ríos, lagos, mares y océanos)
- La criosfera (hielo, nieve)
- La litosfera (continentes, montañas)
- La biosfera (seres vivos)

Evolucionan e interaccionan constantemente a diferentes escalas espaciales y temporales.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

Ejemplo 1, la interacción Atmósfera- Océano

- No son sistemas independientes. Es un sistema acoplado.
- Ambos medios están en contacto en un elevado porcentaje de la superficie terrestre.
- La atmósfera gobierna la circulación general oceánica e influye sobre las propiedades del agua del mar, mientras toma del océano parte de su energía y constitución.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

Influencia de la atmósfera en el océano:

- **Corrientes:** la circulación atmosférica influye a pequeña escala en la superficie oceánica.
- **Oleaje:** la generación y propagación del oleaje depende del patrón de vientos.
- **Afloramiento:** patrones de viento responsables del afloramiento tanto oceánico como costero.
- **Densidad:** los procesos de evaporación y precipitación influyen en la salinidad y por lo tanto en la densidad de los océanos.
- **Calentamiento del mar:** la cobertura de nubes influye en el calentamiento del océano.
- **Presión:** altas y bajas presiones atmosféricas implican aumento o descenso de la presión sobre el océano.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

Influencia del océano en la atmósfera :

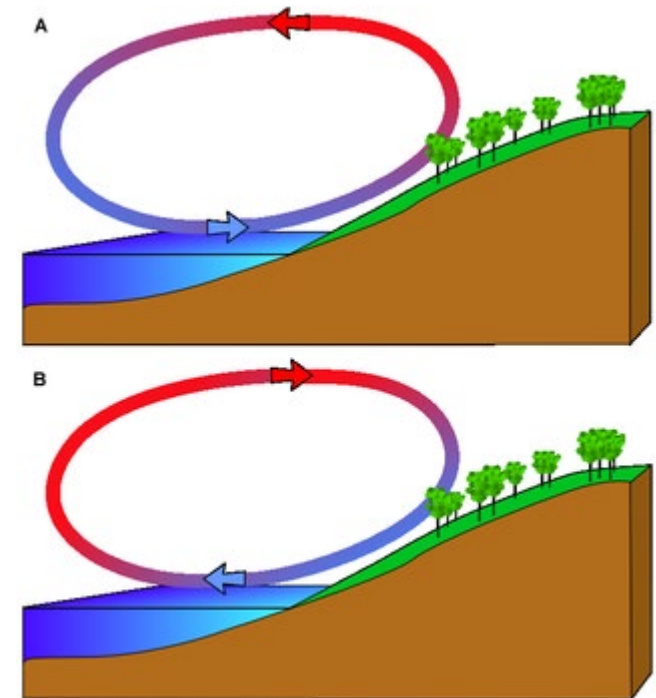
- **Transferencia de humedad:** el océano transfiere la humedad a través de la evaporación. Representa el primer eslabón del ciclo hidrológico.
- **Transferencia de calor:** el agua tiene mayor calor específico que el aire por lo que se comporta como una reserva energética (suaviza la temperatura extrema, causa ciclones tropicales).
- **Transferencia de sales:** el océano aporta núcleos de condensación debido a las sales en suspensión en las masas de aire lo que influye en la probabilidad de precipitación.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

Influencia de la topografía y la batimetría:

- **Insolación:** tanto la tierra como el océano controlan el calentamiento de la atmósfera aunque con diferente intensidad.
- **Brisas mar- tierra:** debido al mayor calor específico del agua con respecto al aire, los cambios de temperatura del océano a lo largo del día son más moderados que los de tierra generando gradientes locales de presión que producen vientos (brisas) hacia o desde tierra.



Las brisas marinas:

A) Brisa marina diurna

B) Brisa terrestre nocturna

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

Influencia de la topografía y la batimetría:

- **Desviación de corrientes y vientos:** debido al efecto de los continentes.
- **Lluvia:** se forma a partir de la evaporación de agua (mayormente oceánica) y de la evapotranspiración de los seres vivos, se propaga por la atmósfera debido al empuje de los vientos y finalmente precipita debido, entre otras causas por la interacción con la topografía.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

Ejemplo 2, la interacción hidrosfera- criosfera

Influencia de la criosfera sobre la hidrosfera:

- **Fusión y congelación del hielo y la nieve:** produce cambios en la salinidad del océano produciendo cambios en la densidad y estratificación de la columna de agua, modificando las corrientes marinas.
- **Fusión y congelación del hielo y la nieve sobre los continentes:** produce variaciones en el nivel del mar.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.1 La Tierra como sistema global

Ejemplo 3, la interacción litosfera- hidrosfera

Influencia de litosfera sobre la hidrosfera:

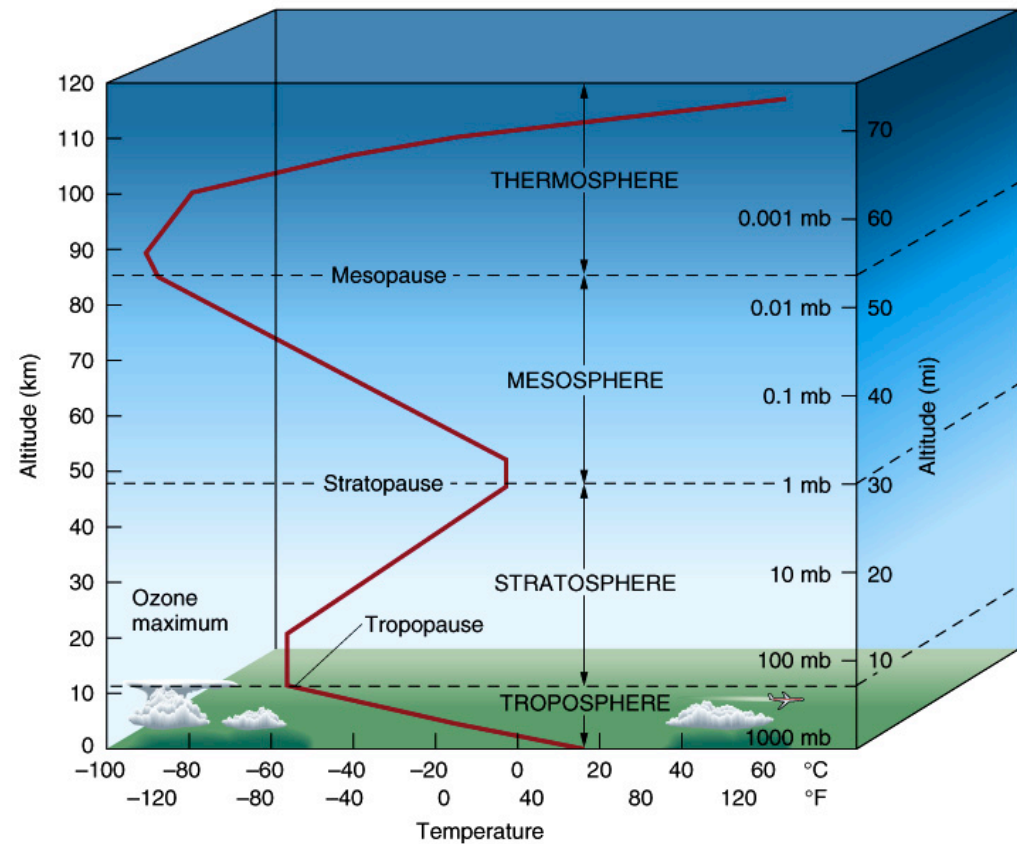
- **Aparición de istmo de Panamá:** hace 3 millones de años se creó una barrera entre el océano Pacífico y el Atlántico que provocó que, por la acción de los alisios, el Caribe se volviese más salado, cálido y pobre en nutrientes mientras que el Pacífico se volvió menos salado, más frío y rico en nutrientes.
- **Aparición de istmo de Panamá:** modeló la circulación termohalina del planeta responsable en gran medida del clima benigno actual del norte de Europa.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.1 Capas de la atmósfera

- Troposfera (0- 10 km)
- Estratosfera (10/12- 48 km)
- Mesosfera (51- 85 km)
- Termosfera (por encima de 85 km)



Esquema de las diferentes capas de la atmósfera en función de su altura y su rango de temperaturas.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.1 Capas de la atmósfera

Troposfera (0- 10 km) :

- Dónde vivimos y tienen lugar los fenómenos meteorológicos responsables de los cambios del tiempo atmosférico.
- Puede llegar a 12 km en el Ecuador, donde el aire es más húmedo y caliente, siendo de solo 8 km en los polos donde el aire es más seco y frío.
- Contiene aproximadamente un 80% de toda la masa de la atmósfera.
- La variación media de la temperatura es de $6.5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$
- En el límite superior, la temperatura puede alcanzar valores próximos a -56°C .

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.1 Capas de la atmósfera

Estratosfera (10- 48 km) :

- La temperatura aumenta progresivamente con la altura hasta aproximadamente 0°C gracias a las moléculas de ozono (O_3). Máxima concentración de ozono a 22 km.
- Contiene aproximadamente un 20% de toda la masa de la atmósfera.
- Su densidad es mucho menor a la de la troposfera (mayor grosor y menor masa atmosférica).

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.1 Capas de la atmósfera

Mesosfera (51- 85 km) :

- La temperatura disminuye con la altura, alcanzándose valores próximos a los -90°C .

Termosfera o Ionosfera (por encima de 85 km) :

- La temperatura vuelve a crecer con la altura debido a energía de disociación de átomos y moléculas debido a la colisión con rayos cósmicos y fotones de alta energía provenientes del Sol. Muy altas temperaturas.
- La capa está caracterizada por estar electrificada con elevadas concentraciones de iones y electrones.
- Materia inexistente

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.1 Capas de la atmósfera

La interfase entre capas se caracteriza por un gradiente suave de temperaturas y se denominan:

- Tropopausa
- Estratopausa
- Mesopausa

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.2 Composición de la atmósfera

Contiene diferentes gases

- 78% N_2
- 21% O_2
- 0.9% Ar
- 0.03% CO_2
- 0.02% otros

$N_2 + O_2 = 99\%$ del contenido de la atmósfera

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.2 Composición de la atmósfera

- Gases con concentraciones permanentes (N_2 , O_2 y el Ar)
- Gases en concentración variable
 - CO_2 [0.02%- 0.04%]
 - Vapor de agua [0.02% - 4%]
 - $O_3 \sim 0.01\%$

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.2 Composición de la atmósfera

- CO_2 [0.02% - 0.04%]

Se emite a través de erupciones volcánicas, respiración de seres vivos y quema de combustibles fósiles.

Se elimina captado por el océano o en la fotosíntesis.

- Vapor de agua [0.02% - 4%]

Valores de menores de 0.1% en regiones desérticas y en los polos, y de hasta 4% en los trópicos

- $\text{O}_3 \sim 0.01\%$

En la troposfera se le considera un potente oxidante que produce efectos adversos en la salud humana.

En la estratosfera es beneficioso por su capacidad para filtrar la radiación UV que es letal para la vida.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

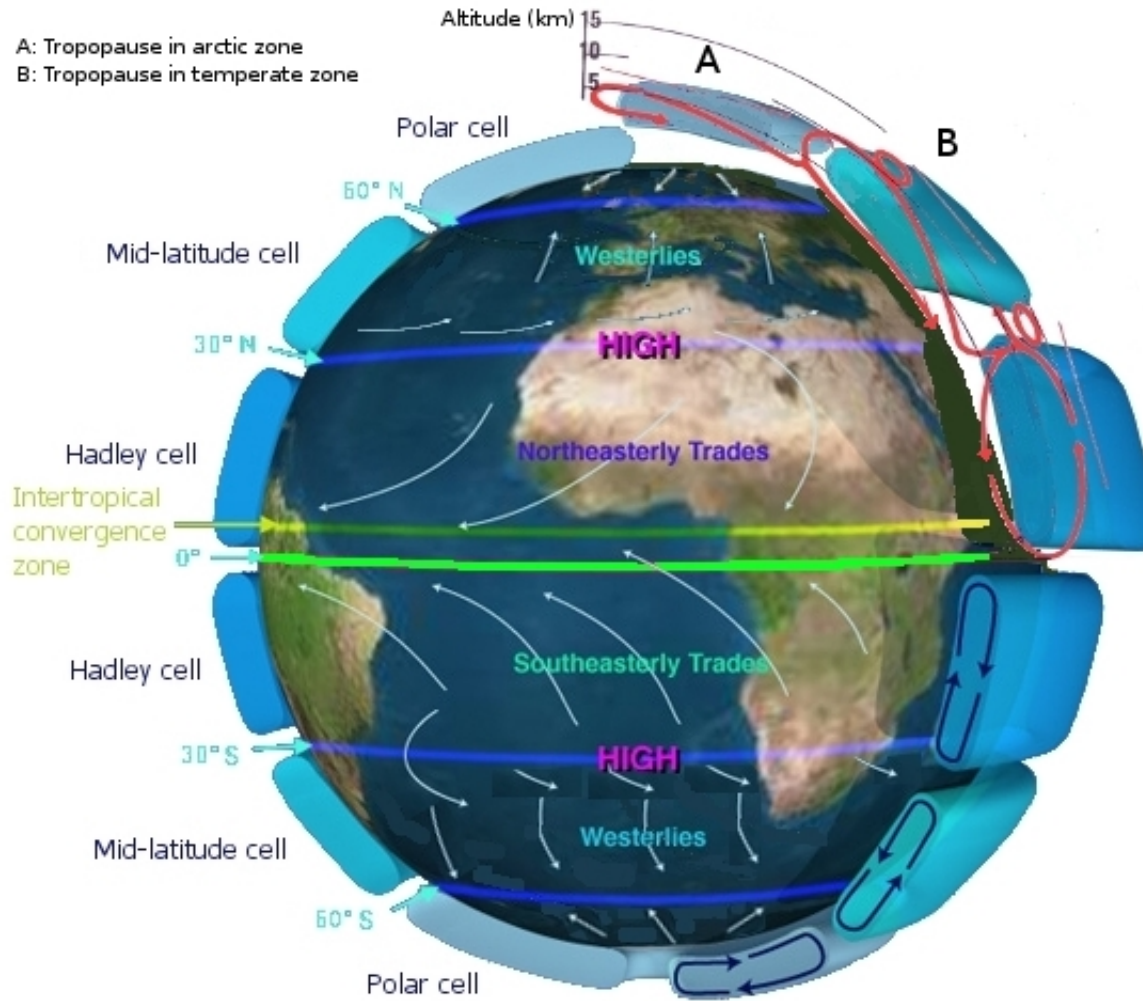
1.2.3 Régimen general de vientos

Supongamos: Tierra totalmente cubierta por agua, los continentes no distorsionan el patrón generado a partir de consideraciones de presión.

Entonces: en las capas bajas de la atmósfera la presión es baja cerca del ecuador, el aire se eleva y comienza a moverse hacia los polos.

Geometría casi esférica de la Tierra \Rightarrow las líneas de igual longitud tienden a converger \Rightarrow el aire que avanzaba hacia los polos a través de las capas altas de la troposfera, tiende a apilarse alrededor de los 30° (en ambos hemisferios), lo que aumenta la presión en las capas inferiores. Así, se genera un gradiente de presión, con valores altos alrededor de los 30° y bajos en el ecuador.

SISTEMA GLOBAL DE VIENTOS



1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

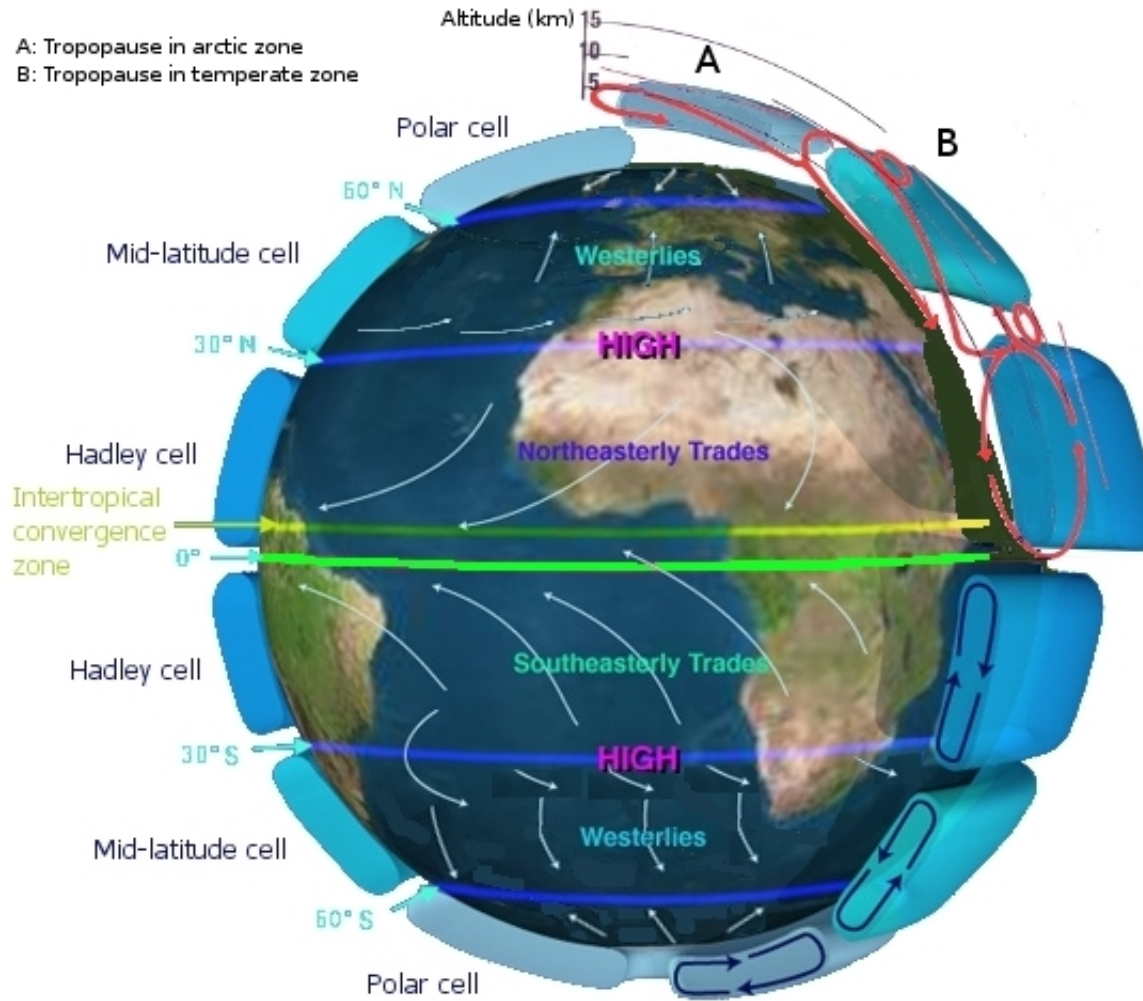
1.2.3 Régimen general de vientos

Consiguientemente, el aire cerca de la superficie tendería a moverse hacia el ecuador pero esa trayectoria se desviaría hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el sur debido a la aceleración de Coriolis.

Se generan así los **vientos alisios (trades)**, que circulan entre los trópicos y el ecuador en sentido noreste-suroeste en el hemisferio norte y en sentido sureste-noroeste en el hemisferio sur.

La celda que se forma entre el trópico y el ecuador recibe el nombre de **celda de Hadley**.

SISTEMA GLOBAL DE VIENTOS



1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

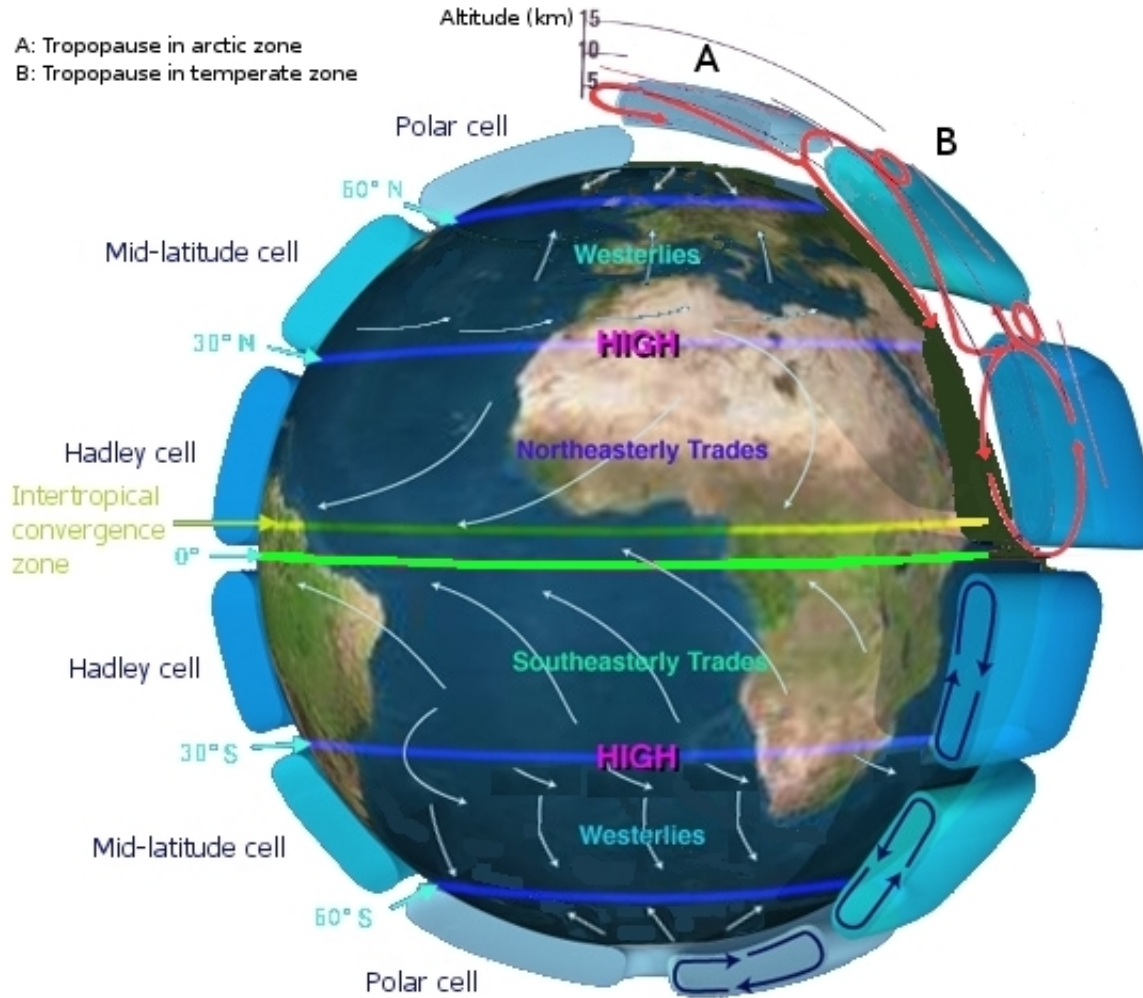
1.2.3 Régimen general de vientos

A aproximadamente 60° el aire es lo suficientemente caliente y húmedo para elevarse, tal como se describió anteriormente para el ecuador.

El aire circula hacia el polo en la alta troposfera. Cuando ese aire alcanza latitudes polares se ha enfriado lo suficientemente para descender como aire frío y seco, dando lugar a un área de alta presión, ese aire se mueve desde el polo hacia latitudes menores, pero debido al efecto de Coriolis se desvía y da lugar a vientos del este (que van hacia el oeste).

Esto constituye la llamada **celda polar**.

SISTEMA GLOBAL DE VIENTOS



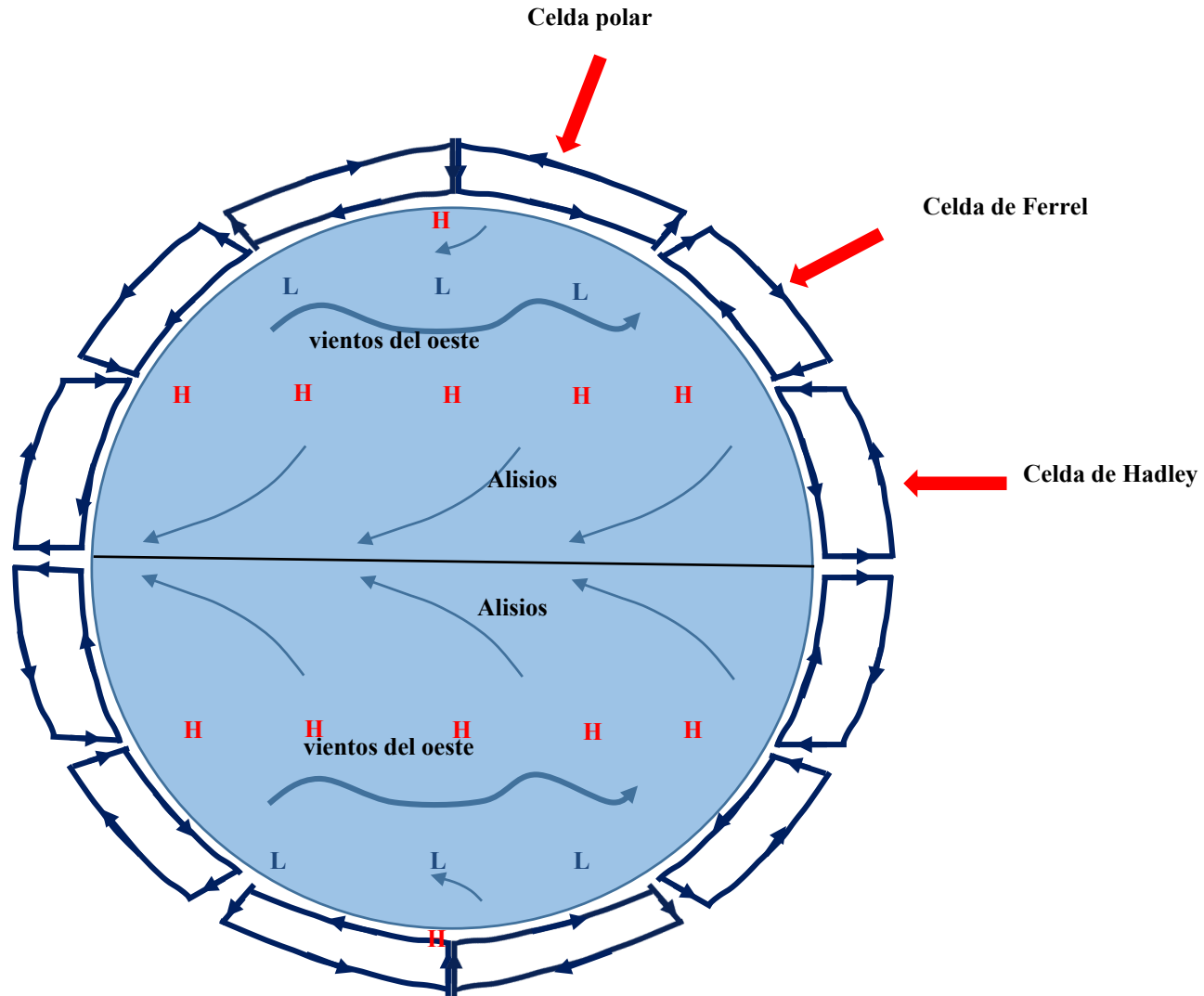
1. CONCEPTOS PREVIOS

1.2 La atmósfera

1.2.3 Régimen general de vientos

La celda intermedia, llamada de **Ferrel**, depende de la existencia de la celda de Hadley y de la polar. En este caso, los vientos generados en superficie son vientos del oeste (van hacia el este).

SISTEMA GLOBAL DE VIENTOS



1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

La densidad **del aire**, ρ , es la masa de aire por unidad de volumen de la atmósfera terrestre. Es una variable que decrece con la altitud.

A nivel del mar y 20°C de temperatura la densidad del aire es aproximadamente 1.2 kg/m³.

La densidad del aire seco se puede calcular a partir de la ley de gases ideales.

$$\rho = \frac{P}{R_d T}$$

donde P es la presión absoluta, T la temperatura absoluta y R_d la constante de los gases para el aire seco ($R_d = R/M_d = 287,05 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ en el SI, $M_d = 28.96 \text{ g/mol}$).

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

Al añadirsele vapor de agua la densidad del aire disminuye ya que el peso atómico de la molécula de agua es menor que el peso medio de las moléculas que forman el aire (O_2 , N_2 , ...)

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

La densidad **del agua**, ρ , es la masa de agua contenida en un volumen de 1m^3 .

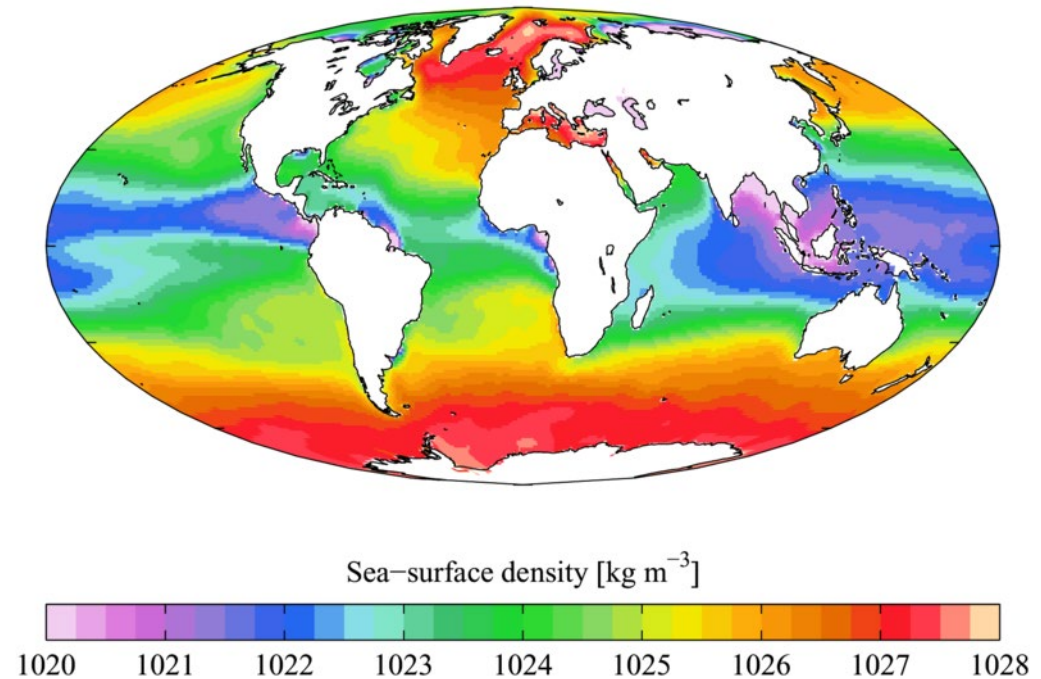
Para el agua dulce, la densidad depende de la temperatura, no siendo una función monótona. A $T=0^\circ\text{C}$ la densidad del agua dulce es aproximadamente 1000 kg/m^3 .

Para el agua salada, la densidad depende de T y de S (salinidad, cantidad de sales disueltas) y de la presión (P).

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad superficial



Puede observarse que la densidad del agua superficial es del orden de $1020\text{-}1030 \text{ kg m}^{-3}$, siendo menor en la zona ecuatorial y mayor en las zonas polares.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

La **salinidad** es la cantidad total de material disuelto en un kilogramo de agua oceánica. En general, para la mayor parte del océano, la salinidad es del orden de 34 – 35 partes por mil.

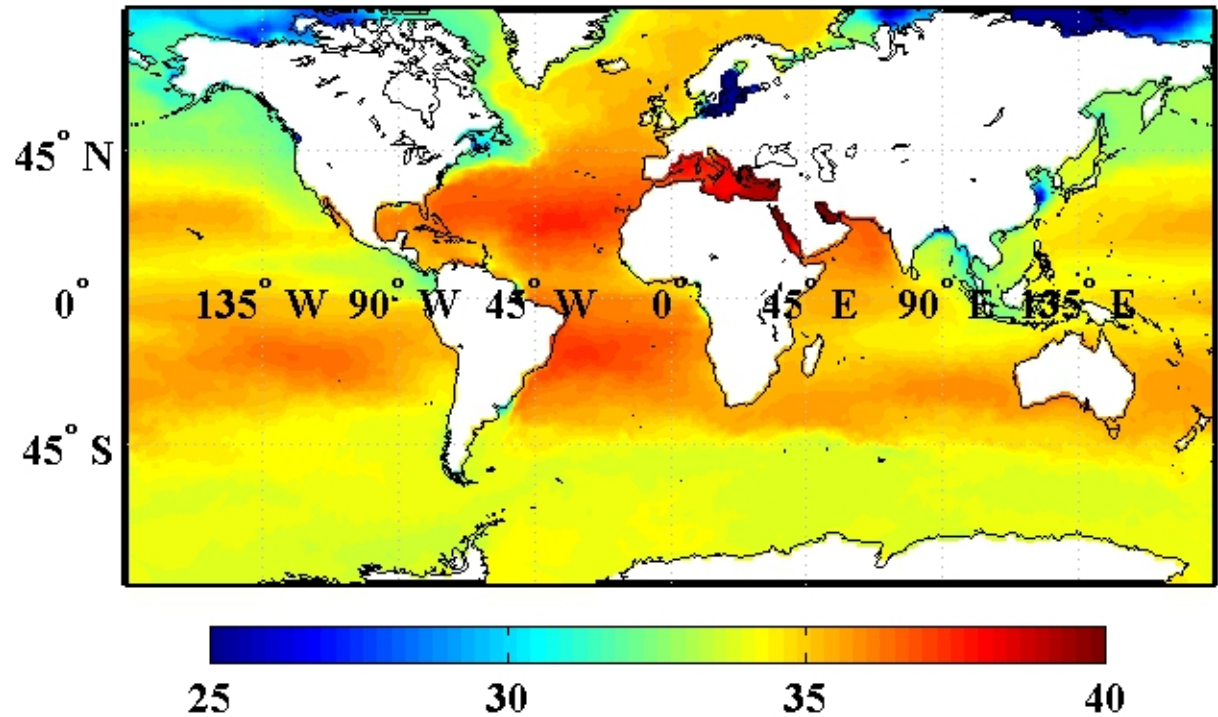
Debe tenerse en cuenta que la salinidad es una cantidad adimensional, aunque en algunos libros de texto aparece en unidades de salinidad prácticas (psu en la literatura anglosajona).

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

Salinidad superficial



Puede observarse que la salinidad del agua superficial es mayor en la zona ecuatorial y menor en las zonas polares.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

La unidad de **temperatura** es el kelvin (K), aunque por razones de comodidad, a efectos prácticos se acostumbra a utilizar grados Celsius (°C). La diferencia entre ambas temperaturas es simplemente la adición de un factor constante:

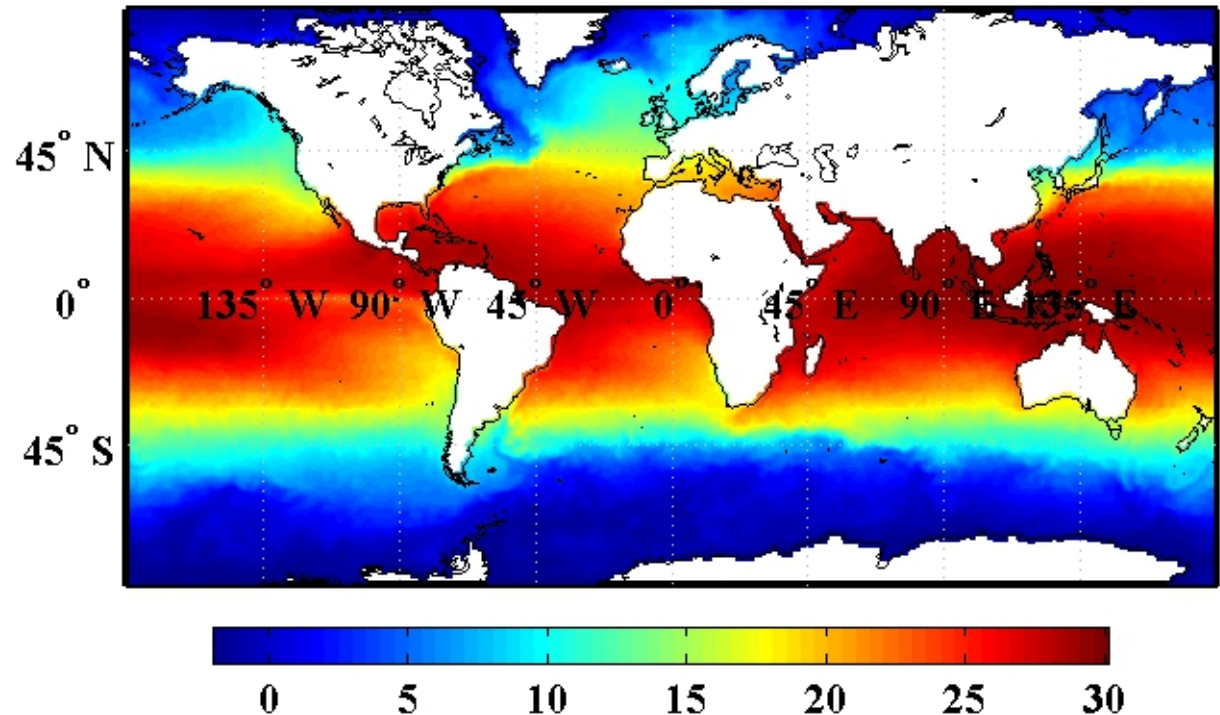
$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

Temperatura superficial



Puede observarse que la temperatura del agua superficial es mayor en la zona ecuatorial y menor en las zonas polares.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

Un caso extraño.

Todos sabemos que el hielo flota en el agua líquida, lo que nos parece bastante normal. Esto ocurre porque el hielo (agua en estado sólido) tiene menor densidad que el agua en estado líquido; pero, si lo pensamos un poco, es un comportamiento anómalo que nuestro modelo corpuscular de la materia molecular no explica en absoluto.

En efecto, a partir de él debiéramos esperar que el hielo fuera más denso que el agua líquida y que, al reducir la temperatura del agua al congelarla, redujera su volumen.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

Un caso extraño.

Debiéramos esperar también:

que los icebergs se hundieran en el mar,

que los lagos en el invierno empezaran a congelarse por el fondo,

que los cubos de hielo se fueran al fondo de un vaso con agua,

y que una botella llena de agua colocada en el congelador no se rompiera.

Esto no sucede así porque el agua es más densa que el hielo y éste flota.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

Cuando la **salinidad crece** la **densidad crece**

Cuando la **temperatura crece** la **densidad decrece**

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

La **densidad** del agua oceánica depende de la presión ($\rho = \rho(T, S, P)$), lo mismo sucede con la temperatura, por lo que es necesario distinguir entre valores *in situ* y *potenciales*.

La temperatura *in situ* (T) es directamente la temperatura medida a una profundidad dada.

La temperatura *potencial* (Θ) es la temperatura de una parcela de agua transportada adiabáticamente a la superficie.

El concepto de temperatura potencial puede derivarse fácilmente a partir de la primera ley de la termodinámica, donde se establece que

$$U = Q + W$$

donde U es el cambio de energía interna que depende tanto del calor (Q) entregado a una cierta parcela de agua, como del trabajo (W) realizado sobre ella.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

Asumiendo que no existe intercambio de calor con el entorno (proceso adiabático)

$$Q = 0$$

el cambio en energía interna debe ser igual al trabajo realizado sobre el agua.

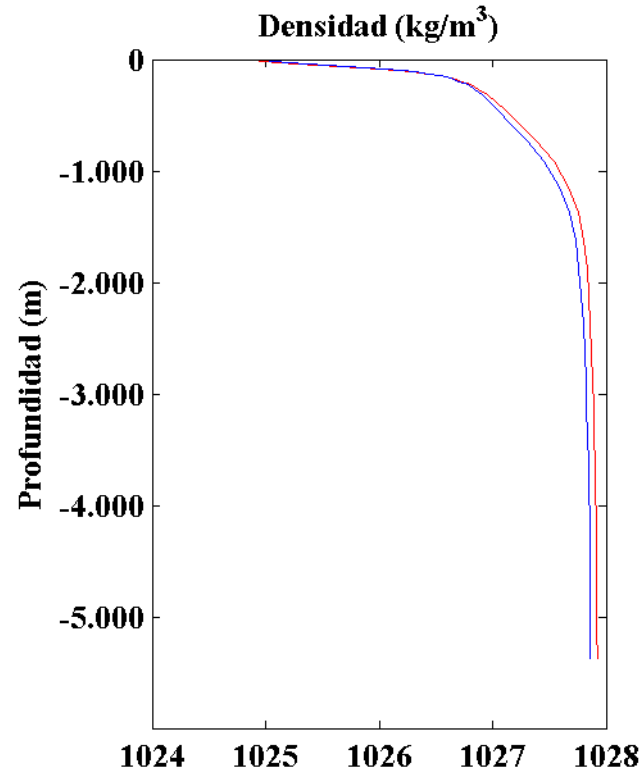
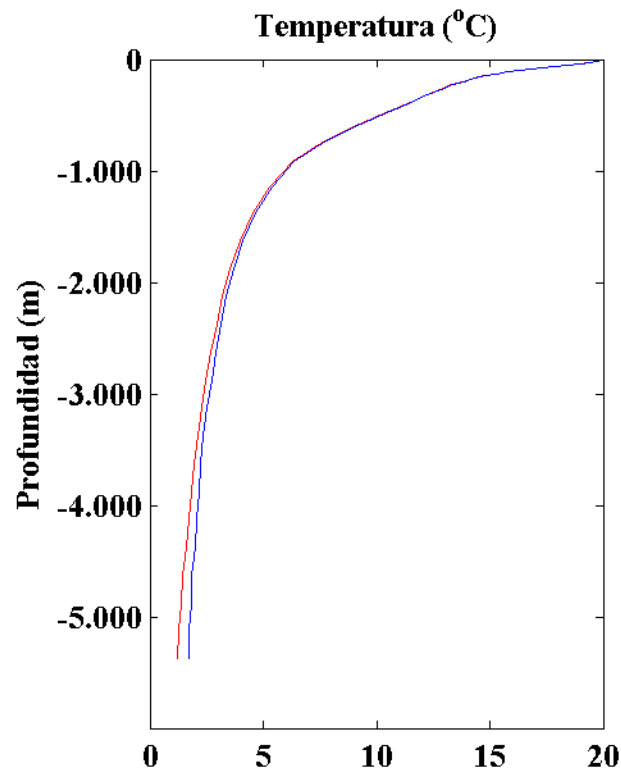
Teniendo en cuenta que el agua es ligeramente compresible, a medida que desciende una parcela de agua se realiza trabajo sobre ella, lo que genera un incremento de energía interna y, por lo tanto, un aumento de la temperatura.

$$\uparrow P = \uparrow U = \uparrow T$$

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad



Potencial
In situ

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.1 Densidad

$$D_{\text{aire}} = 1.2 \text{ kg m}^{-3}$$

$$D_{\text{océano}} = 1025 \text{ kg m}^{-3} \text{ (800 veces mayor)}$$

$$P_{\text{océano}} = 3.7 \text{ km (profundidad)}$$

$$P_{\text{troposfera}} = 10 \text{ km}$$

Teniendo todo esto en cuenta:

$$M_{\text{océano}} \sim 300 \times M_{\text{aire}}$$

La presión ejercida por la columna de aire (10^5 Pa) es equivalente a la presión ejercida por los 10 m primeros de océano.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.2 Calor específico

El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor/energía que hay que suministrar para elevar la temperatura de un gramo de sustancia un grado.

En el S.I. la unidad de temperatura es un grado Celsius o un kelvin.

Existen diferentes formas de calcular el calor específico: a presión constante y a volumen constante:

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.2 Calor específico

$$c_p = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_P$$

$$c_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_V$$

Para los gases ideales (aire de la atmósfera) la relación de Mayer relaciona las dos definiciones.

$$c_p - c_v = R/M_d$$

Donde R es la constante universal de los gases y M_d la masa molecular del gas.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.2 Calor específico

El calor específico depende de la temperatura a la que se encuentra la sustancia inicialmente.

Comparando océano y atmósfera:

Calor específico del **agua** a 25°C es **4,18 J/(gK)**, para el aire es **~ 1 J/(gK)**. El agua es una de las sustancias conocidas con mayor calor específico (por detrás del H₂, el He y el NH₃).

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.2 Calor específico

Teniendo en cuenta que la capacidad calorífica de una sustancia es:

$$C = m \times c_e \times \Delta T$$

Y que el: $c_e(\text{agua}) = 4 \times c_e(\text{aire})$ y $m(\text{océano}) = 300 \times m(\text{aire})$.

Los 2.5 primeros metros del océano tienen la misma capacidad calorífica que toda la columna de agua.

Si el ΔQ de los océanos del mundo durante el último medio siglo para profundidades de 0 a 2000 m fuese inmediatamente liberado a los 10 primeros km de la atmósfera, ésta experimentaría un calentamiento de 36°C. (Levitus et al., 2012)

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.3 Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas son diferentes. La existencia de una interfase supone una cierta reflexión.

De la energía que entra en la atmósfera:

- un 19% es absorbida en la atmósfera en ~ 100 (km) (aunque el 80% de la masa de la atmósfera está en los primeros 10 km)
- y alrededor de un 30% reflejada por las nubes y en la interfase atmósfera- océano.
- El 51% restante es absorbida rápidamente por el océano. Aunque la absorción depende de la longitud de onda y de la materia en suspensión, se estima que el 80% de la energía que sobrepasa la interfase es absorbida en los primeros 10 m.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.3 Propiedades de la atmósfera *versus* el océano

1.3.3 Propiedades ópticas

Esta propiedad es fundamental para la ecología marina.

Los organismos, para desarrollarse, necesitan fundamentalmente nutrientes y luz.

Capa fótica es aquella región del océano en la que penetra la luz del Sol. Su profundidad depende tanto de la longitud de onda de la radiación incidente como de la turbidez del agua.

Nivel eufótico es la profundidad a la cual la intensidad de la radiación incidente se ha reducido a un 1% de su valor en la interfase.

La profundidad puede variar de menos de 1 m en aguas muy turbias como la de algunos ríos a ser del orden de 200 m para aguas muy transparentes como las de los océanos tropicales.

Una forma de medición tradicional de la profundidad de la capa fótica es el disco de Secchi.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.4 El océano

Características:

Delgada capa de alrededor de 3.9 km en media de profundidad

Cubre unos 3.61×10^8 km², ~ 71% de la superficie de la Tierra.

Contiene un volumen de unos 1.3×10^9 km³. Es decir, ~97% del agua del planeta.

La zona más profunda del océano se alcanza en el Abismo de Challenger en el Pacífico (más de 11034 m).

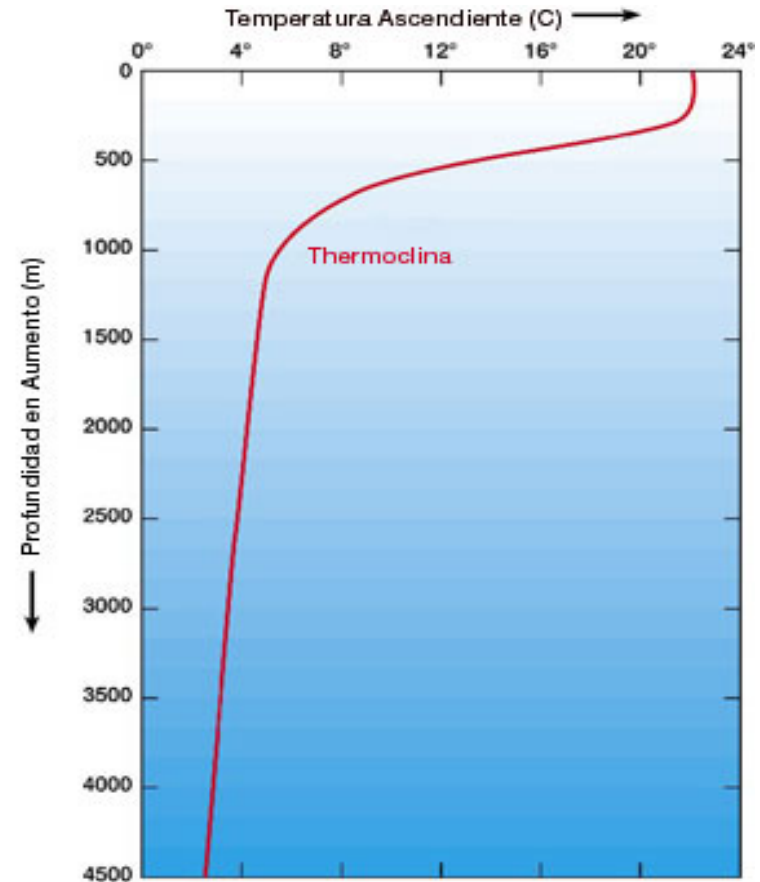
El agua oceánica se caracteriza por su temperatura y salinidad.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.4 El océano

1.4.1. Capas del océano:

- Existe un gran contraste entre la capa superficial, del orden de los 100 m, con una temperatura relativamente cálida, donde la luz es suficientemente abundante para permitir la fotosíntesis y, por tanto, la vida marina, con el océano profundo, frío y oscuro.
- Existe una zona de transición entre ambas capas llamada **termoclina**.

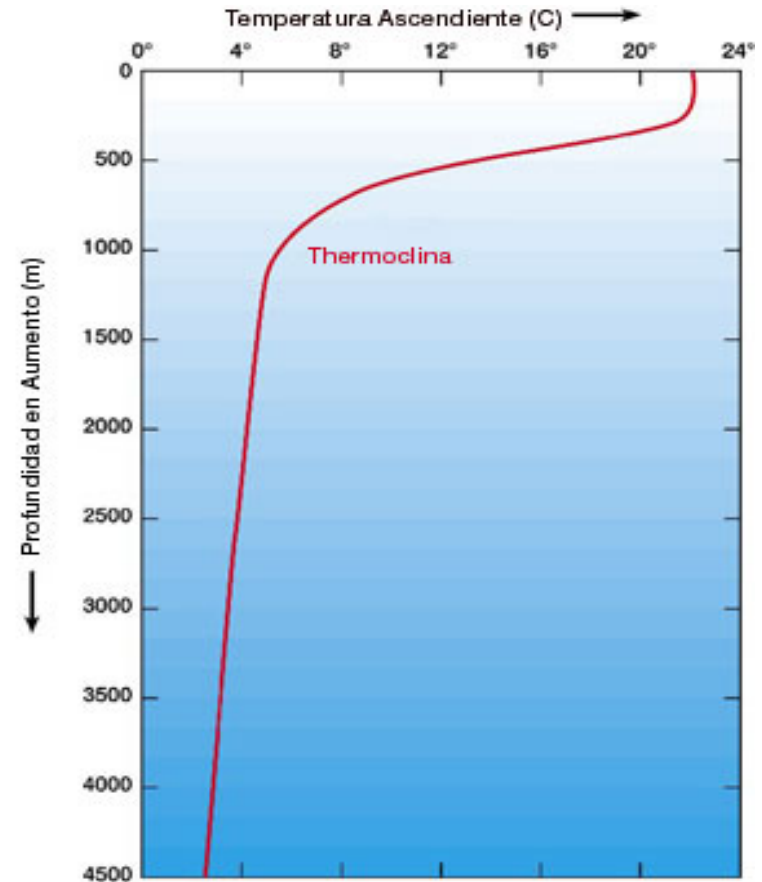


1. CONCEPTOS PREVIOS

1.4 El océano

1.4.1. Capas del océano:

- Capa de mezcla (hasta 100- 200 m de profundidad).
 - Temperatura constante y elevada.
 - Propiedades homogeneizadas por procesos turbulentos del viento y oleaje.
 - Se producen procesos de enfriamiento y de evaporación.
 - Tiene una marcada variabilidad estacional. Es más profunda en invierno que en verano.
 - Tiene una gran variabilidad interanual.



1. CONCEPTOS PREVIOS

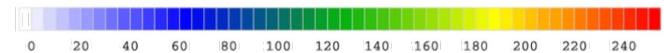
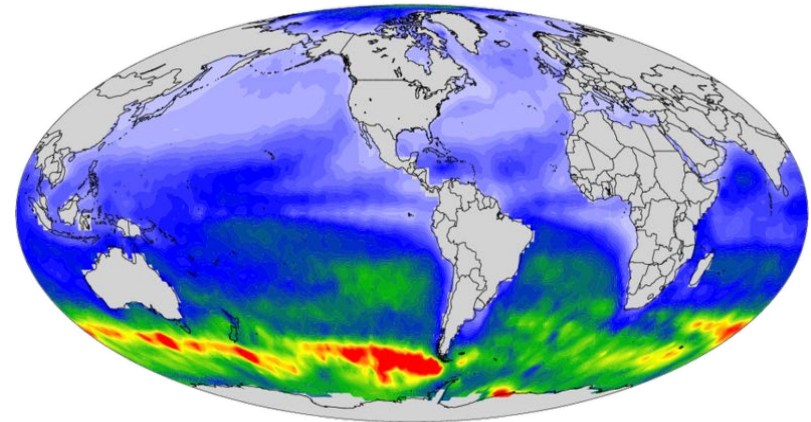
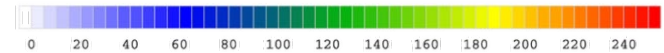
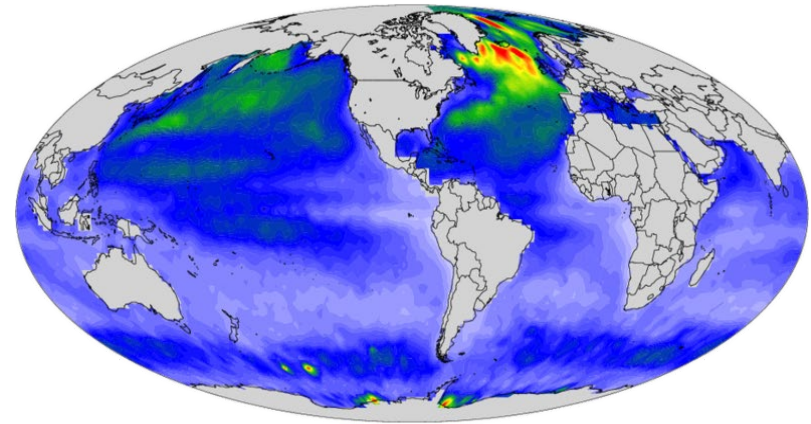
1.4 El océano

1.4.1. Capas del océano:

En el hemisferio norte la capa de mezcla es más profunda durante el invierno (panel superior) y menos durante el verano (panel de inferior) en ese hemisferio.

La profundidad de la capa de mezcla se calcula utilizando diferentes criterios (de Boyer Montégut et al., 2004). Se establece un nivel de referencia, para temperatura o densidad en la superficie o en sus proximidades y se busca la profundidad a la cual se alcanza una cierta variación con respecto al valor de referencia.

Figura. Profundidad de la capa de mezcla calculada durante el invierno boreal (panel superior) y verano boreal (panel inferior).

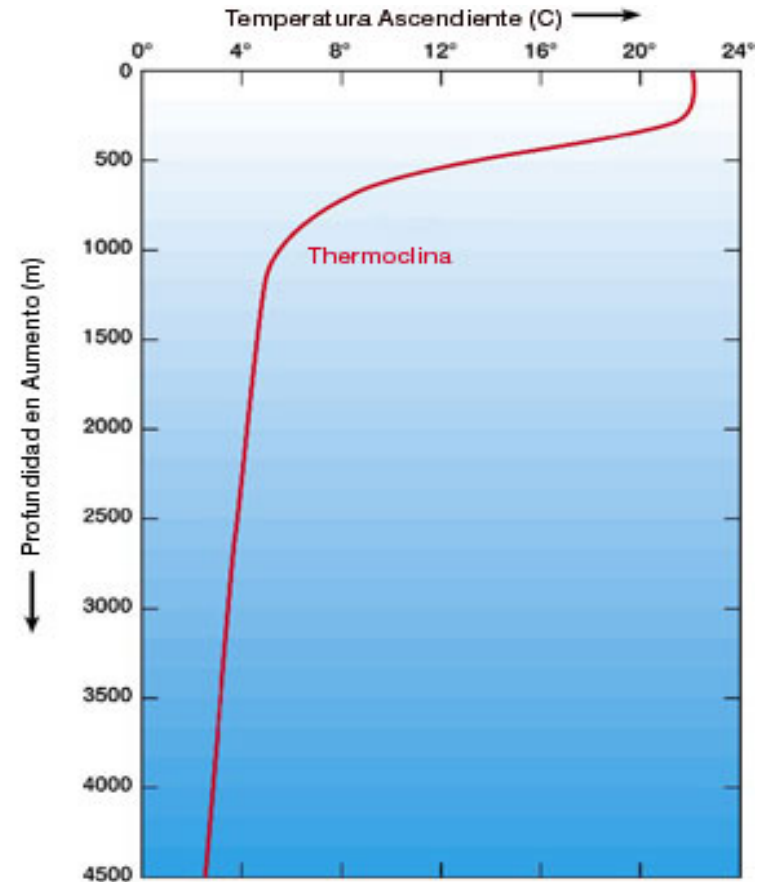


1. CONCEPTOS PREVIOS

1.4 El océano

1.4.1. Capas del océano:

- Termoclina (hasta 200- 1000 m de profundidad).
 - La temperatura varía rápidamente (de 20°C a 4°C)
 - Varía con la latitud y la estación. Es permanente en los trópicos y muy débil en las regiones polares. En latitudes intermedias es normalmente más marcada en verano.
- Océano profundo
 - Contiene el 90% del océano
 - Formado por capas horizontales de igual densidad que no están bien mezcladas verticalmente.
 - La temperatura oscila entre 0 y 3°C.



1. CONCEPTOS PREVIOS

1.4 El océano

1.4.2. Flotabilidad y estabilidad.

La flotabilidad es la fuerza *hacia arriba* (o hacia abajo) que se debe al efecto de la gravedad actuando sobre una parcela de fluido que es *menos densa* (o más densa) que el agua que está a su alrededor.

Por ejemplo: una parcela de agua se calienta sin que su salinidad varíe, de tal forma que su densidad es menor que la del agua que tiene inmediatamente debajo, por lo que esa parcela de agua tiende a subir.

1. CONCEPTOS PREVIOS

1.4 El océano

1.4.2. Flotabilidad y estabilidad.

Frecuencia de B-V

$$N^2 = -\frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho(z)}{\partial z}$$

Estabilidad

$$E = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho(z)}{\partial z} = \frac{N^2}{g}$$

$E > 0$	Estable
$E = 0$	Estabilidad Neutra
$E < 0$	Instable

1. CONCEPTOS PREVIOS

CUESTIONES

1. ¿Dónde se acumula la mayor cantidad de masa de la atmósfera?
2. ¿Por qué la temperatura de la estratosfera aumenta con la altura?
3. ¿De qué depende la densidad del agua del mar?
4. ¿Qué valor de densidad te parece más propio del agua del mar?
1000 kg/m³ 1.2 kg/m³ 1025 kg/m³ 2500 kg/m³.
5. ¿Qué rango de salinidad te parece más propio del agua del mar?
32.5-37.5 1-100 15-25 1-100
6. ¿Qué es mayor la temperatura potencial del agua o la temperatura in situ?
7. ¿Qué es mayor la densidad potencial del agua o la densidad in situ?
8. La densidad del agua del mar crece si
Crecen S y T Crece S y disminuye T decrecen S y T Crece T y disminuye S
9. ¿Qué es mayor 1 Pascal 1Bar o 1 atmósfera?
10. ¿Qué absorbe más rápidamente la luz, la atmósfera o el océano? Dar orden de magnitud
11. Comparar la capacidad calorífica de la atmósfera y del océano.
12. ¿Qué significa una frecuencia de Brunt-Vaisala positiva?
13. ¿Qué significa una frecuencia de Brunt-Vaisala negativa?
14. ¿Ordena por distancia al ecuador las diferentes celdas?

1. CONCEPTOS PREVIOS

CUESTIONES

15. ¿Dónde sube el aire en la celda de Hadley?
16. ¿Dónde baja el aire en la celda polar?
17. ¿Cómo se generan los alisios?
18. ¿Cuáles son los 2 gases más frecuentes en la atmósfera?
19. ¿Por qué el régimen general de vientos visto en este tema no es totalmente cierto?

REFERENCIAS

1. de Boyer Montégut, C., Madec, G., Fisher, A. S., Lazar, A., and Iudicone, D. (2004) Mixed layer depth over the global ocean: An examination of profile data and a profile based climatology, *J. Geophys. Res.*, 109, C12003.
2. Kundu, P.K, Cohen, I.M. (2008). *Fluid Mechanics*. Academic Press
3. Open University (2002) *Ocean Circulation*. 2nd edition. Pergamon Press.
4. Pedlosky, J. (1987). *Geophysical fluid dynamics*. Springer.
5. Levitus, S. et al. (2012) World ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000m), 1955–2010. *Geophysical Research Letters*, 39, L10603, doi:10.1029/2012GL051106.
6. Stewart, R.H. (2008) *Introduction to physical oceanography*.