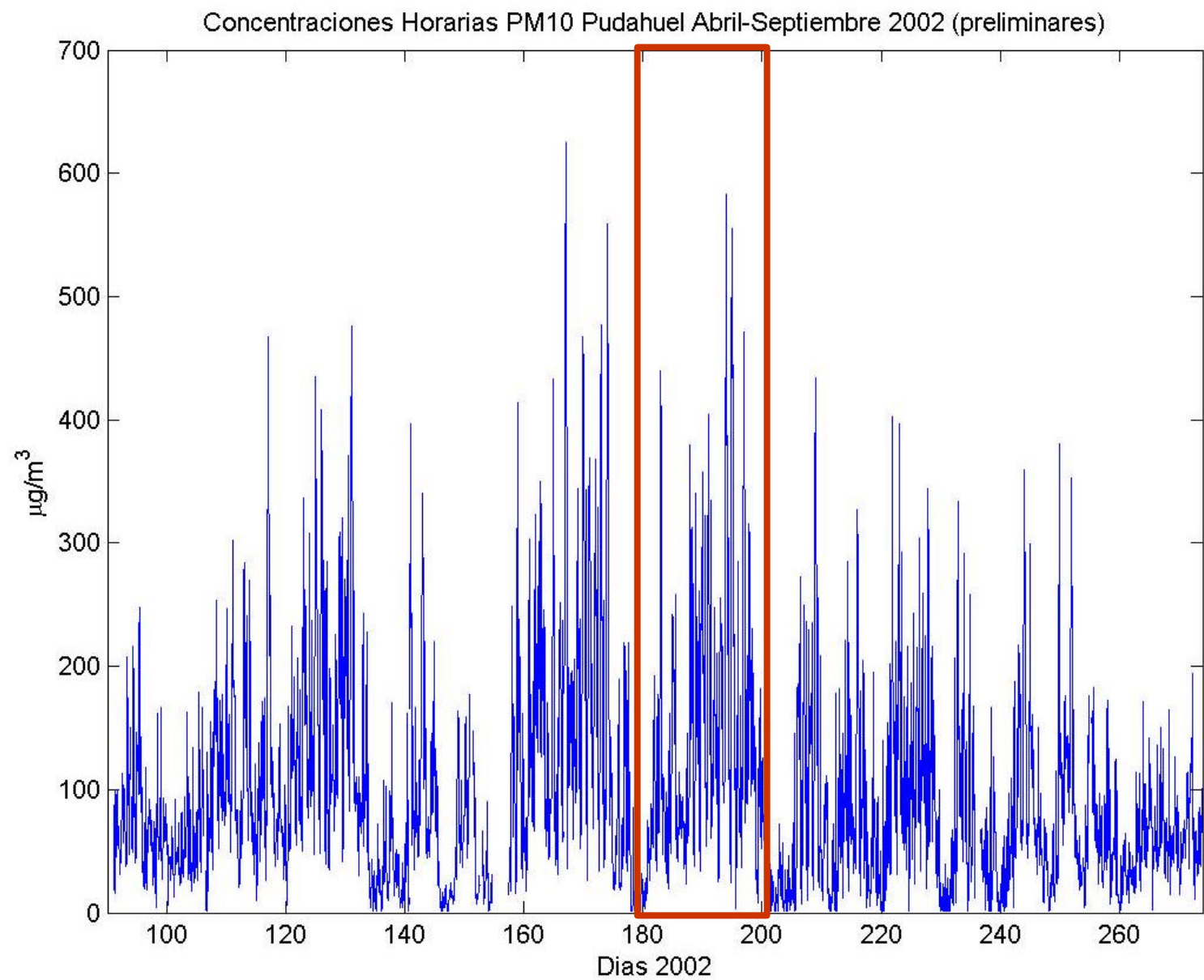
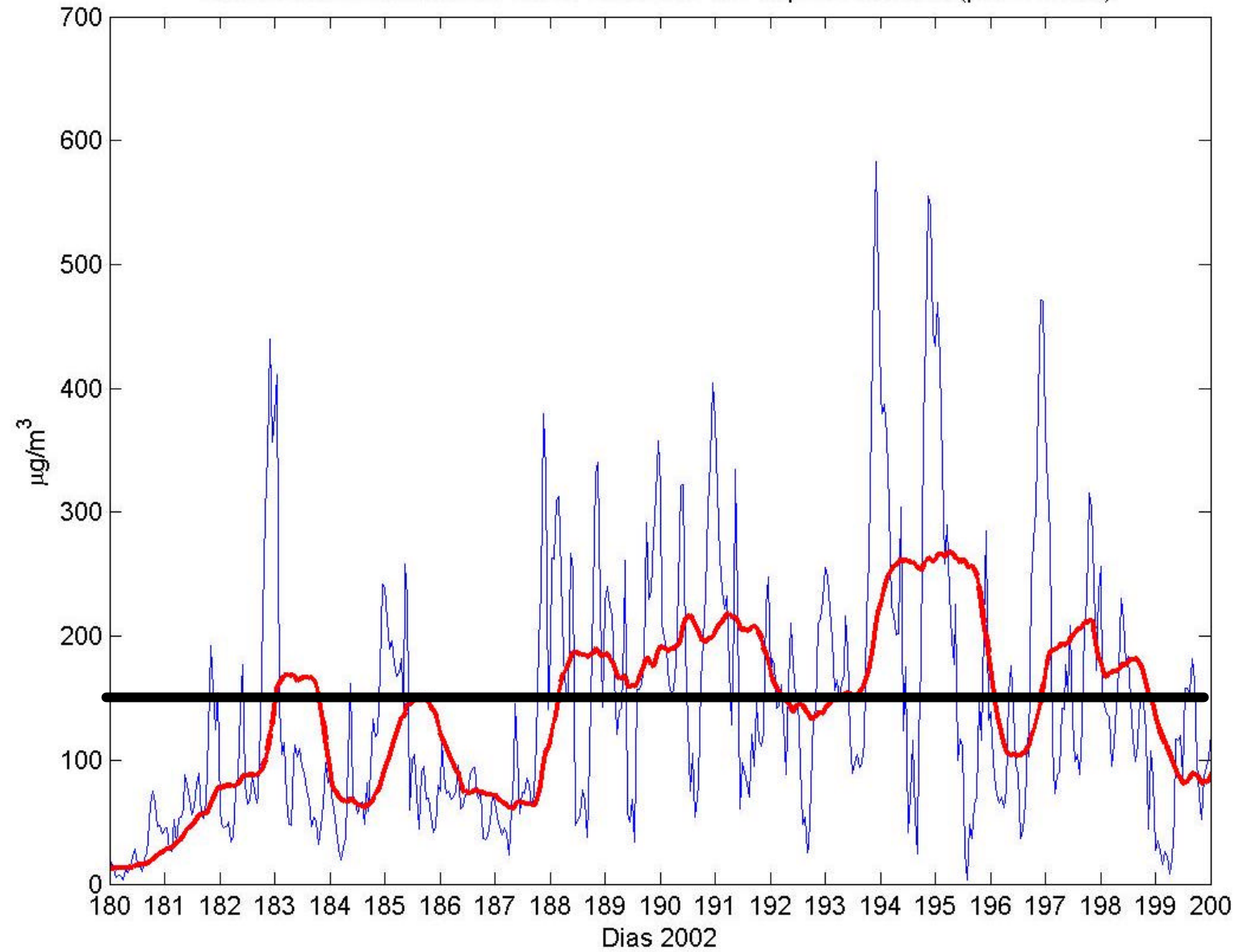


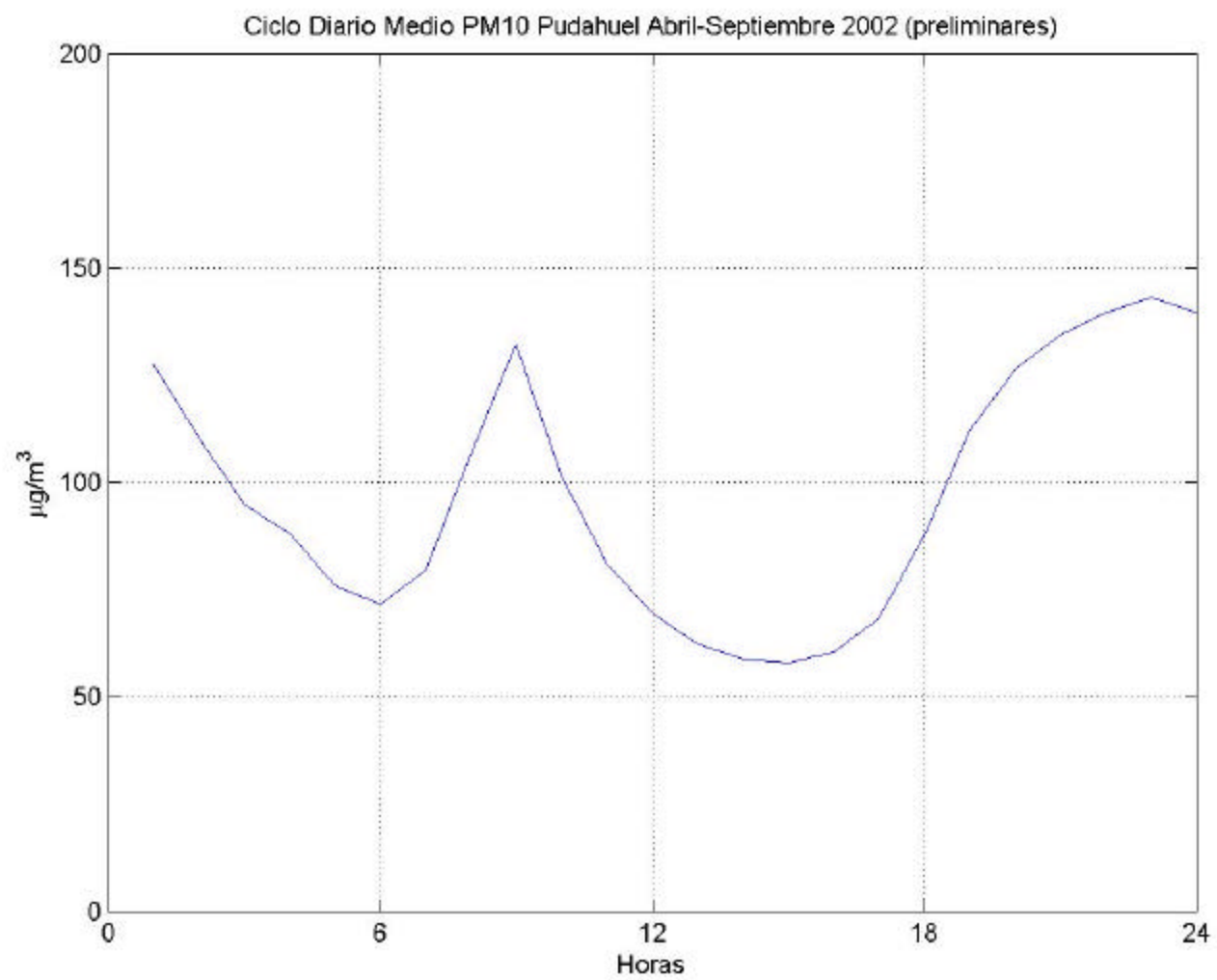
Factores meteorológicos de la contaminación atmosférica

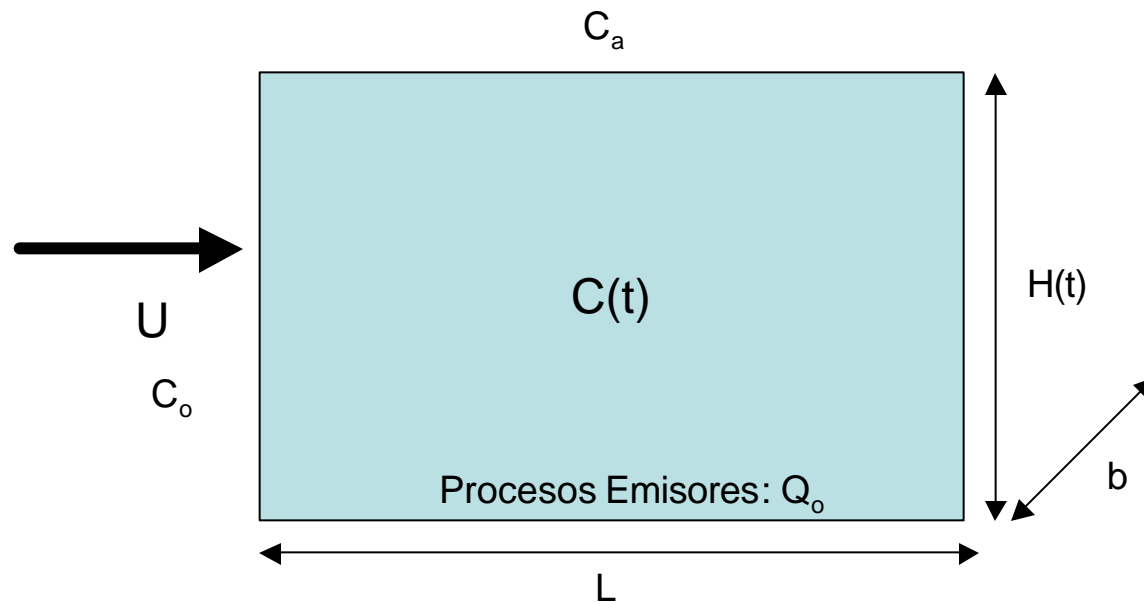
Ricardo Muñoz
Depto. Geofísica



Concentraciones Horarias PM10 Pudahuel Abril-Septiembre 2002 (preliminares)







Masa de contaminante: $M = CLHb$

Balance de Masa:
$$\frac{dM}{dt} = Q_o L b + U b H (C_o - C) + C_a \frac{dH}{dt} L b - \left(\frac{dM}{dt} \right)_{quim.} - \left(\frac{dM}{dt} \right)_{depos.}$$

$$\frac{dC}{dt} = \frac{Q_o}{H} + \frac{U}{L} (C - C_o) + \frac{1}{H} \frac{dH}{dt} (C - C_a) - \left(\frac{dC}{dt} \right)_{quim.} - \left(\frac{dC}{dt} \right)_{depos.}$$

Caso estacionario simple:

$$C^* = C_o + \frac{Q_o L}{UH}$$

Factor de ventilacion: UH

Incluye los dos factores meteorológicos más básicos de la contaminación atmosférica:
transporte y dispersión vertical





Stable (fanning)



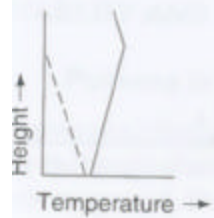
Neutral below, stable above (fumigation)



Unstable (looping)



Neutral (coning)

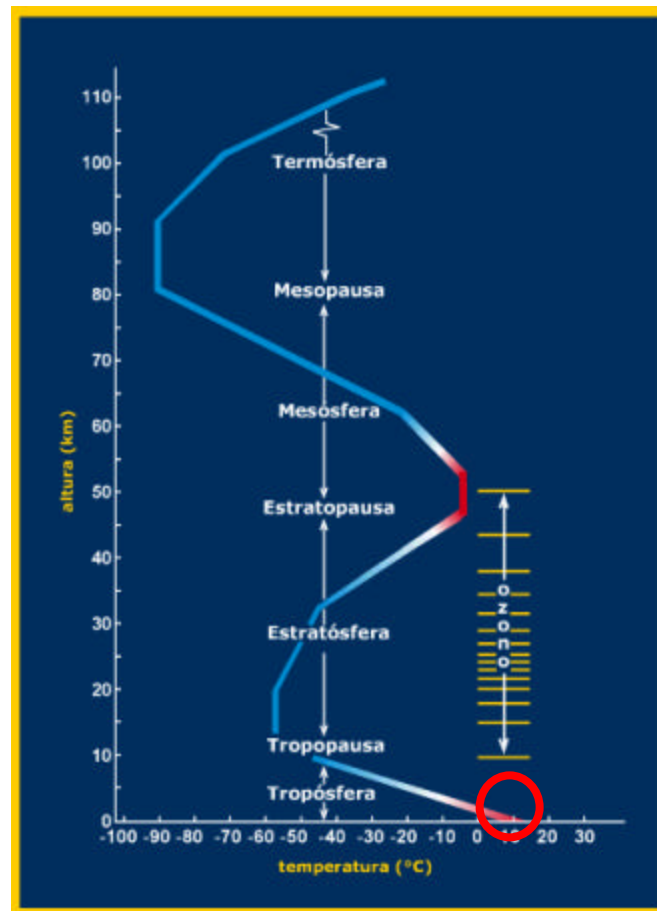


Stable below, neutral aloft (lofting)

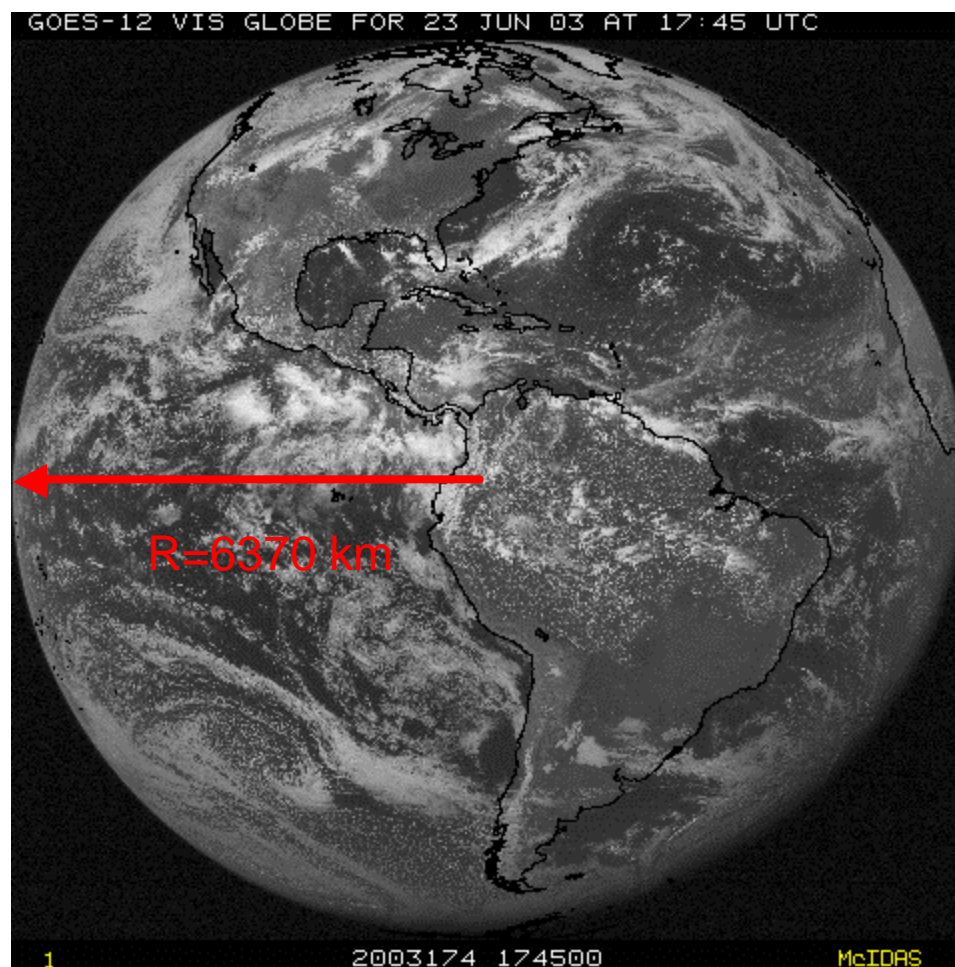
Height ↑

Temperature →

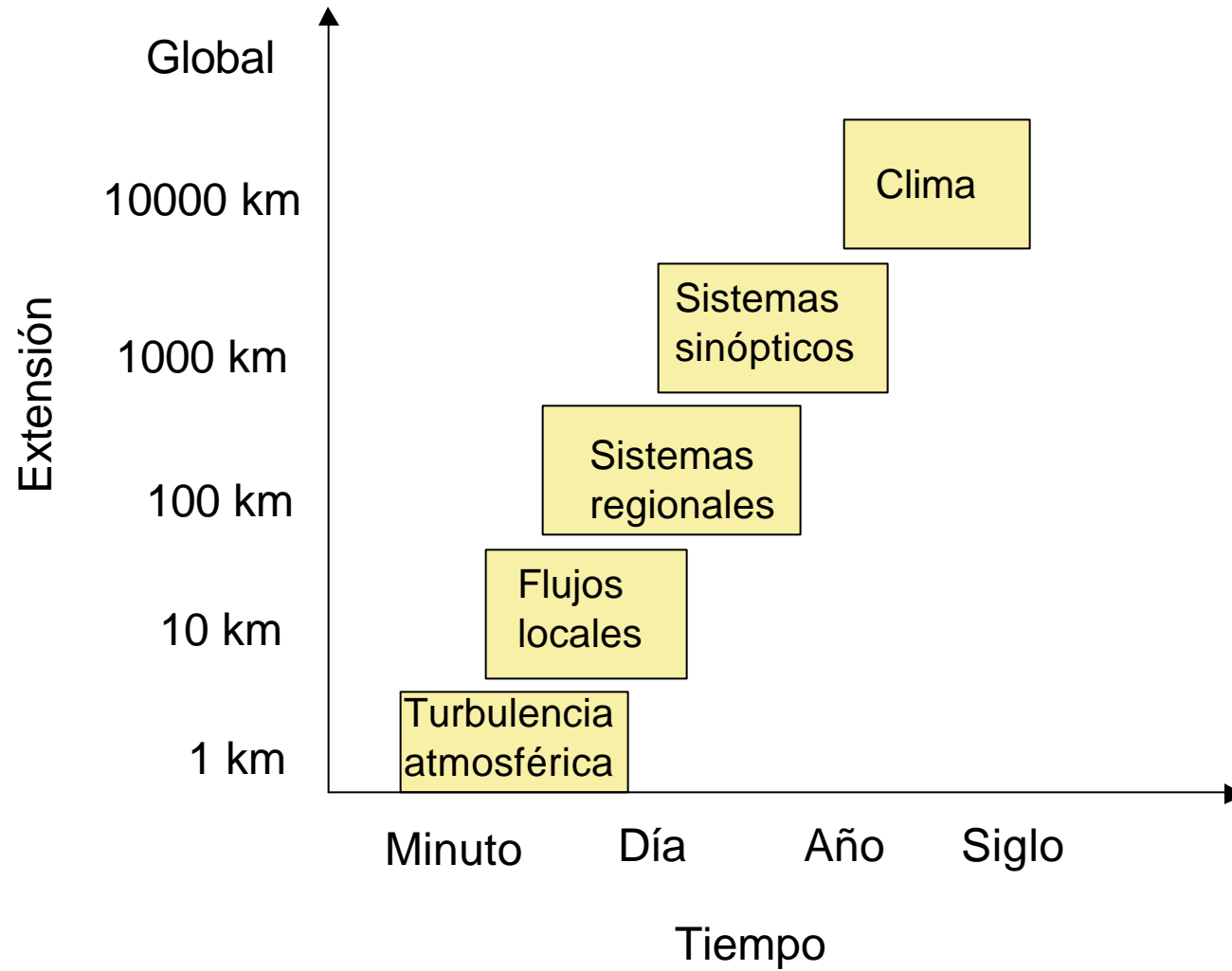
Estructura vertical de la atmósfera



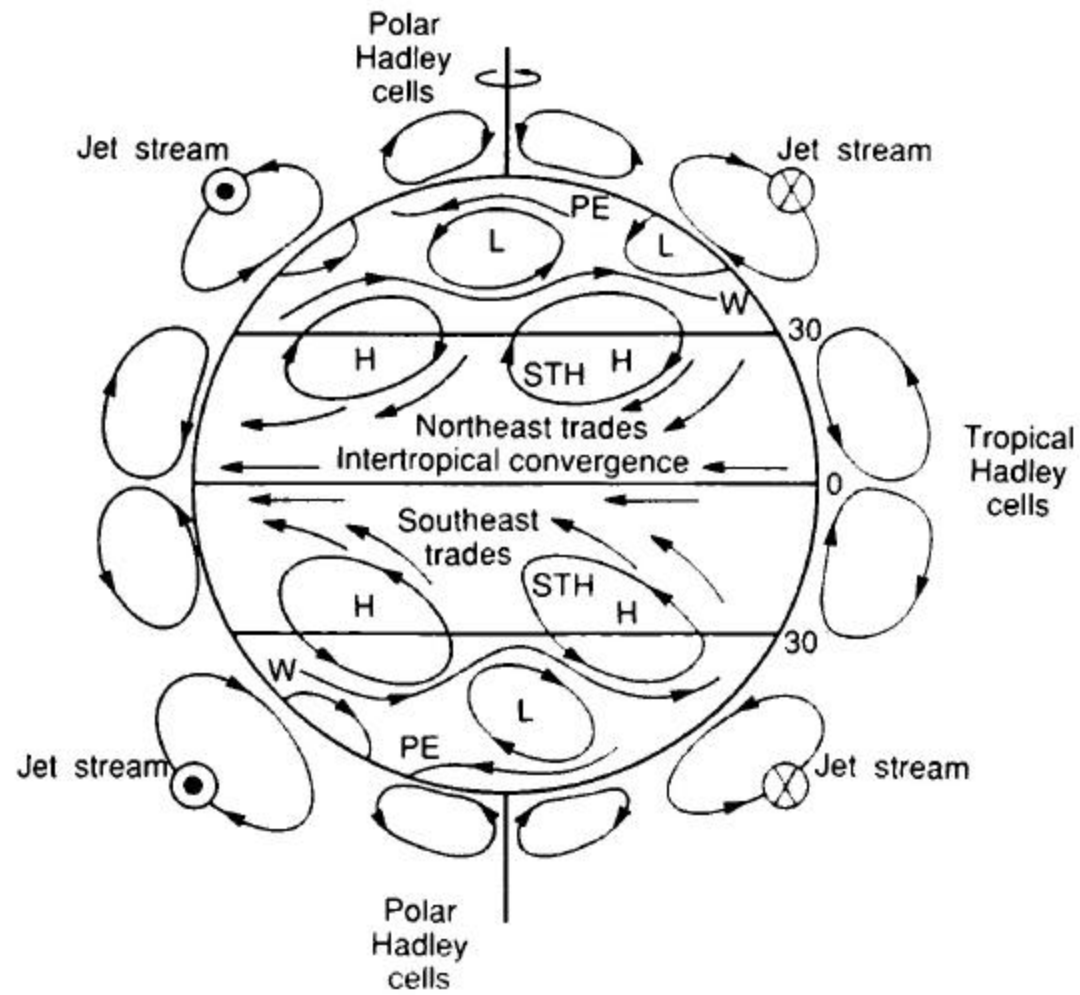
(de www.atmosfera.cl)



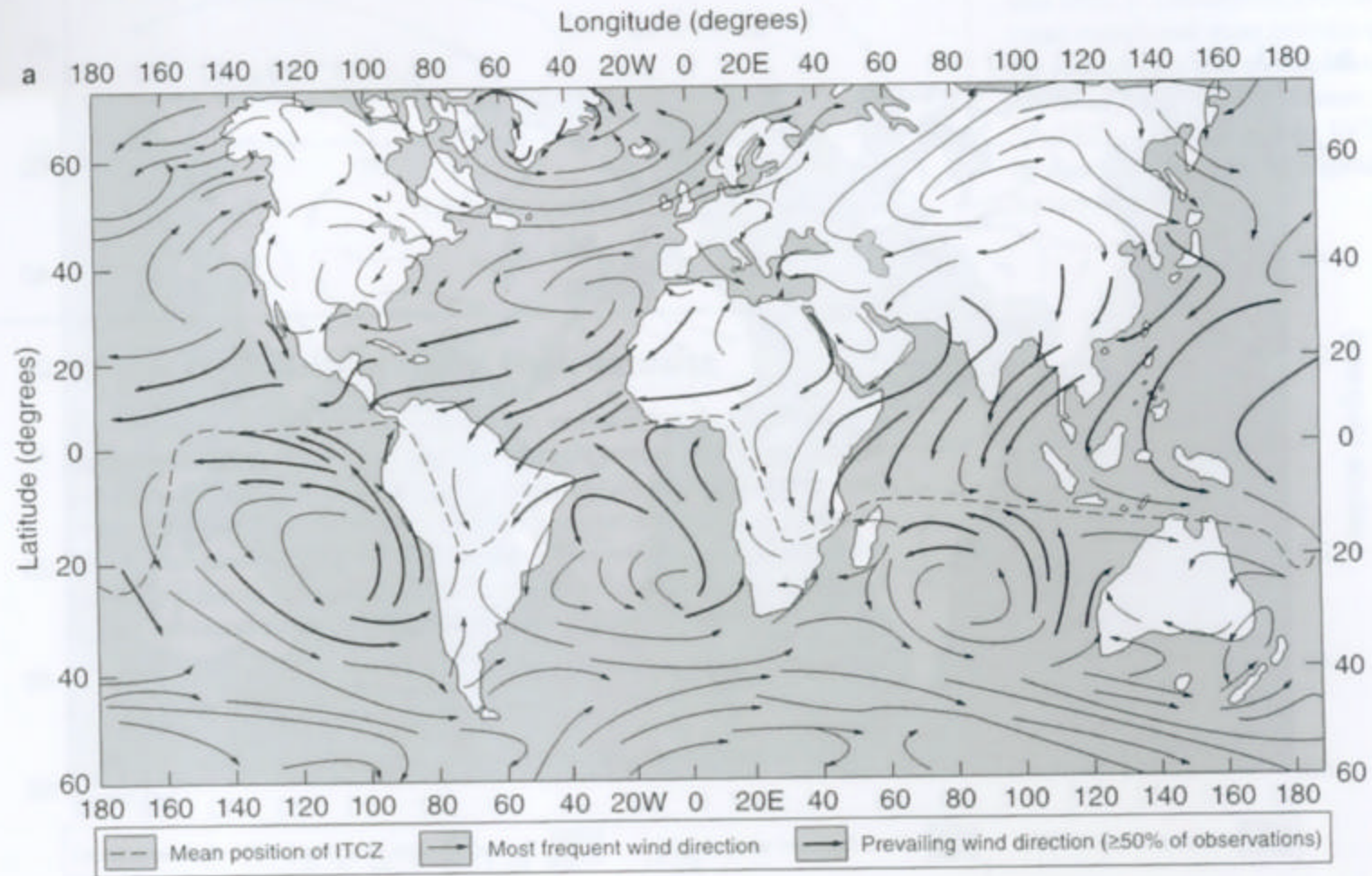
Escalas de Sistemas Meteorológicos



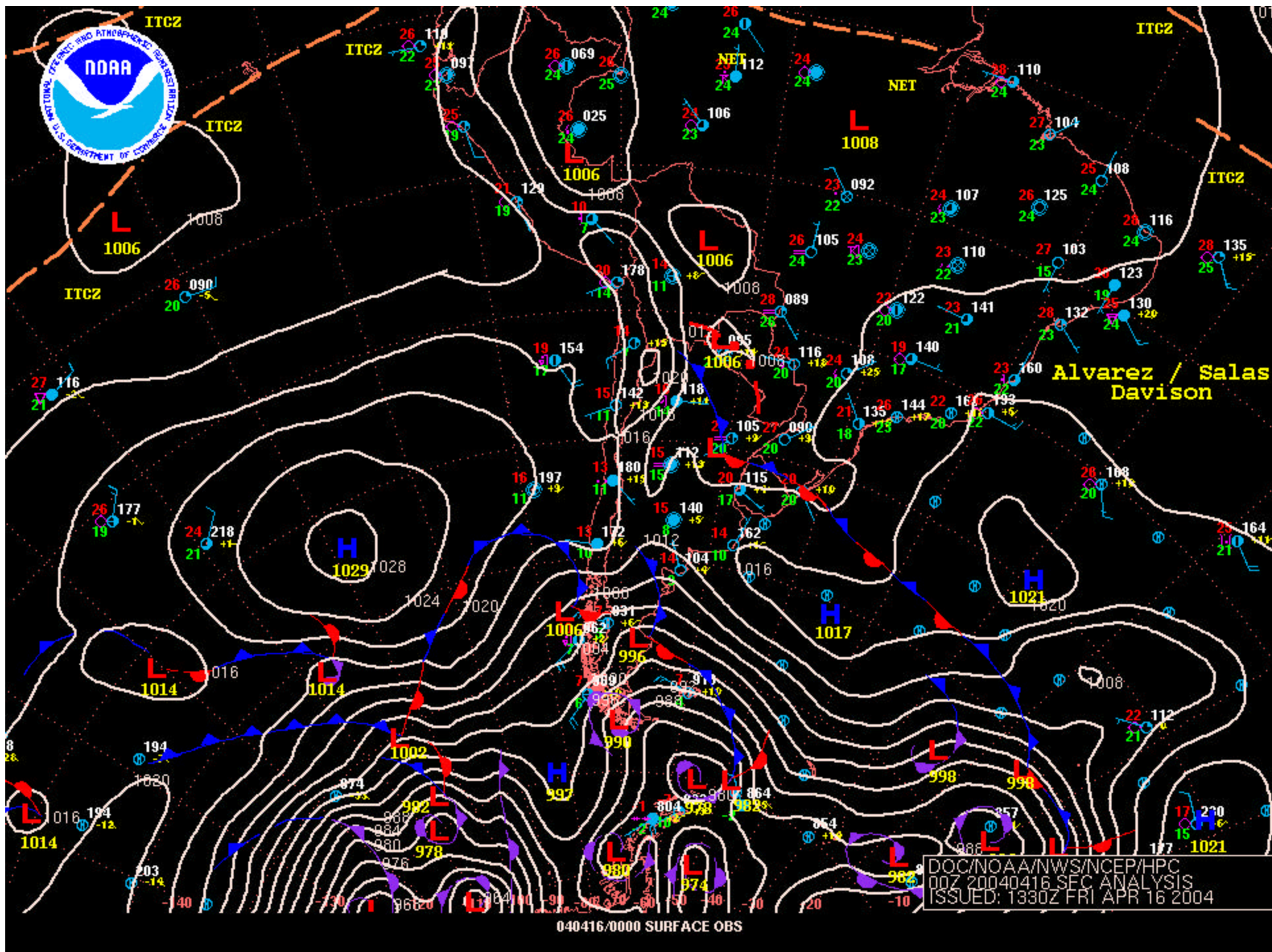
Esquema circulación general de la atmósfera



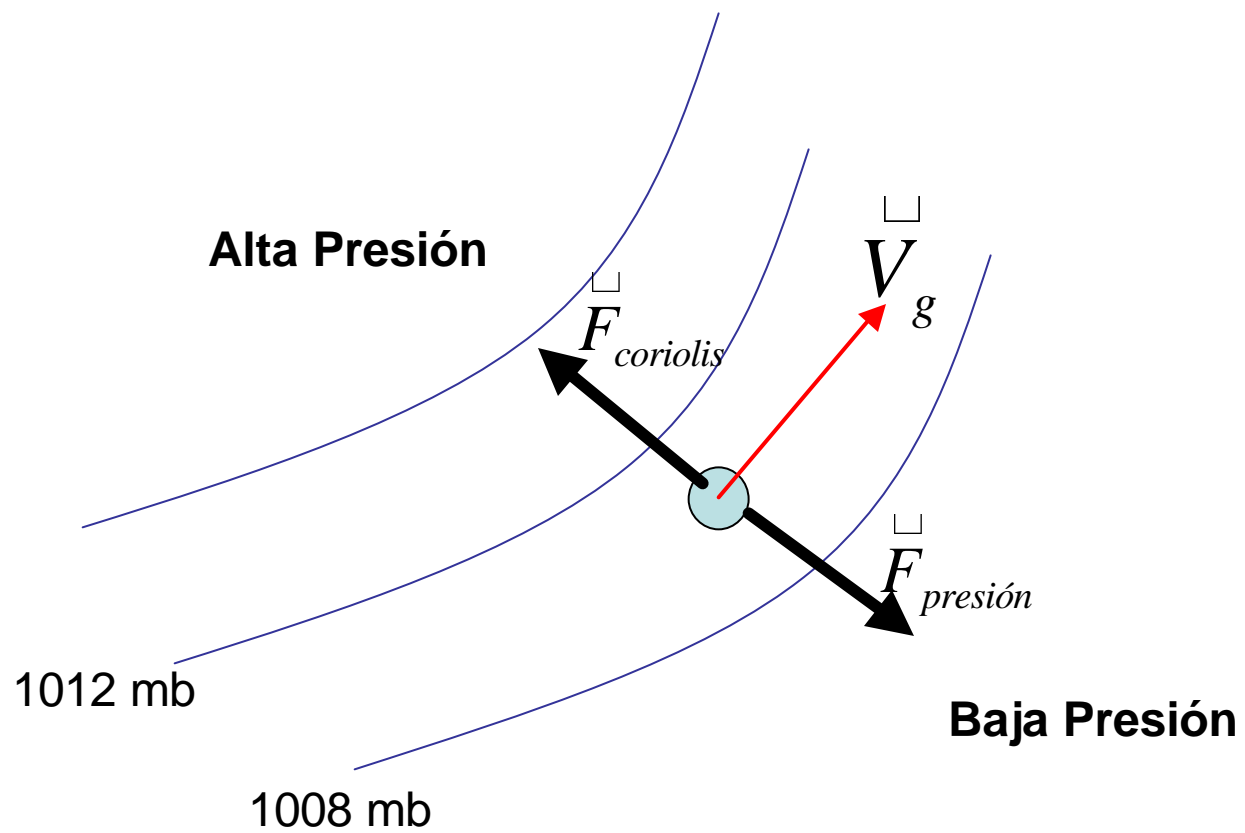
Flujos superficiales de Enero



Graedel & Crutzen, 1992

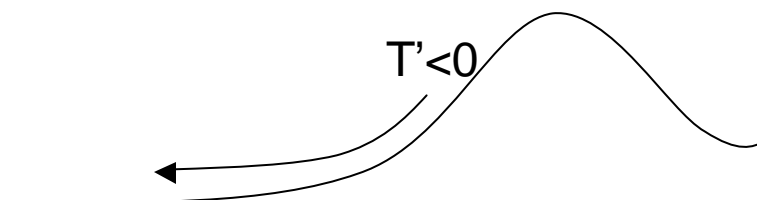
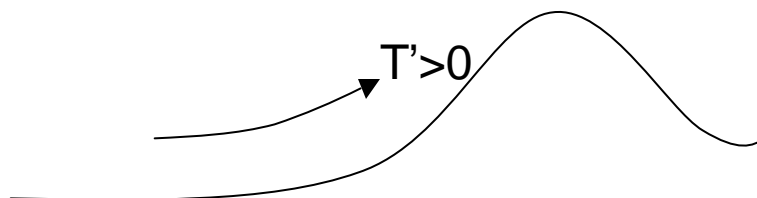
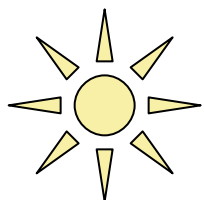


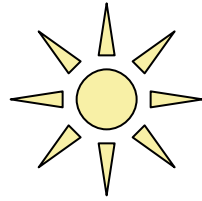
Esquema viento geostrófico Hemisferio Sur



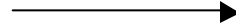
Vientos locales

Brisas de valle y montaña

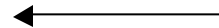




Brisas de mar y tierra



$T' > 0$



$T' < 0$



Dispersión vertical

... los movimientos verticales dependen de la distribución de densidad (empuje y ley de Arquímedes)

... y la distribución de densidad se relaciona con el **perfil vertical de temperatura**

Ecuación hidrostática

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g$$

P: presión atmosférica (Pa)

ρ : densidad del aire (kg/m³)

$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$: volumen específico del aire (m³/kg)

$$\frac{dP}{dz} = -\frac{g}{v}$$

Ecuación de Gases

$$PV = nRT$$

$$PV = nM \frac{R}{M} T = m R_a T$$

$$Pv = R_a T$$

P: presión atmosférica (Pa)

v : volumen específico del aire (m³/kg)

T: Temperatura (K)

R_a: Constante de gases para el aire (287 J/kg/K)

Ecuación de conservación de energía termodinámica:

$$dU = \delta Q - \delta W$$

$$c_v dT = \delta Q - P dv$$

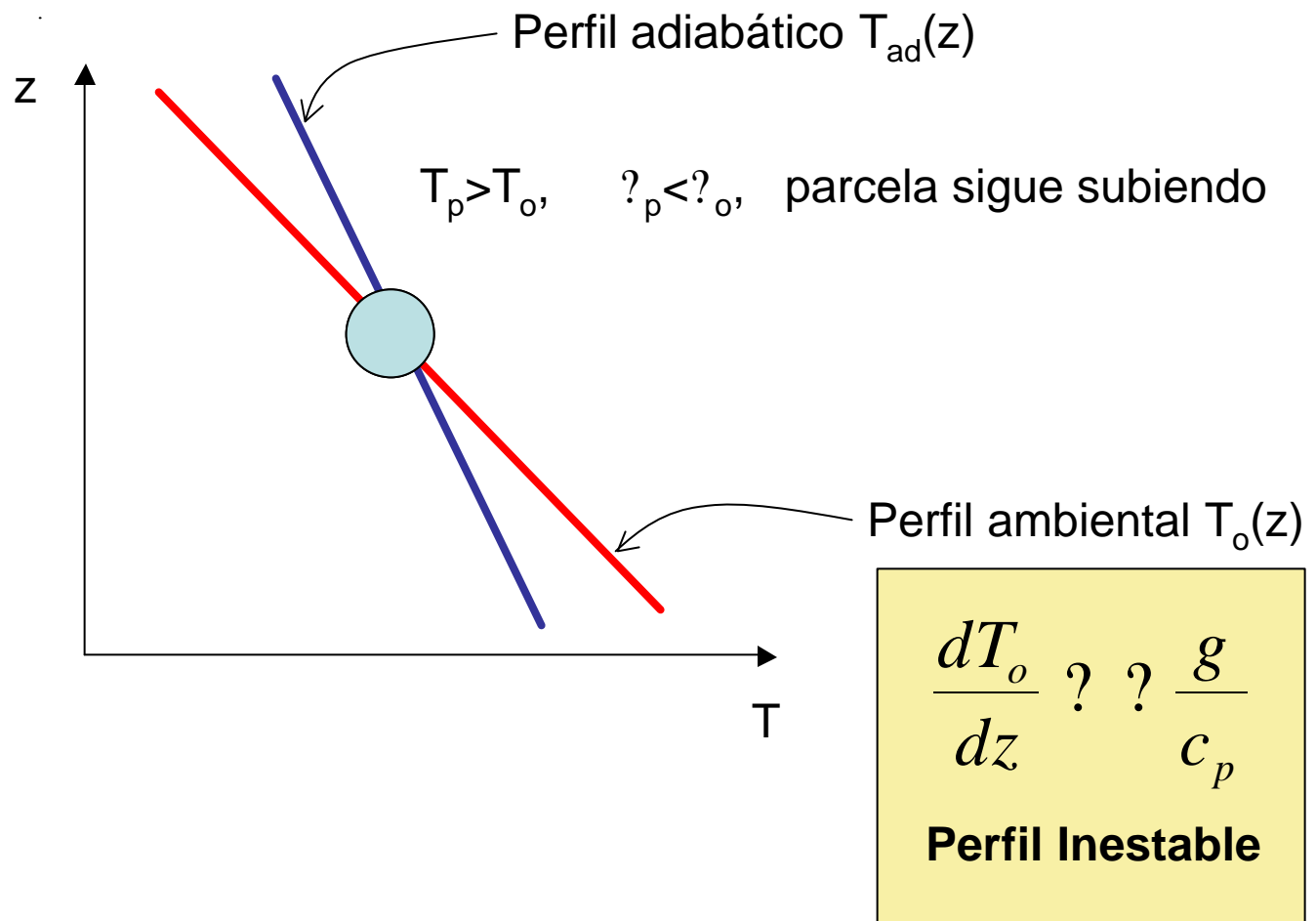
Caso adiabático: $\delta Q = 0$

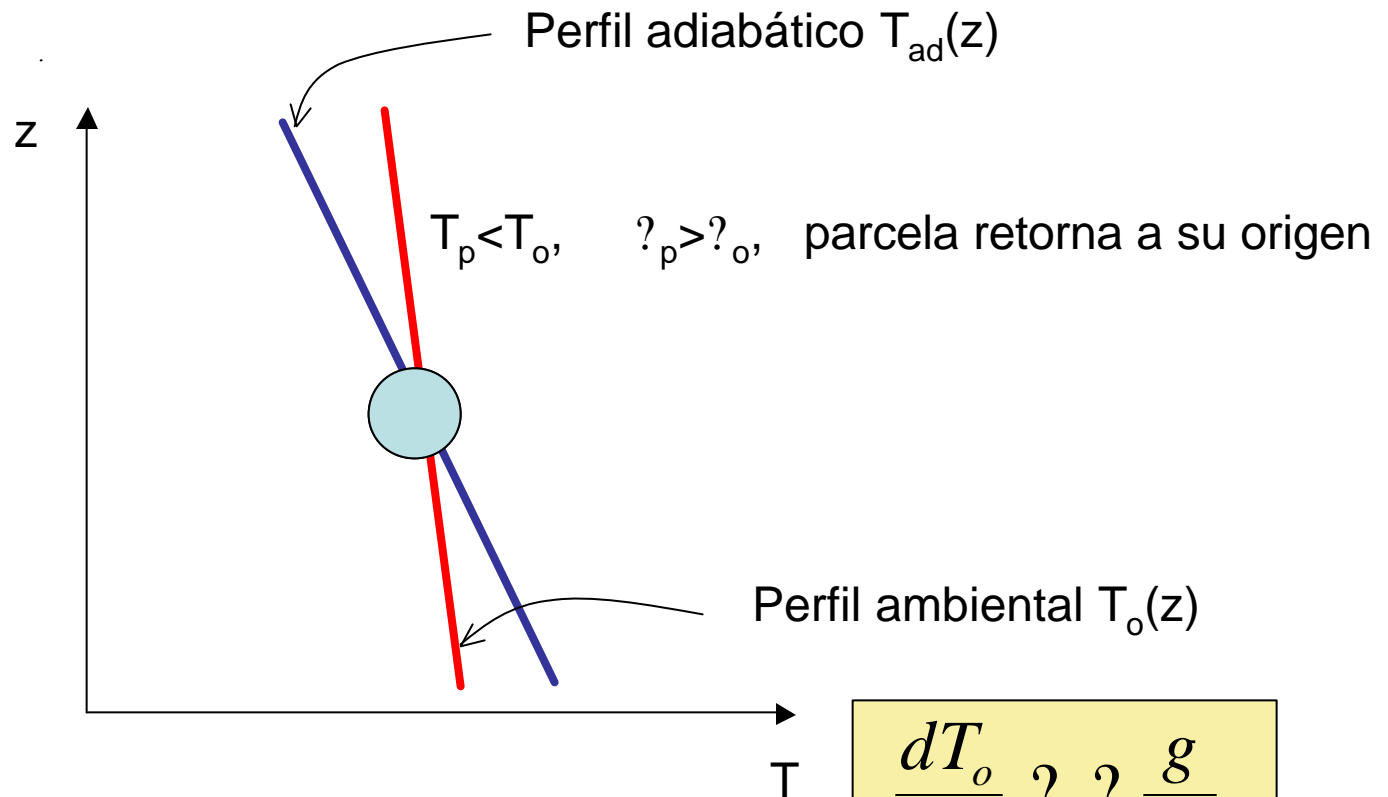
$$c_v dT = -P dv = -d(Pv) + v dP = -R_a dT + v dP$$

$$(c_v + R_a) dT = v dP$$

$$c_p \frac{dT}{dz} = v \frac{dP}{dz} = -g$$

$$\frac{dT}{dz} \Big|_{adiabático} = - \frac{g}{c_p} = -0.010 \text{ K/m}$$





$$\frac{dT_o}{dz} > \frac{g}{c_p}$$

Perfil estable

Criterio de estabilidad térmica

Condición inestable:

$$\frac{dT_o}{dz} > \frac{g}{c_p}$$

Condición estable

$$\frac{dT_o}{dz} < \frac{g}{c_p}$$

Gradiente típico de tropósfera libre

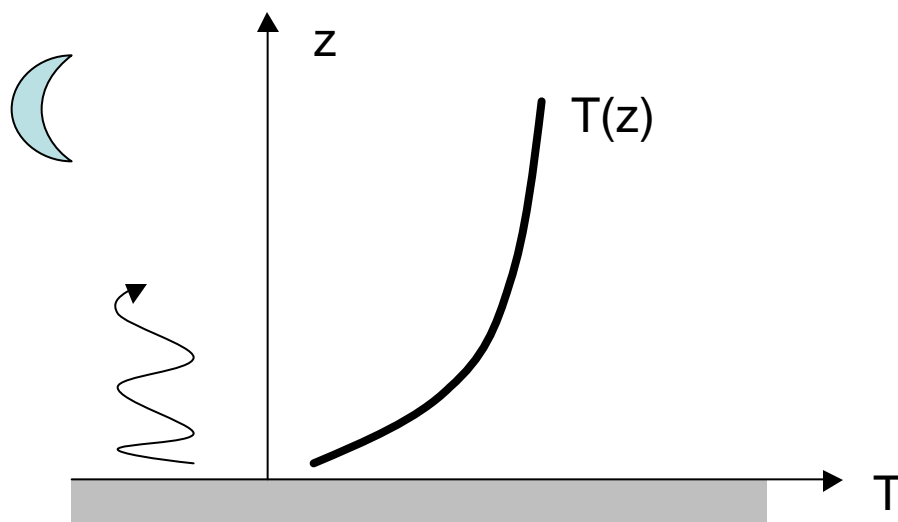
$$\frac{dT_o}{dz} \approx -0.006 \text{ K/m}$$

Caso particular de condición estable:

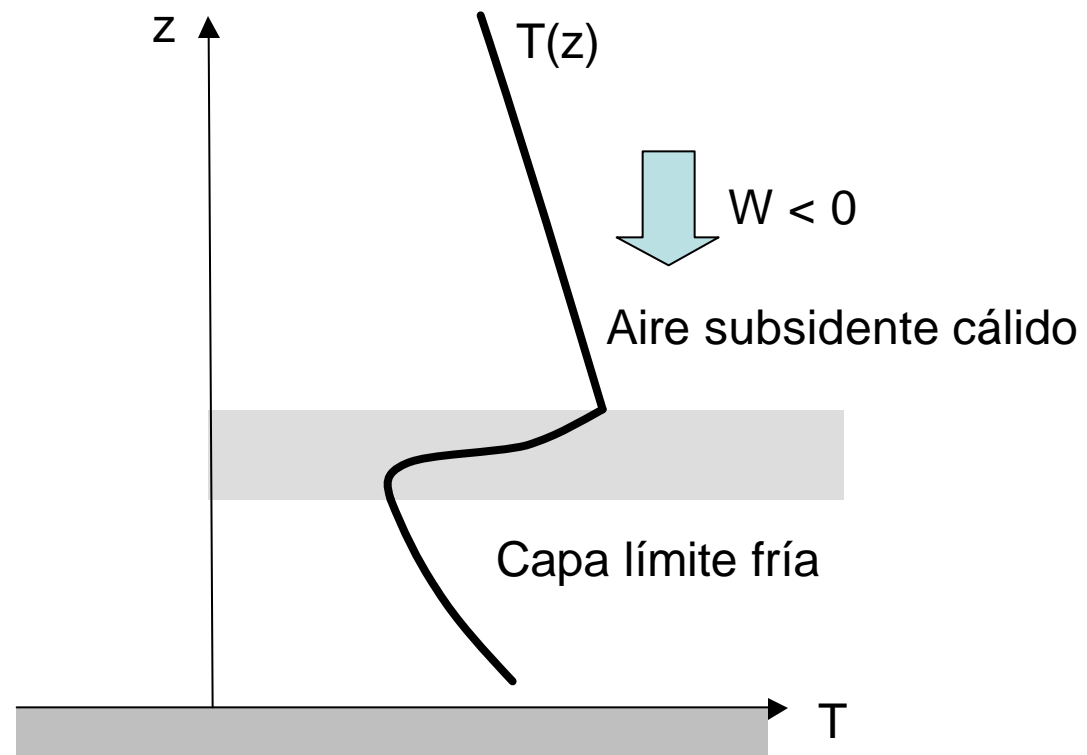
$$\frac{dT_o}{dz} > 0 \quad \text{Inversión térmica}$$

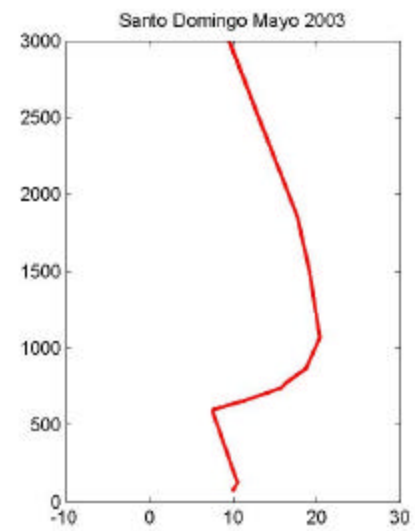
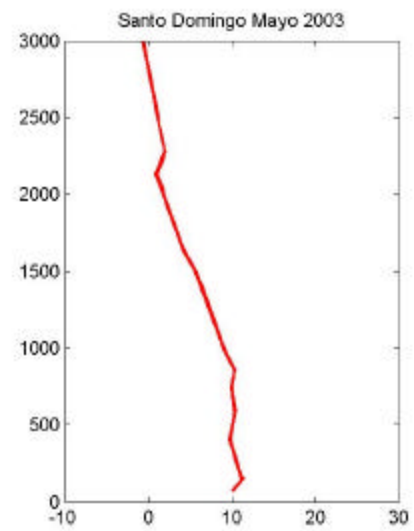
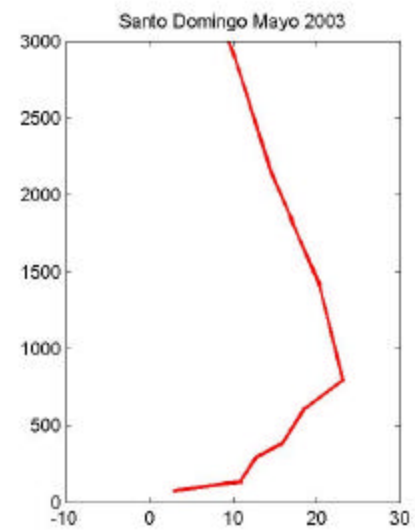
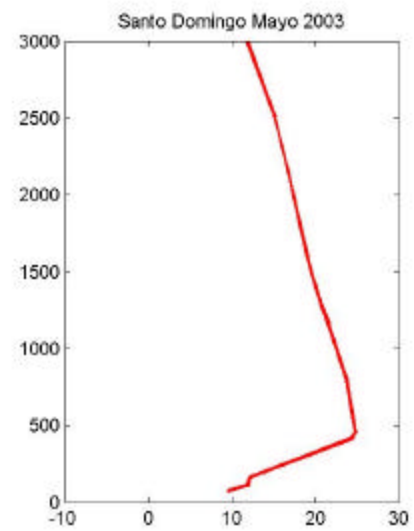
Inversiones térmicas

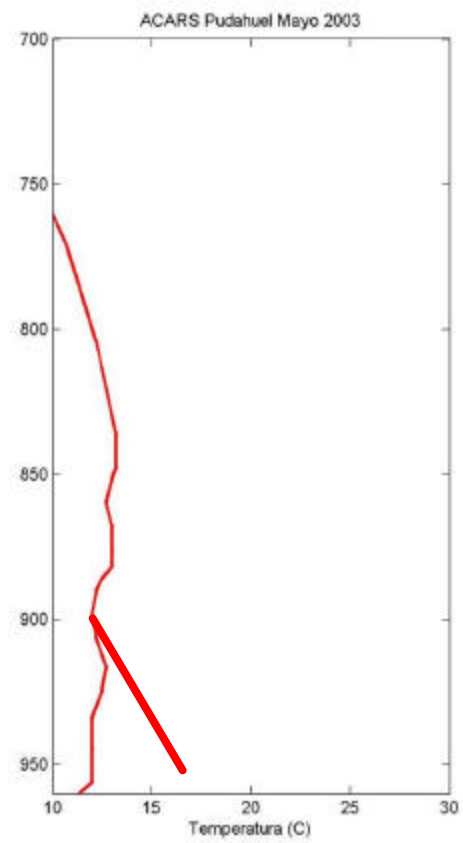
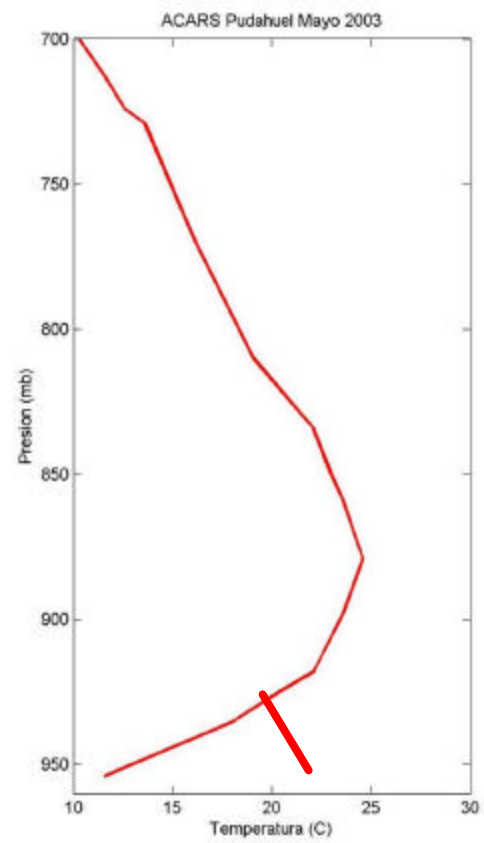
Inversión radiativa

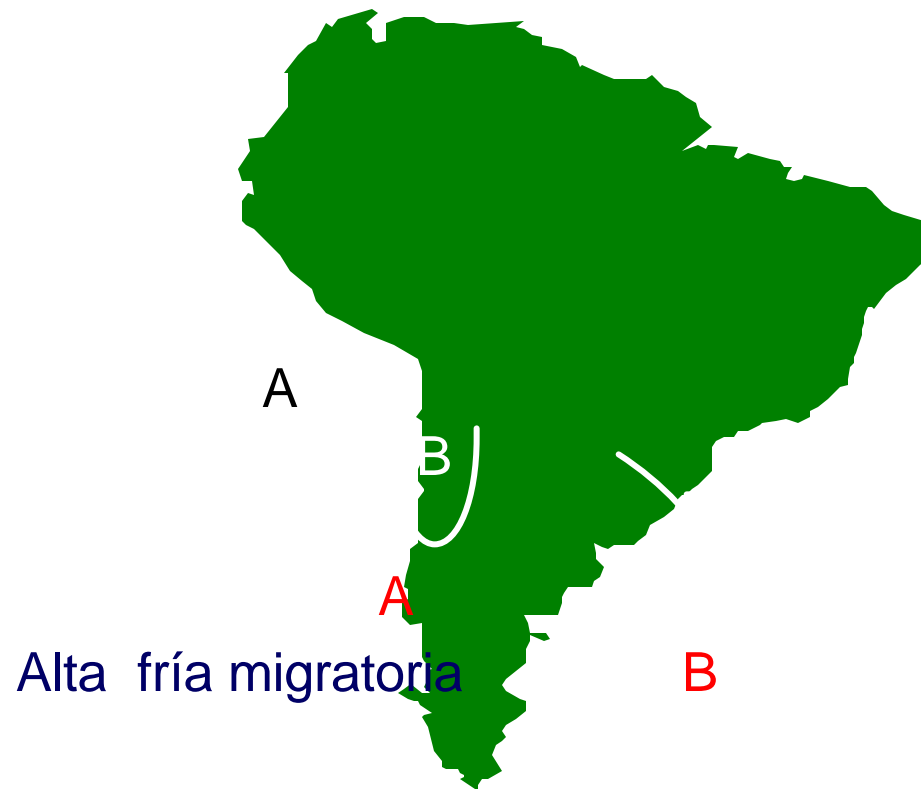


Inversión de subsidencia

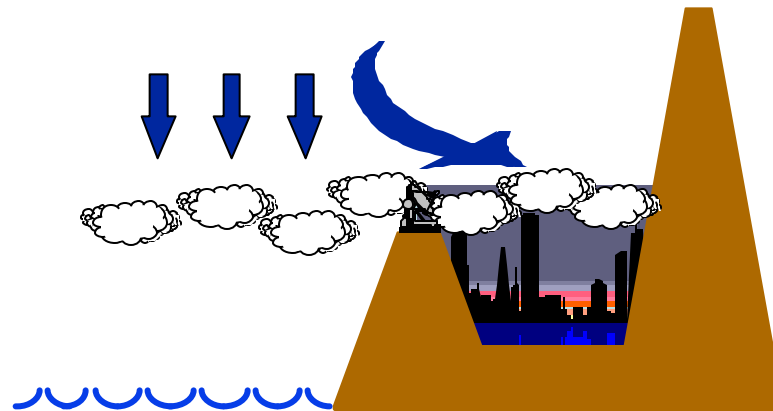
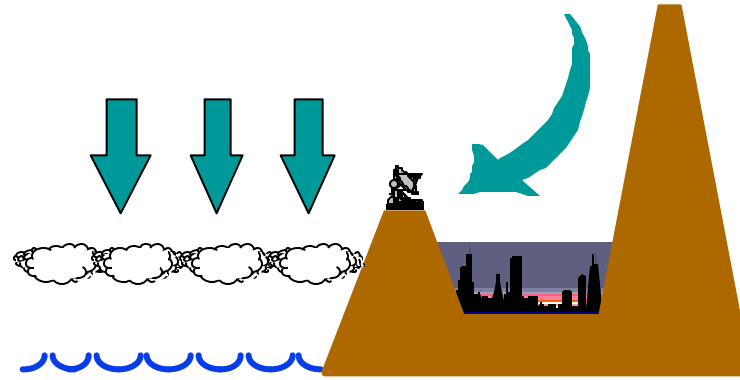








Adaptado de www.conama.cl



De www.conama.cl

Otros factores:

- **Vientos muy débiles** asociados a gradientes horizontales de presión pequeños (**estancamiento**)
- Gran **enfriamiento radiativo** nocturno asociado a cielos despejados y aire muy seco
- **Recirculación** de masa de aire dentro de la cuenca asociada a sistemas de brisa de valle