

Universidad de Chile
Departamento de Geofísica

GF45A-GF3003
Introducción a la Meteorología y Oceanografía
Semestre Otoño 2009

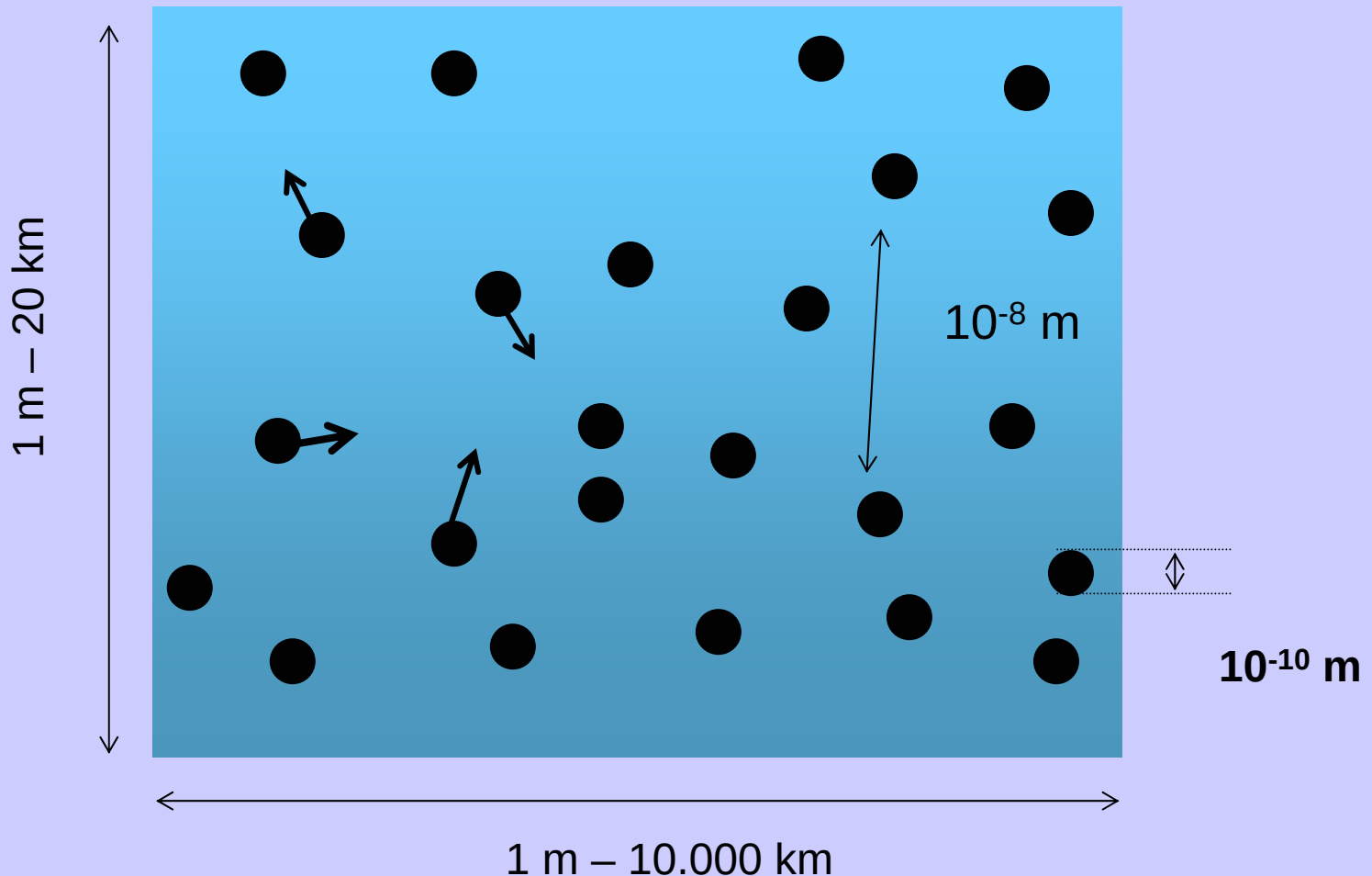
CLASE 2: Estructura y Composición de la Atmósfera y el Oceano

Prof. René Garreaud
www.dgf.uchile.cl/rene

Atmósfera – Aire – Moléculas

Mundo Microscópico: seguimos cada molécula: v_i ...imposible

Mundo Macroscópico: fluido con propiedades continuas: $v(x,y,z,t)$...OK



GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2
Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

Average Composition of the Troposphere

Gas Name	Formula	Abundance (%)	Residence time (approx)
Nitrogen	N ₂	78.08%	42,000,000 years
Oxygen	O ₂	20.95%	5,000 years
*Water	H ₂ O	0 to 4%	10 days
Argon	Ar	0.93%	~Infinite
*Carbon Dioxide	CO ₂	0.0360%	4 years
Neon	Ne	0.0018%	~Infinite
Helium	He	0.0005%	~Infinite
*Methane	CH ₄	0.00017%	10 years
Hydrogen	H ₂	0.00005%	3 years
*Nitrous Oxide	N ₂ O	0.00003%	170 years
*Ozone	O ₃	0.000004%	20 days
*variable gases			

Presión atmosférica

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

Mundo macroscópico $P = F/A$F ejercida por el fluido

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

1 Pascal = 1 Newton / m²

1 hPa = 100 Pa

1 hPa = 1 milibar

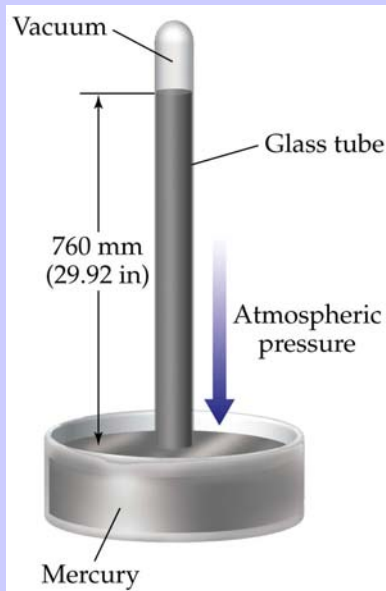


Podemos pasear nuestro manómetro por el fluido, con lo cual obtendremos la distribución de presiones: $P = P(x,y,z)$.

GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2

Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

Presión Atmosférica es “facil” de medir...mucho mas facil que la densidad del aire y la altura sobre el nivel del mar... e.g.: aviones emplean Altímetros (y actualmente GPS)



Barómetro de Mercurio

¿Porque $1013 \text{ hPa} = 76 \text{ cm Hg}$?
¿Porque no son de H_2O ?



Barómetro Aneroid

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



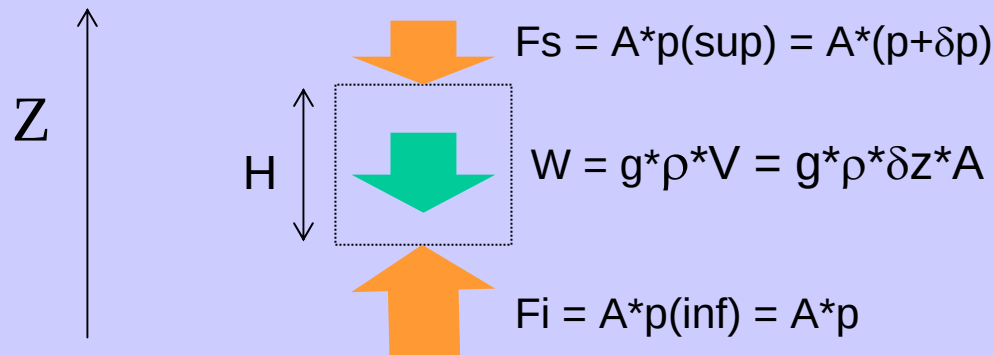
Barómetro piezoeléctrico

(presión atmosférica altera resistencia a corriente electrica de ciertos materiales)

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:



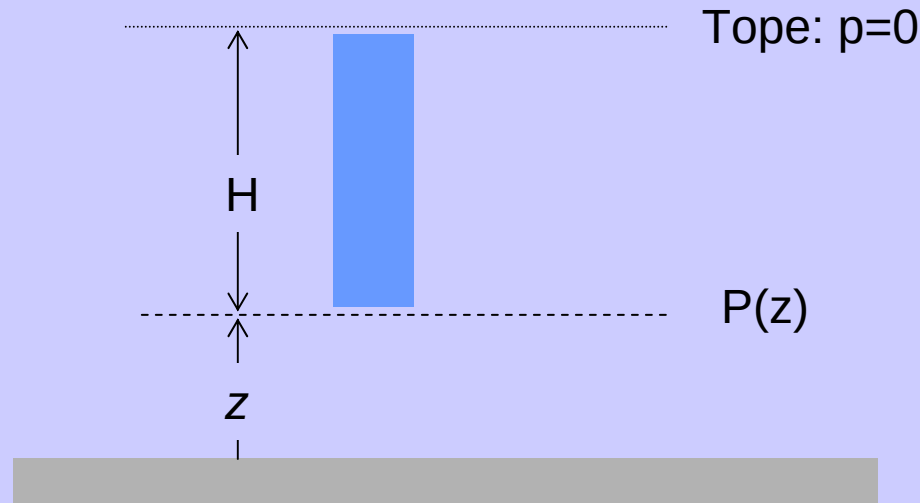
$$\delta p = -\rho g \cdot \delta z$$

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.

GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2

Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

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



Suponiendo equilibrio hidrostático ($\delta p = -\rho \cdot g \cdot \delta z$)
e integrando entre (z, p) y $(z=\infty, p=0)$ obtenemos:

$$p(z) = \int_z^{\infty} g \rho dz$$

Si g y ρ no varían con z , $p(z) = g \cdot \rho \cdot H = g \cdot \rho \cdot H \cdot 1 \cdot 1 = g \cdot \rho \cdot \text{Vol} = g \cdot \text{Masa}$

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

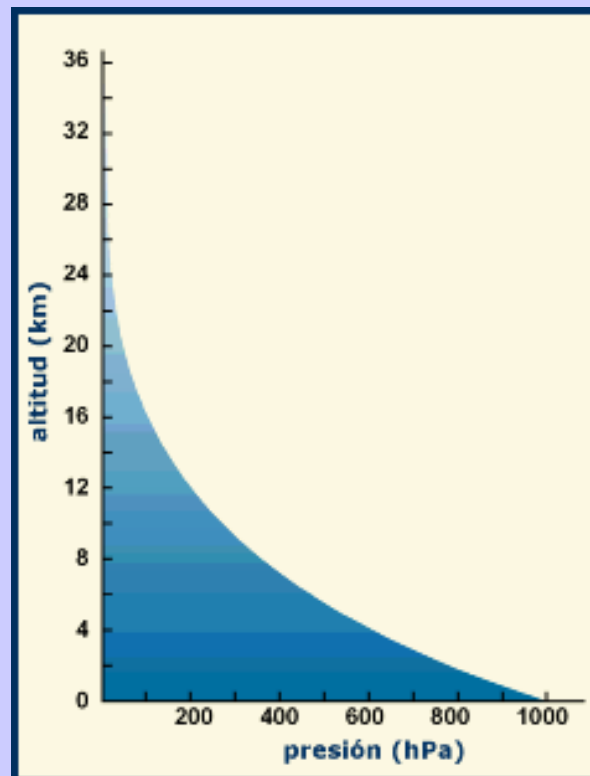
$P(z=0)$ = PNM = Peso de la atmósfera... calcular masa de la atmósfera...

estos resultados son generalizables a $g(z)$ y $\rho(z)$

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.



GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2
Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

Completar la tabla siguiente....

Nivel	Presión	Masa sobre nivel		Masa bajo nivel		Observaciones
[km]	[hPa]	[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

GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2

Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

En el caso de la atmósfera, podemos combinar la ecuación de balance hidrostático con la ley de gases ideales $p = \rho RT$ para obtener la ecuación hipsométrica:

$$\frac{\partial p}{p} = \partial(\ln(p)) = -\frac{g(z)}{RT(z)} \partial z \approx -\frac{g_0}{RT(z)} \partial z$$

Para una atmósfera isotermal ($T = \text{constante}$):

$$z_2 - z_1 = \frac{RT}{g_0} \ln(p_1 / p_2) = H \ln(p_1 / p_2)$$

Para $R = 287$ (aire), $T = 15^\circ + 273^\circ\text{C} = 288\text{K}$, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $H = 8.3 \text{ km}$

Para una atmósfera con $T(z)$ podemos usar el promedio:

$$z_2 - z_1 = \frac{R\bar{T}}{g_0} \ln(p_1 / p_2)$$

Para una atmósfera con $T(z) = T_0 - \Gamma z$ podemos usar el promedio:

$$z_2 - z_1 = \frac{T_0}{\Gamma} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\Gamma/g} \right]$$

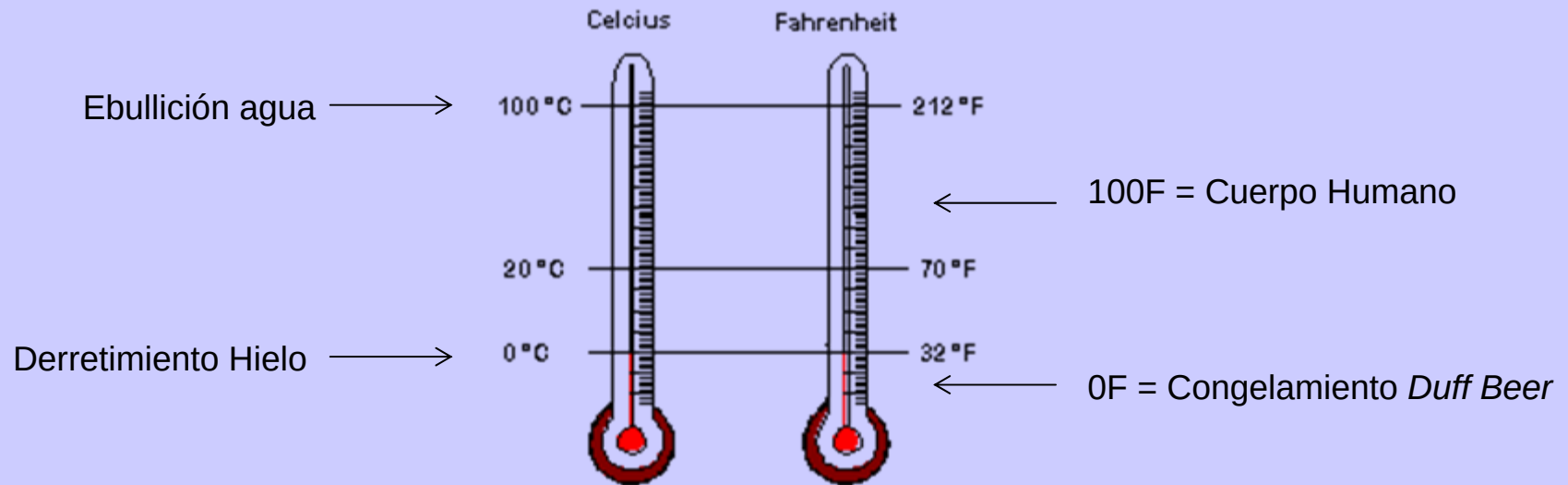
Atmósfera Estándar:
 $T_0 = 288 \text{ K}$, $\Gamma = 6.5^\circ/\text{Km}$
 $z_1 = 0$, $p_1 = 1013.25 \text{ hPa}$

Temperatura

Mundo Microscópico: $T = 2/(3k) * (\frac{1}{2}mv^2)$

Mundo macroscópico: La temperatura en tanto se asocia con el concepto de cuan caliente o frío esta un cuerpo o fluido.

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.



$$T(F) = 9 * T(C) / 5 + 32 \quad T(K) = T(C) + 273$$

Estructura vertical de la atmósfera: $p(z)$, $T(z)$, $\mu(z)$

¿Como conocemos $T(z)$?

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

1920: Invención del radiosonda (hasta 40 km)

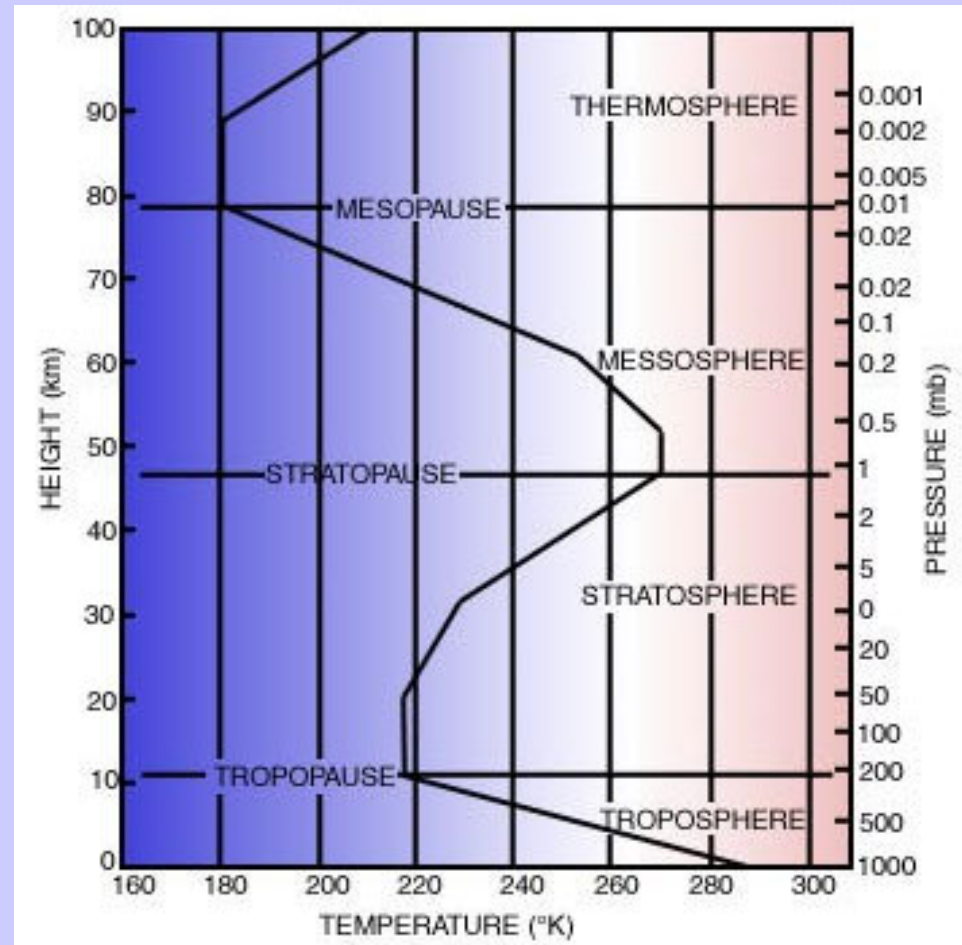
1950: Invención del Cohete-sonda (hasta 80 km)



Estructura vertical de la atmósfera

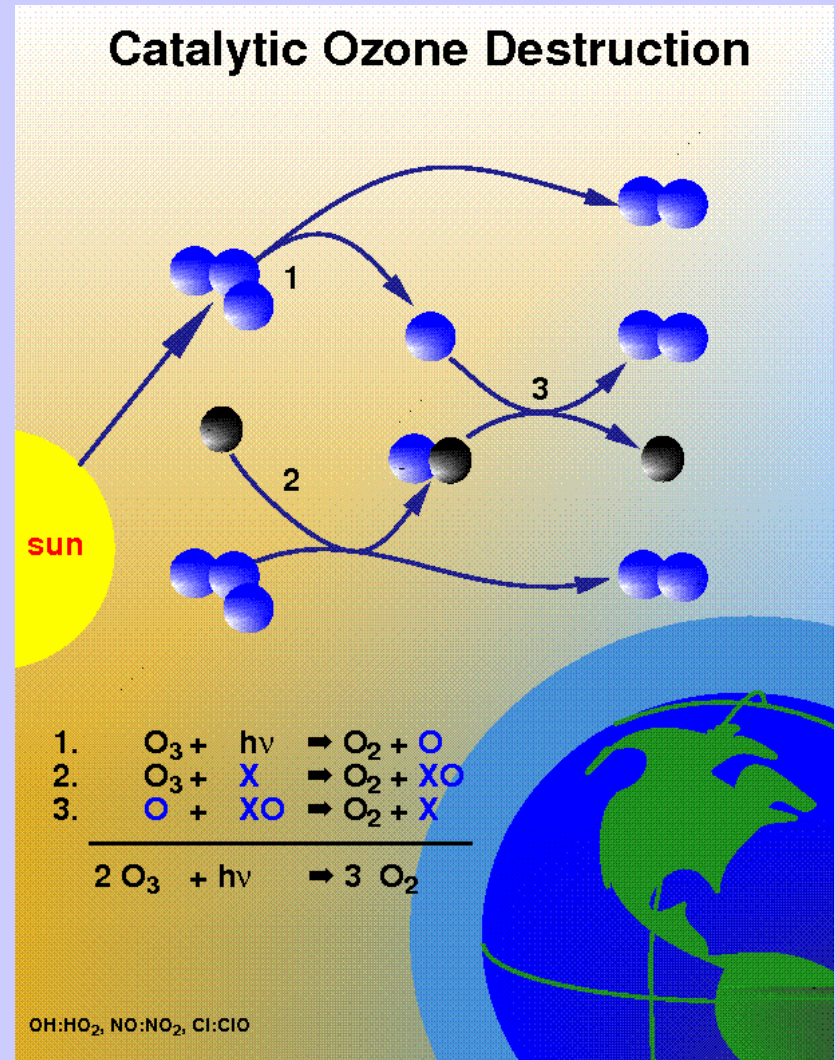
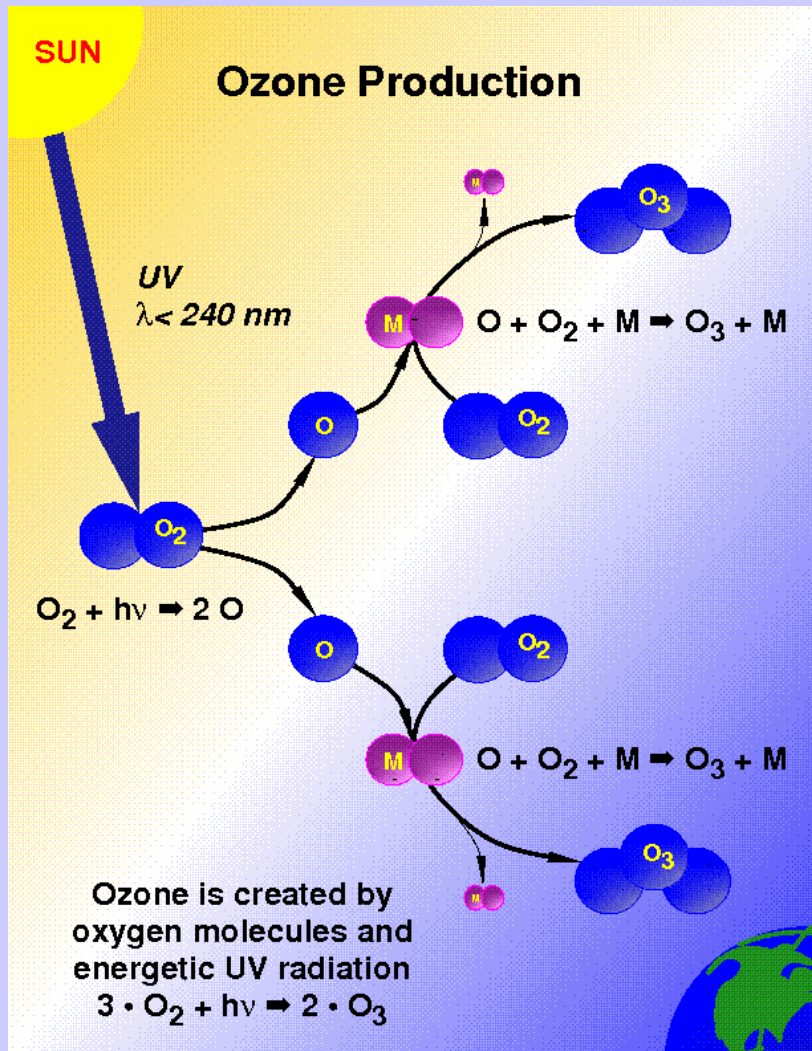
Inspección del perfil vertical de temperatura revela varias capas en las cuales la temperatura disminuye con la altura (condición normal?) o aumenta con la altura (inversiones térmicas):

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



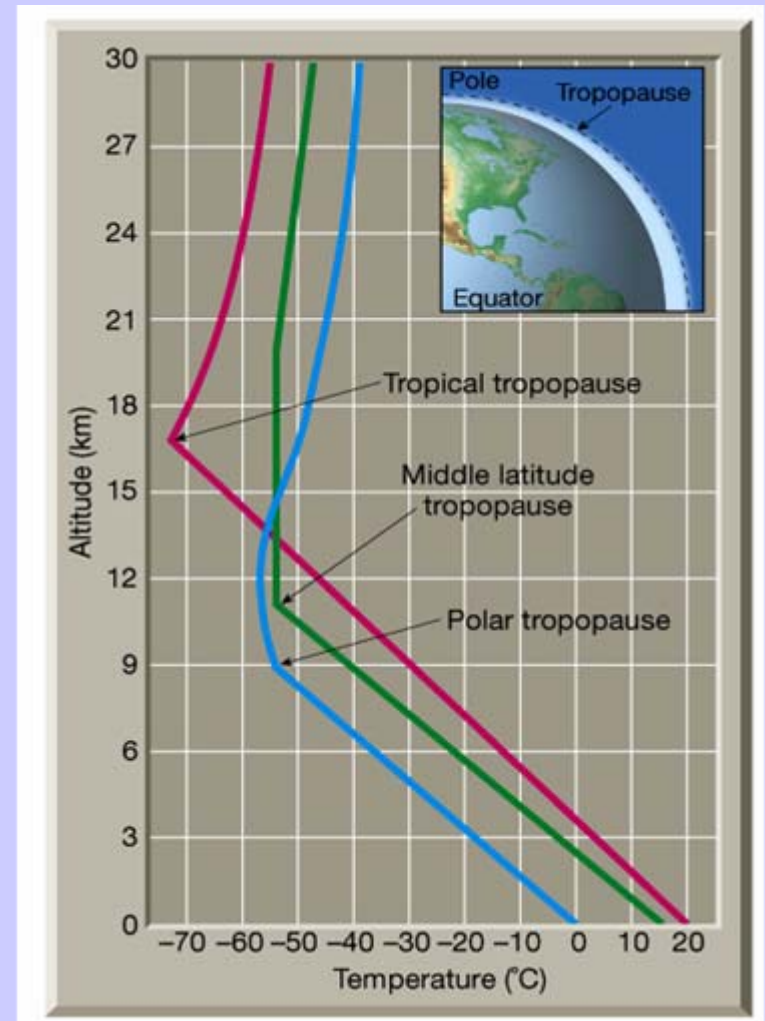
GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2

Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud



Estructura vertical de la atmósfera

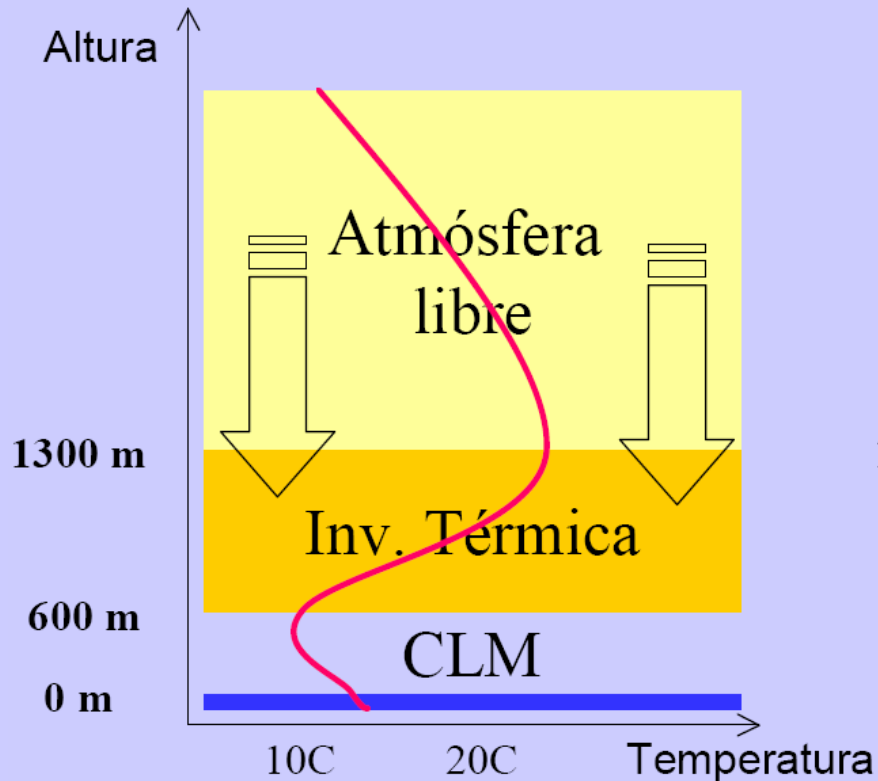
Altura de la troposfera cambia con la latitud y también en el tiempo....



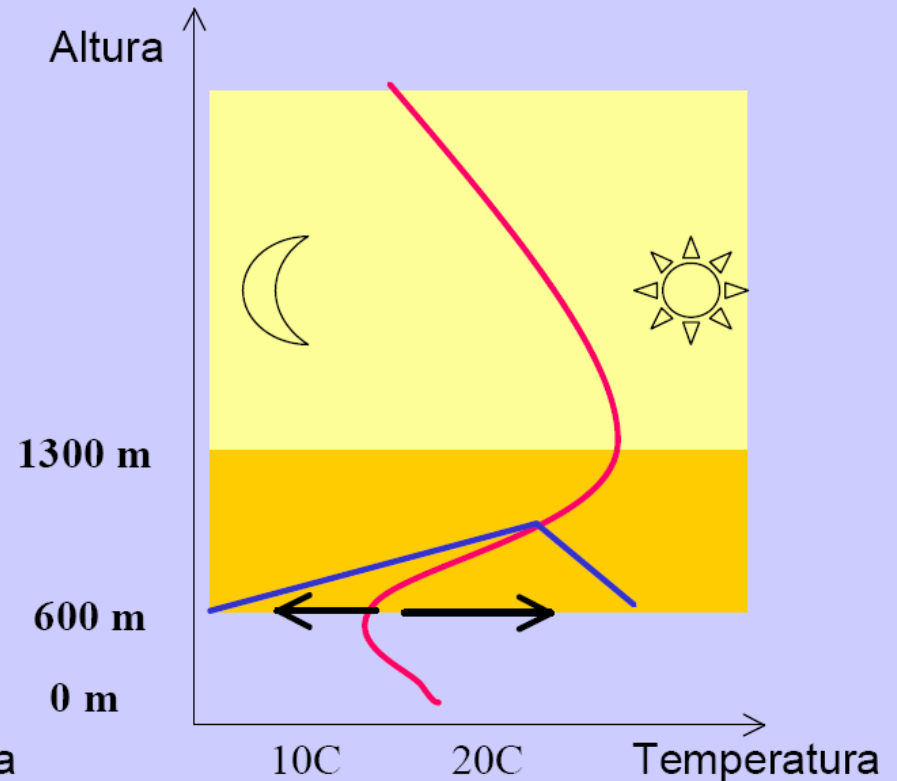
GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2

Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

Perfil típico en la **costa**
centro-norte de Chile: determinado
por subsidencia de gran escala

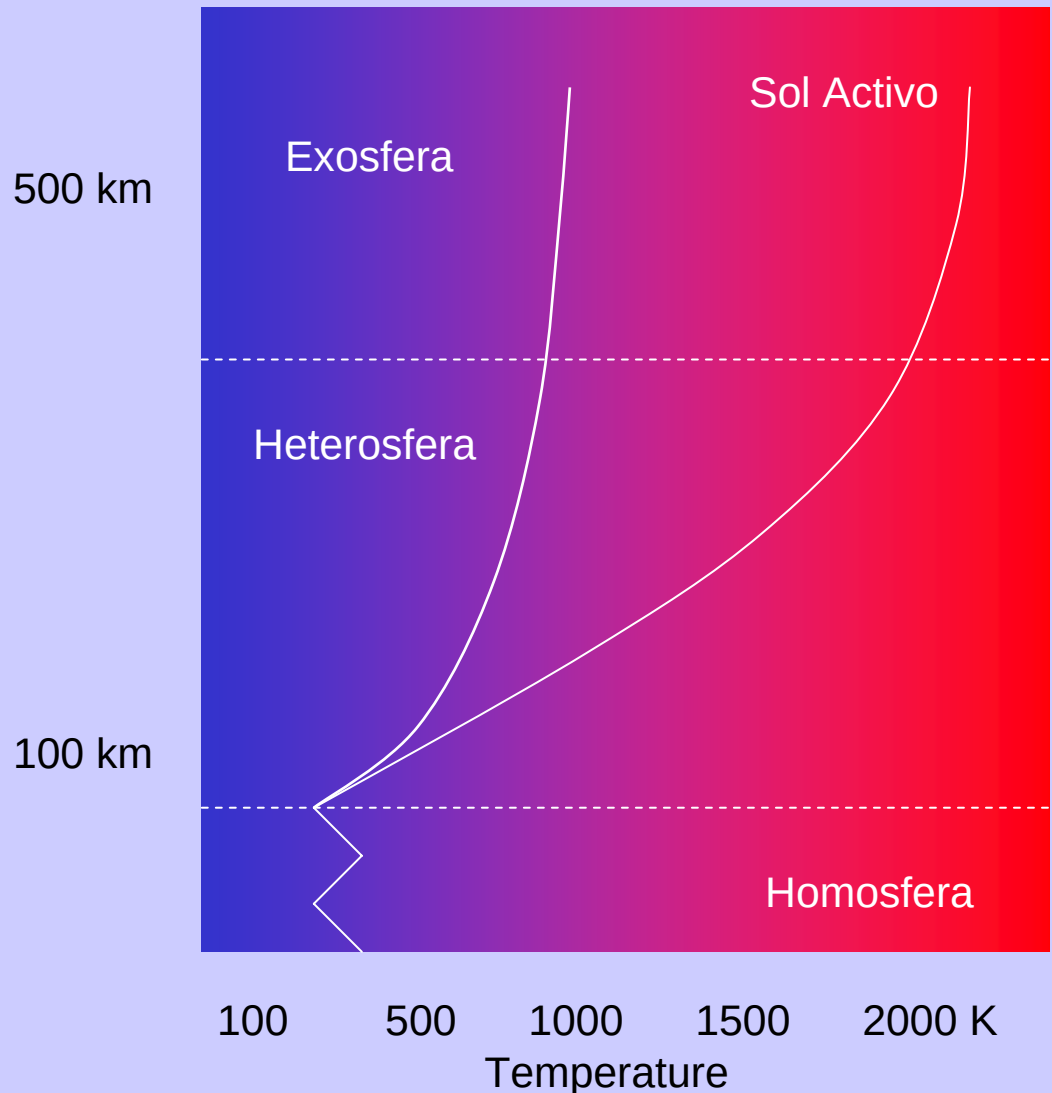


Perfil típico sobre **Santiago**:
modificación por calentamiento
- enfriamiento superficial



Estructura vertical de la atmósfera

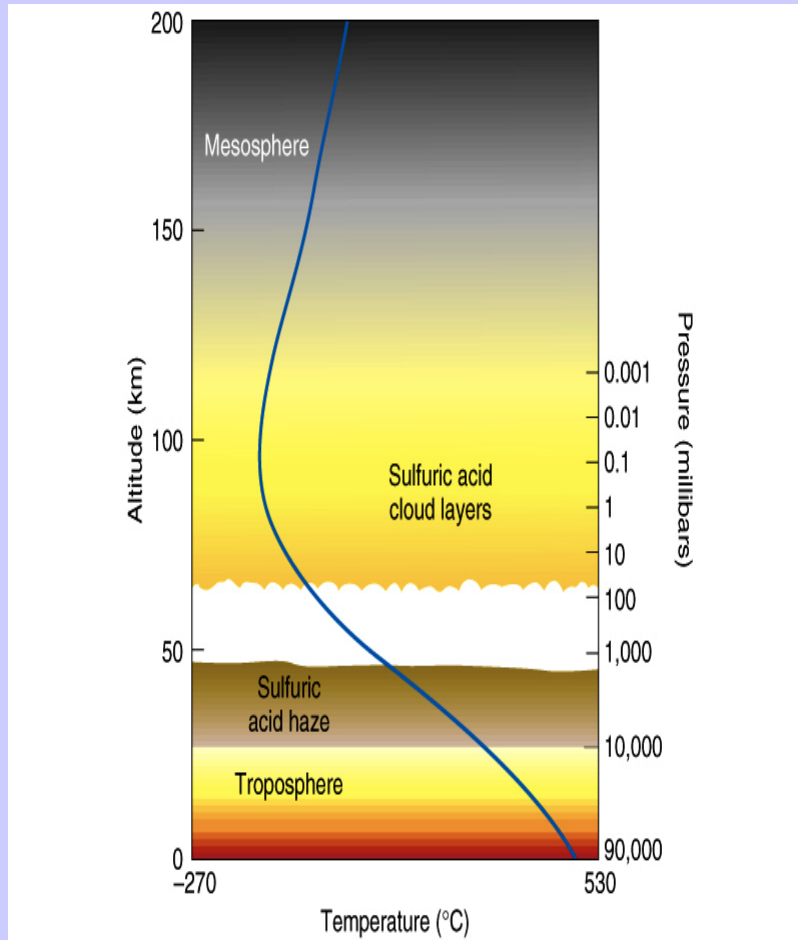
En un contexto mas amplio y considerando la distribución de los gases se distingue la homosfera (0-100 km) y la heterosfera (100-500 km).



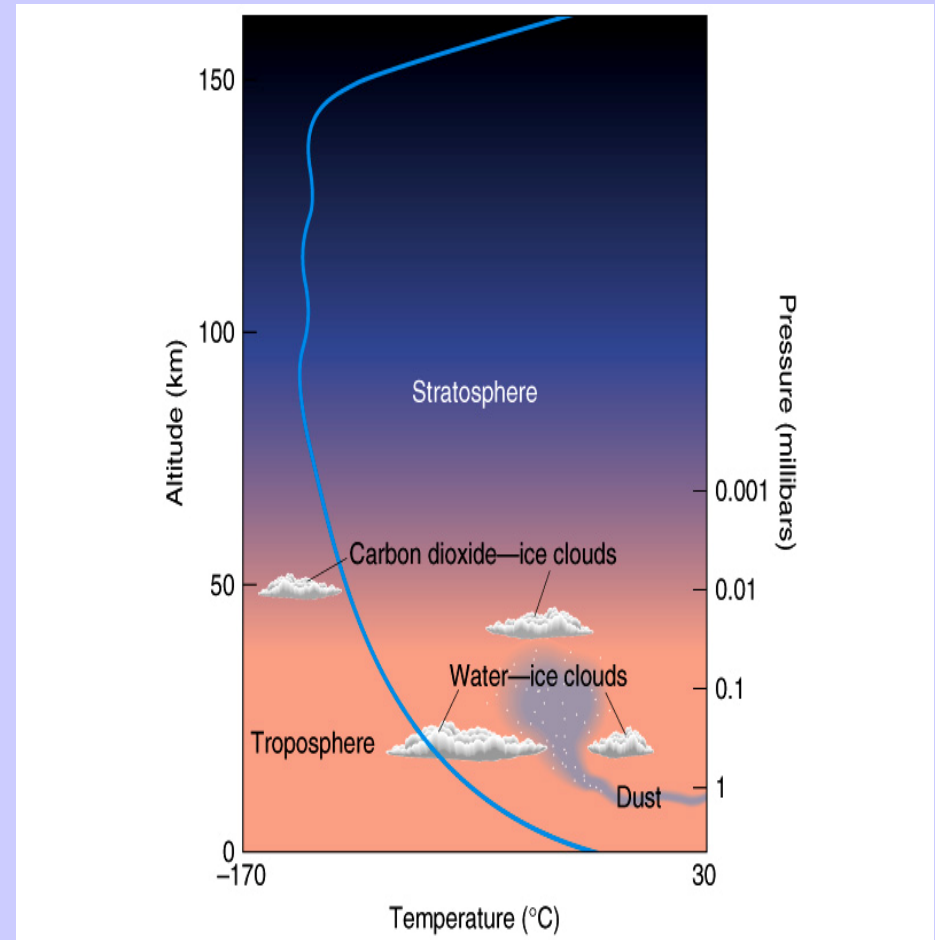
GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2

Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

Venus



Marte



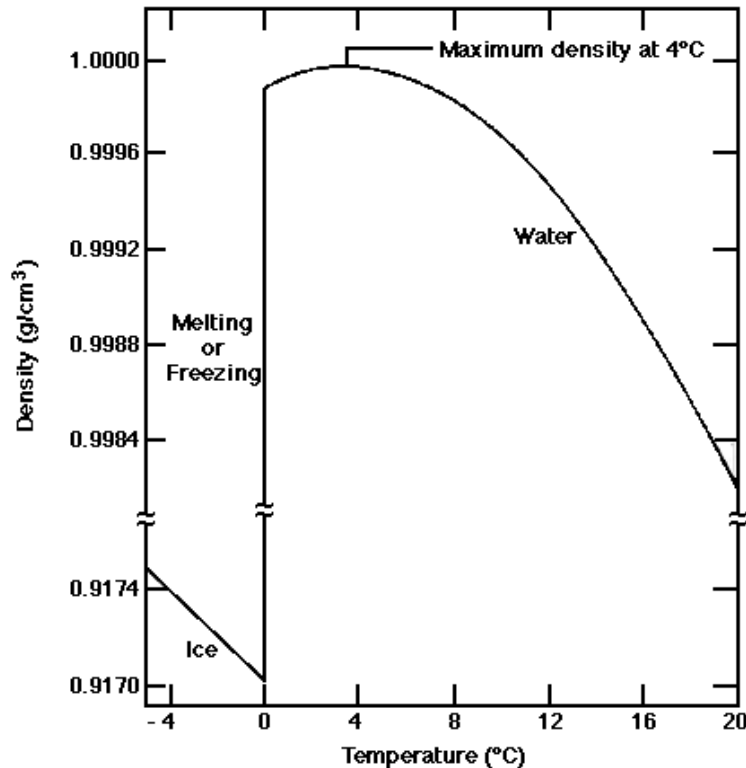
Que similitudes/diferencias existen entre la atmósfera de la Tierra, Marte y Venus?
Como es la estructura vertical de Júpiter, Saturno, etc...?

GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2

Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

Agua destilada a 20°C, $p=1000$ hPa, $\rho=1000$ Kg/m³
 1 Kg agua de mar contiene aprox. 35 gr de sal (Cl,Na,...)

Agua “dulce”



Density of water (and ice) as a function of temperature. Note maximum density of water at 4°C. (Data from Pauling 1953 and Hutchinson 1957: 204.)

$$\rho(T, P, S) = \sigma(T, P, S) + 1000 \text{ kg m}^{-3}$$

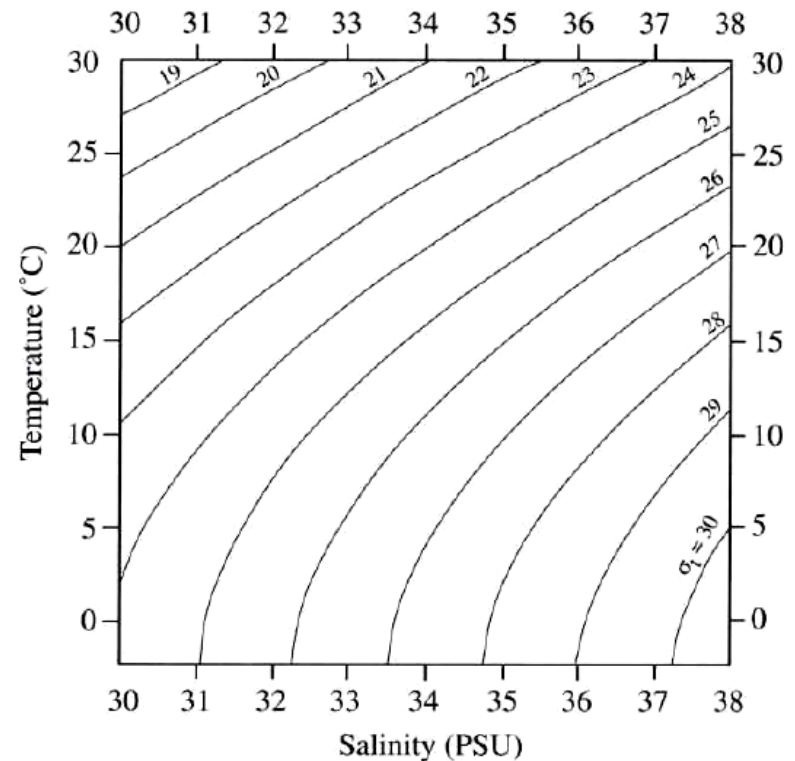
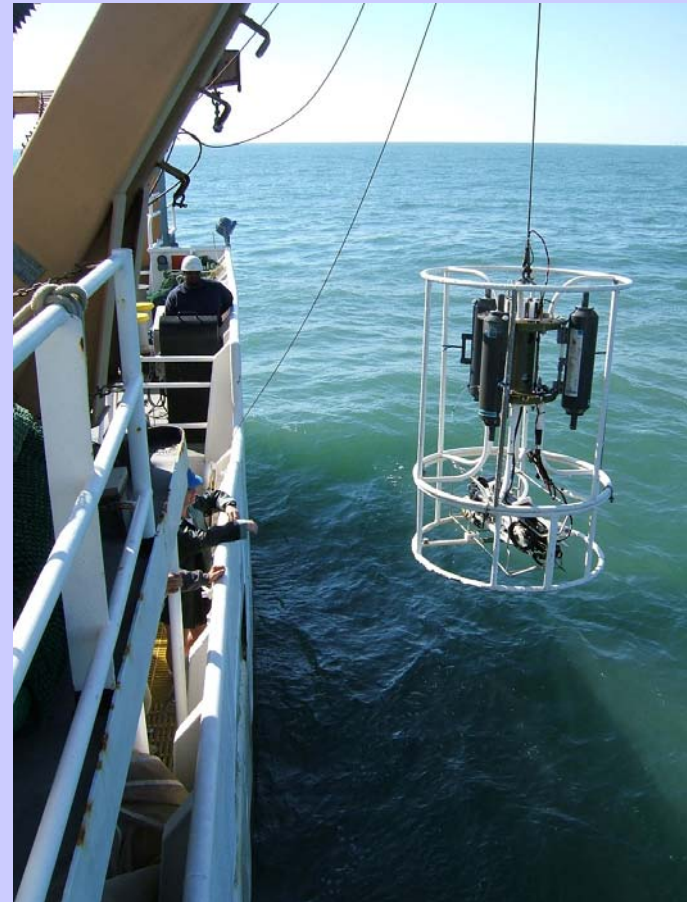


Figure 2.1 Density of sea water (σ_t) as a function of temperature and salinity

GF45A-GF3003 Introducción a la Meteorología – Clase 2
Semestre Otoño 2009 – R. Garreaud

¿Como conocemos $T(z)$ en el océano?
CTD: Conductivity, Temperature, Disolved Oxigen



$T(z)$ en el océano

Typical Temperature Profiles

