

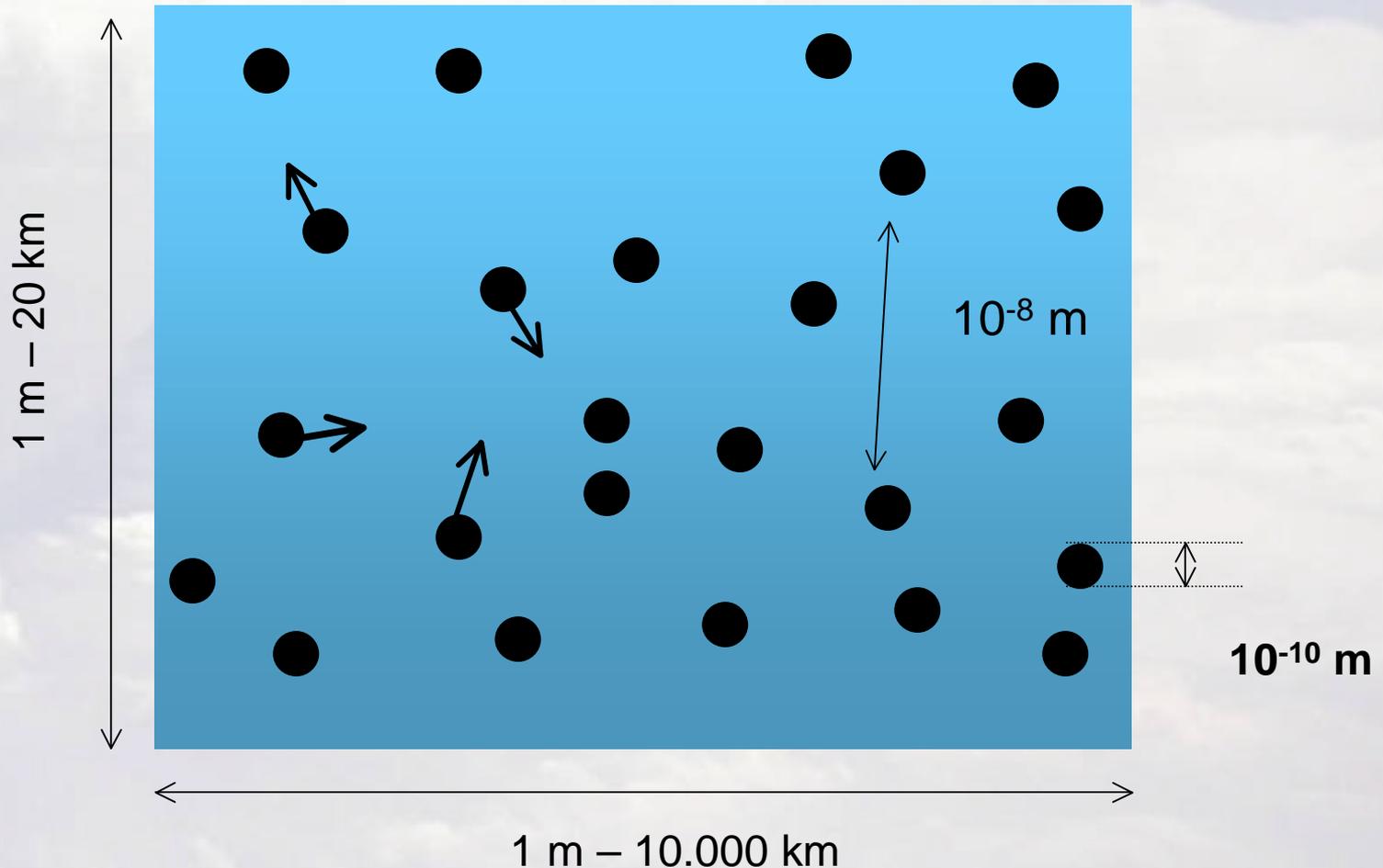
Clase 2

Estructura de la Atmósfera

Preguntas claves

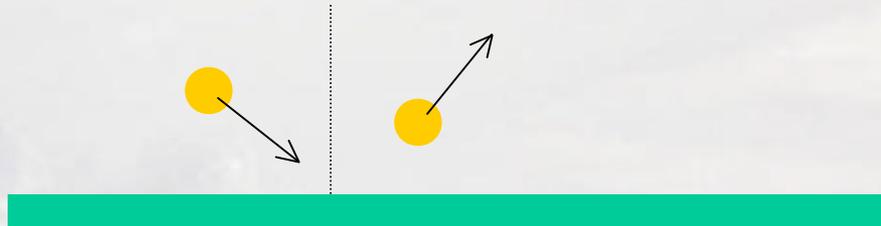
1. ¿Qué es la presión y temperatura?
2. ¿Cómo varían con la altura?
3. ¿Cuál es la estructura de la atmósfera?

La física y dinámica de la atmósfera puede ser considerada desde un punto de vista microscópico o macroscópico...



Mundo microscópico: Teoría cinética de los Gases

Considera que un gas es un conjunto muy grande de moléculas. Las moléculas obedecen las leyes de Newton ($F=ma$) y realizan colisiones elásticas entre si y contra las paredes que lo limitan.



Cuando chocan contra la pared, esta siente una presión (fuerza por unidad de área) que resulta ser igual a:

$$P = F/A = (2/3)*(N/V)*(1/2mv^2)$$

Es decir, la presión (Fuerza por unidad de área) es proporcional al número de moléculas y su energía cinética media.

Mundo microscópico: Teoría cinética de los Gases

Definimos además la **temperatura cinética** como una cantidad proporcional a la energía cinética media de las moléculas (independiente de N):

$$T = 2/(3k) * (1/2mv^2)$$

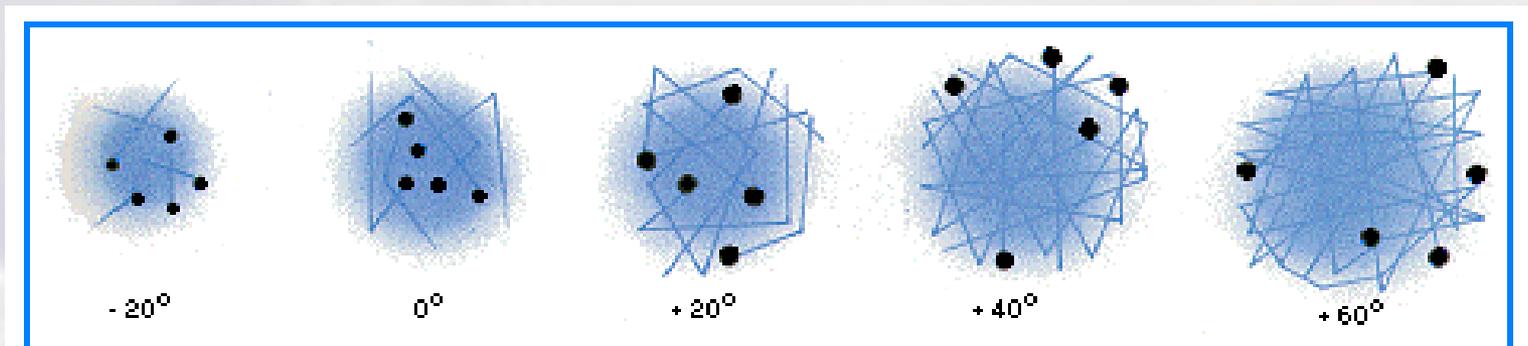


Figure 2-2b Temperature - Basic characteristics of the atmosphere

Mundo macroscópico: Concepto de Presión

La presión dentro de un fluido la continuamos definiendo como la fuerza por unidad de área que ejerce el fluido sobre una pared (real o virtual).
La podemos medir con un manómetro

Fuerza \propto Deformación
Presión = F / A

1 Pascal = 1 Newton / m²
1 hPa = 100 Pa
1 hPa = 1 milibar

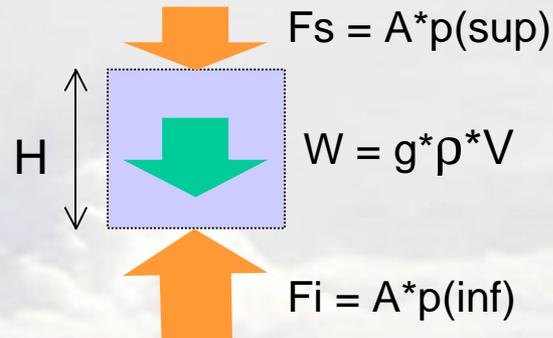


Podemos pasear nuestro manómetro por el fluido, con lo cual obtendremos la distribución de presiones: $P = P(x,y,z)$.

Mundo macroscópico: Equilibrio Hidrostático

Una observación importante es que en un punto fijo, la presión es independiente de la orientación del manómetro.

Además, aplicando la segunda ley de Newton a un cierto volumen de aire de densidad ρ ($=M/V$) en reposo obtenemos la ecuación de balance hidrostático:

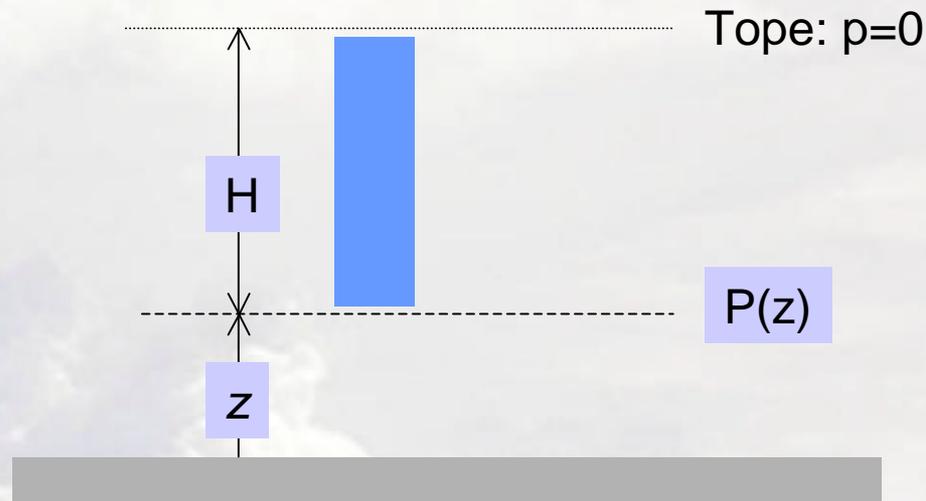


$$\Delta P = P(\text{inferior}) - P(\text{superior}) = \rho \cdot g \cdot H$$

Es decir, la presión siempre aumenta hacia abajo, y el aumento de presión es proporcional a la densidad del fluido y el espesor de la capa.

Mundo macroscópico: Presión atmosférica (barométrica)

En el caso de la atmósfera, la condición en el tope es $P(\text{superior}) = 0$



Entonces, la presión atmosférica a una altura z sobre el nivel del mar es:

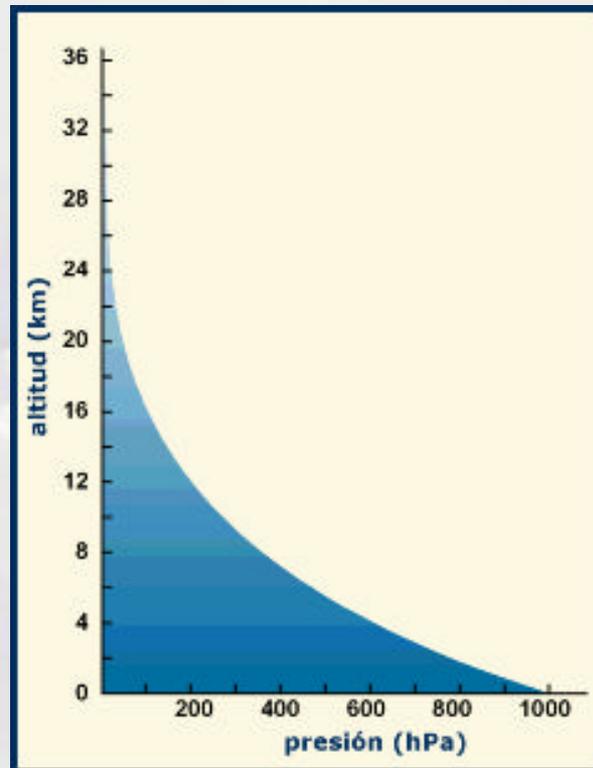
$$P(z) = g \cdot \rho \cdot H = g \cdot \rho \cdot H \cdot 1 \cdot 1 = g \cdot \rho \cdot \text{Vol} = g \cdot \text{Masa}$$

$P(z) = \text{Peso columna de aire por encima del nivel } z$

Mundo macroscópico: Presión atmosférica (barométrica)

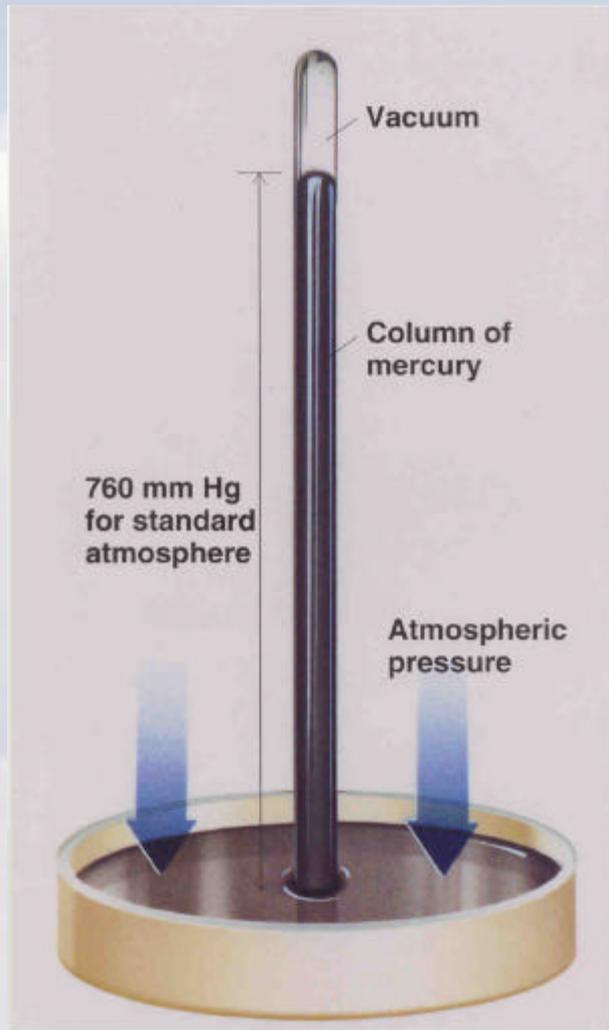
$P(z)$ = Peso columna de aire por encima del nivel z

Entonces la presión atmosférica siempre disminuye con la altura (sobre la superficie) y puede ser empleada como una coordenada vertical.



Completar la tabla siguiente....

Nivel	Presión	Masa sobre nivel		Masa bajo nivel		Observaciones
		[kg]	[%]	[kg]	[%]	
0	1013					Superficie del mar
5	500					Mo. Aconcagua
12	200					Tropopausa
30	15					Max. Ozono
50	1					Estratopausa
80	1e-2					Termopausa
120	1e-5					Homopausa



Barómetro Aneroid

(presión atmosférica comprime un recipiente flexible con vacío en su interior)

Barómetro de Mercurio

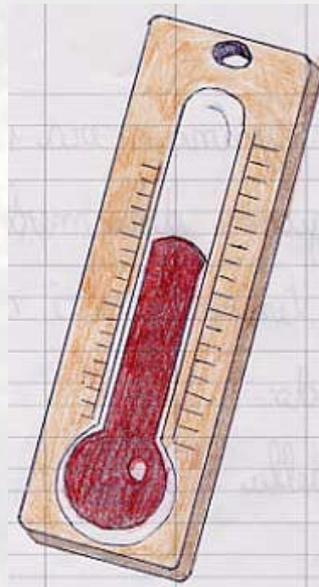
¿Porque $1013 \text{ hPa} = 76 \text{ cm Hg}$?

¿Porque no son de H_2O ?

Mundo macroscópico: Temperatura

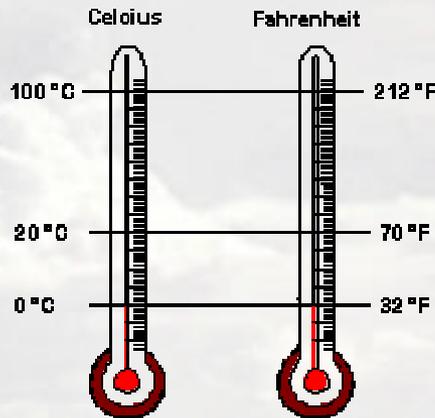
La temperatura en tanto se asocia con el concepto de cuán caliente o frío esta un cuerpo o fluido cuando este se toca.

Esta indicación cualitativa se cuantifica a través de los **termómetros**, que usualmente se basan en la dilatación o contracción de un material cuando cambia la temperatura.



Para graduar un termómetro, se necesitan fijar dos condiciones de referencia (fenómenos independientes del instrumento y fácilmente reproducibles en laboratorio):

- En la mediciones en Centígrados (o grados Celsius), 0°C = punto de fusión del hielo y 100°C = punto de ebullición del agua.
- La escala en Fahrenheit esta dada por 0°F = temperatura de fusión del XXX y 100°F = temperatura normal del cuerpo humano. [$T(\text{F}) = 9 \cdot T(\text{C}) / 5 + 32\text{F}$]



- En meteorología y física, muchas veces se emplea la temperatura en grados Kelvin, donde $T(\text{K}) = T(\text{C}) + 273\text{K}$

Mundo macroscópico: Ley de Gases

Observaciones detallada del comportamiento de los gases (mediciones de P, V y T) fueron sintetizadas en una ley experimental, conocida como la ley de los gases ideales:

$$PV = nRT$$

n = numero de moles = masa / peso molecular = m/M

M depende del tipo de sustancia ($M(\text{O}_2)=32$, $M(\text{H})=1$, etc...)

R = Constante universal de los gases ($8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

En forma alternativa, la ley de gases se escribe como:

$$PV = NkT$$

k =Constante de Boltzmann ($1.38\text{e-}23 \text{ J/K}$)

N = Numero de moléculas.

Notar que la ley de gases es completamente compatible con la expresión obtenida de la teoría cinética, si aceptamos que la temperatura cinética es equivalente a la temperatura macroscópica.

Estructura vertical de la atmósfera

¿Como la conocemos?

1830-1920: Mediciones hasta 10-12 km mediante Globos Aerostaticos

1920: Invención del radiosonda (hasta 40 km)

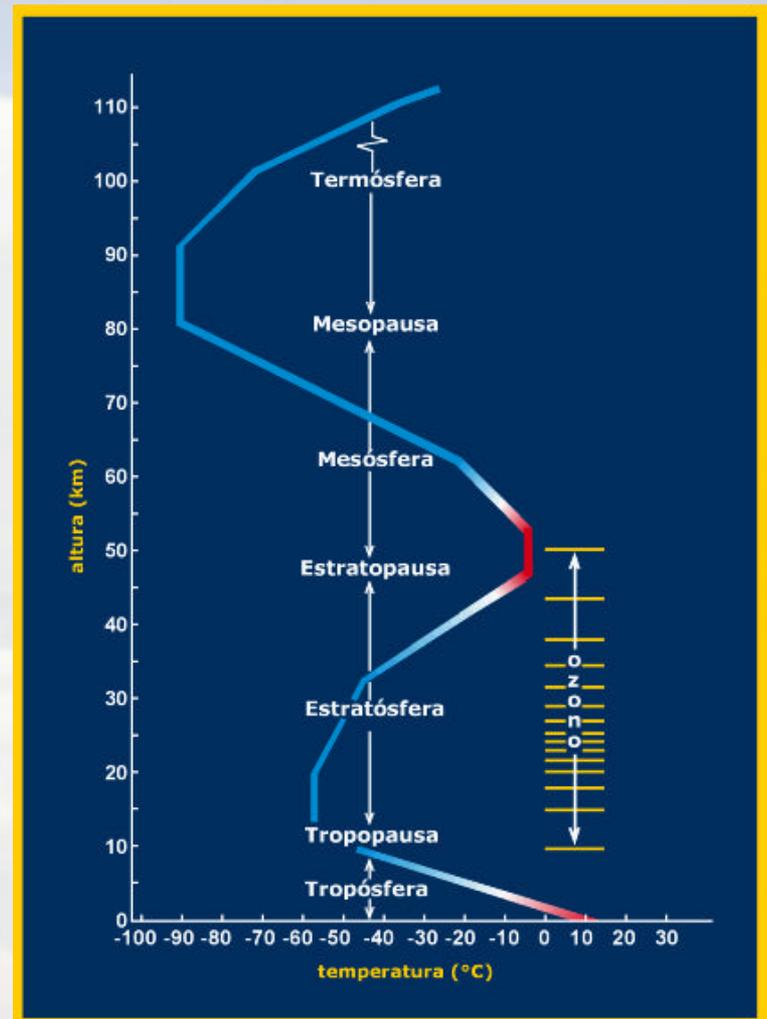
1950: Invención del Cohete-sonda (hasta 80 km)



Estructura vertical de la atmósfera

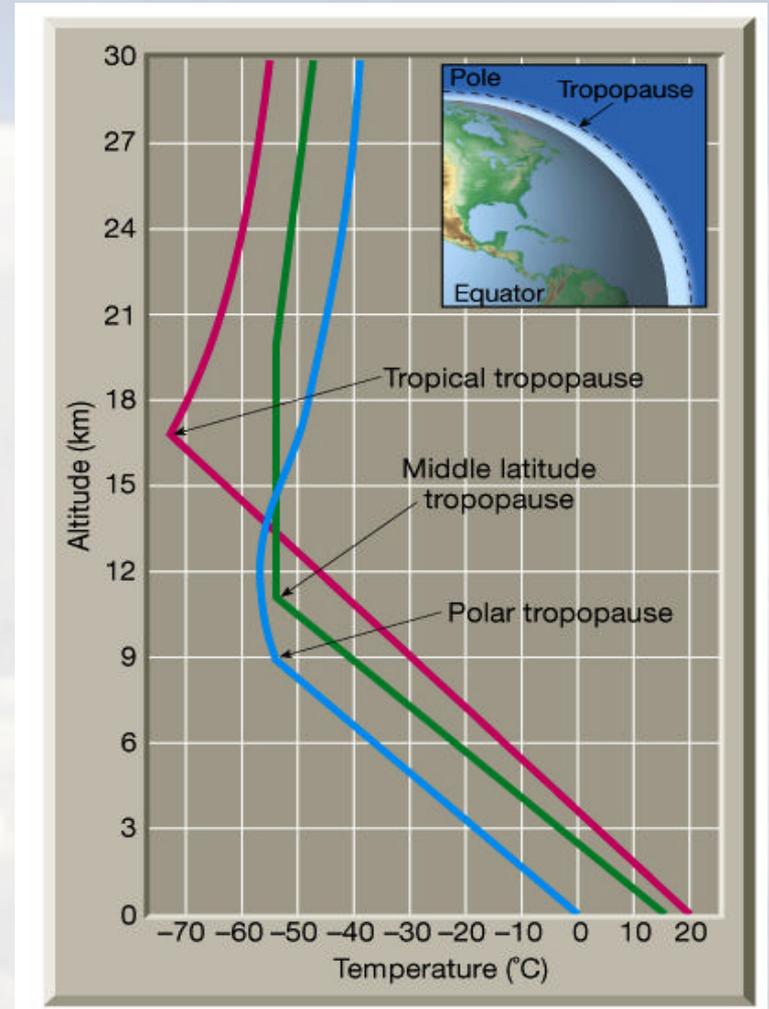
Inspección del perfil vertical de temperatura revela varias capas en las cuales la temperatura disminuye con la altura (condición normal?) o aumenta con la altura (inversiones térmicas):

- Troposfera (esfera móvil)
- Estratosfera (esfera de capas)
- Mesosfera (esfera media)
- Termosfera



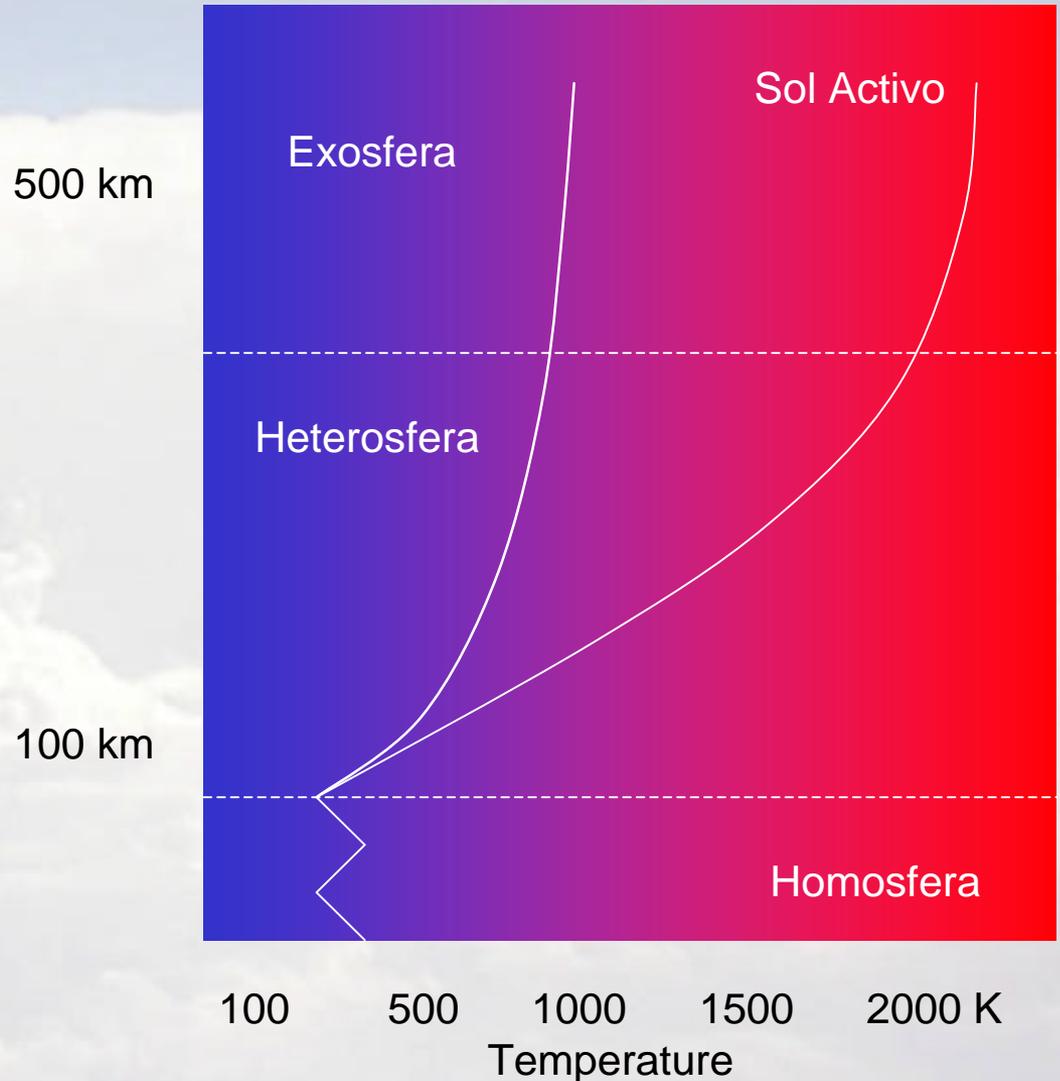
Estructura vertical de la atmósfera

Altura de la troposfera cambia con la latitud y también en el tiempo....



Estructura vertical de la atmósfera

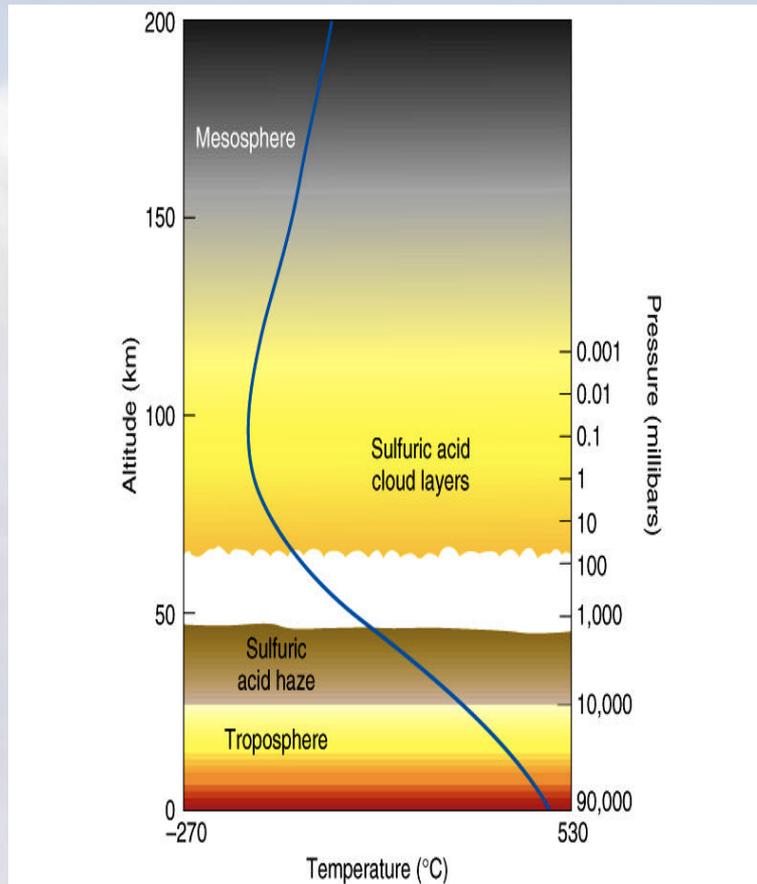
En un contexto mas amplio y considerando la distribución de los gases se distingue la homosfera (0-100 km) y la heterosfera (100-500 km).



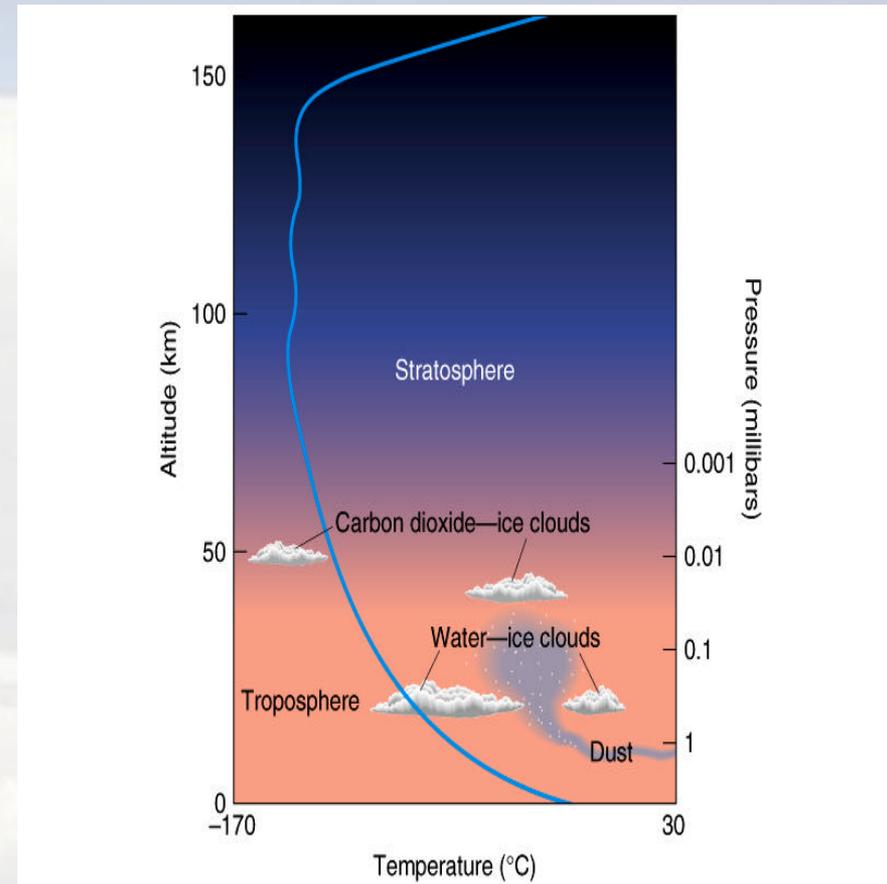
Completar la tabla siguiente....

Capa	Gradiente de Temperatura (°C/Km)	Turbulenta o Estable?	Fenomenos destacados
Troposfera			
Estratosfera			
Mesosfera			
Termosfera			

Venus



Marte



Que similitudes/diferencias existen entre la atmósfera de la Tierra, Marte y Venus?
Como es la estructura vertical de Júpiter, Saturno, etc...?