

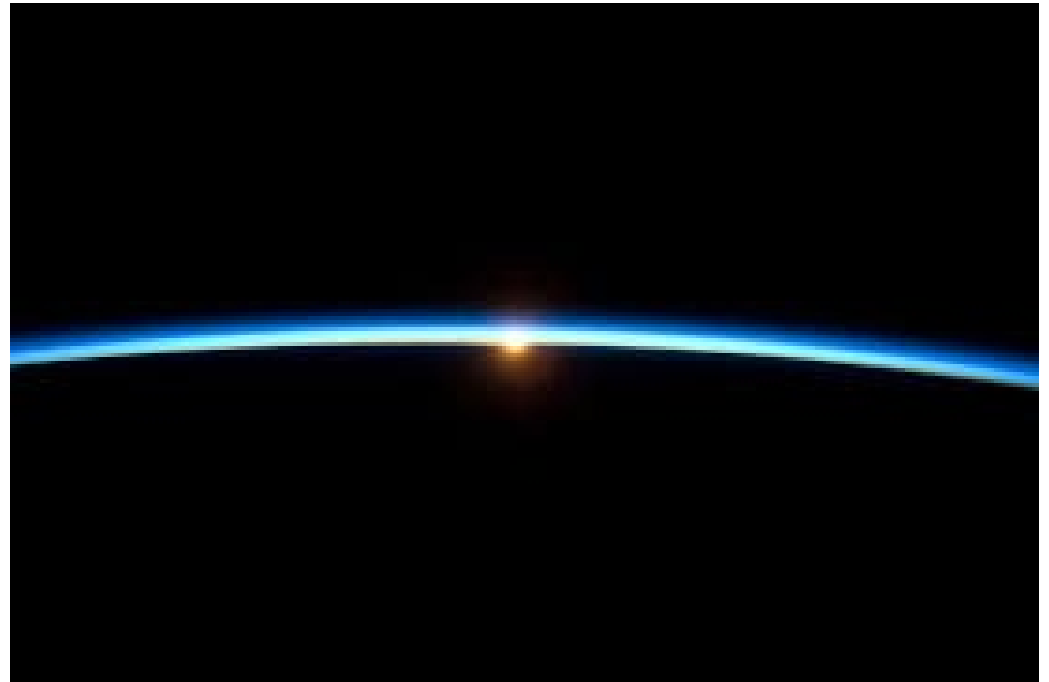
Universidad de Chile
Departamento de Geofísica

Introducción a la Meteorología

Estructura y Composición de la Atmósfera

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

La atmósfera terrestre...usualmente se dibuja como muy alta.
En verdad es una capa muy delgada (relativa al radio terrestre)
pero sin ella no estaríamos aquí....



Introducción a la Meteorología – Estructura & Comp. Atmos/Ocean

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Average Composition of the Troposphere

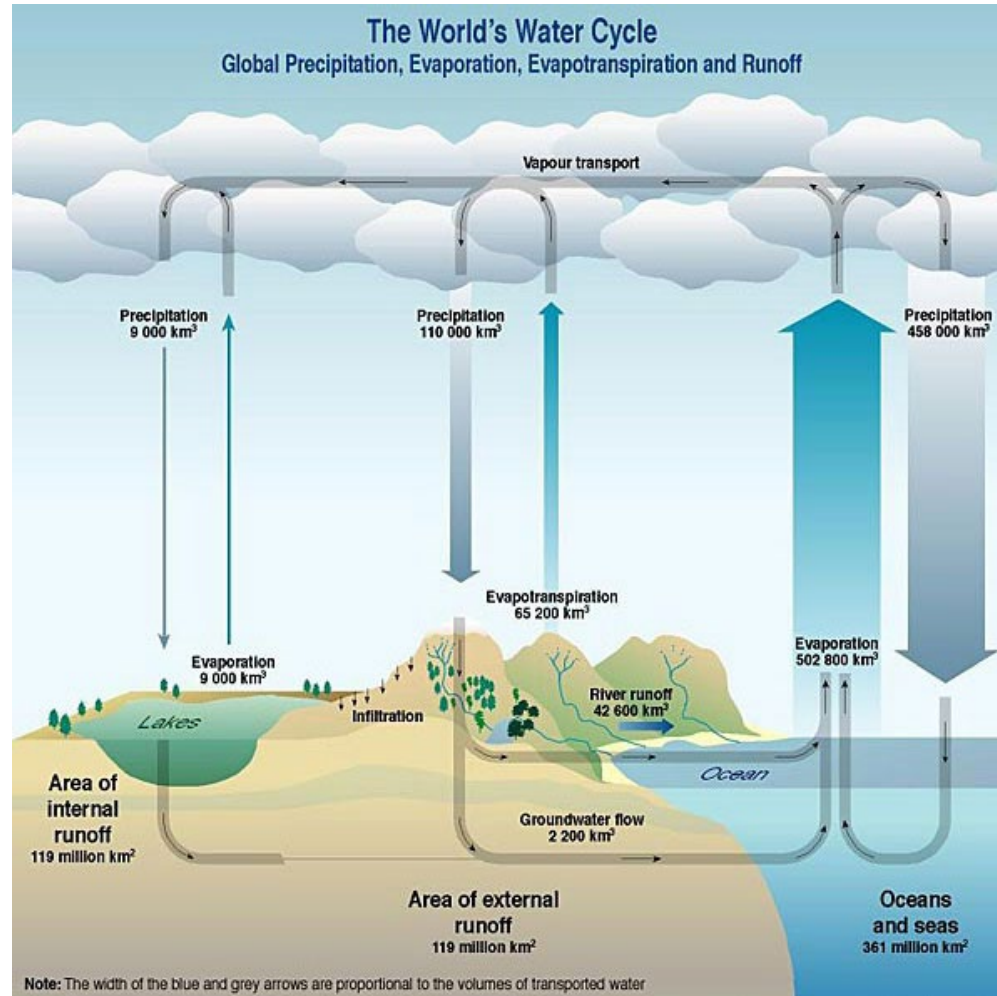
Gas Name	Formula	Abundance (%)	Residence time (approx)
Nitrogen	N ₂	78.08%	42,000,000 years
Oxygen	O ₂	20.95%	5,000 years
*Water	H ₂ O	0 to 4%	10 days
Argon	Ar	0.93%	~Infinite
*Carbon Dioxide	CO ₂	0.0360%	4 years
Neon	Ne	0.0018%	~Infinite
Helium	He	0.0005%	~Infinite
*Methane	CH ₄	0.00017%	10 years
Hydrogen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

*variable gases

Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

Ciclo del Agua...esencial para la vida en el planeta

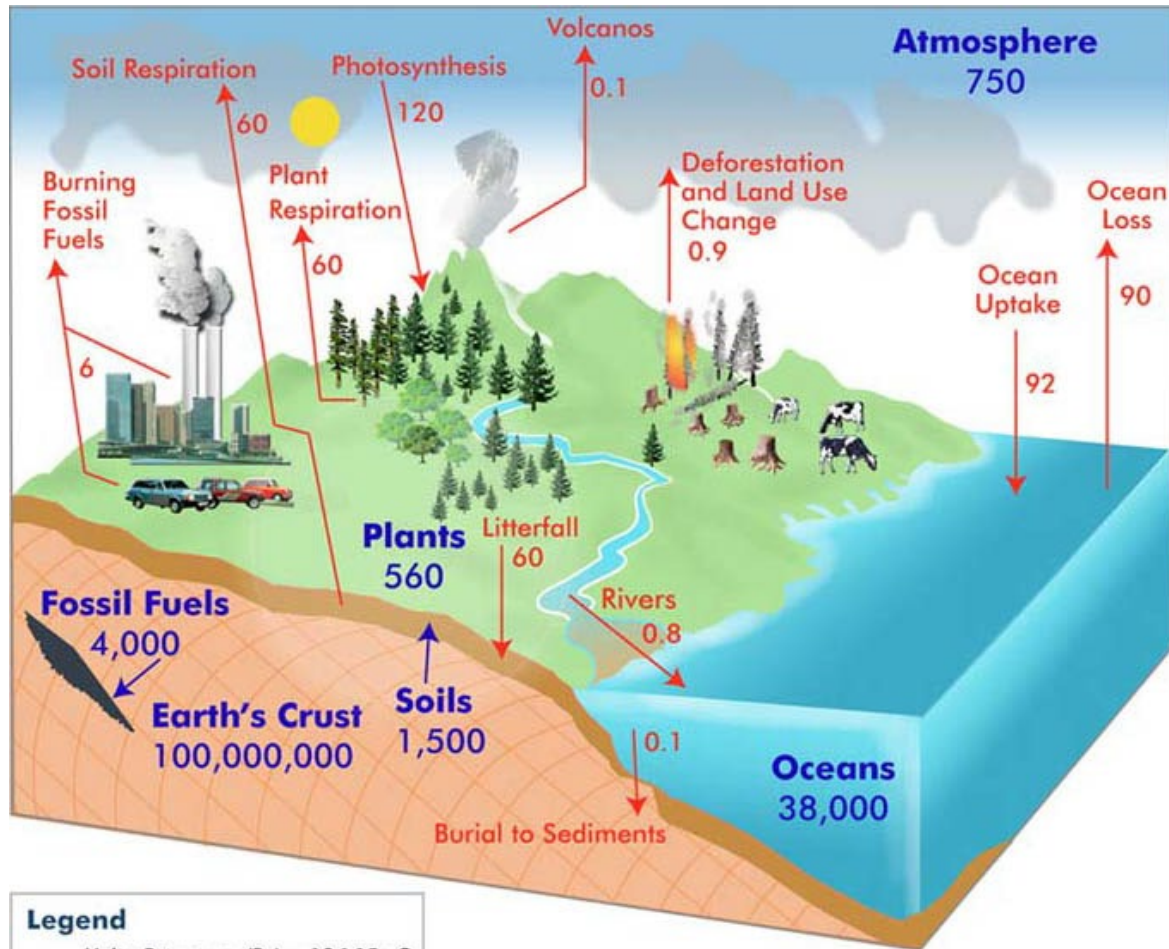


Source: Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999; Max Planck, Institute for Meteorology, Hamburg, 1994; Freeze, Allen, John, Cherry, Groundwater, Prentice-Hall, Engle wood Cliffs NJ, 1979.

Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

Ciclo del Carbono. CO₂ es un potente gas invernadero

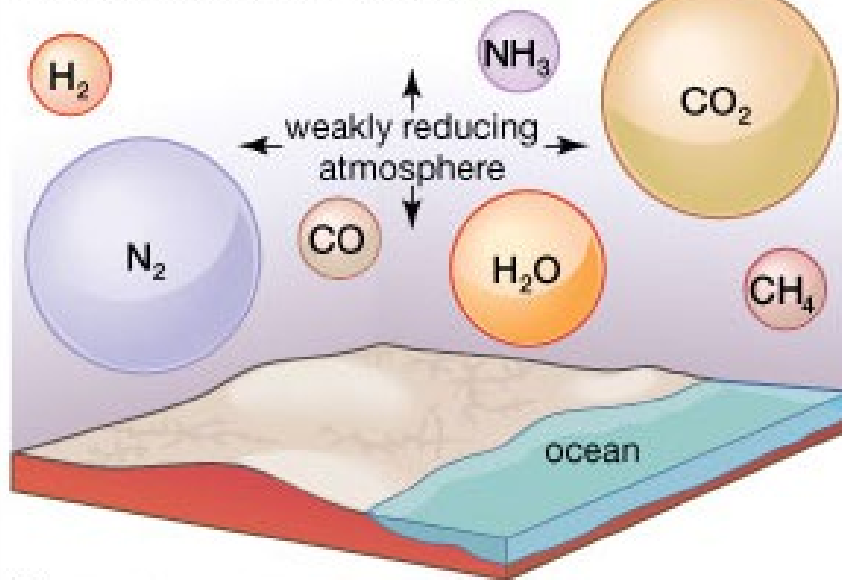


Legend

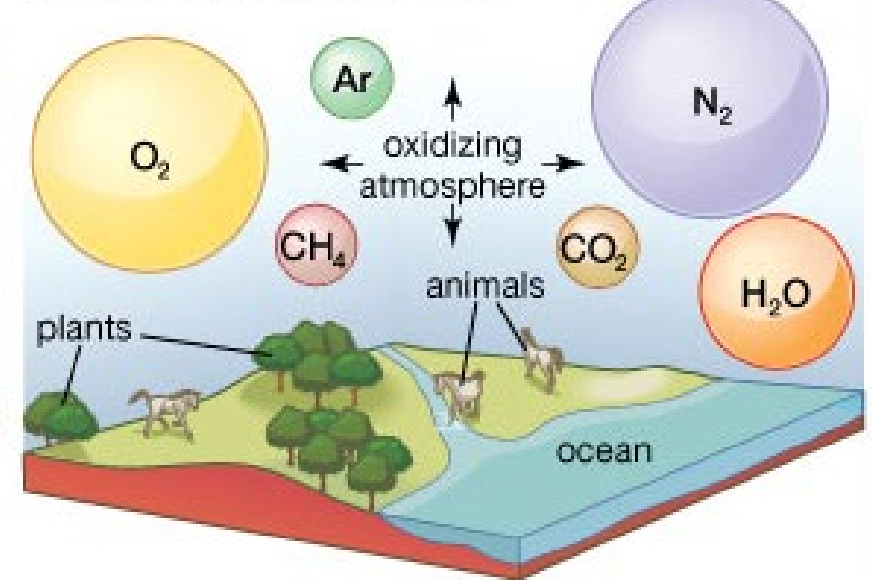
Units: Petagrams (Pg) = 10^{15} gC

- Pools: Pg
- Fluxes: Pg/year

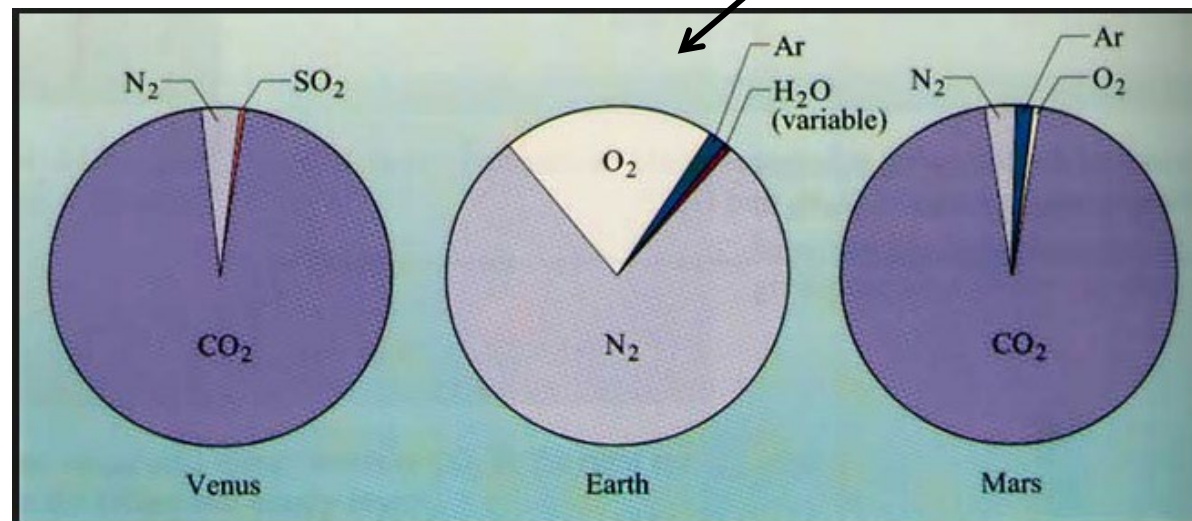
Earth's prebiotic atmosphere



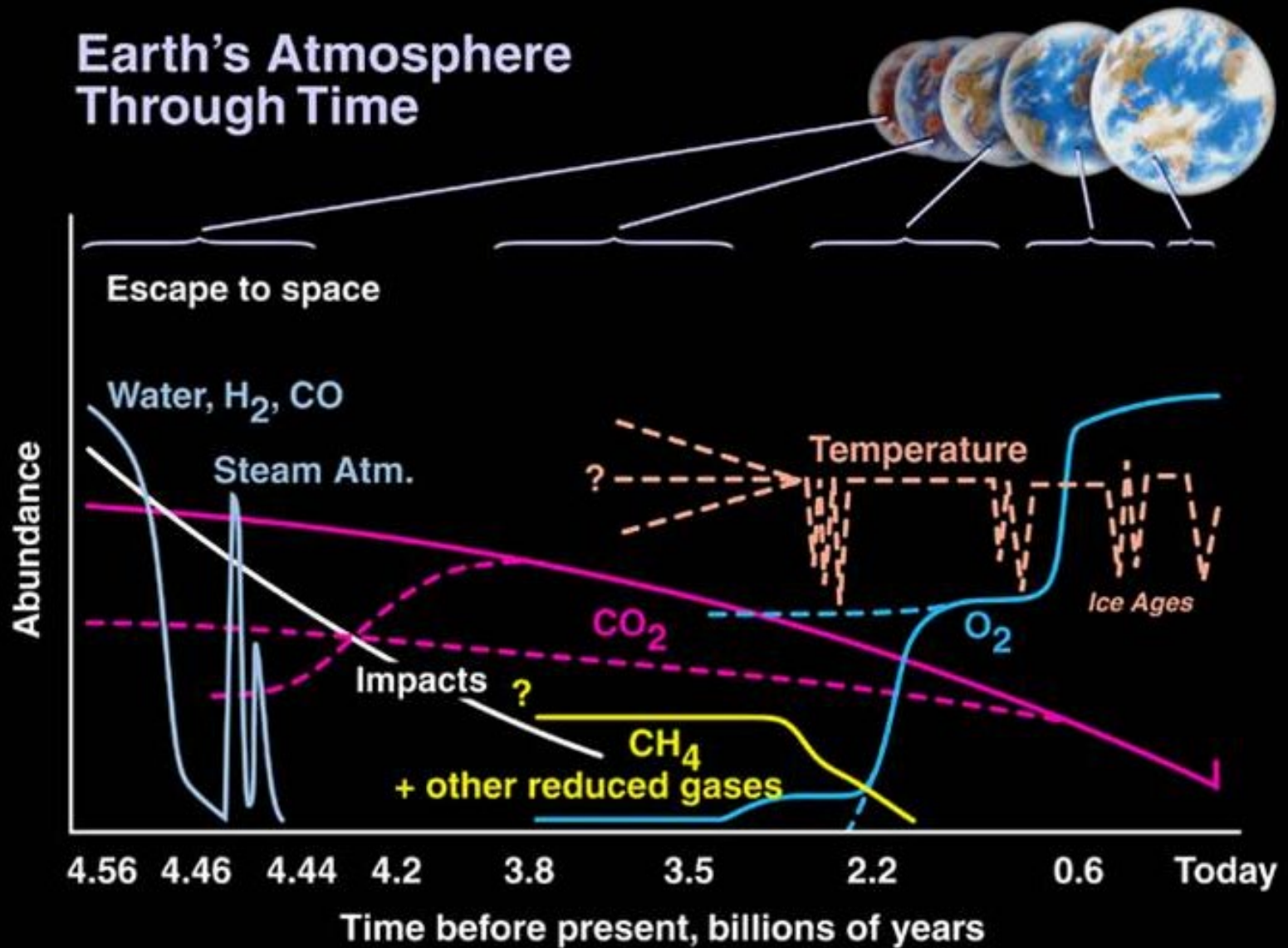
Earth's modern atmosphere



© 2008 Encyclopædia Britannica, Inc.



Earth's Atmosphere Through Time

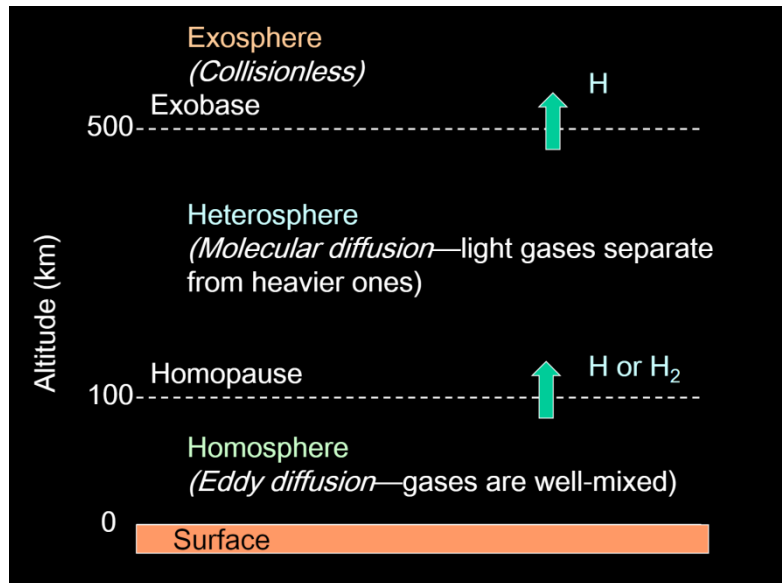


Especies
+ abundantes

H, He

H_2O , CO_2 , SO_2 , N_2

N, O_2 , N, H_2O



Most probable velocity

- Most probable velocity: $v_s = (2 kT/m)^{1/2}$
- Evaluate for atomic H at $T = 1000$ K
 $v_s = 4.07$ km/s
- Compare with escape velocity
 $v_{esc} = 10.8$ km/s
- These numbers are not too different
 $\Rightarrow$ an appreciable number of H atoms can escape

Escape velocity

$$\frac{1}{2} m v_e^2 = G M m / r$$

(K.E.) (P.E.)

$$v_e = (2 G M / r)^{1/2}$$

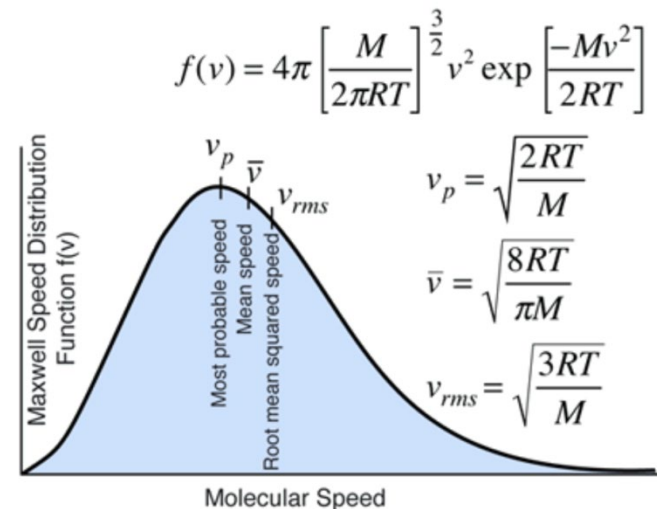
= 10.8 km/s (at 500 km altitude)

m = mass of atom (1.67×10^{-27} kg for H)

M = mass of the Earth (5.98×10^{24} kg)

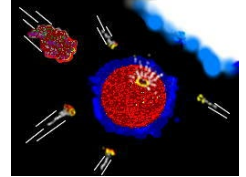
G = universal gravitational constant (6.67×10^{-11} N m²/kg²)

r = radial distance to the exobase (6.871×10^6 m)



Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud



Historia de la Atmósfera

- El planeta tierra se formó hace unos 4.500 millones de años (Ma). Su atmósfera consistía probablemente de gases abundantes en el sistema solar: Hidrogeno (H) y Helio (He). Ambos gases son muy livianos y eventualmente se perdieron hacia el espacio:

Vel. escape campo gravitacional = 11 km/s - Vel. típica de una molécula = $(2kT / Mm)^{0.5}$

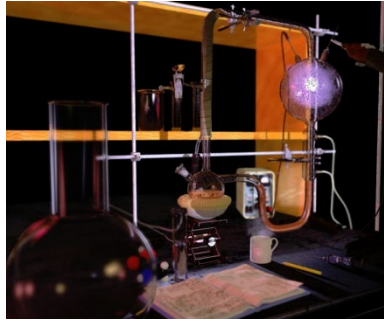
Vel. típica H = 3 km/s (M=1)....probabilidad de escape: 1/1e6

Vel. típica O = 0.8 km/s (M=16)....probabilidad de escape: 1/1e80

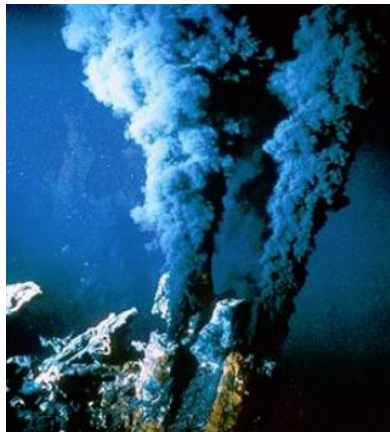


- Emisiones volcánicas y enfriamiento del magma inyectaron H₂O, CO₂, SO₂, N₂, H₂, Cl₂ a la atmósfera primitiva.
- Enfriamiento de la atmósfera primitiva permitió que vapor de agua condensara y precipitara para formar los océanos.
- Parte del CO₂ se disolvió en las gotas y también precipitó, incorporándose al océano.

Origen de la vida en la Tierra....3.900 Ma



Origen en la atmosfera
Descargas eléctricas en una atmosfera con mucho H
Formación de aminoácidos
Experimentos de Miller-Urey 195X



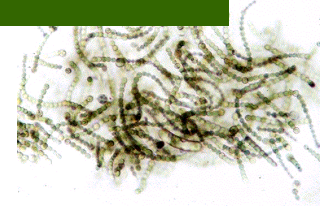
Origen el océano en torno a sistemas hidrotermales



Origen extraterrestre

Introducción a la Meteorología. Sistema Climático

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud



Aparece la vida....

3.900 millones de años atrás, bacterias anaeróbicas (cianobacterias) en el océano comenzaron a producir O_2 a través de la reacción foto-sintética:



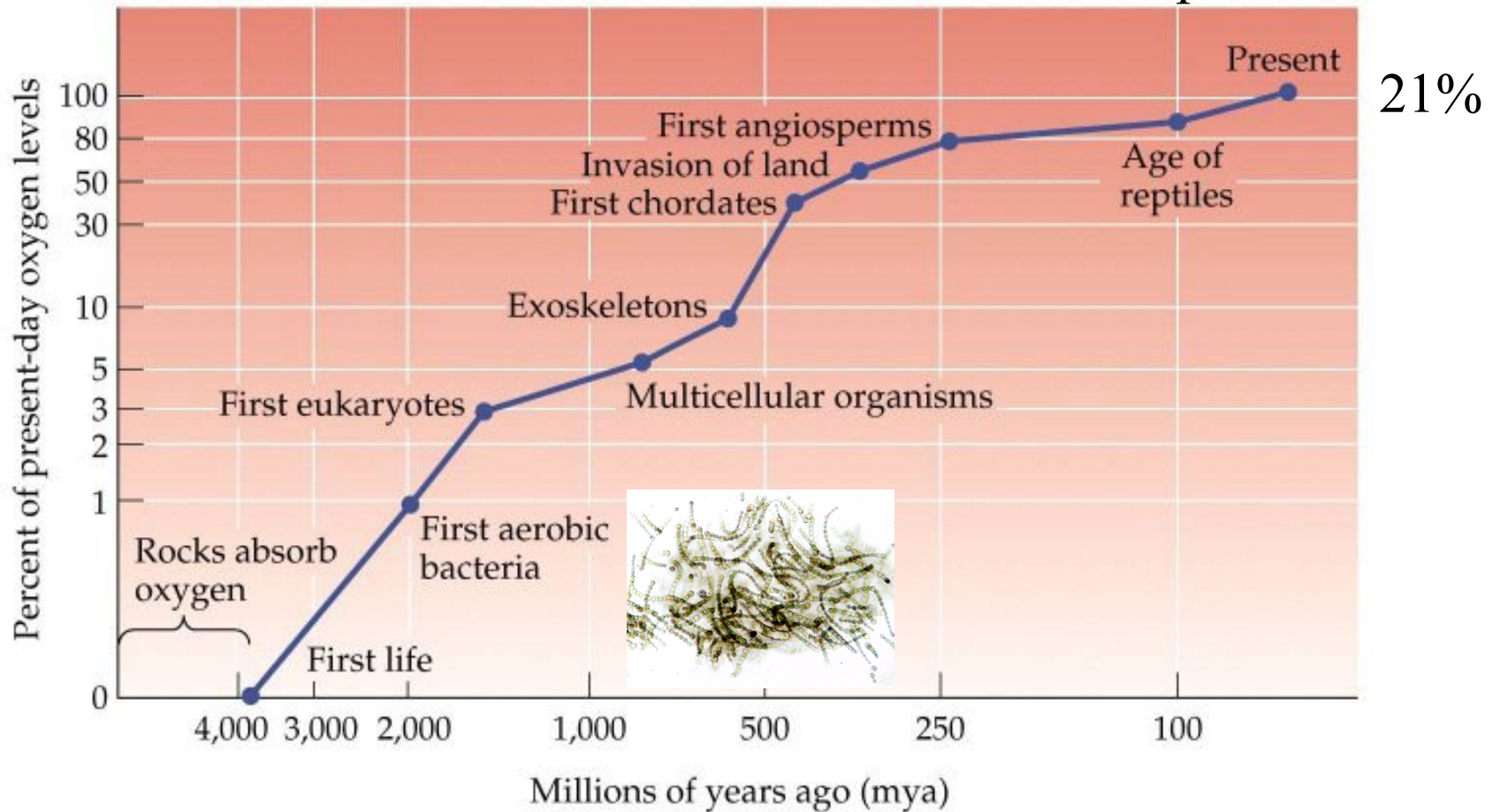
La reacción anterior requiere luz visible. Bacterias ubicadas cerca de la superficie para recibir luz, pero no tan cerca como para “quemarse” con la radiación UV. Otra fuente posible de Oxígeno es la fotodisociación del Hidrógeno:

La acumulación del O_2 en la atmósfera conlleva la formación de una capa de Ozono (O_3) a través de las reacciones:



La primera reacción “consume” la radiación Ultravioleta (UV), de forma que la formación de la capa de Ozono permite que los organismos vivos se acerquen a la superficie del océano y eventualmente salgan a la tierra unos 400 Ma atrás.

Historia de la atmósfera terrestre: Composición



Especies
+ abundantes

H, He

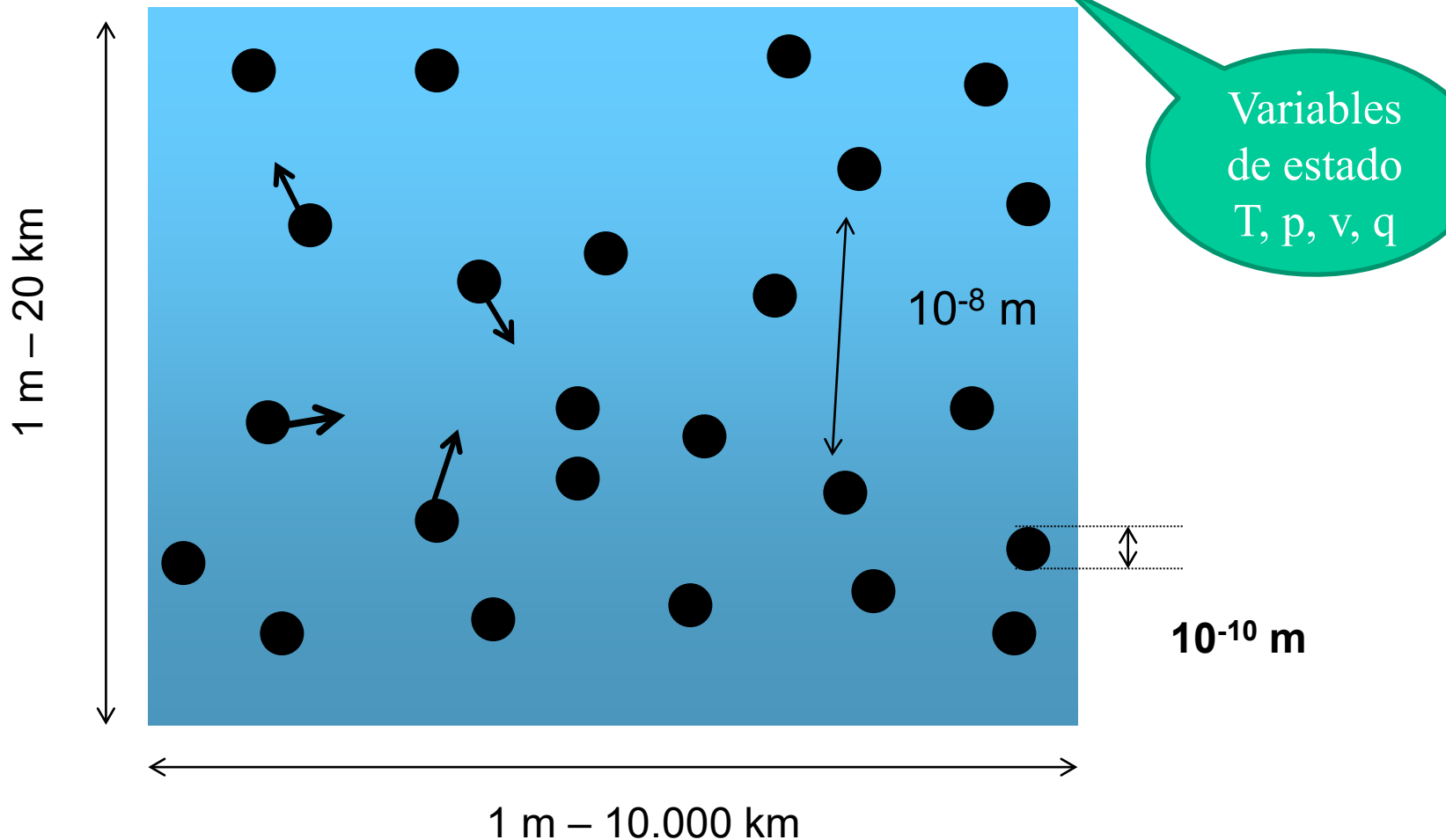
H₂O, CO₂, SO₂, N₂

N, O₂, N, H₂O

Atmósfera – Aire – Moléculas

Mundo Microscópico: seguimos cada molécula: $\mathbf{v}_i$...imposible

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

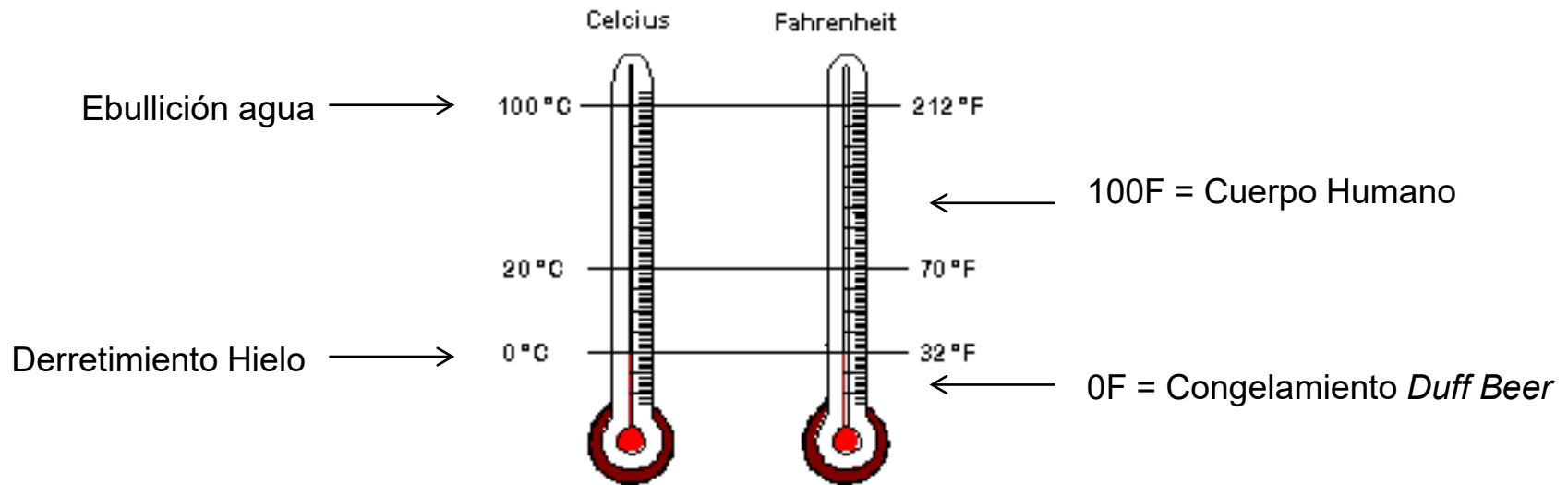


Temperatura

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

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.



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

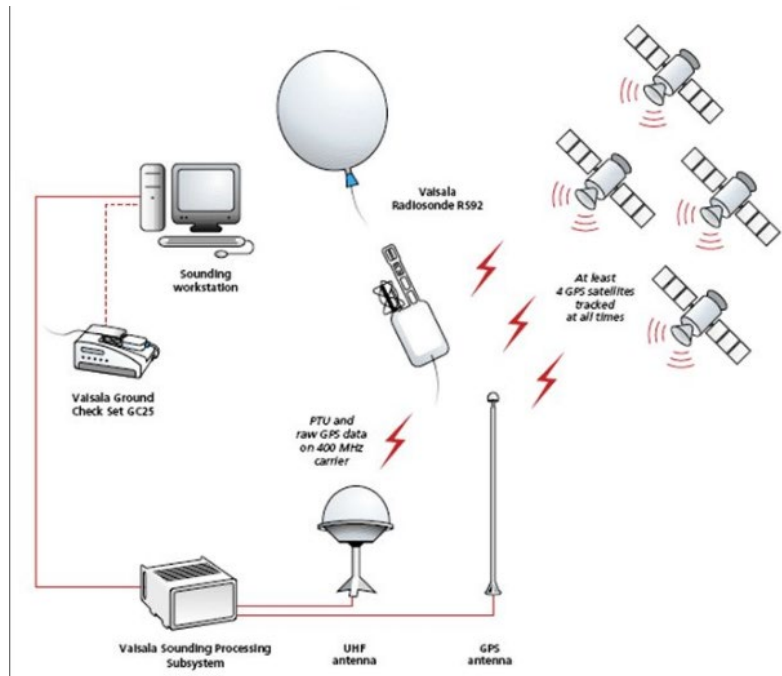
Estructura vertical de la atmósfera: $p(z)$, $T(z)$, $\mu(z)$

¿Como conocemos $T(z)$?

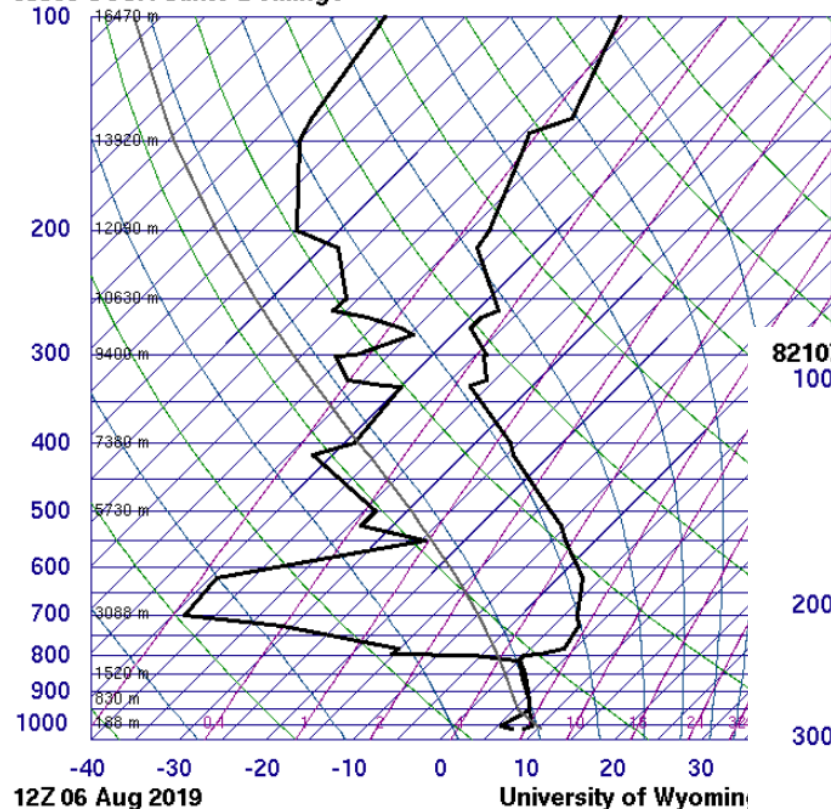
1830-1920: Mediciones hasta 10-12 km mediante Globos Aerostaticos

1920: Invención del radiosonda (hasta 40 km)

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

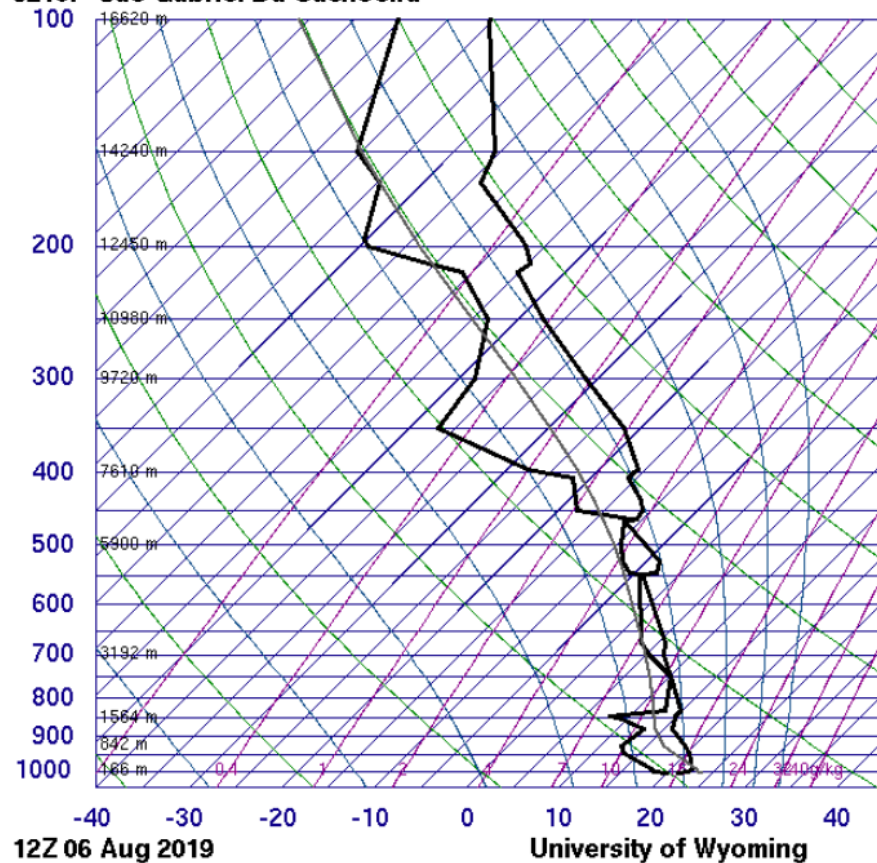


85586 SCSN Santo Domingo



SLAT -33.65
SLON -71.61
SELV 75.00
SHOW 12.98
LIFT 15.96
LFTV 15.93
SWET 112.8
KINX -27.2
CTOT 15.40
VTOT 15.90
TOTL 31.30
CAPE 0.00
CAPV 0.00
CINS 0.00
CINV 0.00

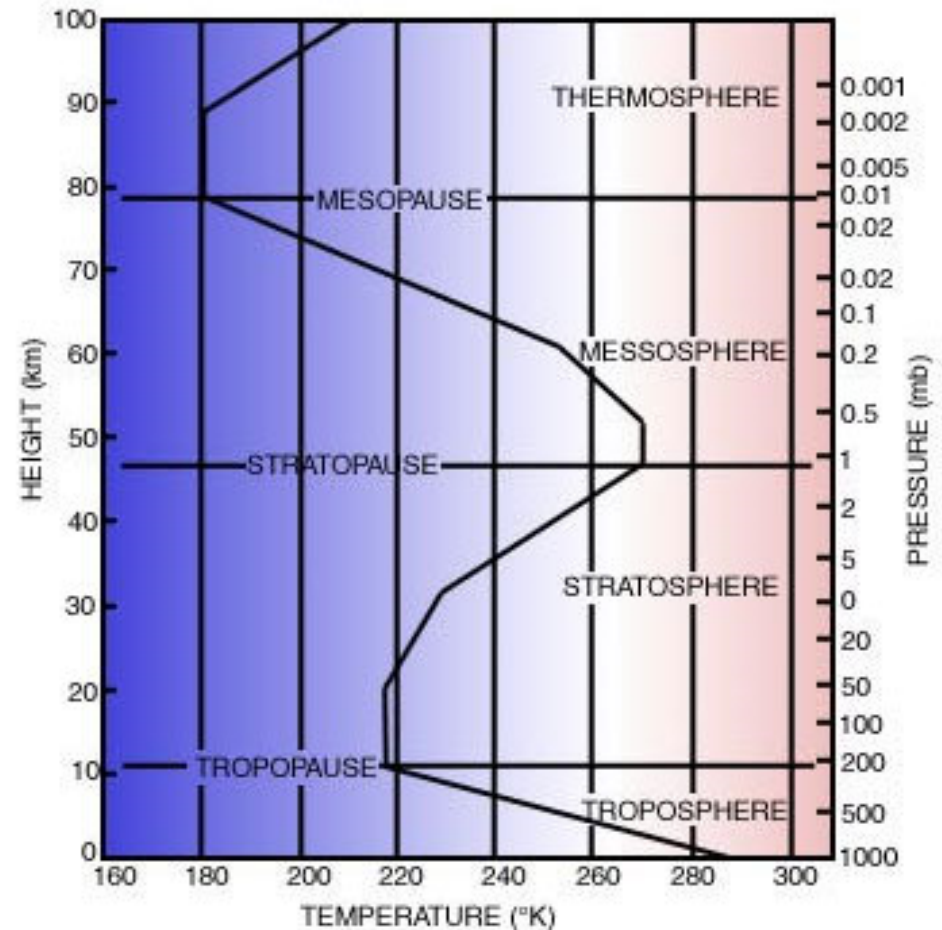
82107 Sao Gabriel Da Cachoeira



Estructura vertical de la atmósfera

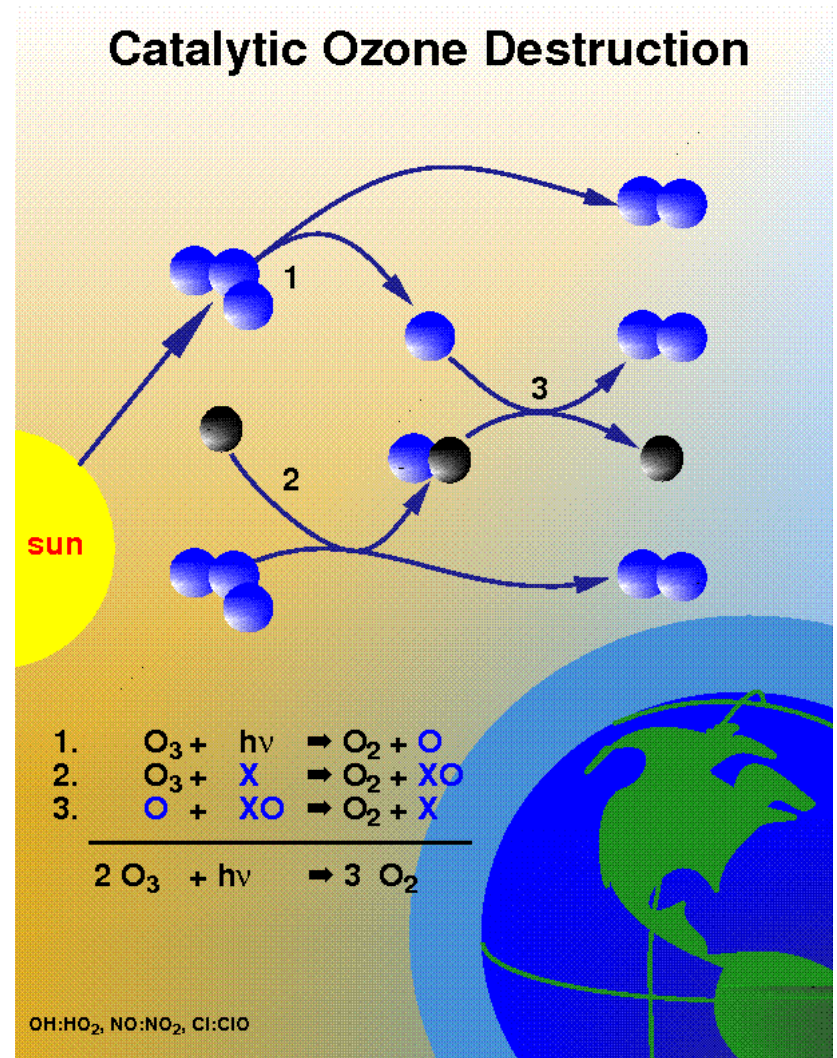
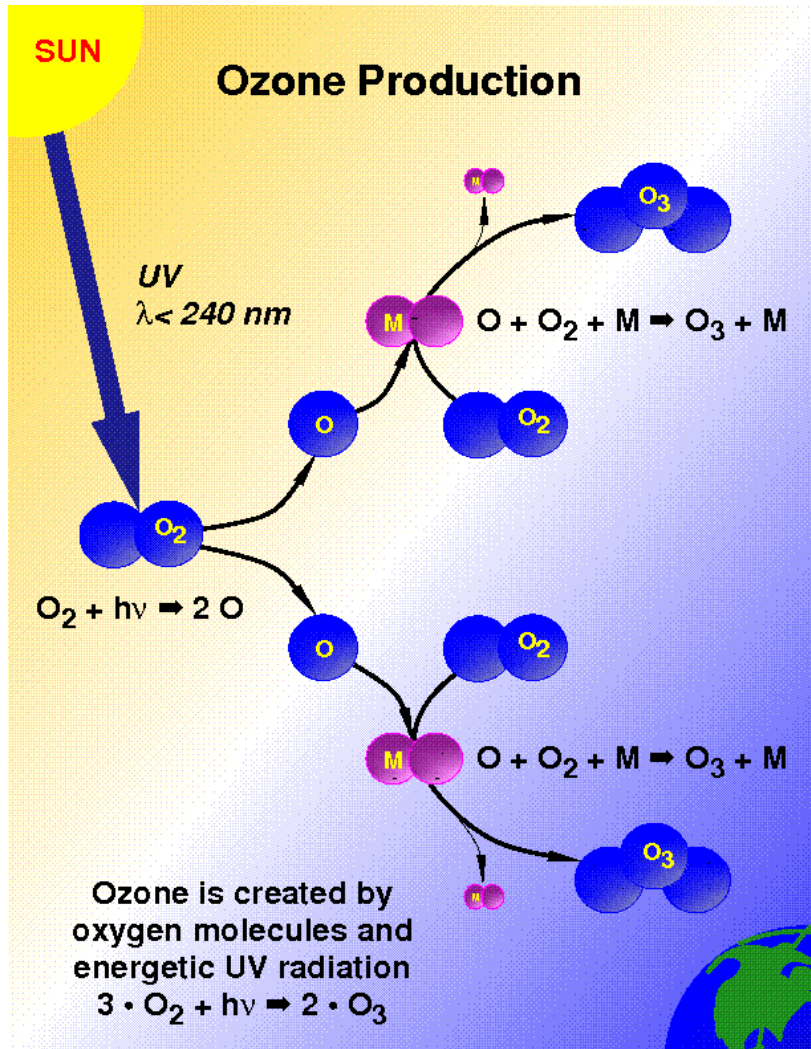
Inspección del perfil vertical de temperatura revela varias capas en las cuales la temperatura disminuye con la altura (condición normal?) o aumenta con la altura (inversiones térmicas):

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



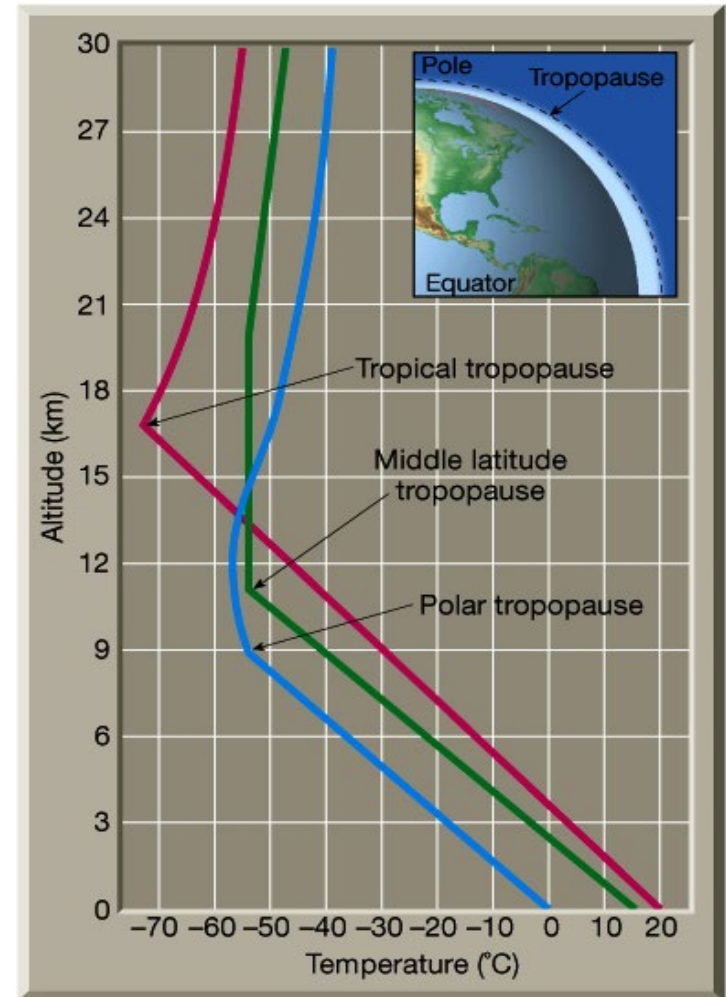
Introducción a la Meteorología – Estructura & Comp. Atmos/Ocean

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



Estructura vertical de la atmósfera

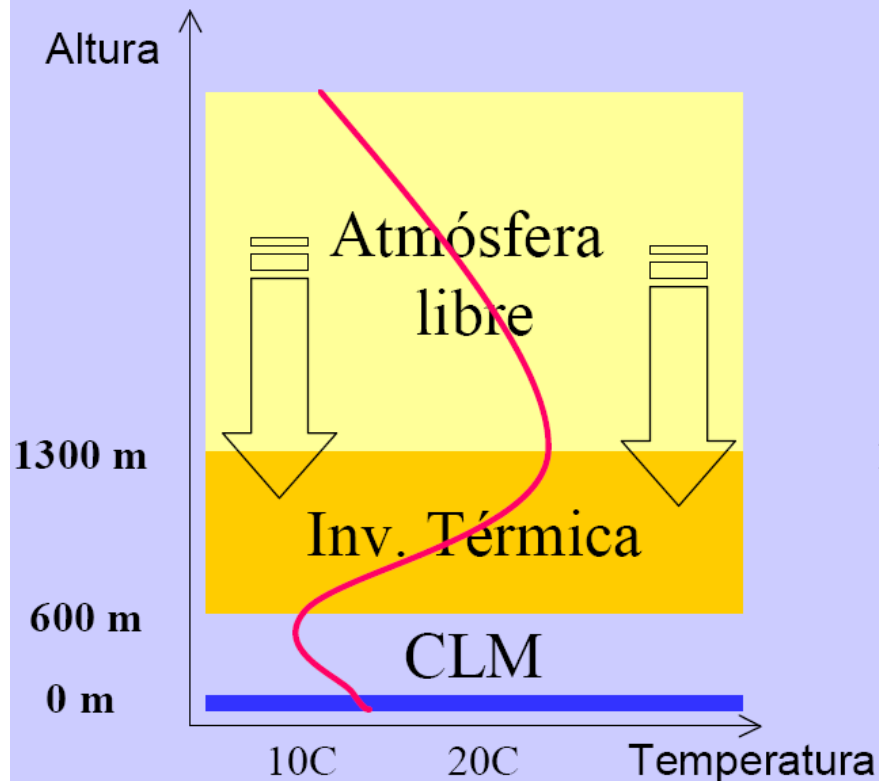
Altura de la troposfera cambia con la latitud y también en el tiempo....



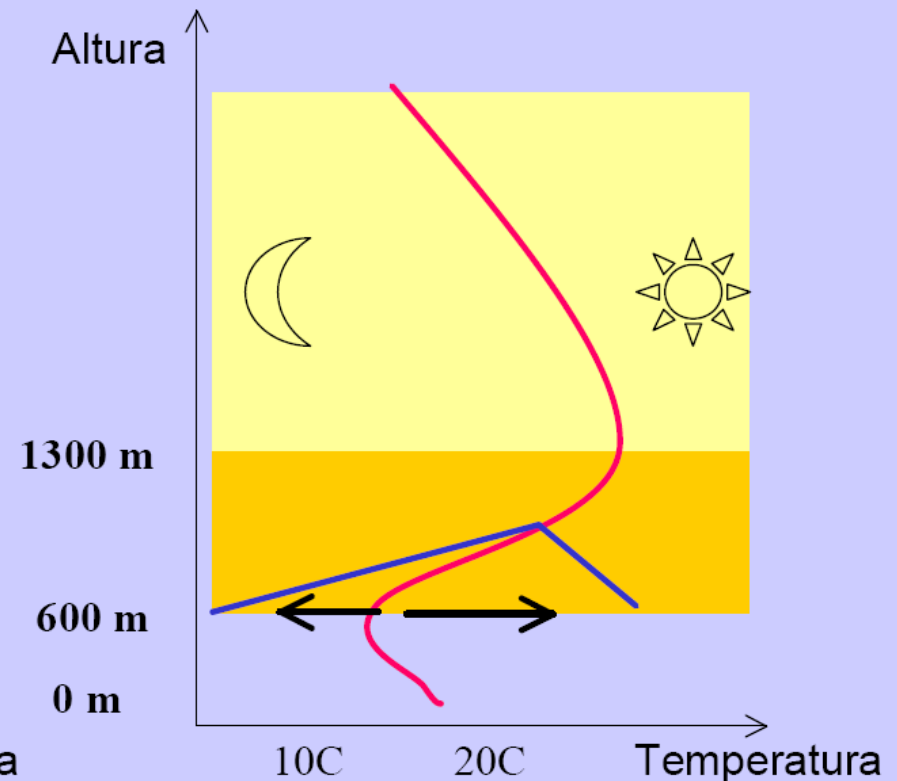
Introducción a la Meteorología – Estructura & Comp. Atmos/Ocean

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

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

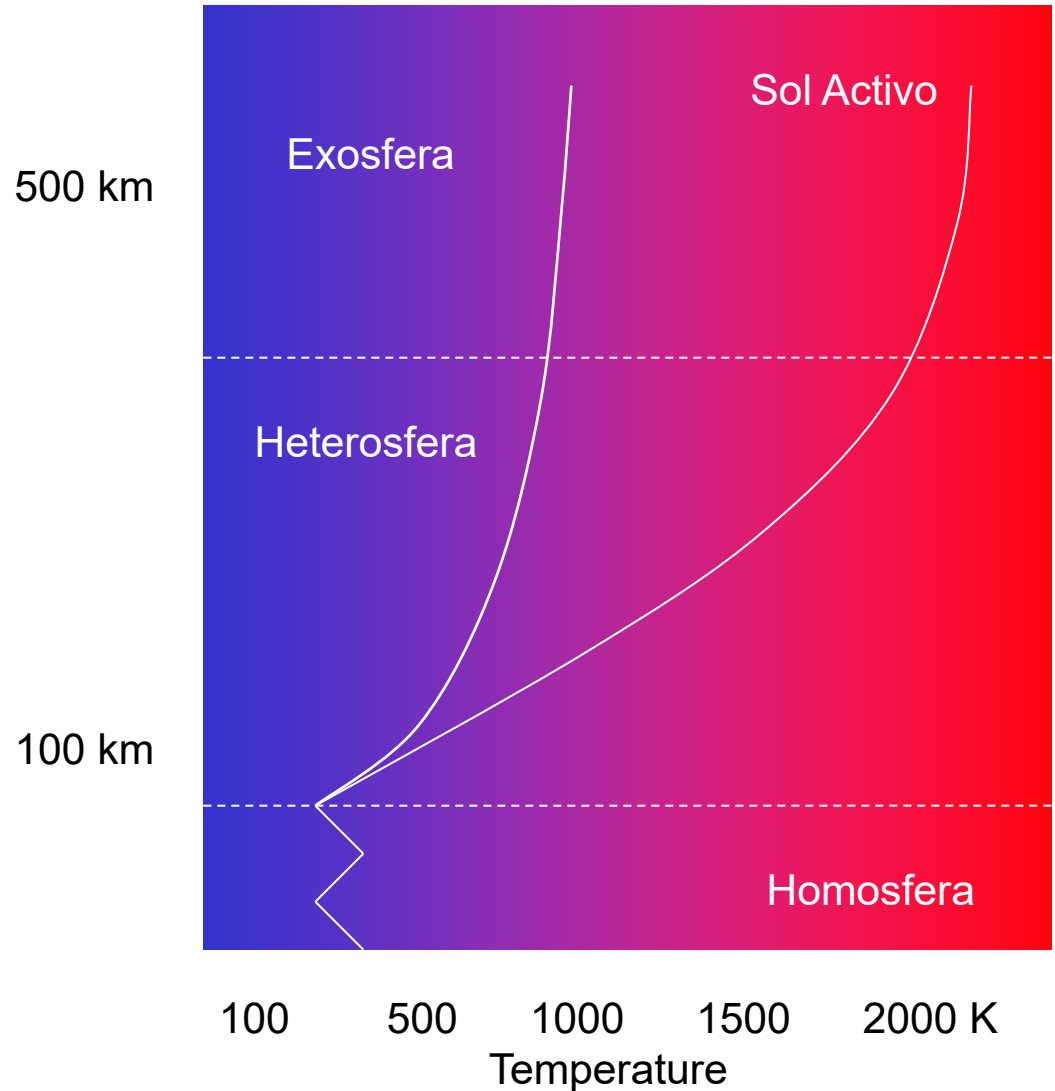


Perfil típico sobre **Santiago**:
modificación por calentamiento
- enfriamiento superficial



Estructura vertical de la atmósfera

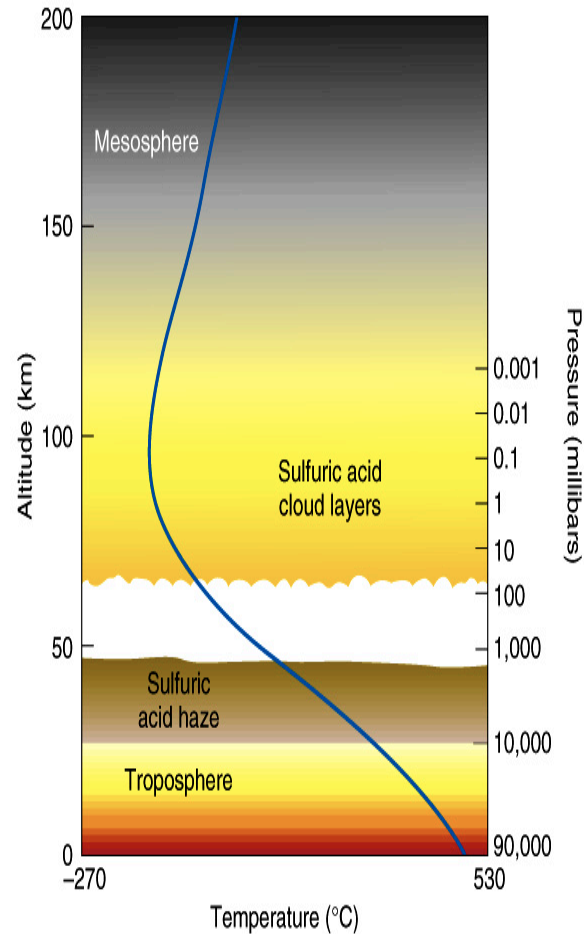
En un contexto mas amplio y considerando la distribución de los gases se distingue la homosfera (0-100 km) y la heterosfera (100-500 km).



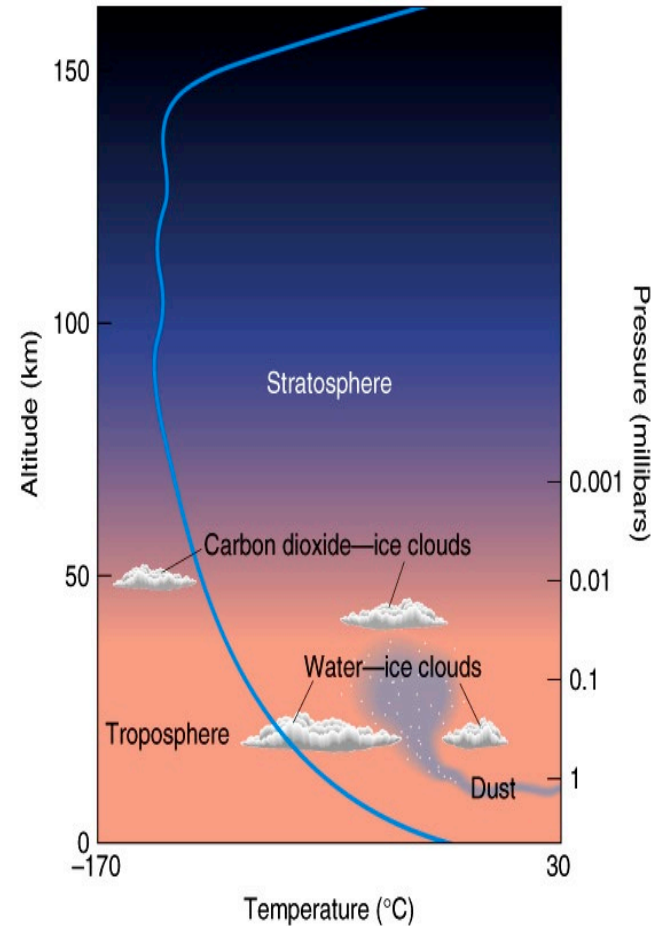
Introducción a la Meteorología – Estructura & Comp. Atmos/Ocean

UCH/FCFM/DGF – 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...?