

A satellite view of Earth showing a vast expanse of white and grey clouds over a dark blue ocean. The clouds are scattered and vary in density, with some large, billowing clouds and others as smaller, wispy patches. The overall scene is a high-angle, wide-area view of the planet's atmosphere and surface.

Introducción a la Meteorología. 2022

CLASE 1: LA ATMÓSFERA

Prof. Madeleine Renom



La Atmósfera es
**UN SISTEMA QUE EVOLUCIONA
Y ES INFINITAMENTE VARIABLE
CON UNA ESTRUCTURA
COMPLEJA EN TODAS
LAS ESCALAS DE ESPACIO Y
TIEMPO**

¿Qué es la atmósfera, y cuál es su relevancia?

Fina capa gaseosa: → $N_2, O_2, H_2O, O_3, CH_4$

↓
 $h = 100 \text{ km}, R_T = 6371 \text{ km}$

Actor protagonista de la vida en la Tierra:

→ Nos protege de la radiación solar

↓
En su ausencia, los días serían extremadamente cálidos y las noches frías

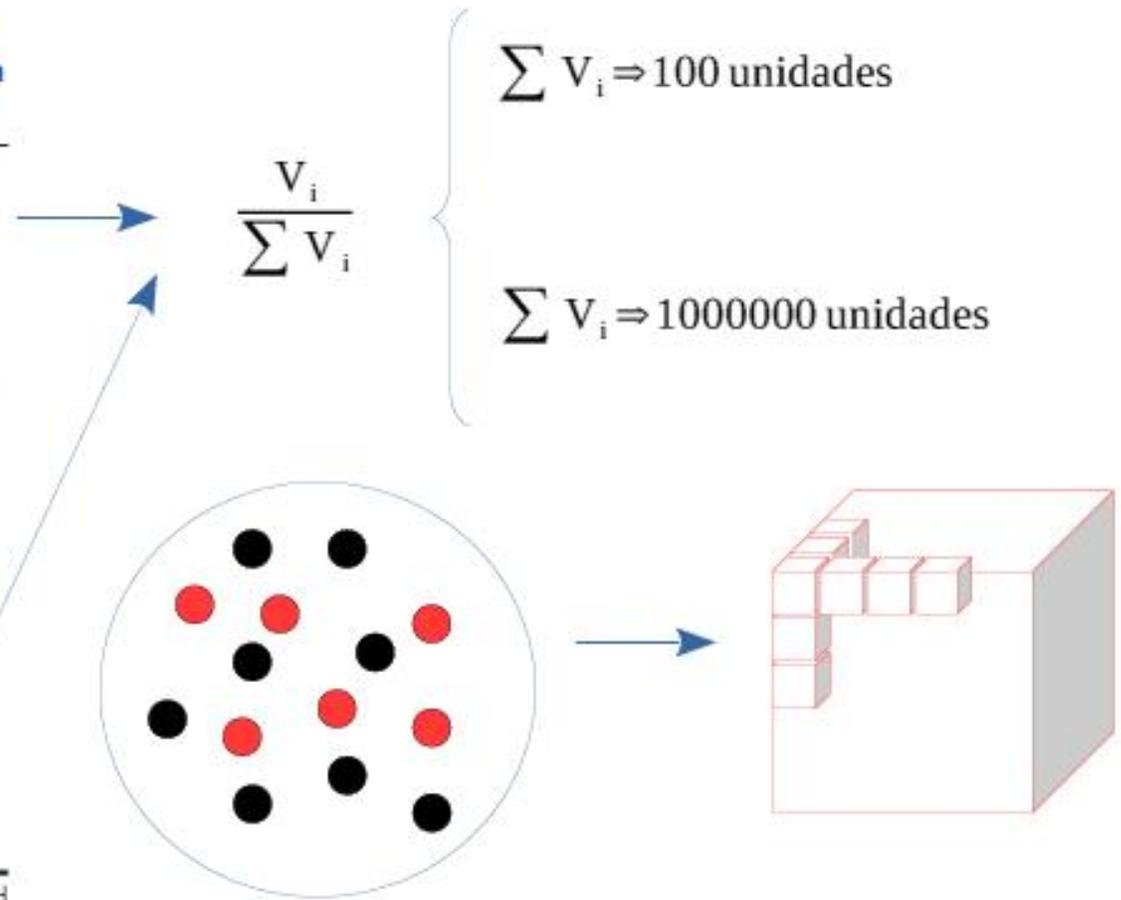
→ En su ausencia, no tendríamos océanos o lagos

Es muy importante estudiar su evolución



Composición de la Atmósfera

Constituent ^a	Molecular weight	Fractional concentration by volume
Nitrogen (N ₂)	28.013	78.08%
Oxygen (O ₂)	32.000	20.95%
Argon (Ar)	39.95	0.93%
Water vapor (H₂O)	18.02	0-5%
Carbon dioxide (CO₂)	44.01	380 ppm
Neon (Ne)	20.18	18 ppm
Helium (He)	4.00	5 ppm
Methane (CH₄)	16.04	1.75 ppm
Krypton (Kr)	83.80	1 ppm
Hydrogen (H ₂)	2.02	0.5 ppm
Nitrous oxide (N₂O)	56.03	0.3 ppm
Ozone (O₃)	48.00	0-0.1 ppm



^a So called *greenhouse gases* are indicated by bold-faced type. For more detailed information on minor constituents, see Table 5.1.

Composición de la Atmósfera

Constituent ^a	Molecular weight	Fractional concentration by volume
Nitrogen (N ₂)	28.013	78.08%
Oxygen (O ₂)	32.000	20.95%
Argon (Ar)	39.95	0.93%
Water vapor (H₂O)	18.02	0-5%
Carbon dioxide (CO₂)	44.01	380 ppm
Neon (Ne)	20.18	18 ppm
Helium (He)	4.00	5 ppm
Methane (CH₄)	16.04	1.75 ppm
Krypton (Kr)	83.80	1 ppm
Hydrogen (H ₂)	2.02	0.5 ppm
Nitrous oxide (N₂O)	56.03	0.3 ppm
Ozone (O₃)	48.00	0-0.1 ppm

Gases permanentes

Atmósfera

Tierra

Gases variables

^a So called *greenhouse gases* are indicated by bold-faced type. For more detailed information on minor constituents, see Table 5.1.

Cuál es la masa de la atmósfera?

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:
 ρ = densidad
 m = masa
 v = volumen

Despejando tenemos

Para el volumen

$$v = \frac{m}{\rho}$$

Para la masa

$$m = \rho * v$$

$$H = \frac{RT_0}{g}$$

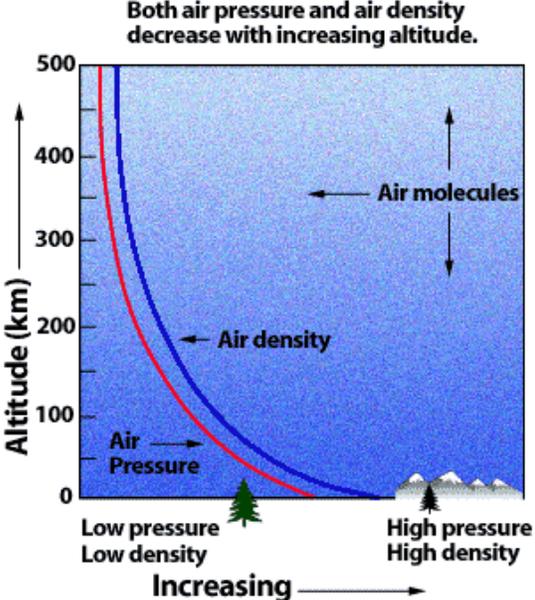
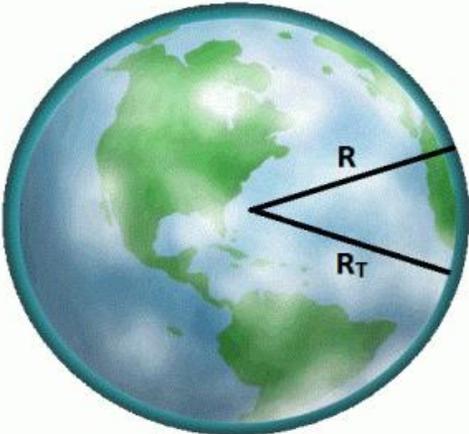
H= 8426 m

$\rho = 1,23 \text{ kg/m}^3$.

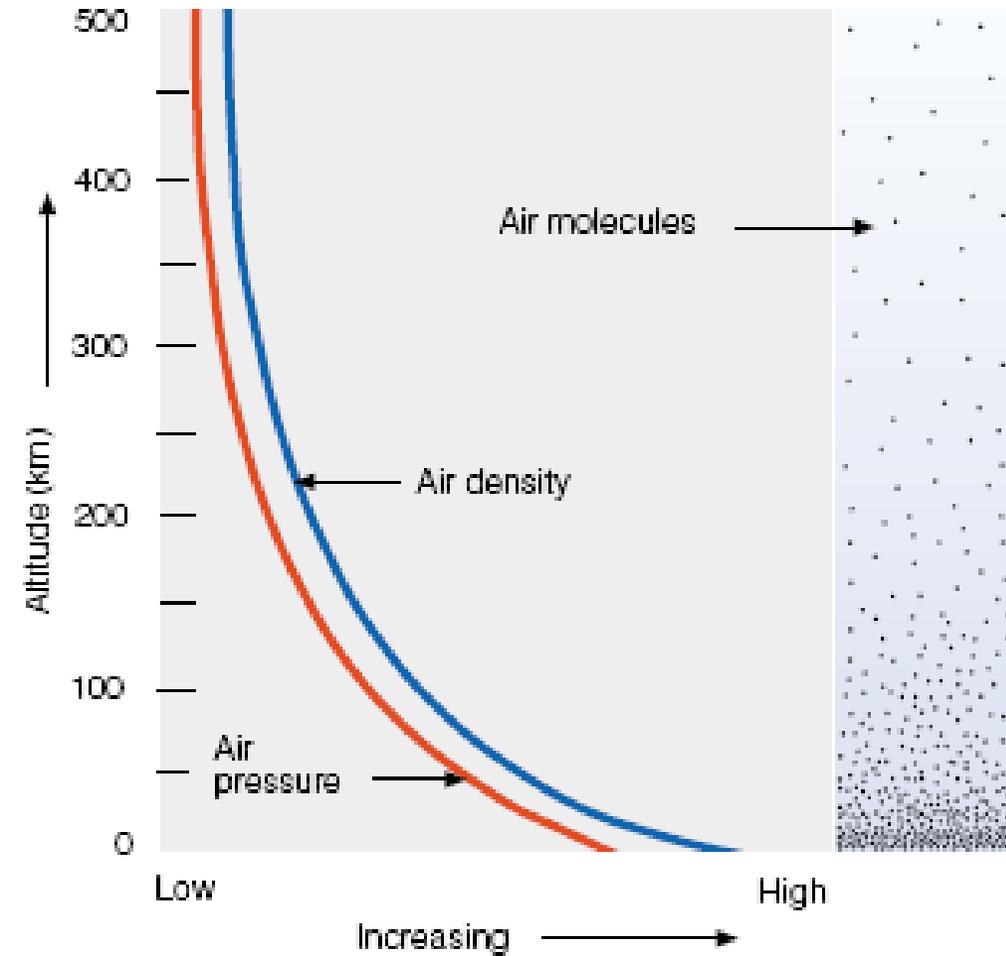
Masa de la atmósfera:

$5 \times 10^{18} \text{ kg}$

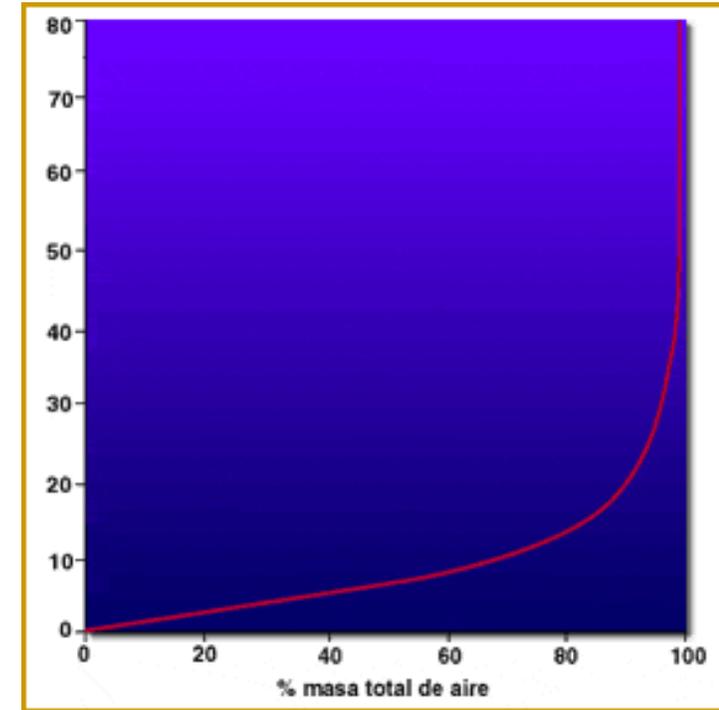
$$V = \frac{4\pi}{3} R^3 - \frac{4\pi}{3} R_T^3$$



Estructura Vertical de la Atmósfera

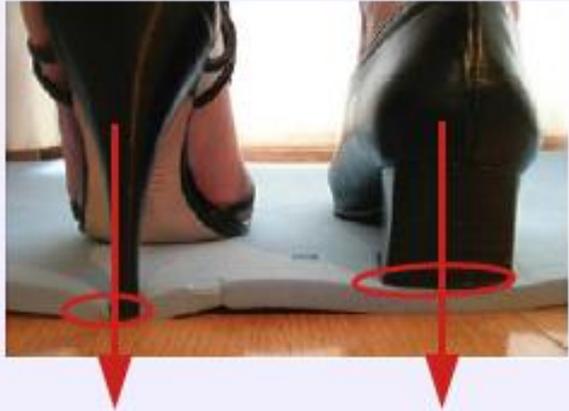


- La masa de la atmósfera es de aprox. 5×10^{18} kg
- La densidad es la cantidad de moléculas por unidad de volumen.
- La densidad del aire desciende con la altura.
- Es así como el 50% de la masa se localiza bajo los 5 km, el 66% bajo los 10 km.



Estructura Vertical de la Atmósfera

Presión



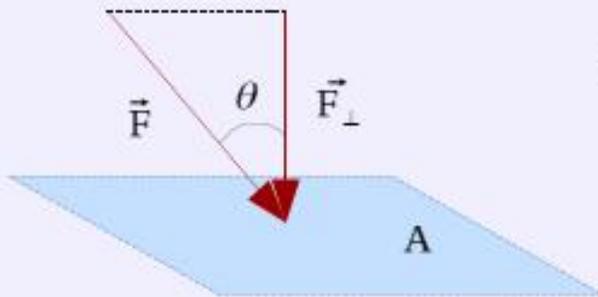
→ Fuerza

→ Área

Definición de Presión:

$$p = \frac{|\vec{F}|}{A}$$

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$

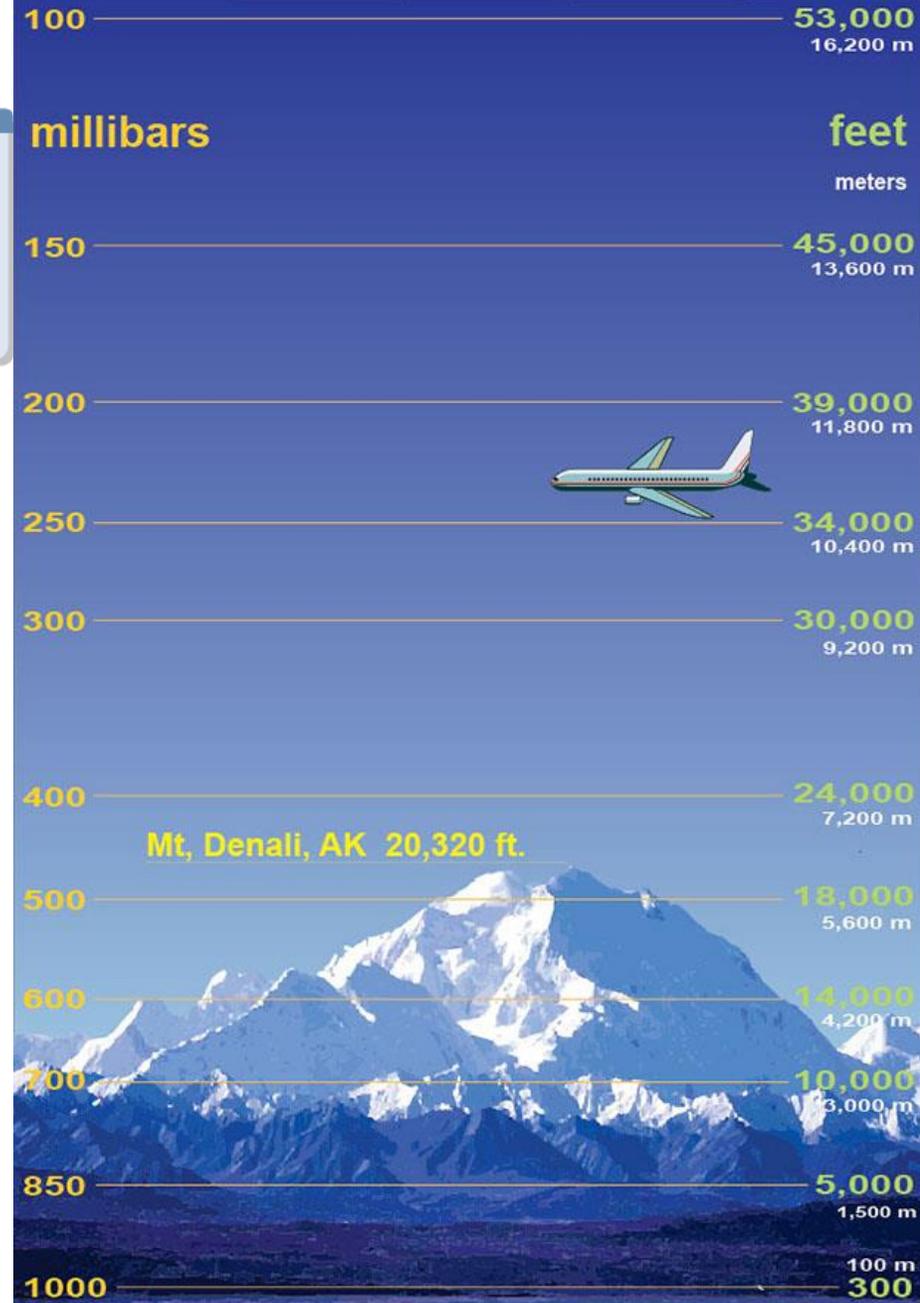


Presión: la fuerza ejercida sobre un área dada tiene igual magnitud que el peso de la columna de aire encima.

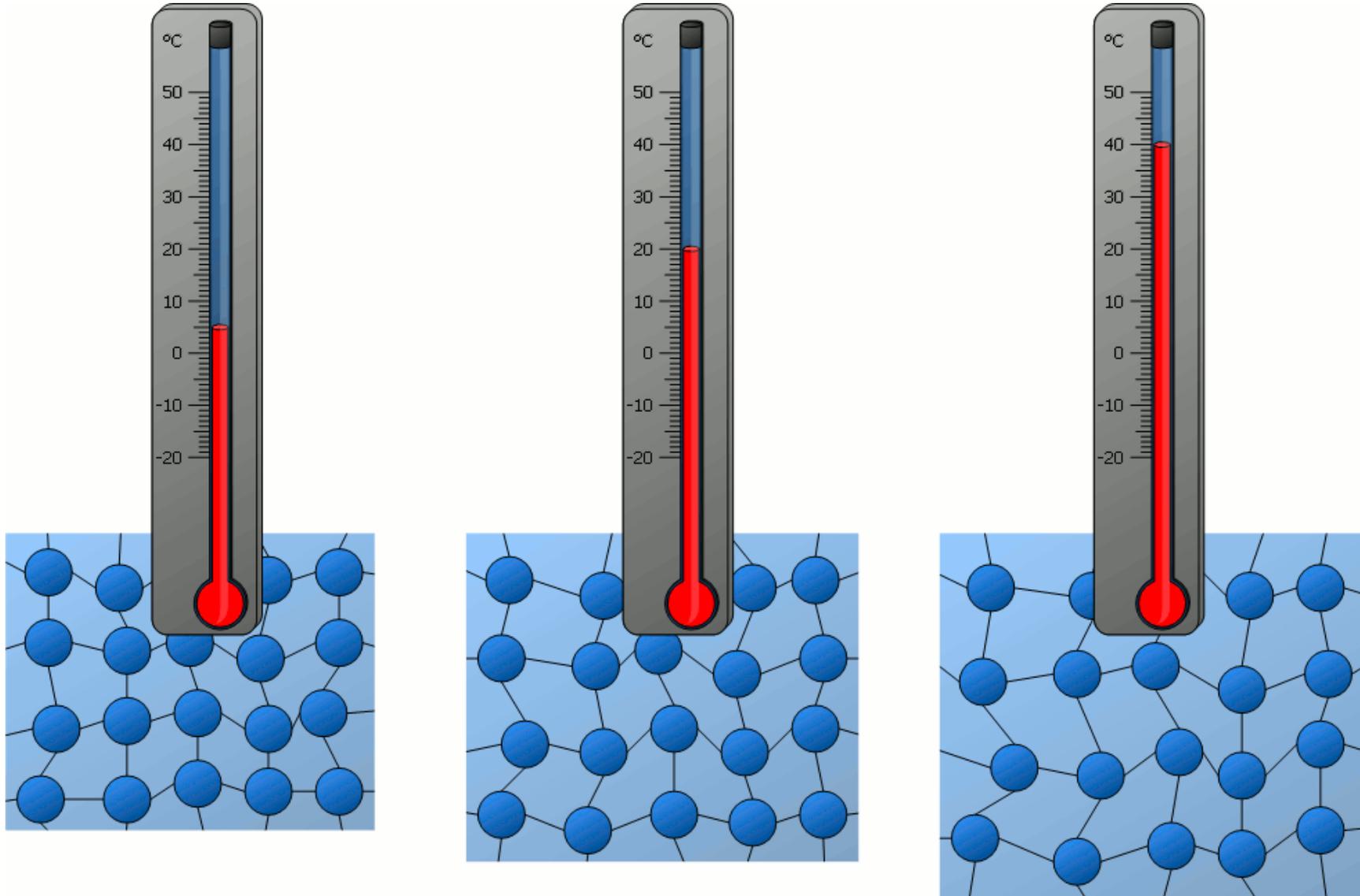
$$\vec{p} = m \vec{g}$$

Unidades en que se expresa comúnmente la P atmosférica.

Milímetros de Mercurio : mmHg
Pascal: Pa
Bar : bar



Estructura Vertical de la Atmósfera



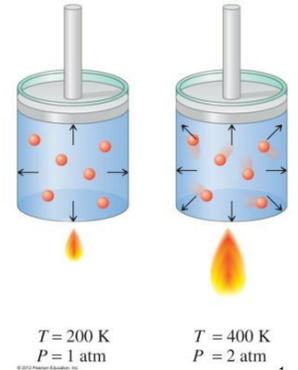
Que es la
Temperatura?

Relación entre P y T

Gay-Lussac's Law: P and T

- the pressure exerted by a gas is directly related to the Kelvin temperature.
- V and n are constant.

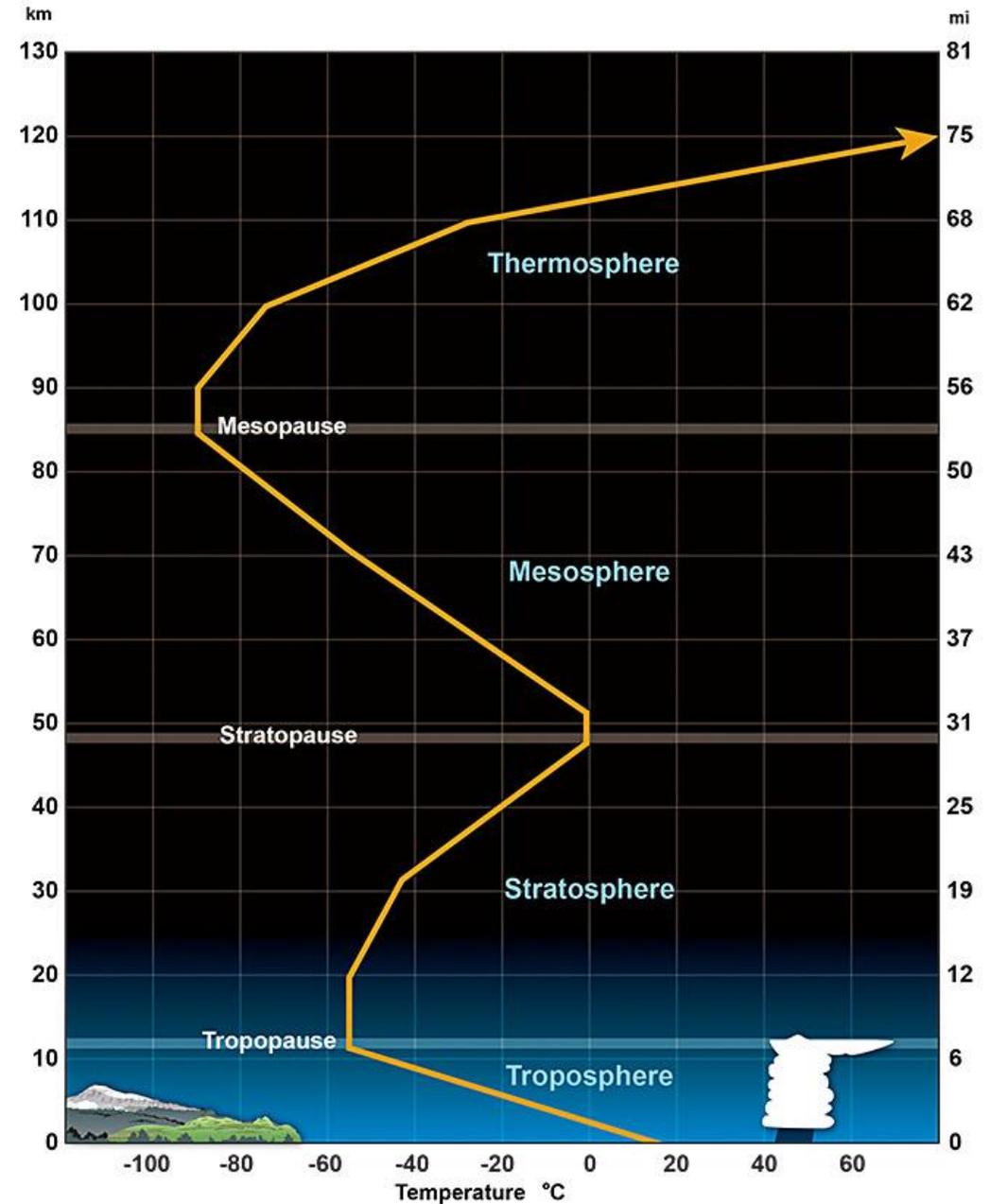
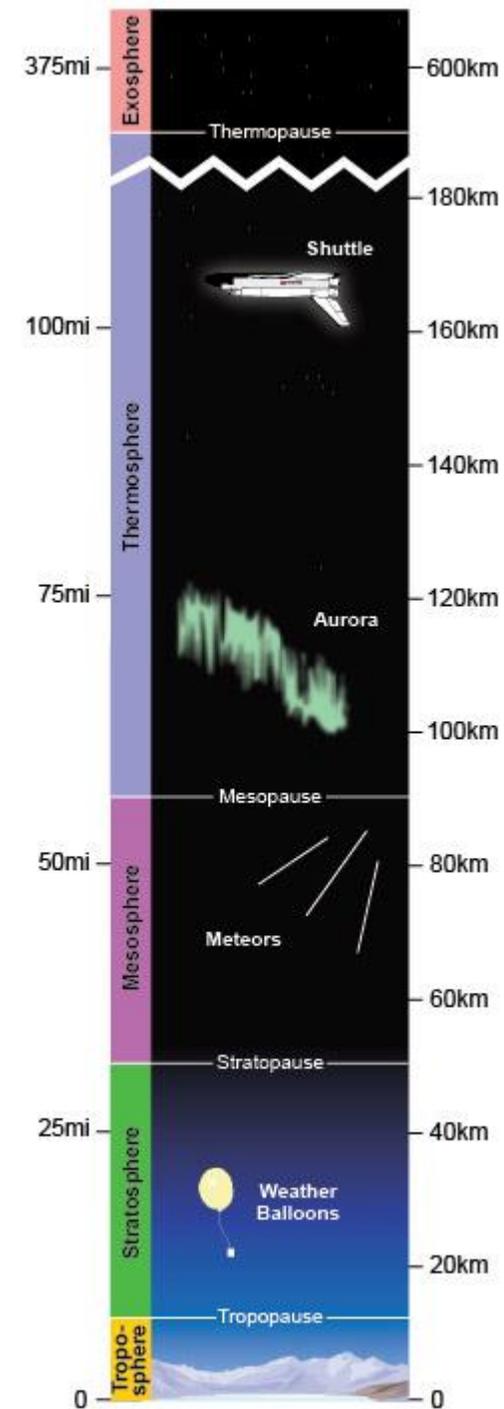
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



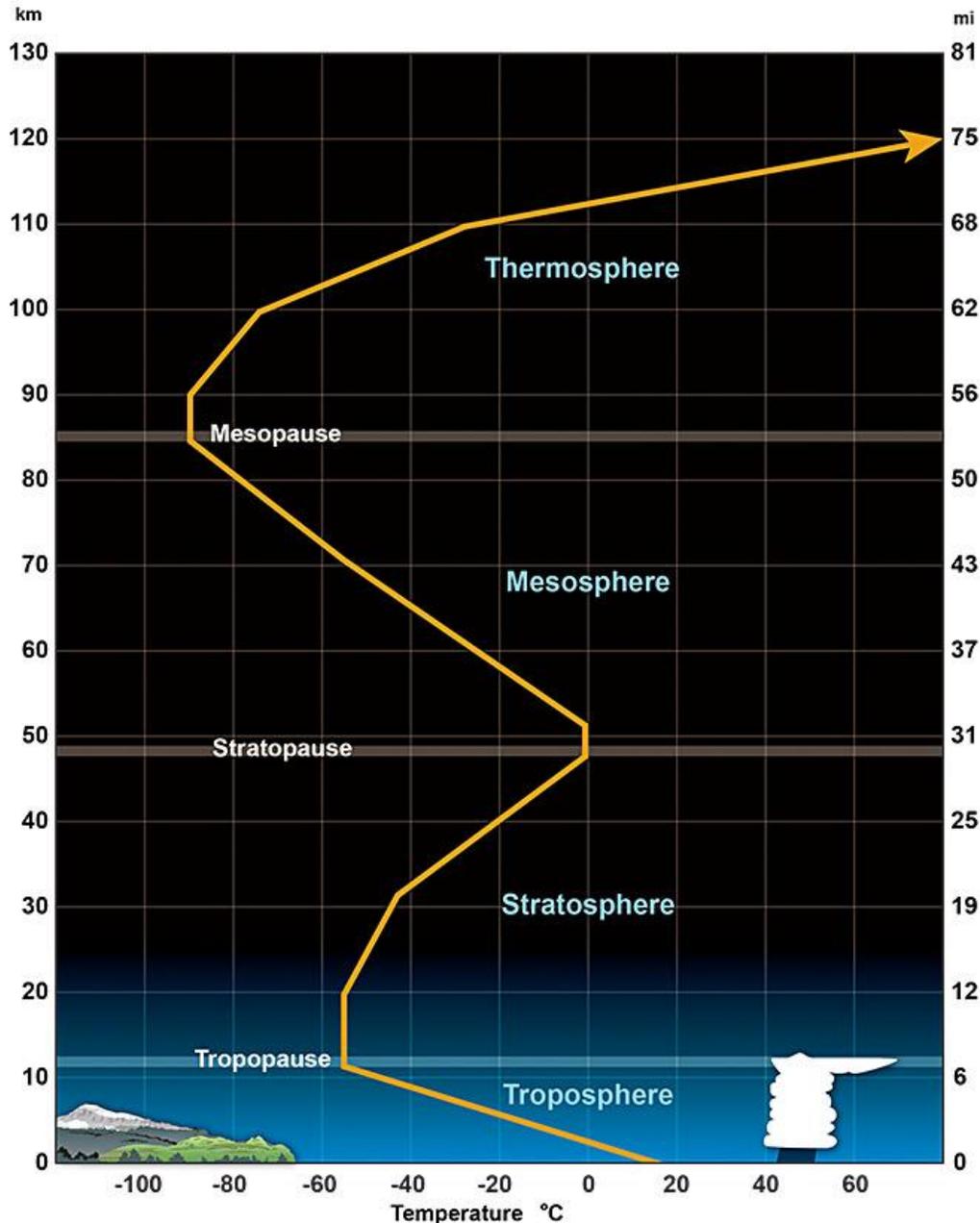
Estructura Vertical de la Atmósfera

Capas de la Atmósfera:

- La altura de la atmósfera es de aprox. 120 km desde superficie.
- Se definen capas en función de la variación de la T con la altura.
- Las capas se separan por regiones que se denominan “pausa” que significa que en dicha región la T permanece constante con la altura, pero es una región muy pequeña.

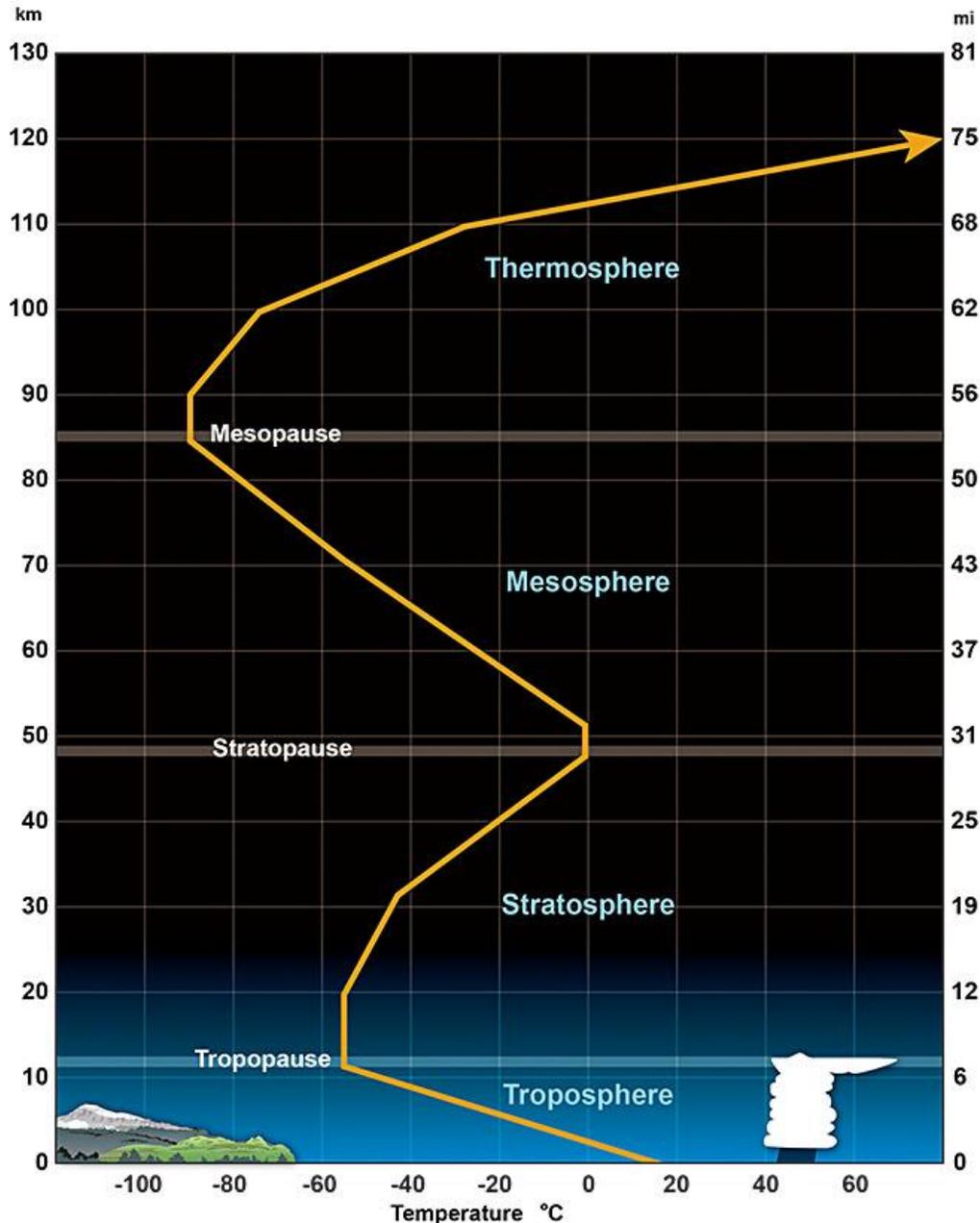


Estructura Vertical de la Atmósfera



Termósfera o Ionósfera: se denomina así porque gran parte de las moléculas presentes están ionizadas por la absorción de las radiaciones solares de alta energía (rayos gamma, rayos X y parte de la radiación ultravioleta), provocando que el nitrógeno y el oxígeno pierdan electrones quedando ionizados con carga +, los electrones desprendidos originan campos eléctricos por toda la capa. La interacción de las partículas subatómicas procedentes del Sol con los átomos ionizados da lugar a fenómenos luminosos llamados auroras polares (aurora boreal en polo norte y aurora austral en polo sur) que suceden cerca de los polos magnéticos. En la ionosfera rebotan las ondas de radio y televisión usadas en las telecomunicaciones. La temperatura de la termosfera va ascendiendo en altura al absorber las radiaciones de alta energía, pudiendo alcanzar más de 1000 °C (Curiosidad: la baja densidad de gases hace que esta temperatura realmente no signifique mucha energía). Su límite superior se denomina termopausa, entre los 600 – 800 Km de altura, continuándose con la exosfera.

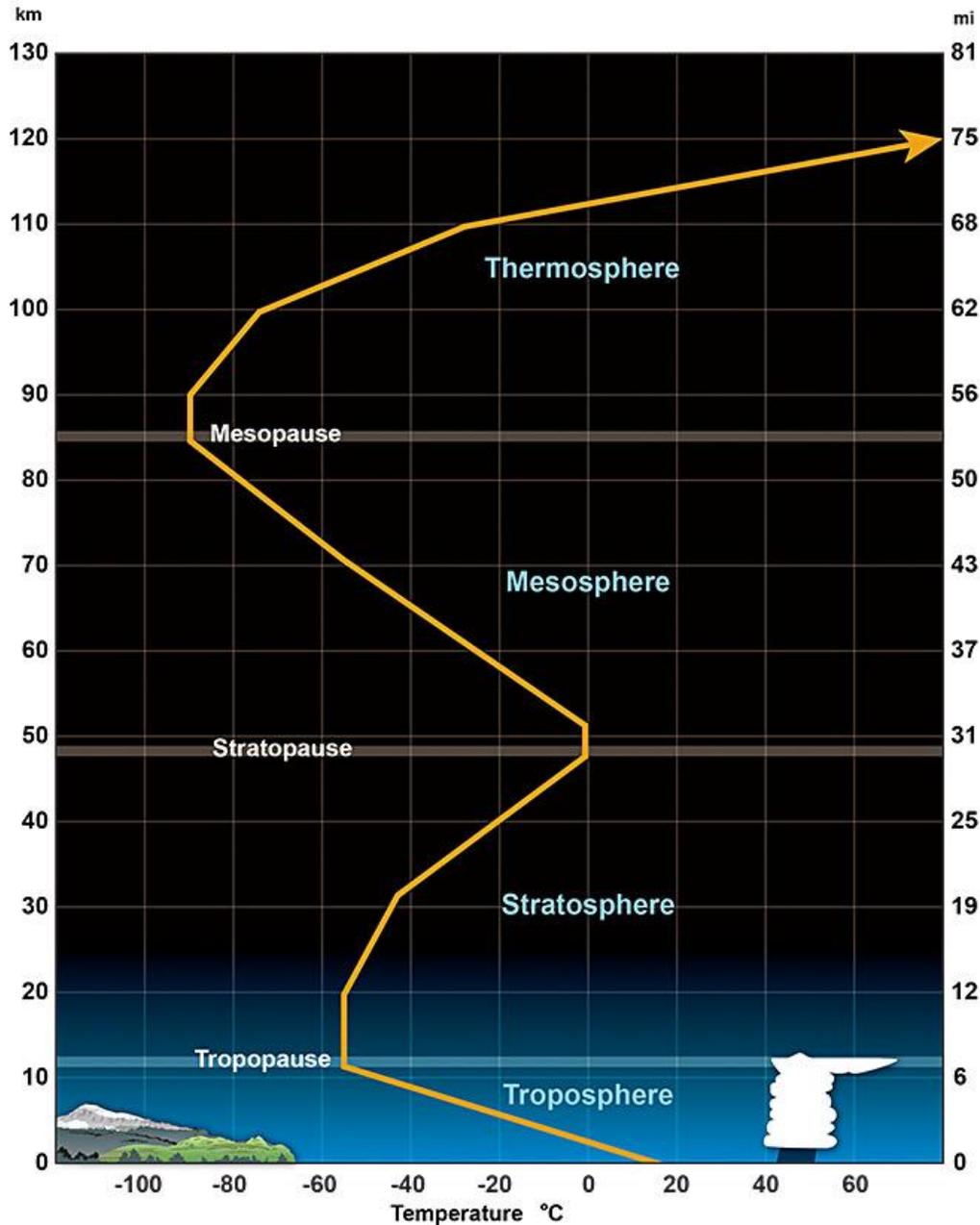
Estructura Vertical de la Atmósfera



Mesosfera: se extiende hasta los 80 Km. de altura. La temperatura disminuye hasta alcanzar los $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ en su límite superior llamado mesopausa. Algunos autores dicen que en esta capa se desintegran los meteoritos por el rozamiento con las partículas de la mesosfera produciéndose las llamadas estrellas fugaces, pero otros autores responsabilizan de este fenómeno a la termosfera donde se alcanzan temperaturas muy altas.

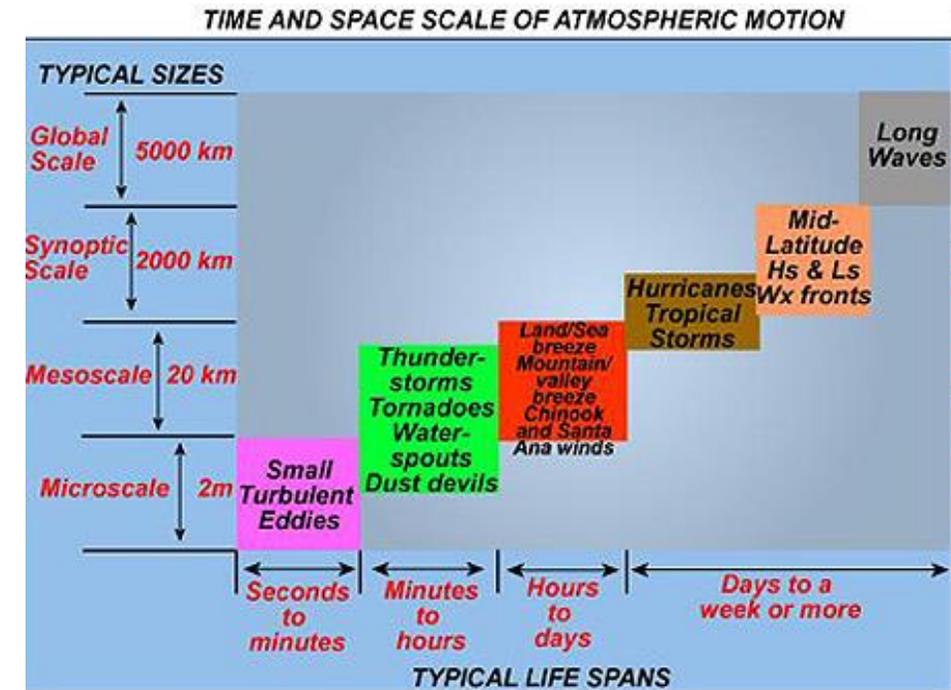
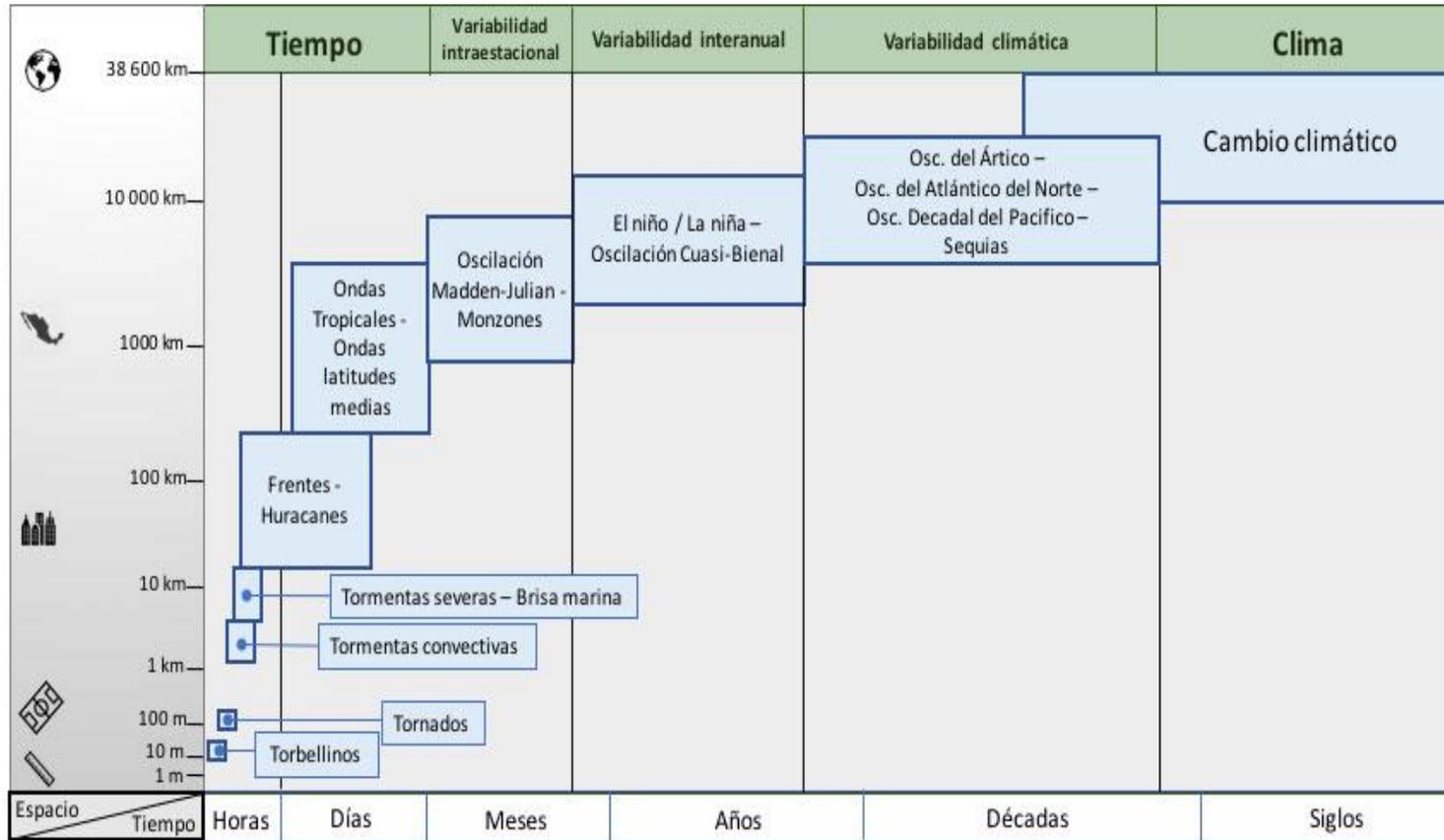
Estratósfera: se extiende desde la tropopausa hasta los 50 Km de altura, límite de la estratosfera llamado estratopausa. En esta capa se genera la mayor parte del ozono atmosférico que se concentra entre los 15 y 30 Km de altura llamándose a esta zona capa de ozono u ozonósfera. La temperatura asciende con la altura hasta llegar próximo a los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la estratopausa. Este incremento de temperatura está relacionado con la absorción por el ozono de la radiación solar ultravioleta, por lo que esta capa actúa como pantalla protectora frente a los perjudiciales rayos ultravioleta. Dentro de esta capa hay movimientos horizontales de aire, pero no verticales como sucede en la troposfera.

Estructura Vertical de la Atmósfera



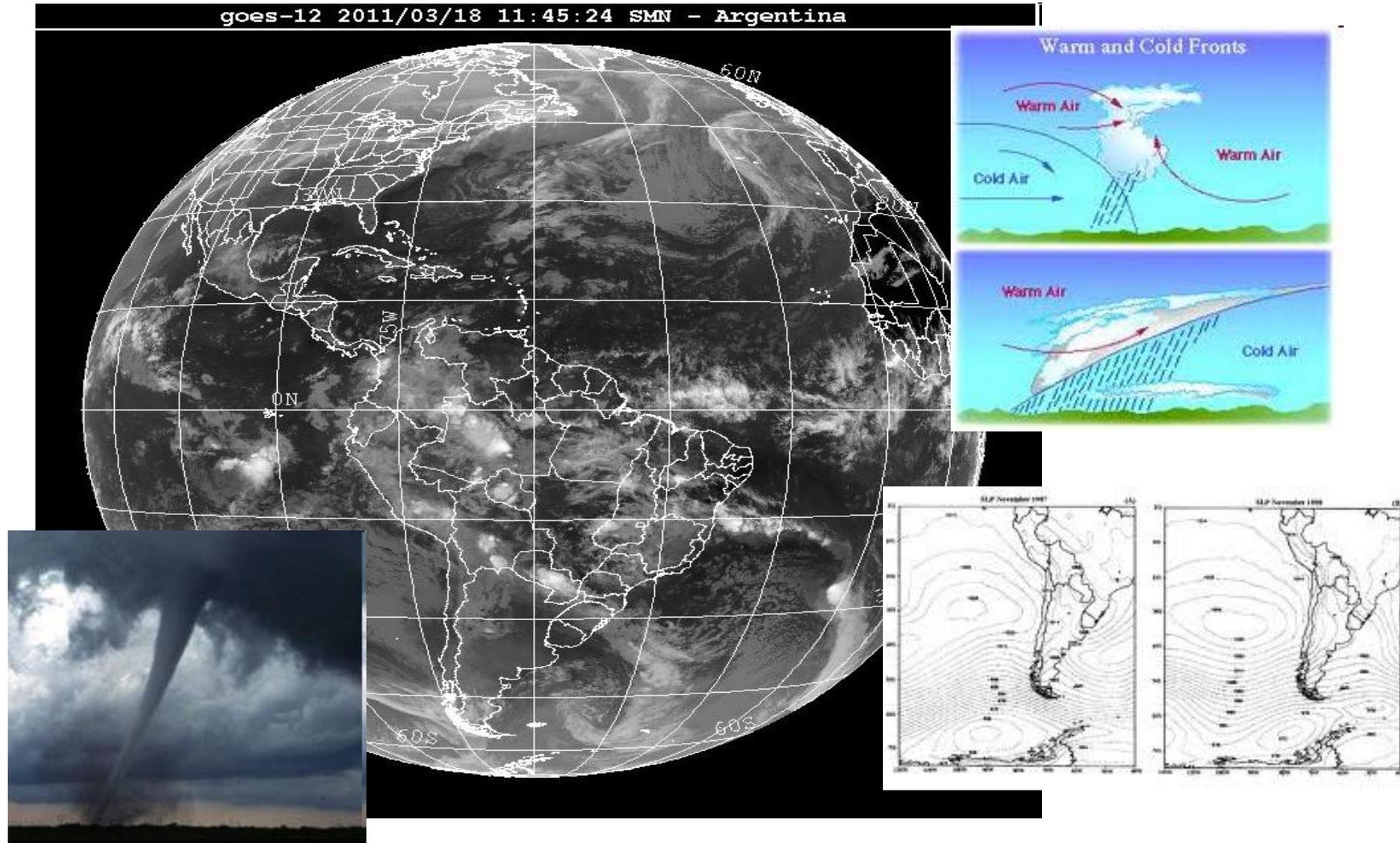
Tropósfera: su espesor varía entre los 9 Km. sobre los polos y los 18 Km. sobre el ecuador, siendo su altura media 12 Km. Contiene la mayoría de los gases de la atmósfera. A los 500 metros iniciales se les denomina capa sucia, porque en ellos se concentra el polvo en suspensión procedente de los desiertos, los volcanes y la contaminación. Este polvo actúa como núcleos de condensación que facilitan el paso del vapor de agua atmosférico a agua líquida, la troposfera contiene prácticamente todo el vapor de agua atmosférico. Hay importantes flujos convectivos de aire, verticales y horizontales, producidos por las diferencias de presión y temperatura que dan lugar a los fenómenos meteorológicos (precipitaciones, viento, nubes). El aire de la troposfera se calienta a partir del calor emitido por la superficie terrestre. La temperatura de la troposfera es máxima en su parte inferior, alrededor de 15 °C de media, y a partir de ahí comienza a descender con la altura según un Gradiente Térmico Vertical (GTV) de 6,5 °C de descenso cada Km que se asciende en altura (la temperatura baja 0,65 °C cada 100m de altura) hasta llegar a -70 °C en el límite superior de la troposfera: la tropopausa.

Escalas de Movimiento de la atmósfera



Tiempo

- Estado de la atmósfera en un cierto instante. (precipitación, humedad, vientos, temperatura, presión). Manera en que la naturaleza equilibra las fuerzas.



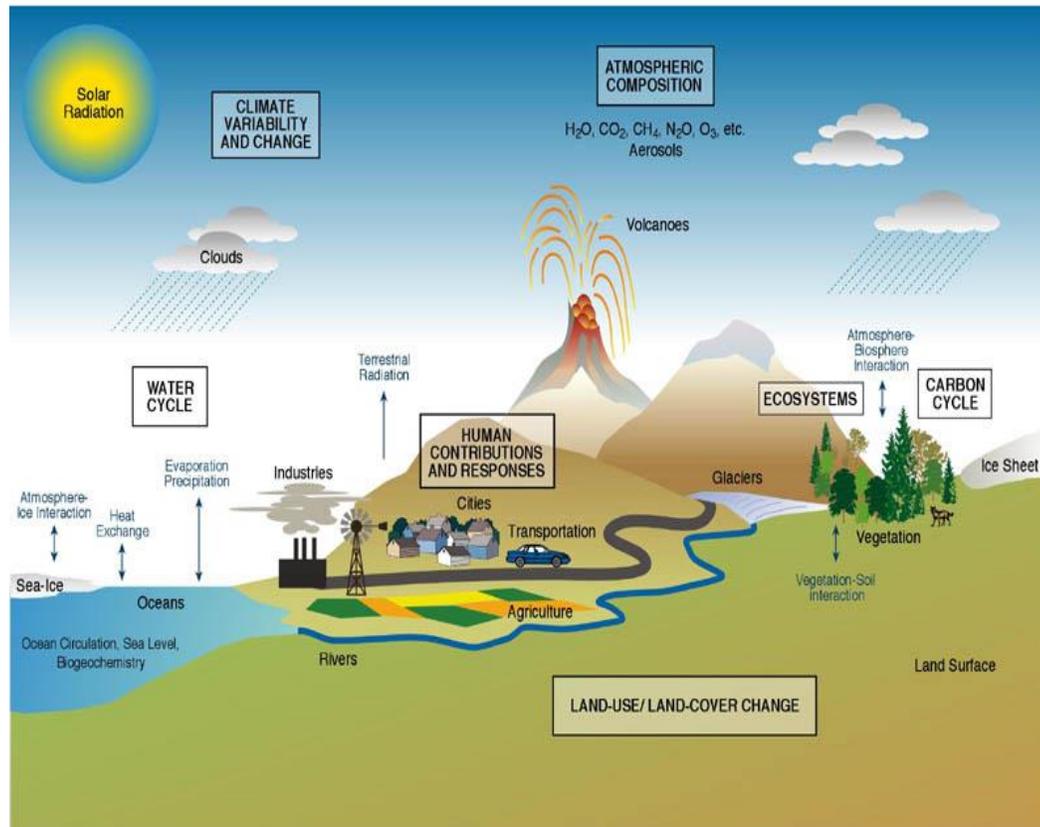
Clima

- **Definición 1:** Estadística del tiempo atmosférico durante un período prolongado



Clima

Definición 2: Estado del medio ambiente habitable (descrito estadísticamente) que resulta de la interacción de los componentes del Sistema Climático

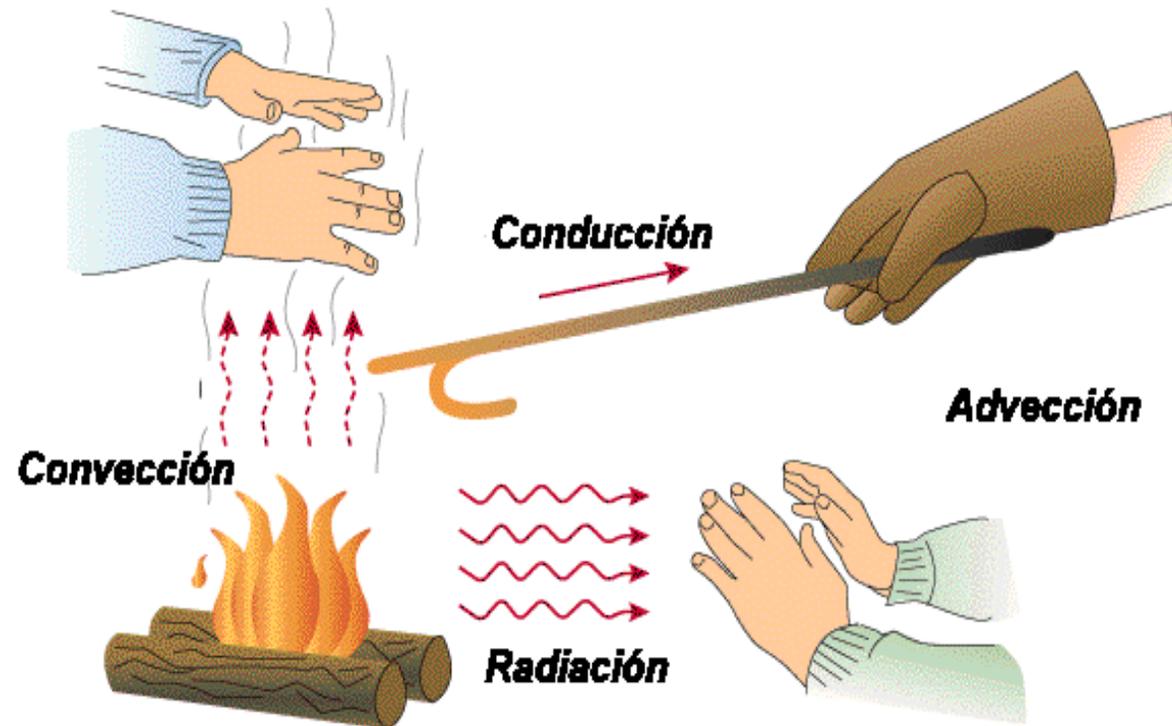


- Sistema Climático: componentes
- ATMÓSFERA
- HIDRÓSFERA
- CRIÓSFERA
- CONTINENTES
- BIÓSFERA

Porque se mueve la atmósfera?

RADIACIÓN

TRANSFERENCIA DE CALOR



RADIACIÓN:

NO hay intercambio de masa.
NO requiere de un medio.

CONDUCCIÓN:

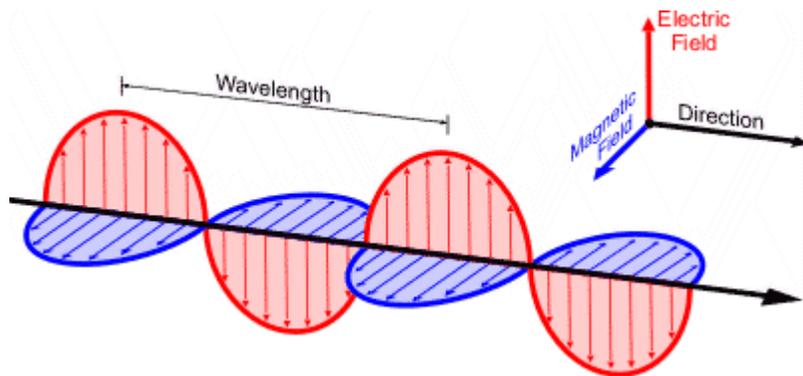
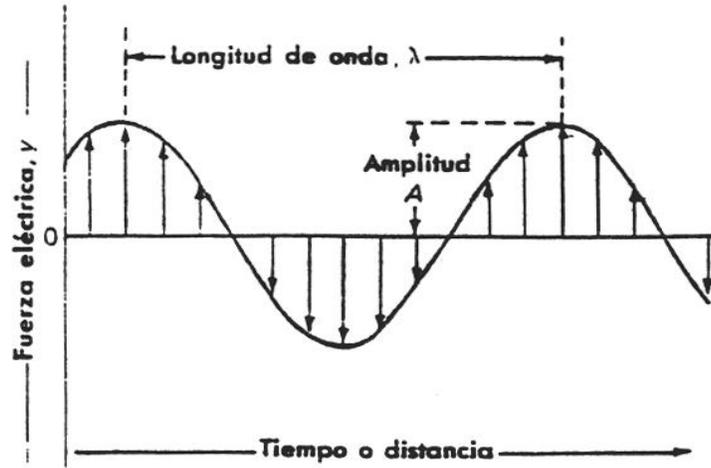
NO hay intercambio de masa.
SI requiere un medio

CONVECCIÓN:

SI hay intercambio de masa.

ADVECCIÓN: Transporte de
de calor por un fluido

RADIACIÓN



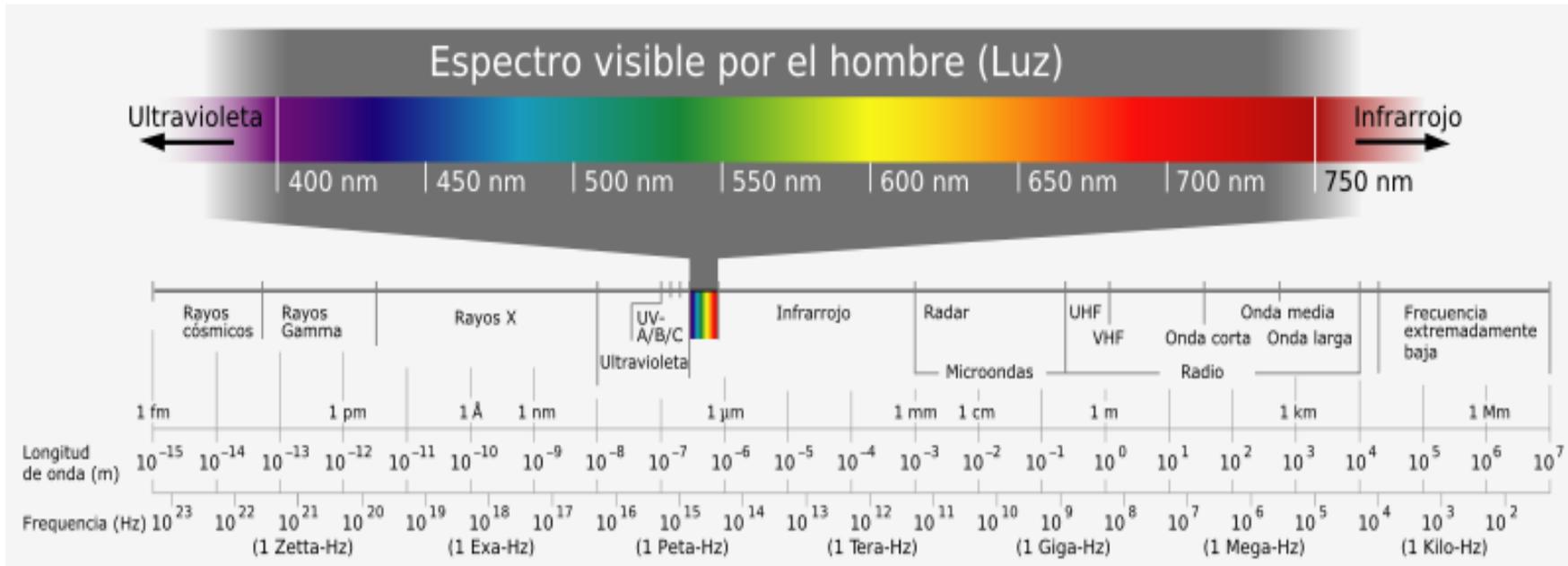
- ¿Qué es la radiación electromagnética?

Es una onda que se propaga y dicha onda es eléctrica y magnética.

- La velocidad de propagación es la vel de la luz: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s
- $c = \lambda \nu$: mayores longitudes de onda
menores frecuencias

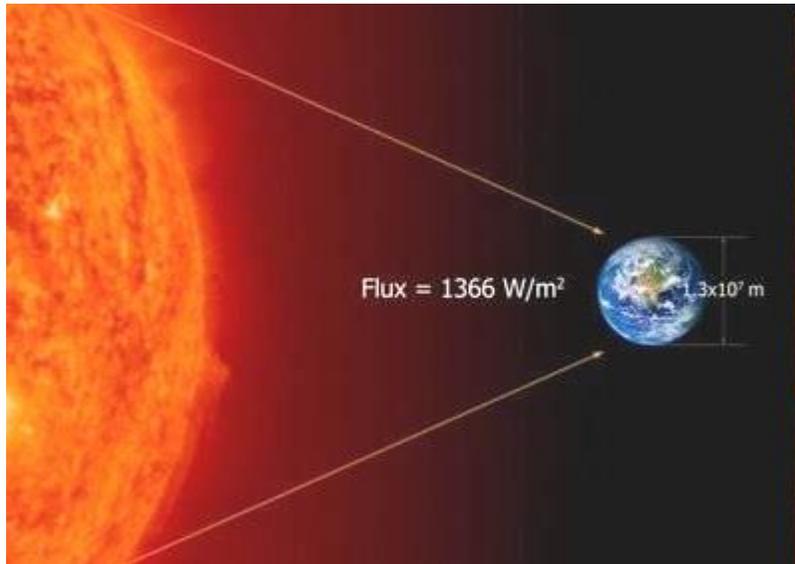


ESPECTRO ELECTROMAGNETICO



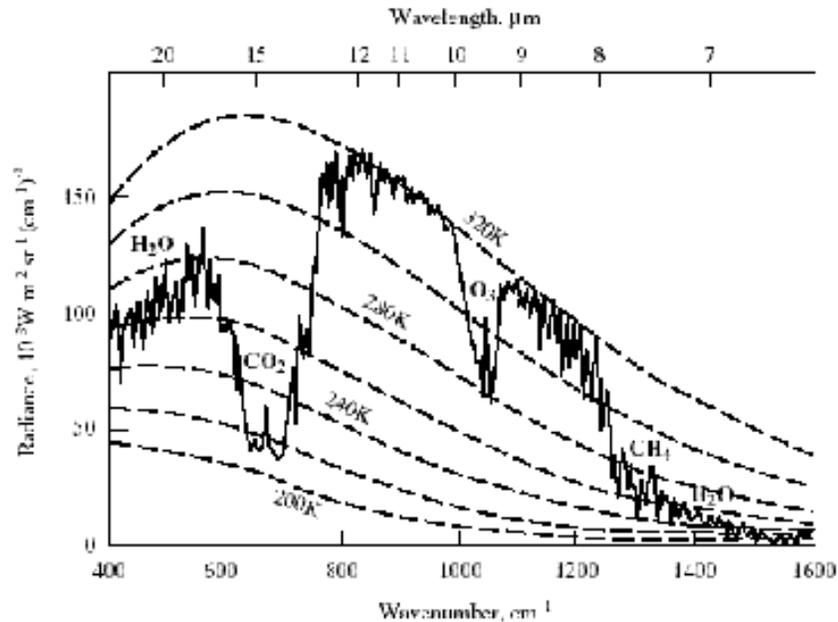
- RADIACIÓN SOLAR: RADIACIÓN DE ONDA CORTA
- RADIACIÓN TERRESTRE: RADIACIÓN DE ONDA LARGA

RADIACIÓN SOLAR

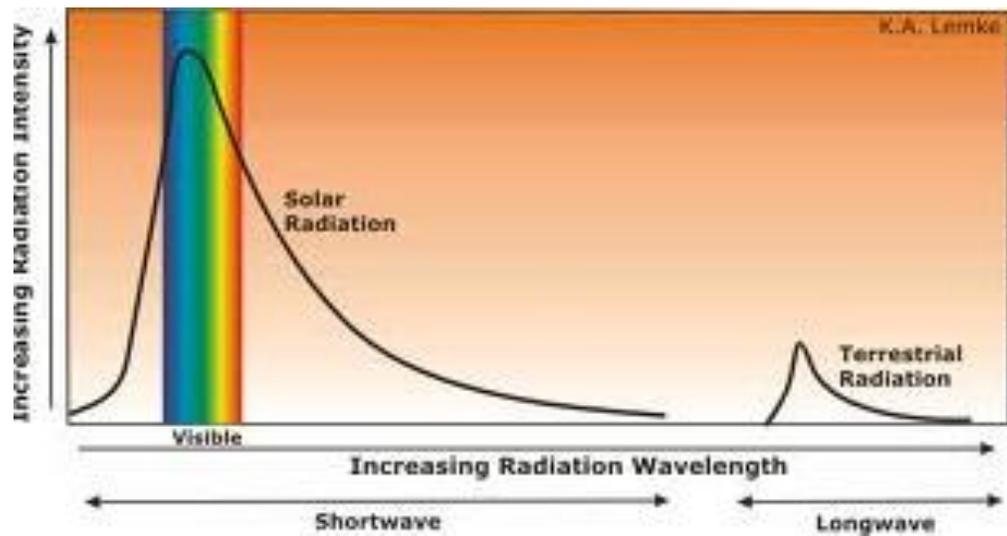


- La constante solar es $S_0 = 1366 \text{ W/ m}^2$.
- Rango de Longitudes de onda: 0.2 y $4 \mu\text{m}$
($1 \mu\text{m} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$).
- 7% pertenece al rango UV y el resto se divide entre el rango visible y el infrarrojo cercano.

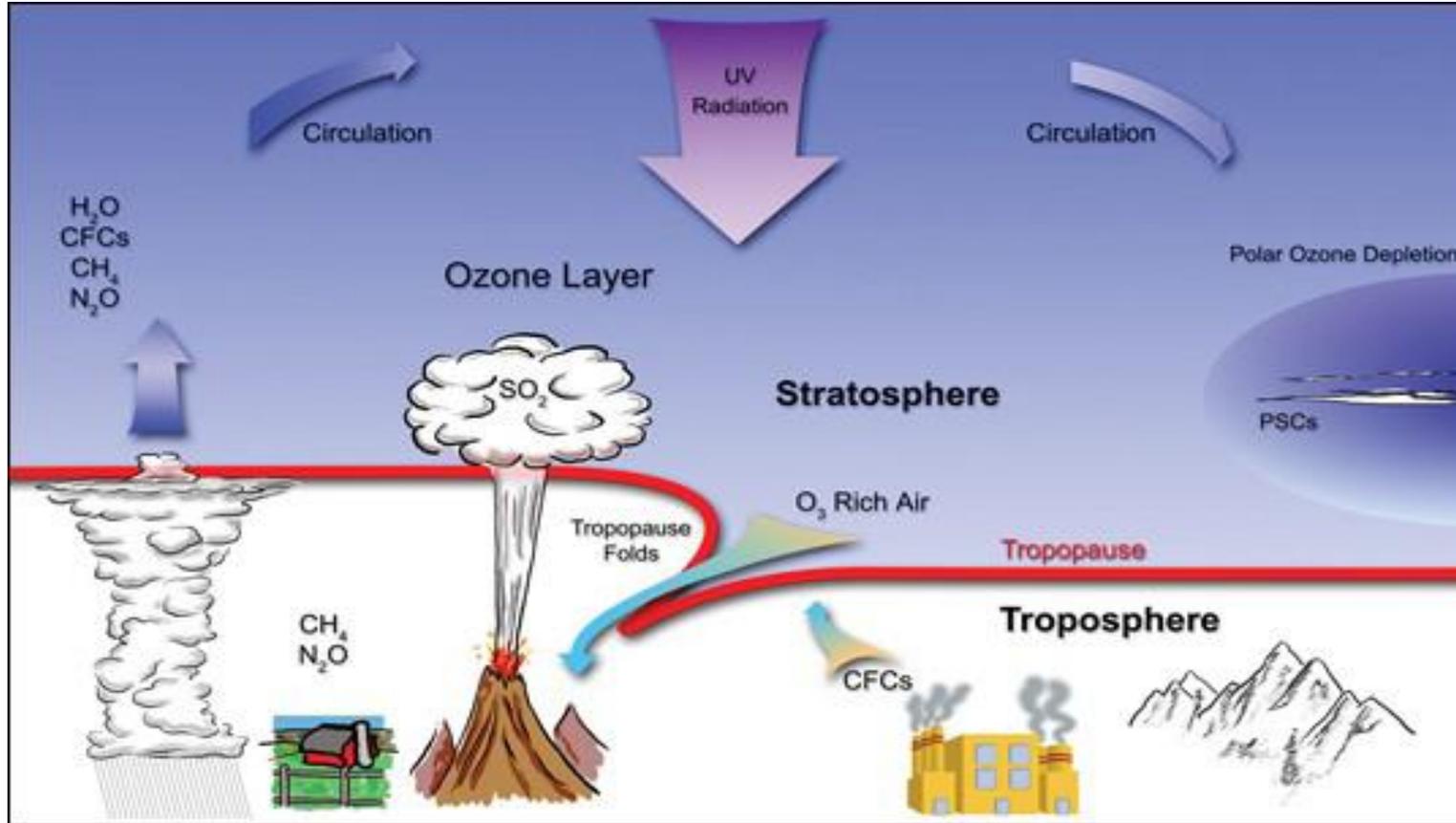
Radiación terrestre



- La Tierra emite radiación en la banda comprendida entre, 4 y 50 μm (con un máximo en los 10 μm).
- Esta región del espectro es la llamada radiación infrarroja (energía calorífica)

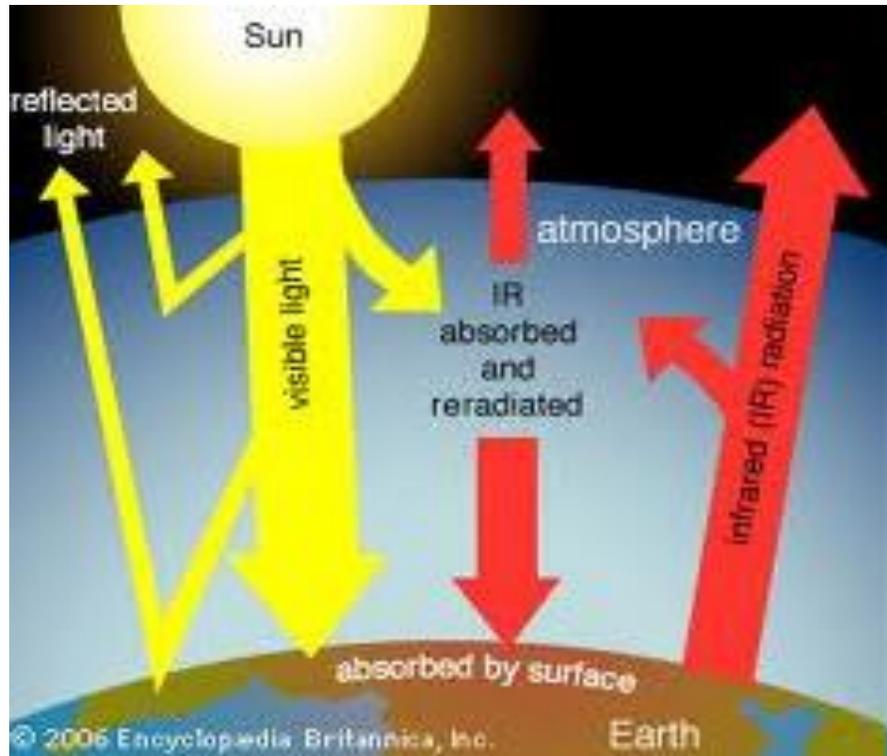


Ozono estratosférico

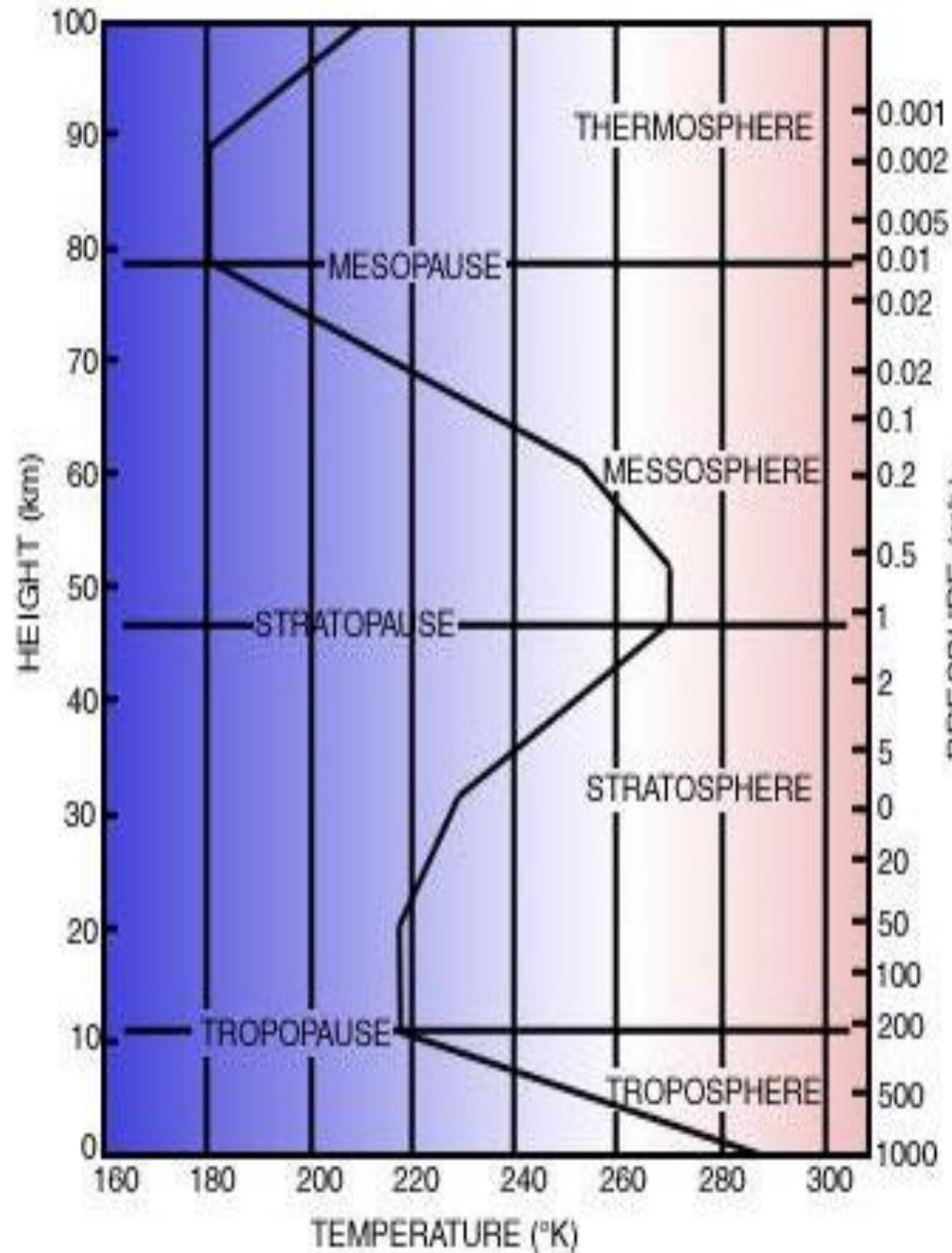


- Cuando la radiación solar atraviesa la atmósfera encuentra gases que absorben en ciertas λ , particularmente el O₃ absorbe UV.

Efecto Invernadero



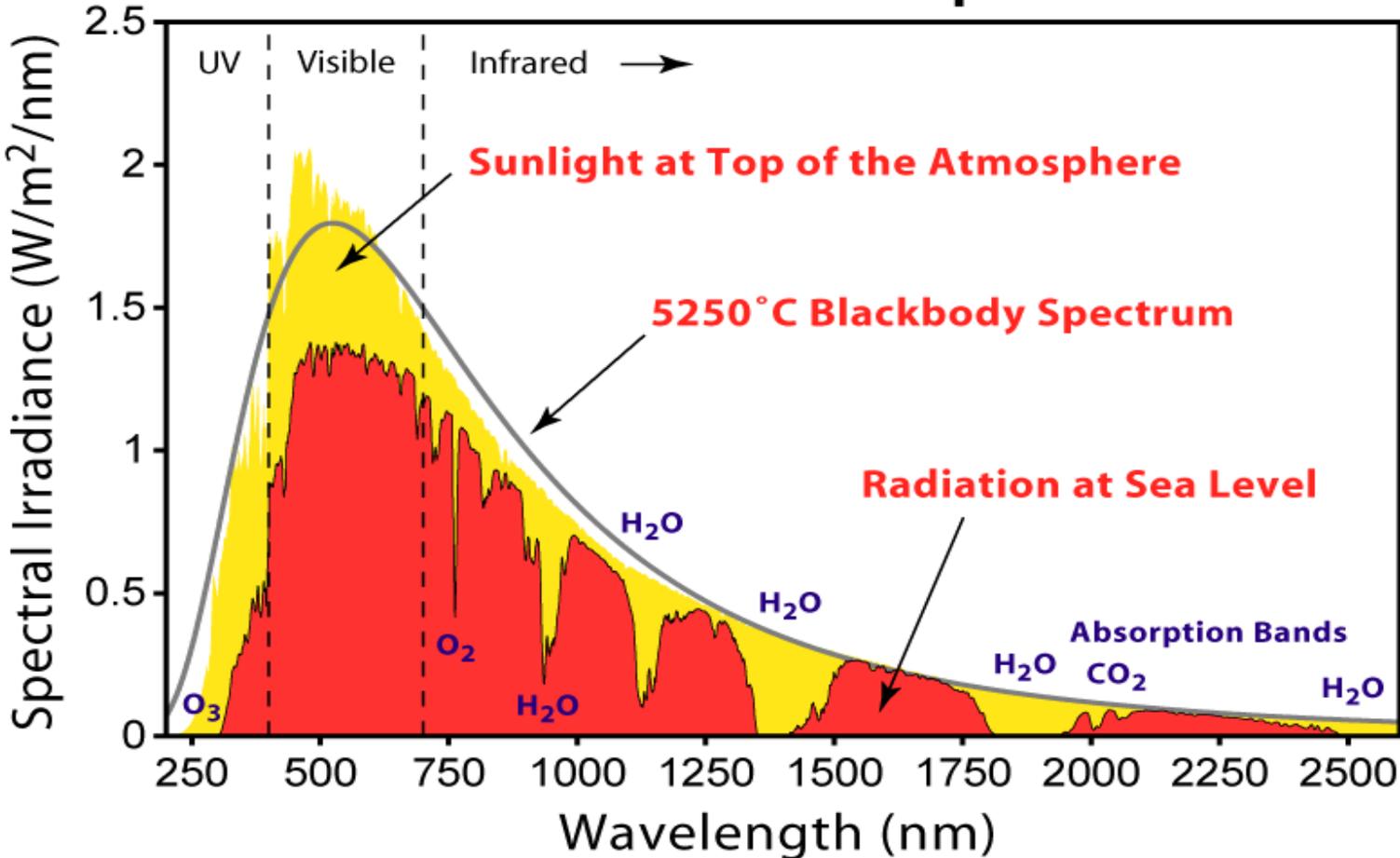
- Los gases de invernadero, aquellos que interaccionan con la radiación terrestre, se pueden identificar inspeccionando el espectro de radiación que la Tierra manda al espacio.
- Principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano, vapor de agua, óxido nítrico.



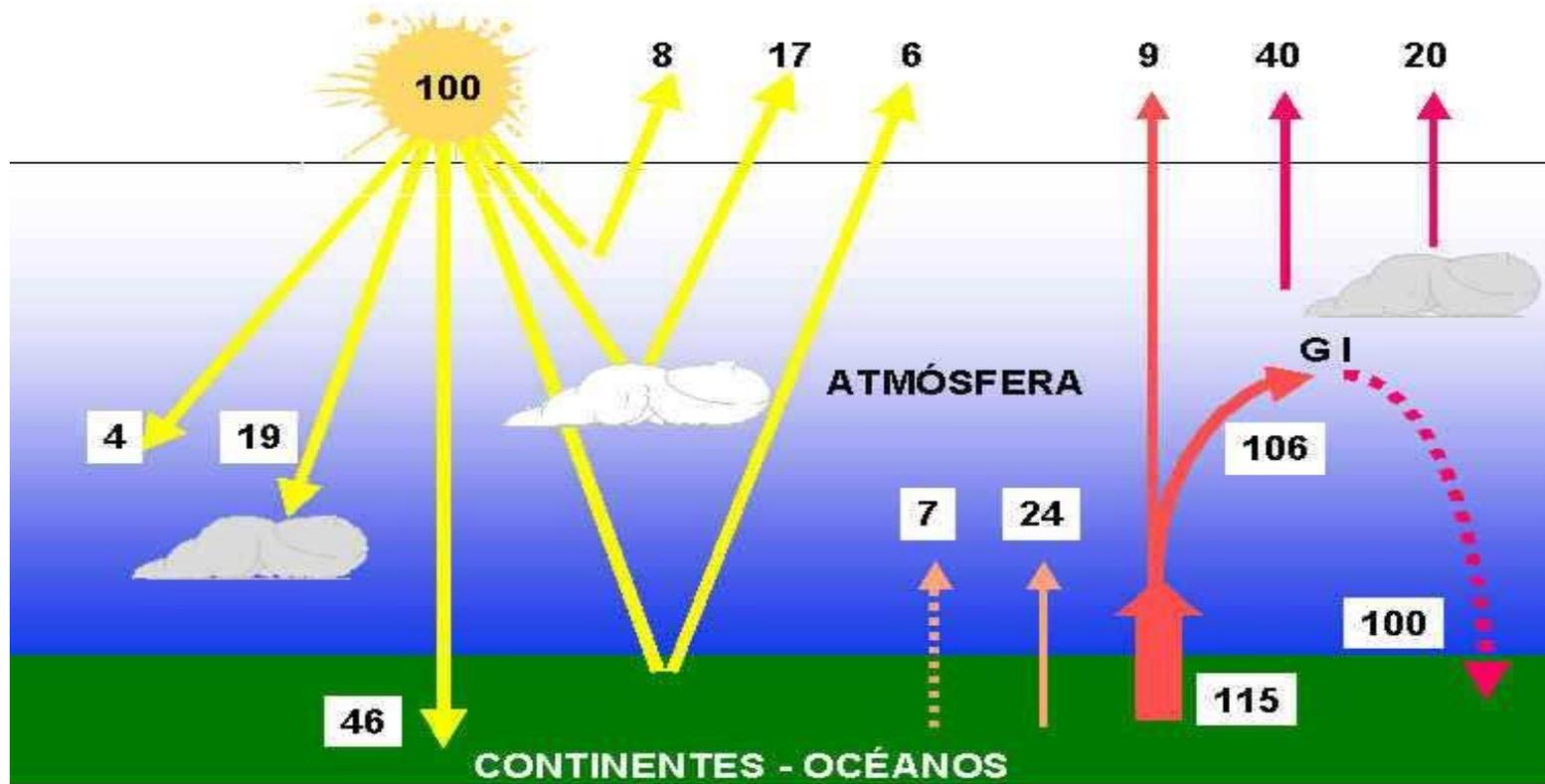
- Estructura vertical de la atmósfera
- Si la atmósfera fuera una simple frazada transparente a la radiación solar y opaca a la radiación terrestre la temperatura debería ser máxima en la superficie y disminuir con la altura. En realidad la estructura vertical es mucho mas compleja y se pueden definir capas donde las temperaturas aumentan y disminuyen alternadamente. En la termosfera (~200km) la radiación solar mas energética es absorbida por el N₂ y el O₂ los cuales son fotodisociados en el proceso. Los rayos ultravioletas que logran pasar la termosfera encuentran la estratósfera, nuestra segunda línea de defensa, donde son absorbidos por el ozono.

Balance de energía

Solar Radiation Spectrum



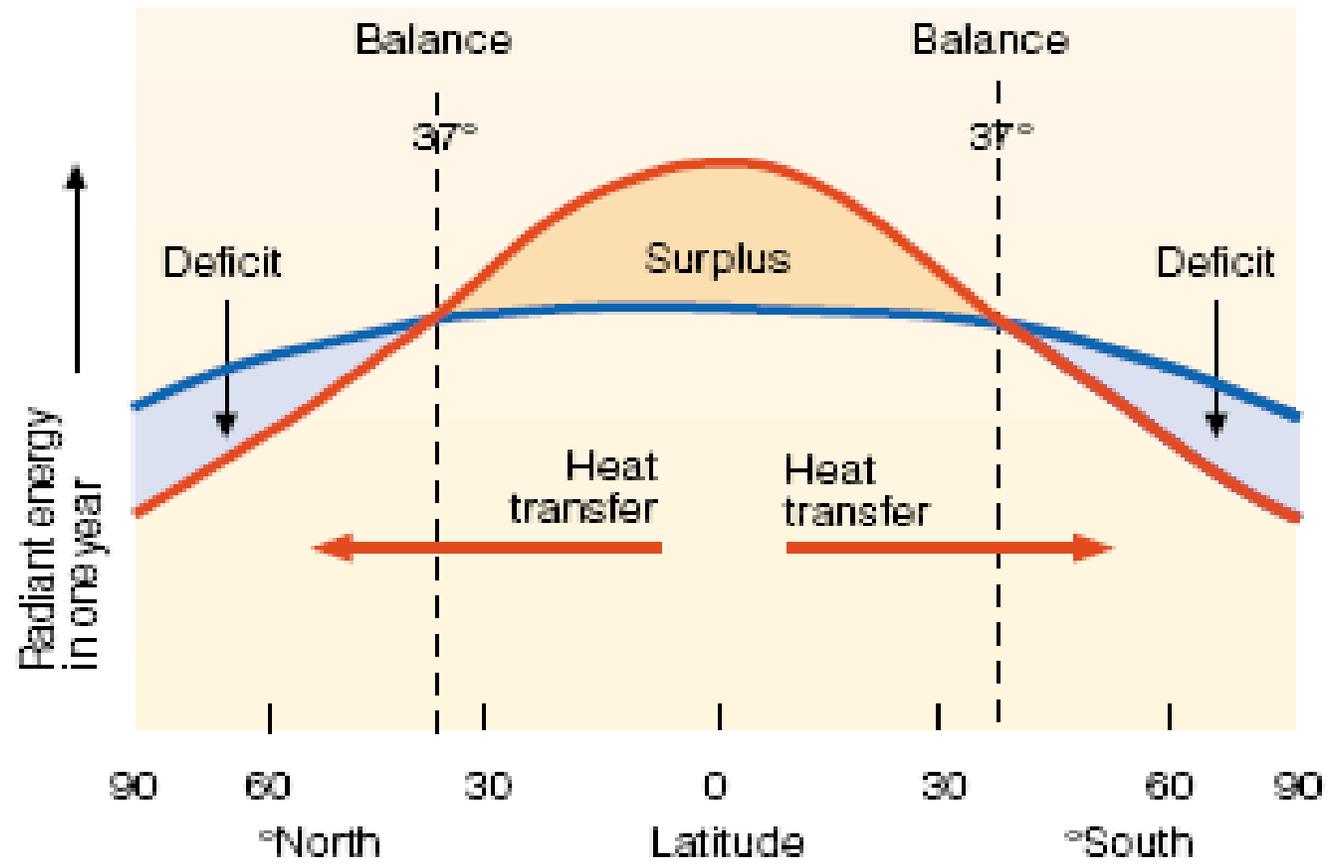
Balance de energía



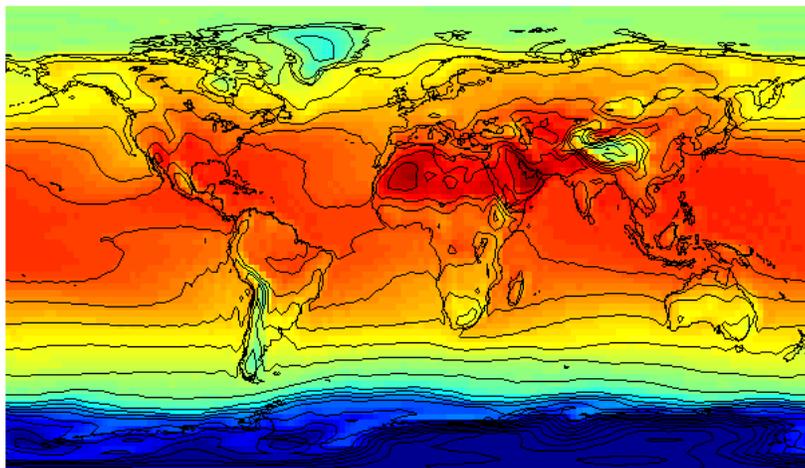
ESQUEMA DEL BALANCE DE CALOR DEL SISTEMA CLIMÁTICO

- RADIACIÓN TERRESTRE O DE ONDA LARGA
- RADIACIÓN SOLAR O DE ONDA CORTA
- FLUJO DE CALOR SENSIBLE
- FLUJO DE CALOR LATENTE

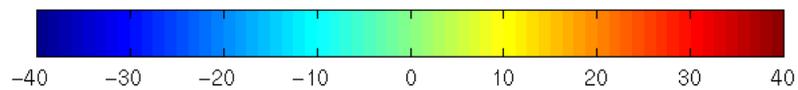
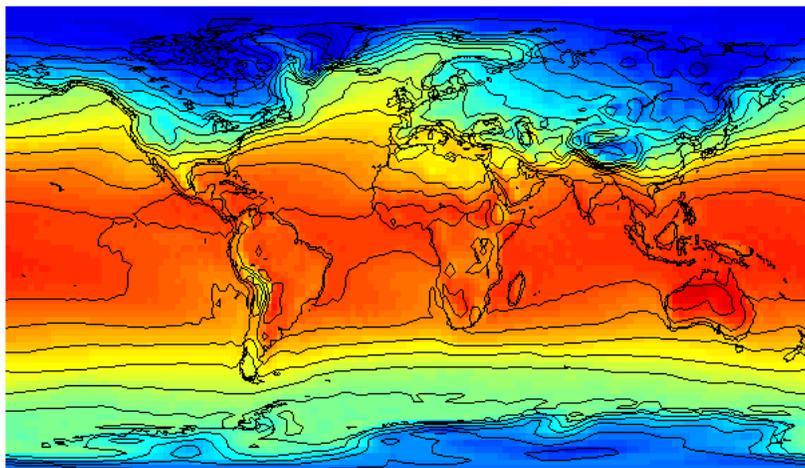
En equilibrio, la Tierra recibe tanta energía del Sol como la que emite. Si uno de los componentes cambia, el balance energético se ajustará de forma de recobrar un nuevo equilibrio que tendrá una nueva temperatura.



July mean surface temperature (°C)

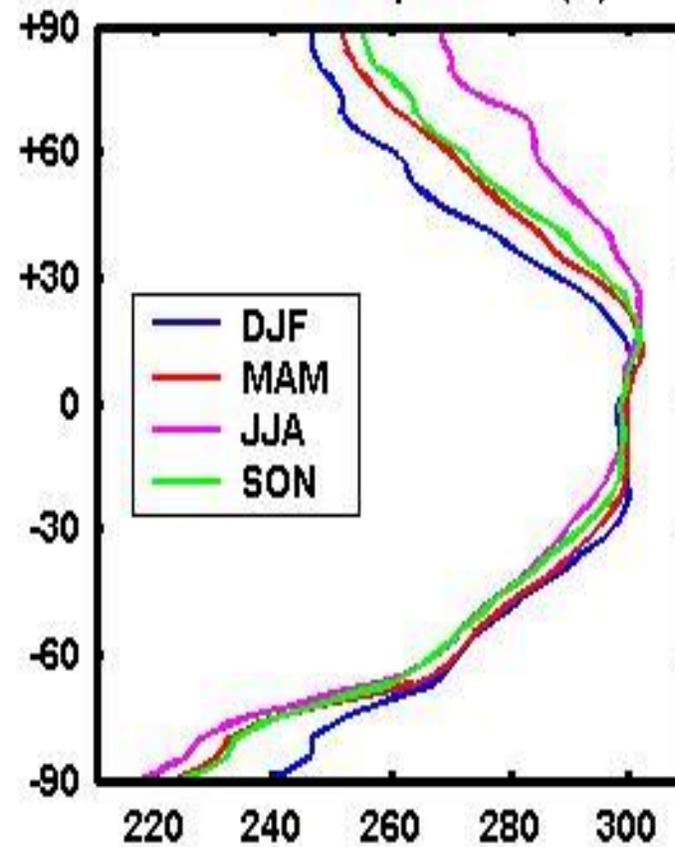


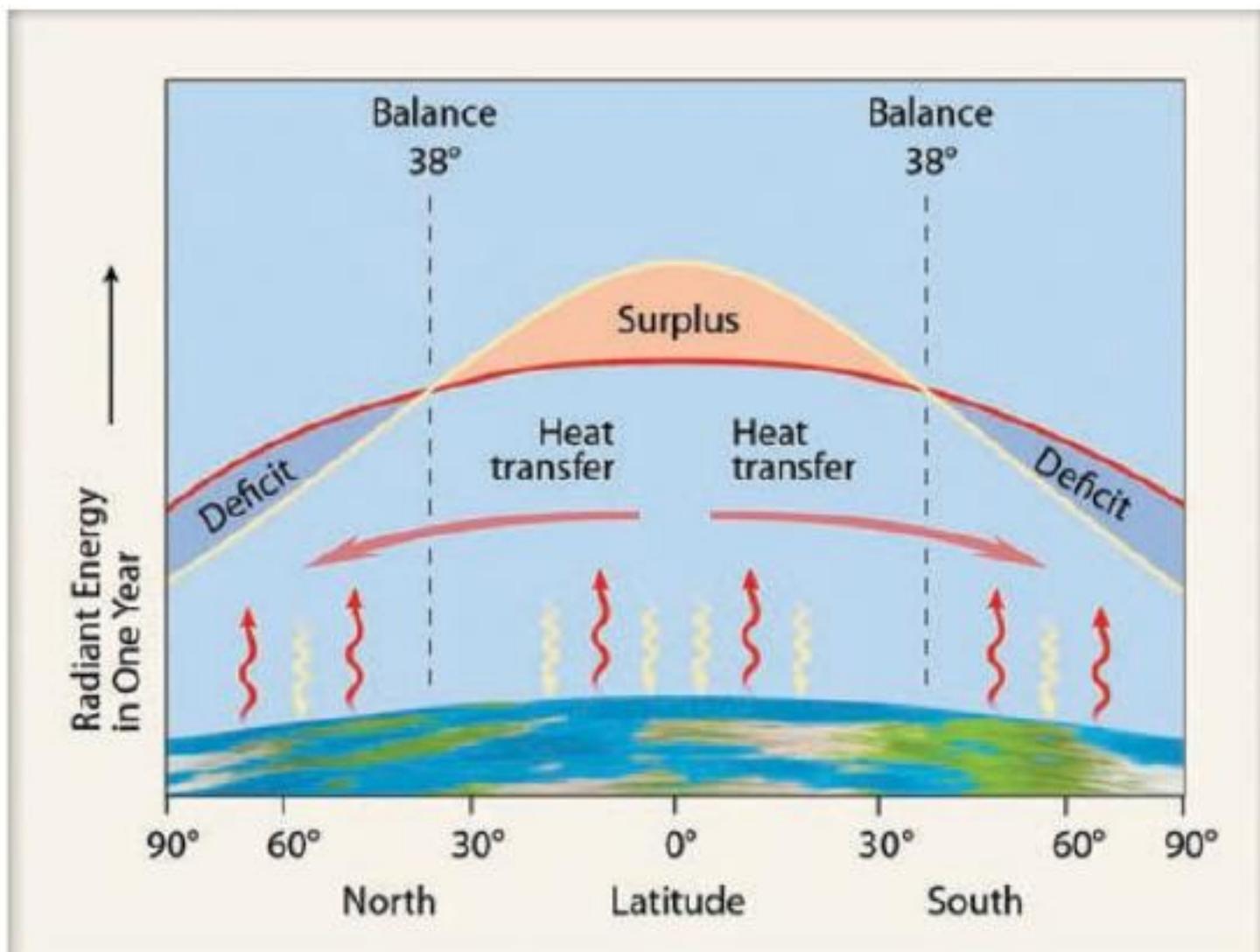
January mean surface temperature (°C)



Temperatura

Seasonal Zonal Means:
Surface Temperature (K)





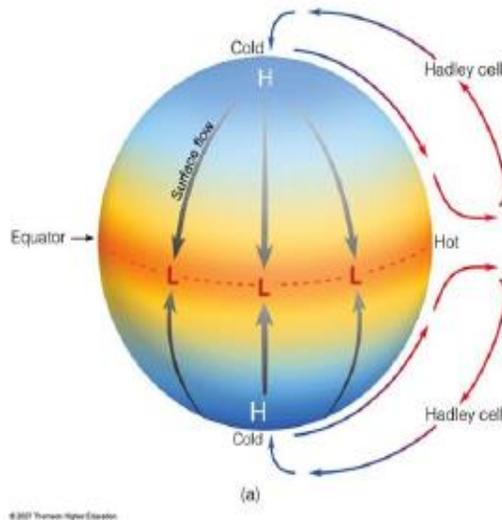
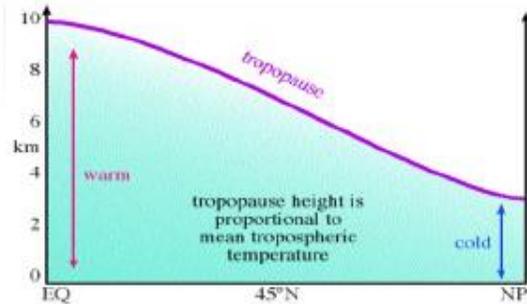
¿Se enfrían los polos?

¿Se calientan los trópicos?



Vientos en la atmósfera, y corrientes en el océano se encargan de distribuir la energía.

Porque se mueve la atmósfera?

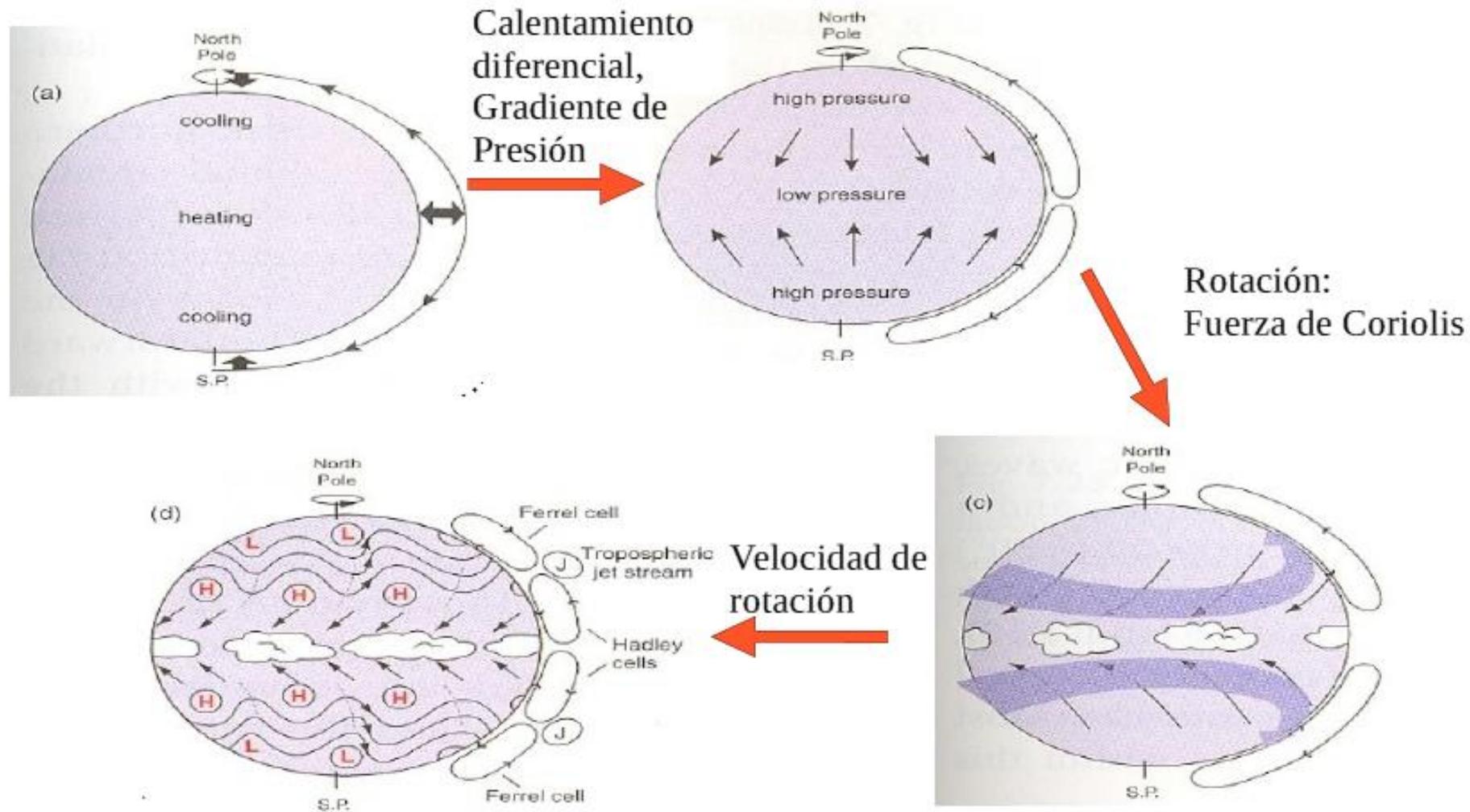


- El calentamiento diferencial, ecuador-polos, genera diferencia de alturas en tropopausa
- El gradiente de presión en altura, genera vientos hacia los polos.
- Al ingresar masa a la región de los polos, cambia la presión sobre los mismos.
- El gradiente de presión en superficie, genera vientos hacia el Ecuador.
- Celda de Hadley (1700s)

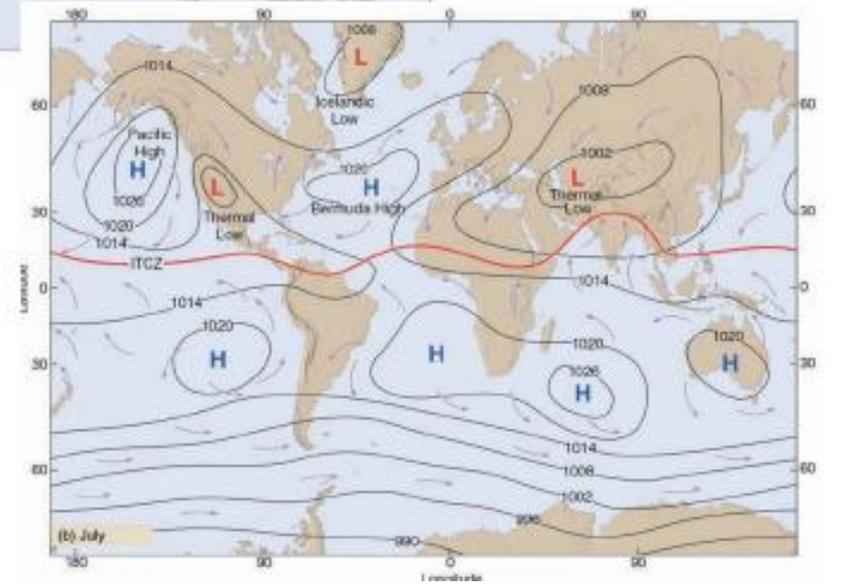
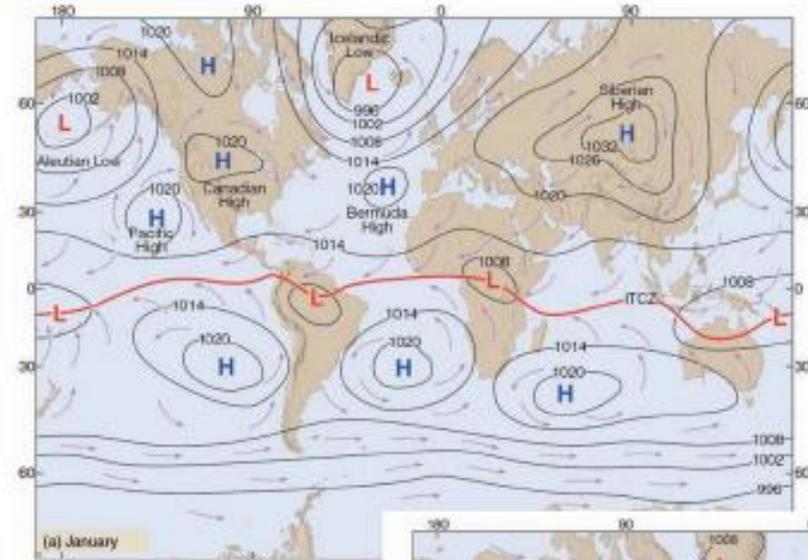
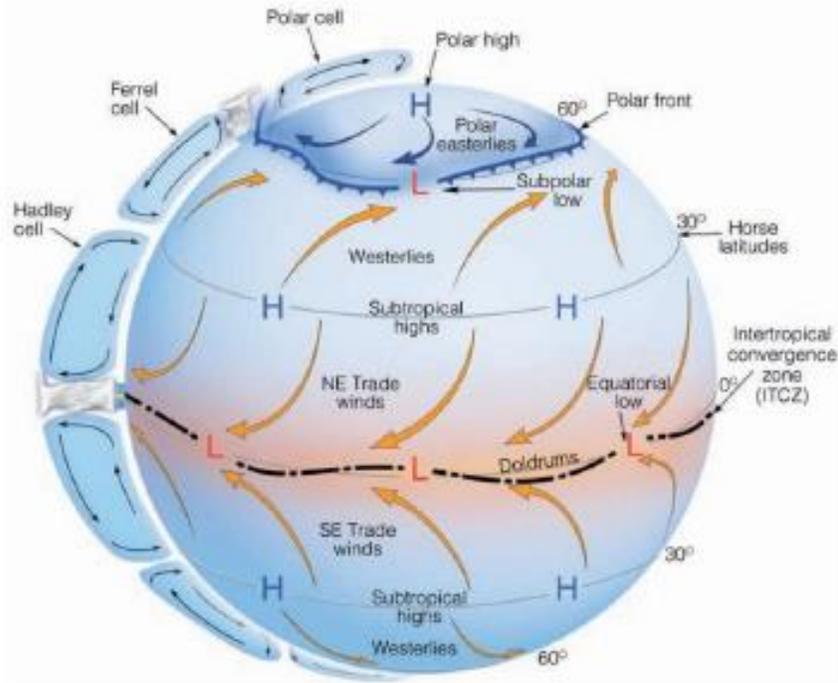
La atmósfera se pone en movimiento, debido a la diferencia de Temperatura Ecuador –Polos. A través de su movimiento pretende equilibrar la diferencia térmica latitudinal. Por otro lado la diferencia en T genera diferentes alturas en la tropopausa lo que genera diferencia de presión entre Ecuador y polos. Hadley en 1700, desarrollo la teoría de la existencia de una celda que transporta calor de ecuador a los polos. Perono consideró en ese momento el efecto de la rotación terrestre

Funciona si la tierra no rotara!!!

Pero la tierra rota!!!...



Circulación General de la Atmósfera



Temperatura y Precipitación Medias

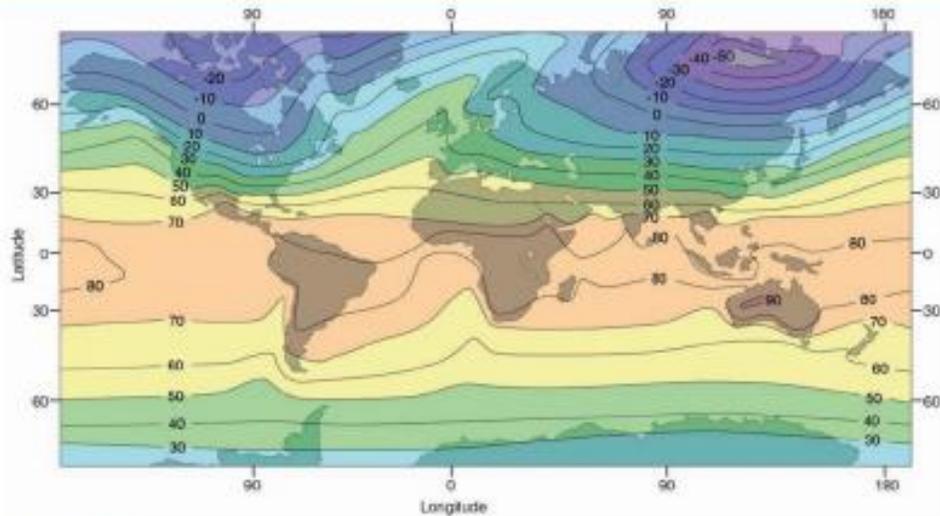


FIGURE 3.20 Average air temperature near sea level in January (°F).

