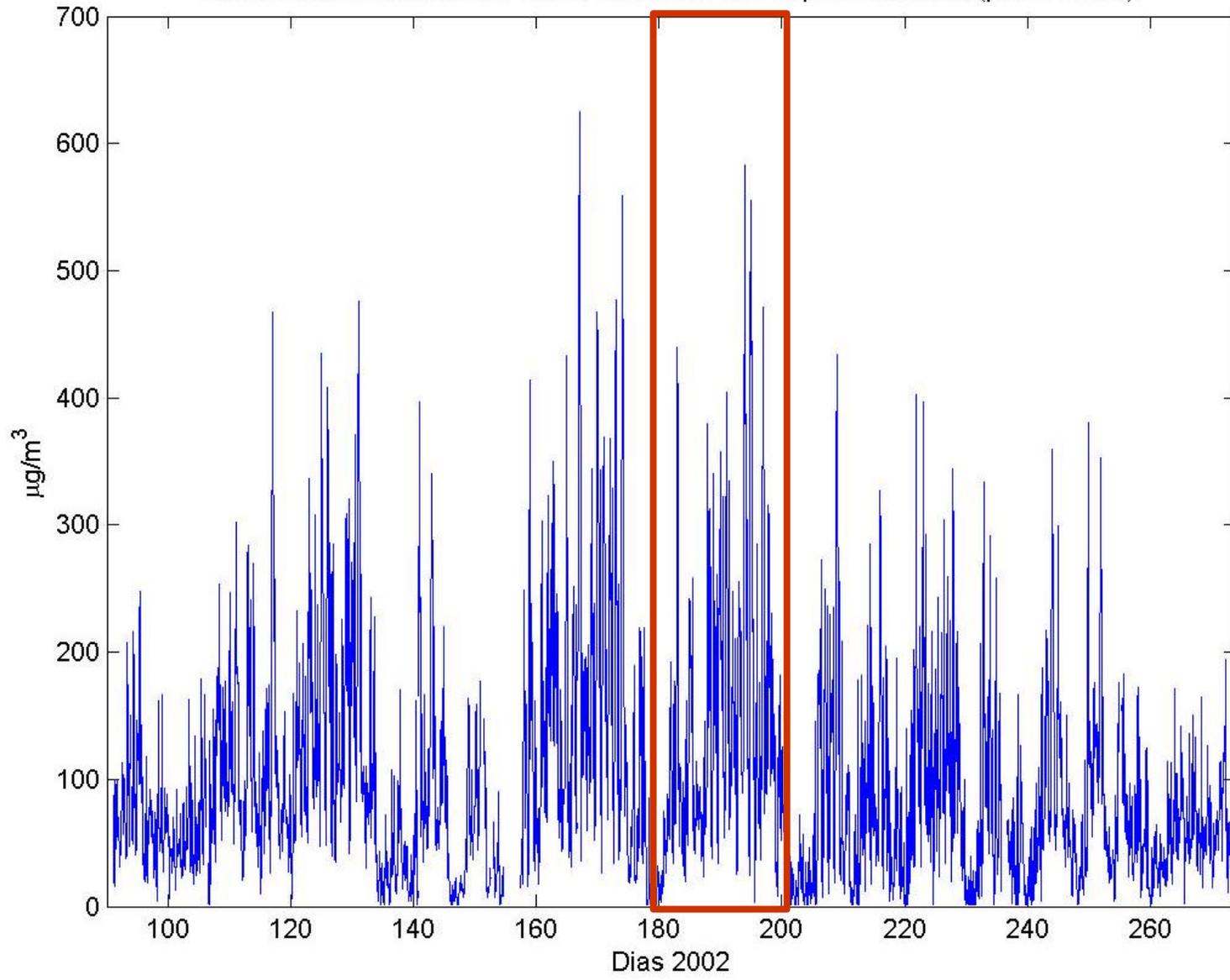


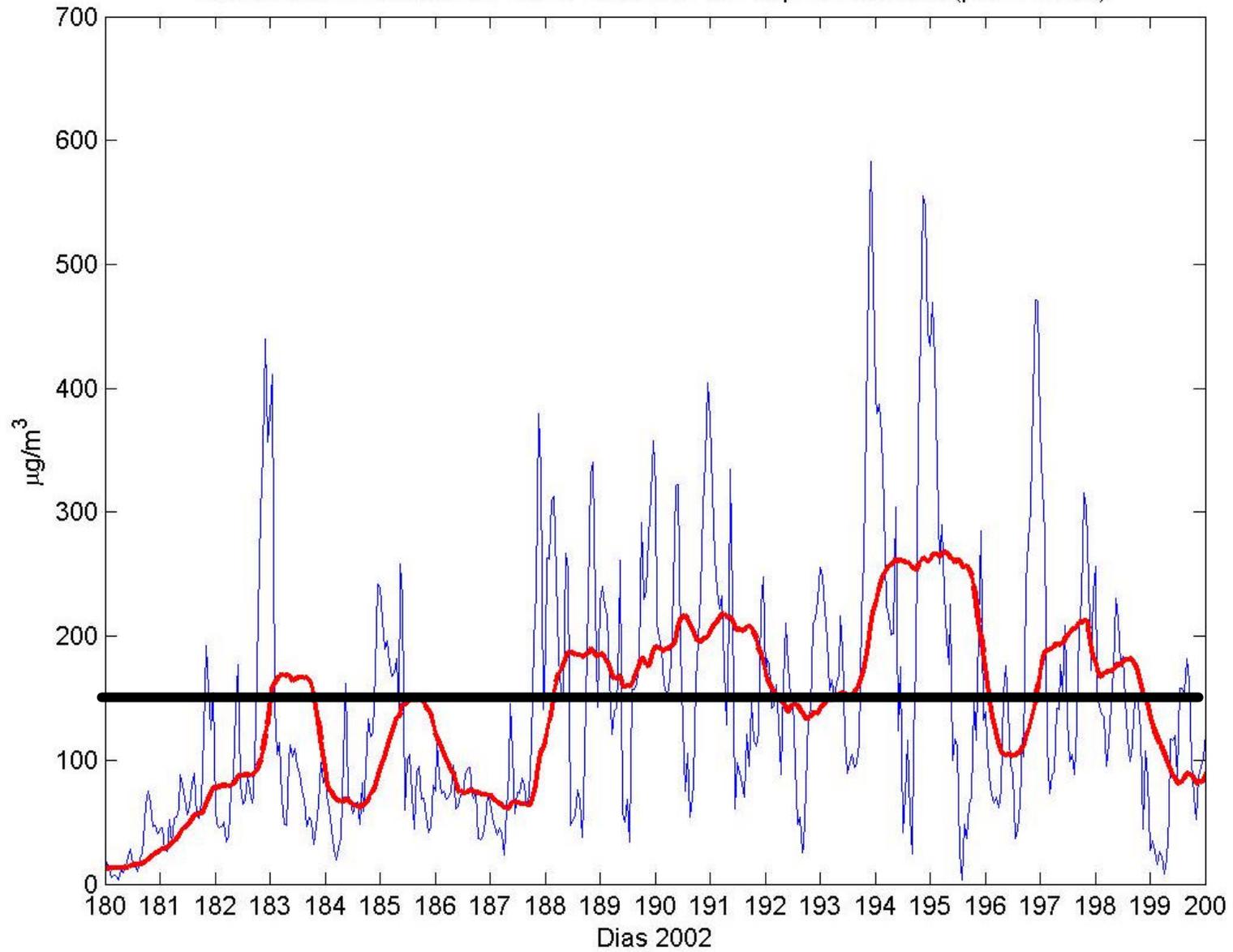
Factores meteorológicos de la contaminación atmosférica

Ricardo Muñoz
Depto. Geofísica

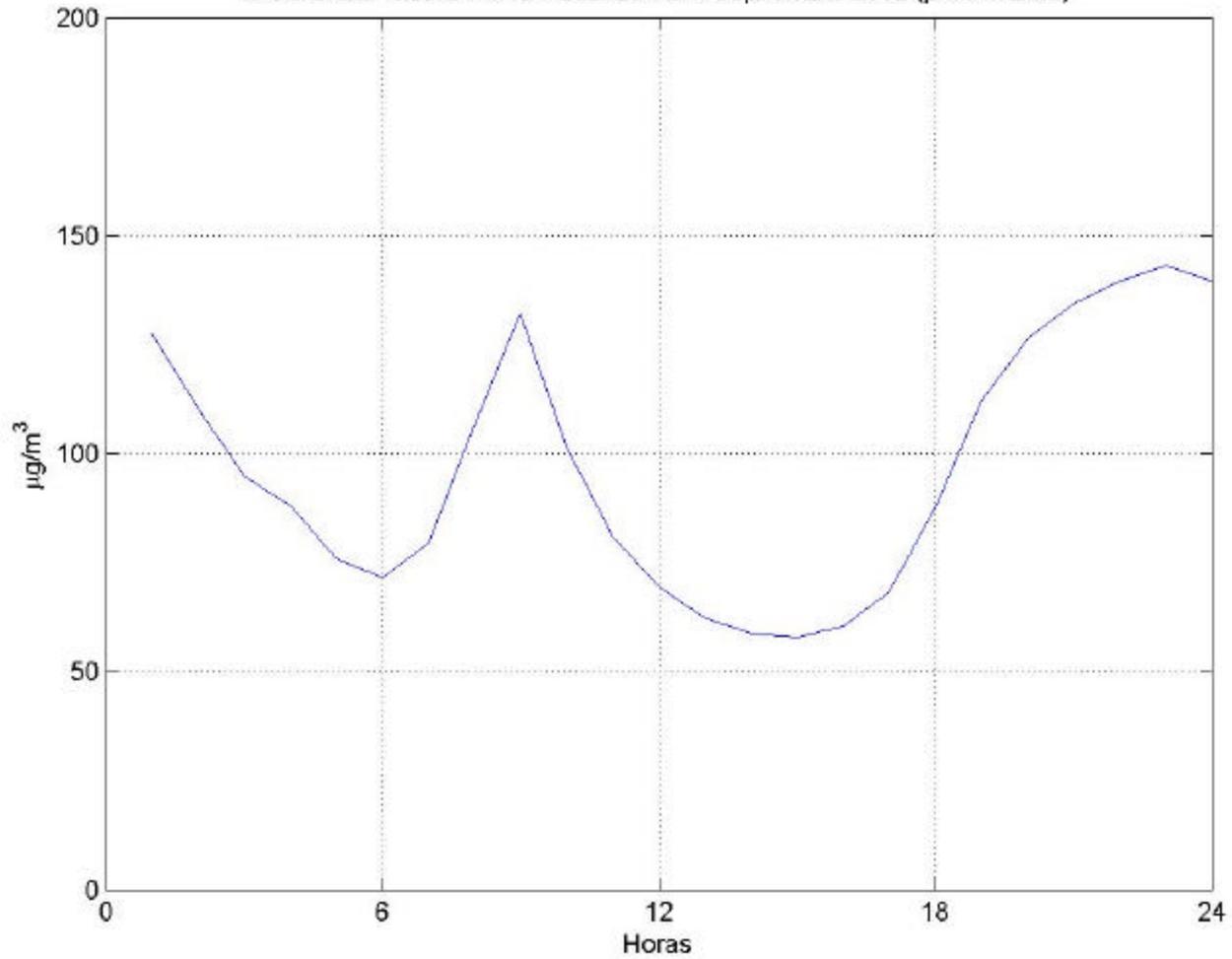
Concentraciones Horarias PM10 Pudahuel Abril-Septiembre 2002 (preliminares)

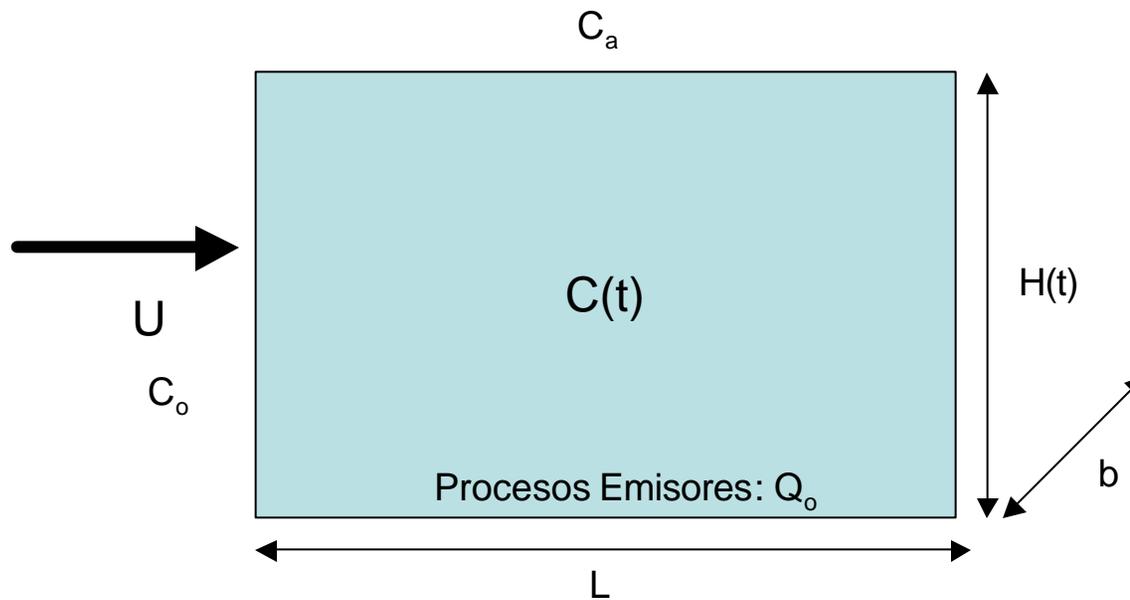


Concentraciones Horarias PM10 Pudahuel Abril-Septiembre 2002 (preliminares)



Ciclo Diario Medio PM10 Pudahuel Abril-Septiembre 2002 (preliminares)





Masa de contaminante: $M = CLHb$

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

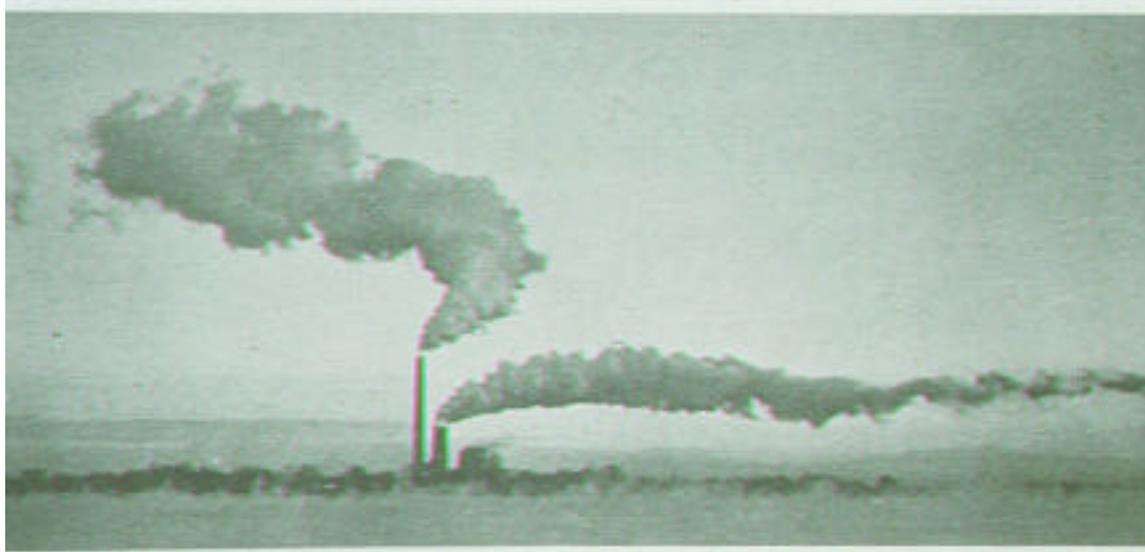
$\frac{dC}{dt} = \frac{Q_o}{H} - \frac{U}{L} (C - C_o) - \frac{1}{H} \frac{dH}{dt} (C - C_a) = \frac{dC}{dt}_{quim.} - \frac{dC}{dt}_{depos.}$

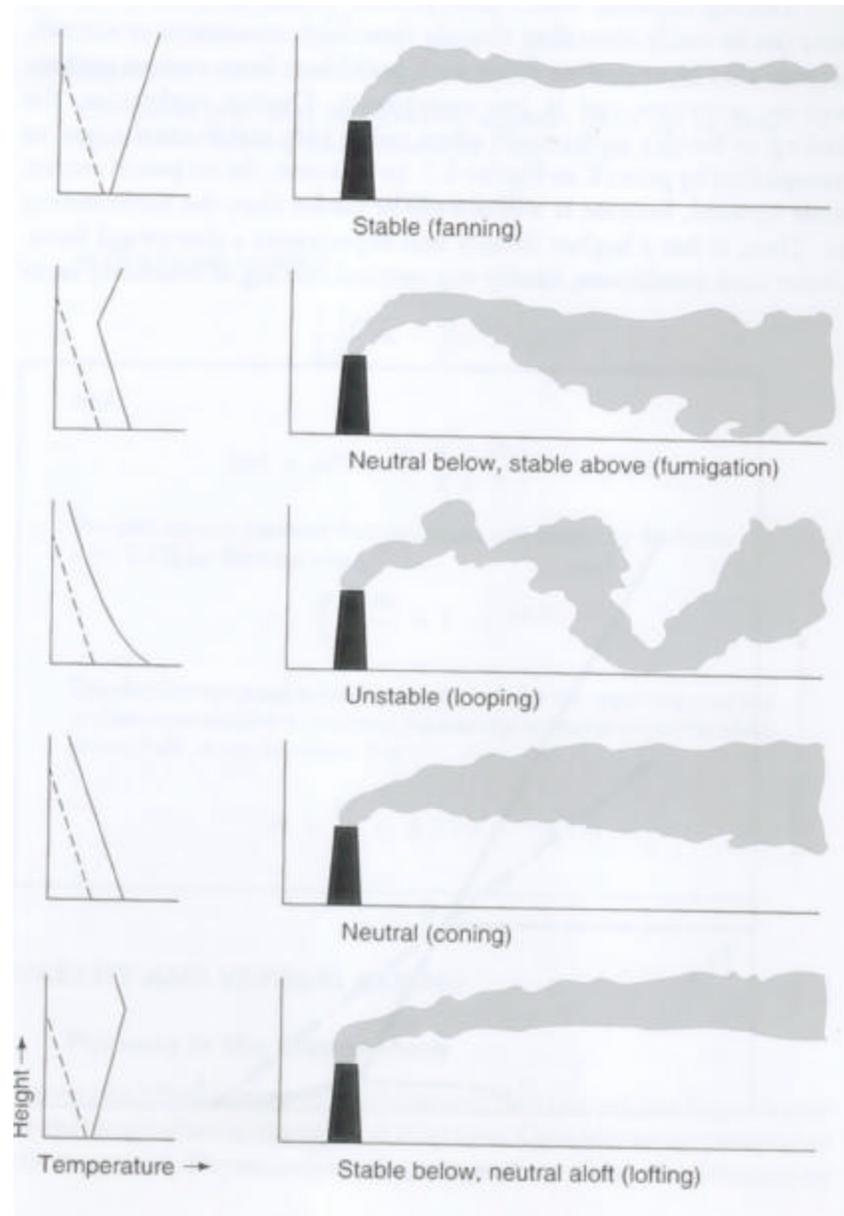
Caso estacionario simple:

$$C^* = C_0 + \frac{Q_0 L}{UH}$$

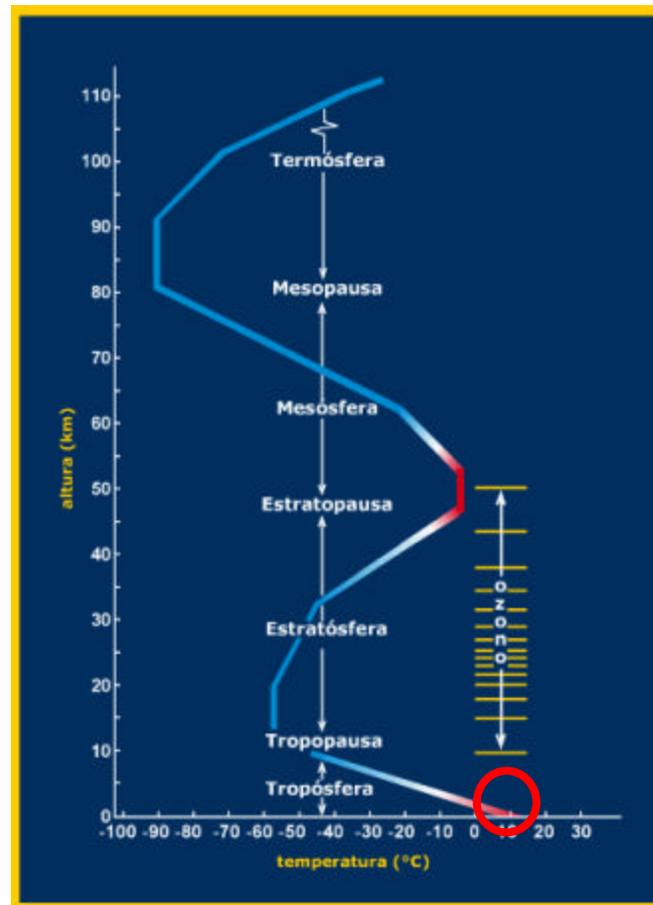
Factor de ventilacion: UH

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



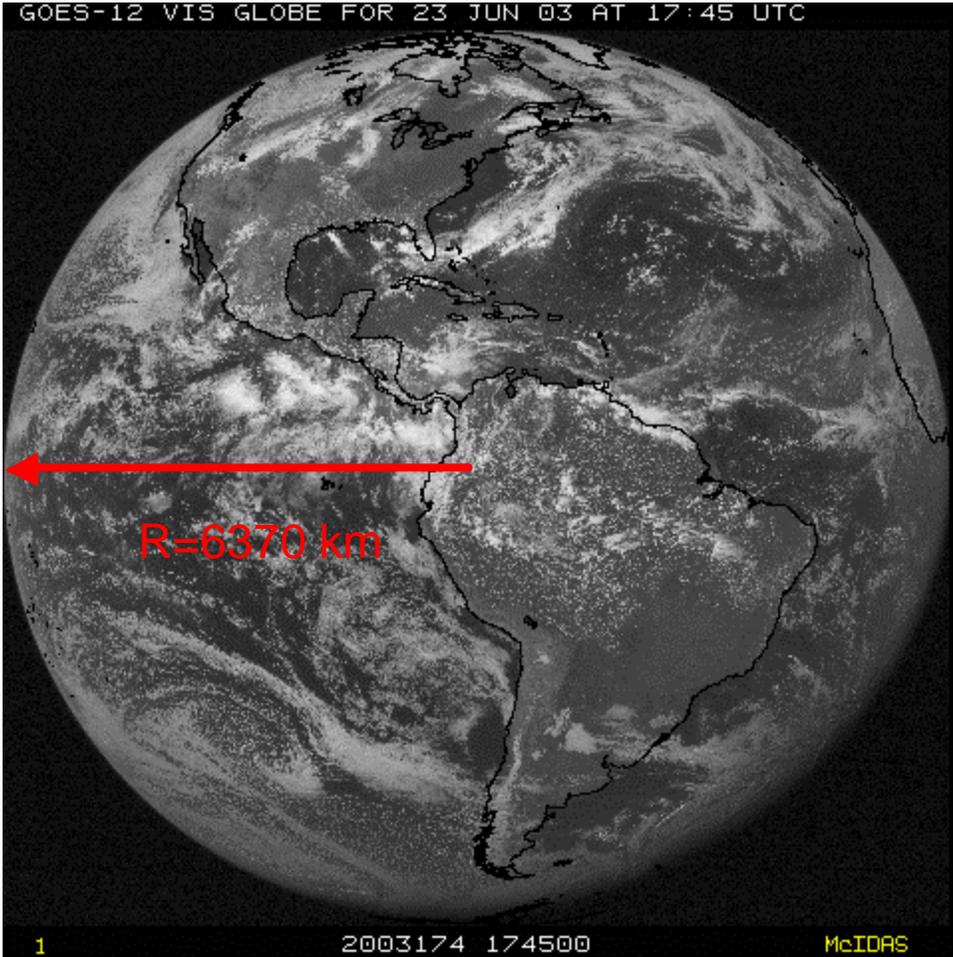


Estructura vertical de la atmósfera



(de www.atmosfera.cl)

GOES-12 VIS GLOBE FOR 23 JUN 03 AT 17:45 UTC

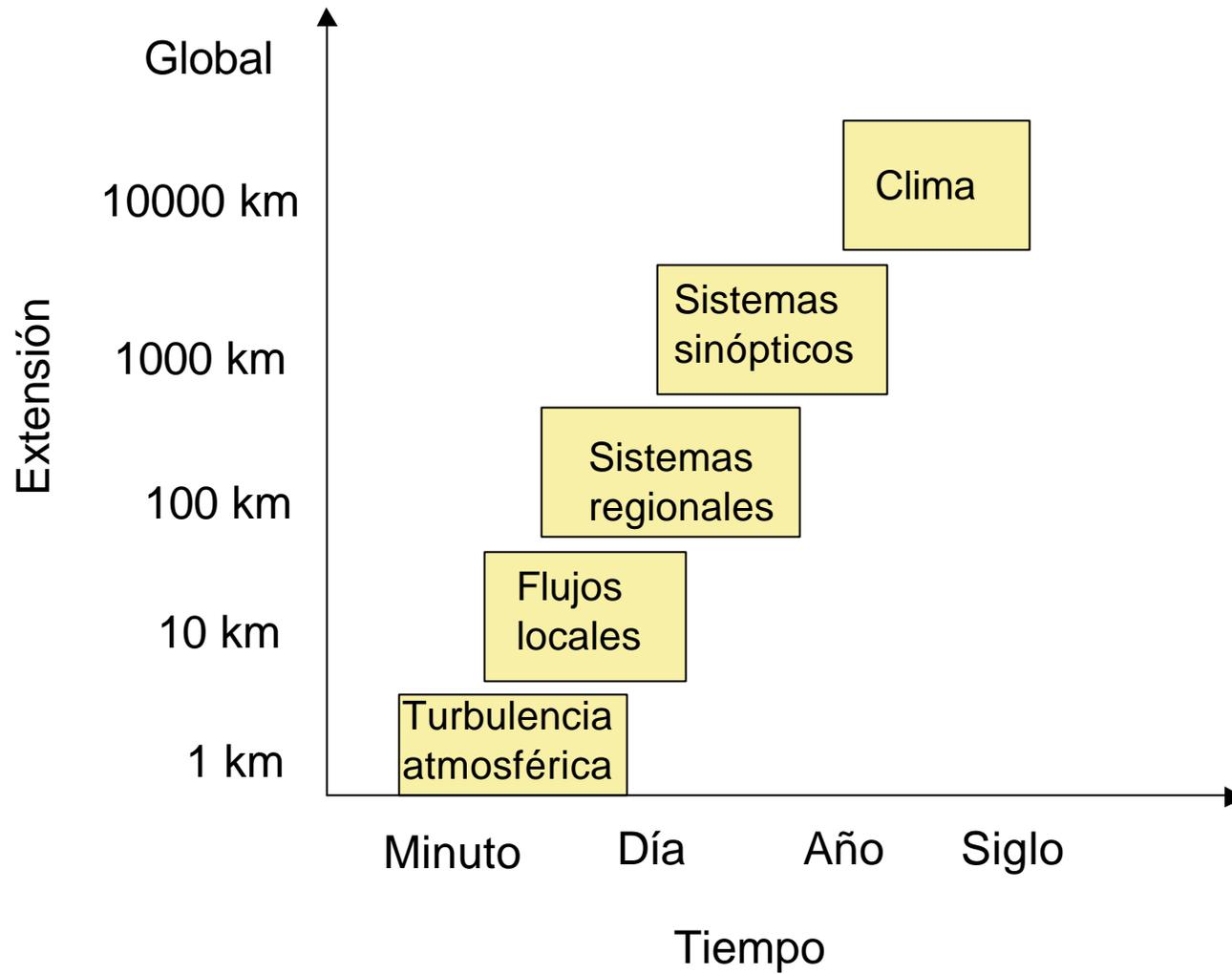


1

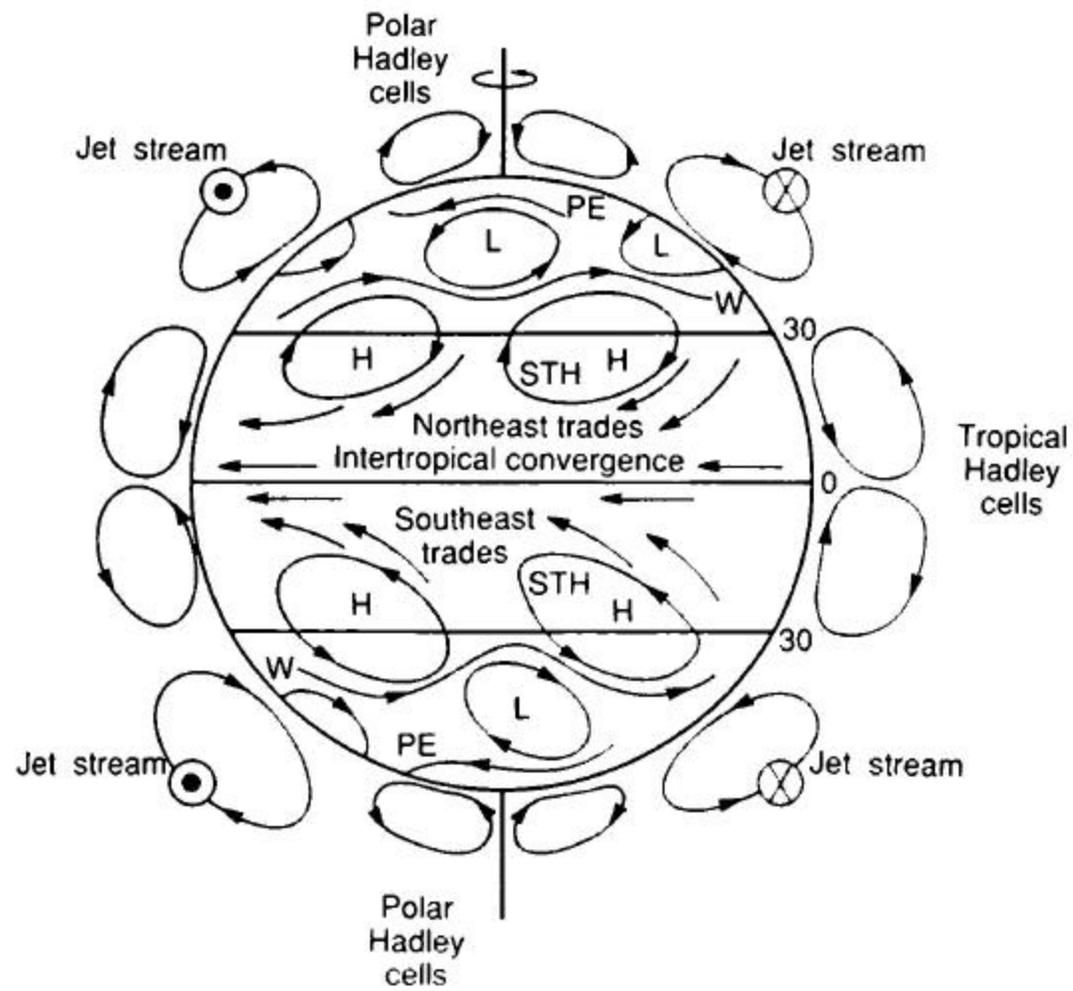
2003174 174500

McIDAS

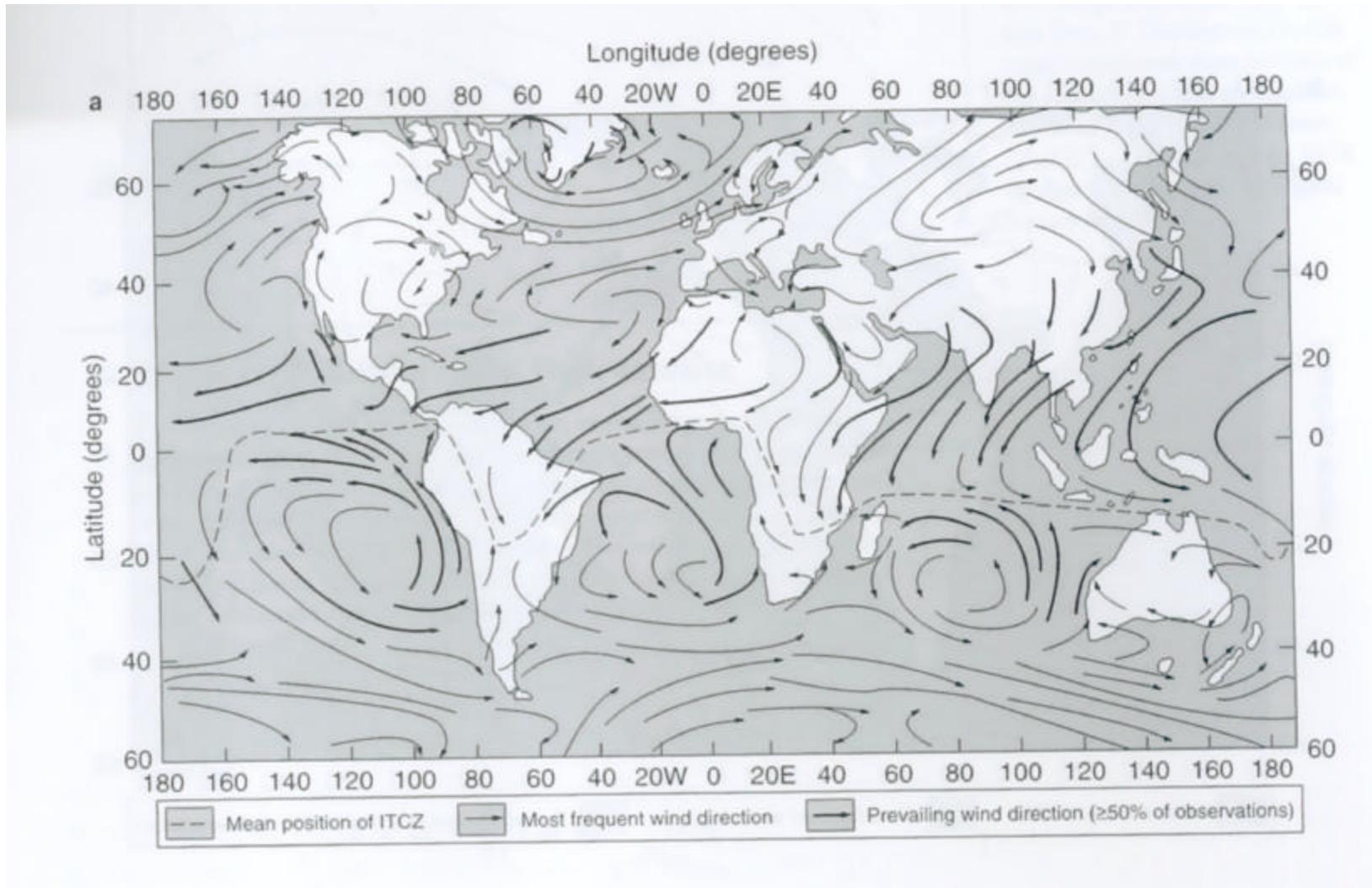
Escalas de Sistemas Meteorológicos



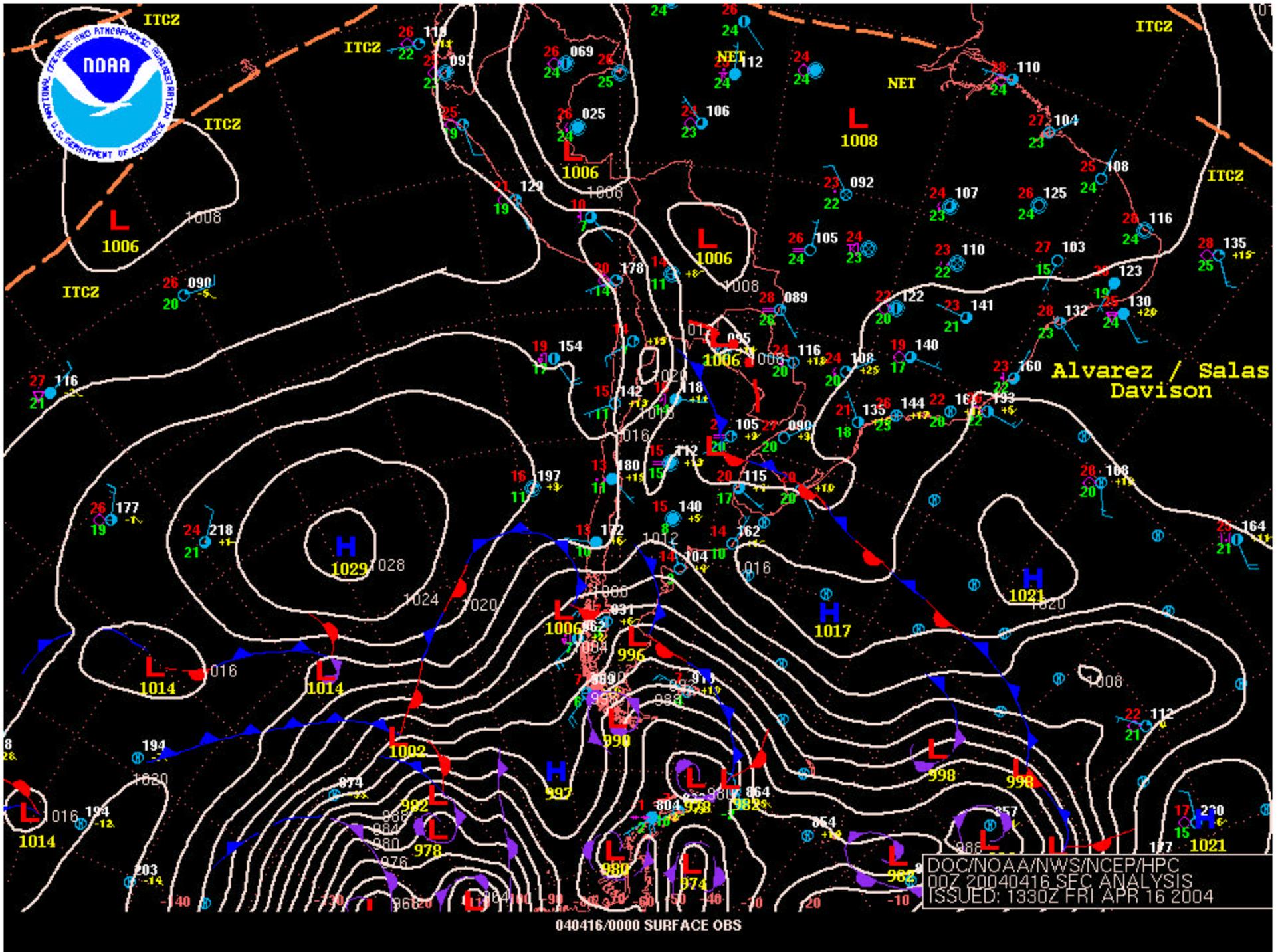
Esquema circulación general de la atmósfera



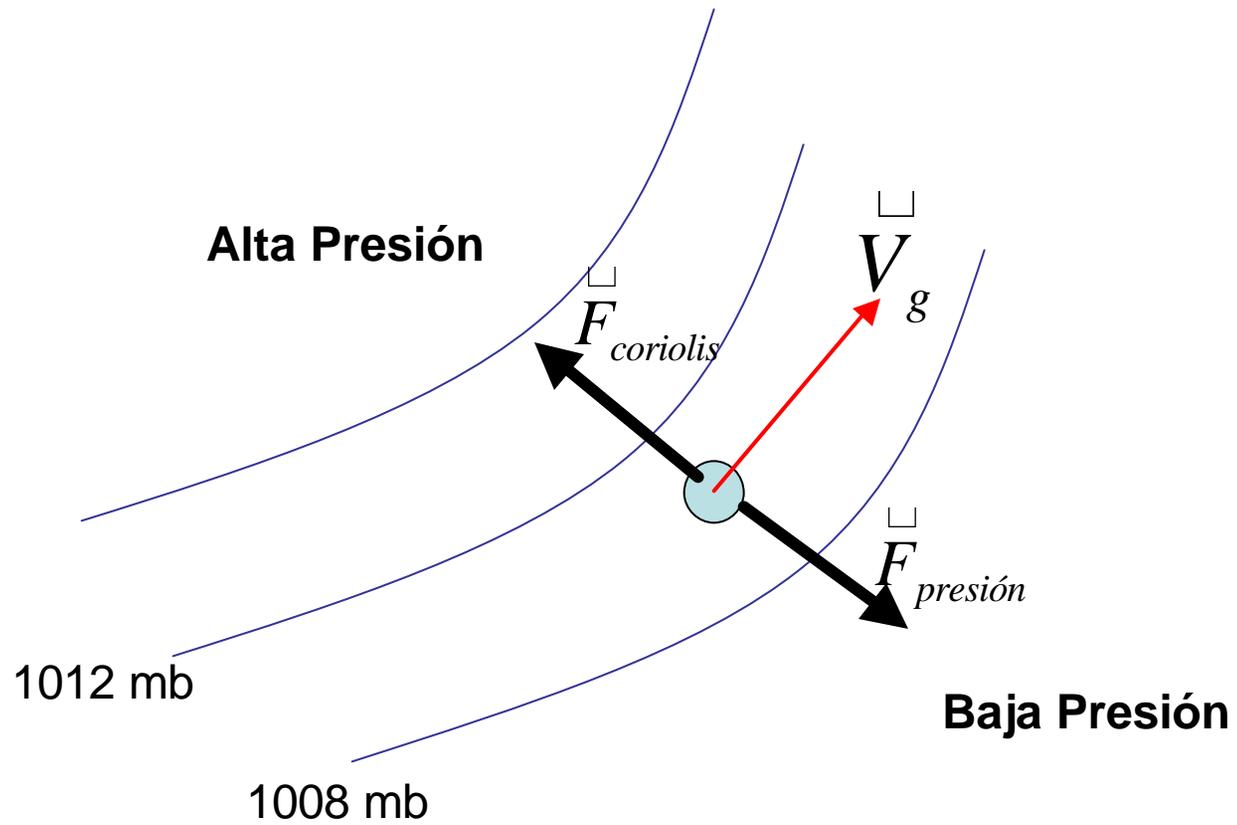
Flujos superficiales de Enero



Graedel & Crutzen, 1992

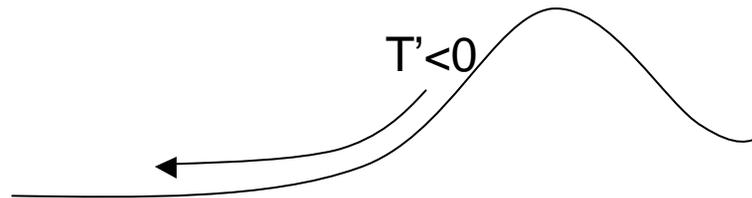
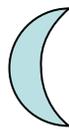
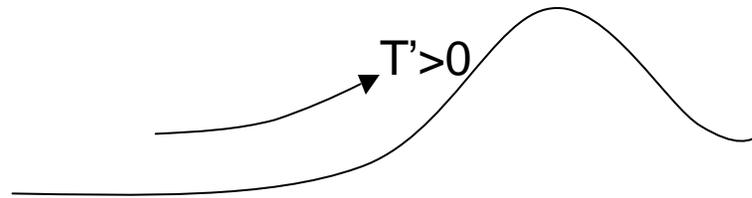
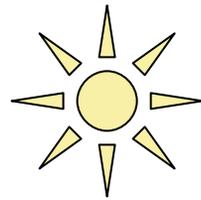


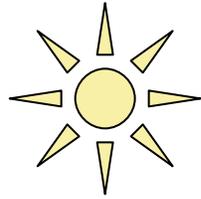
Esquema viento geostrófico Hemisferio Sur



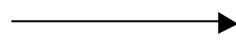
Vientos locales

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:

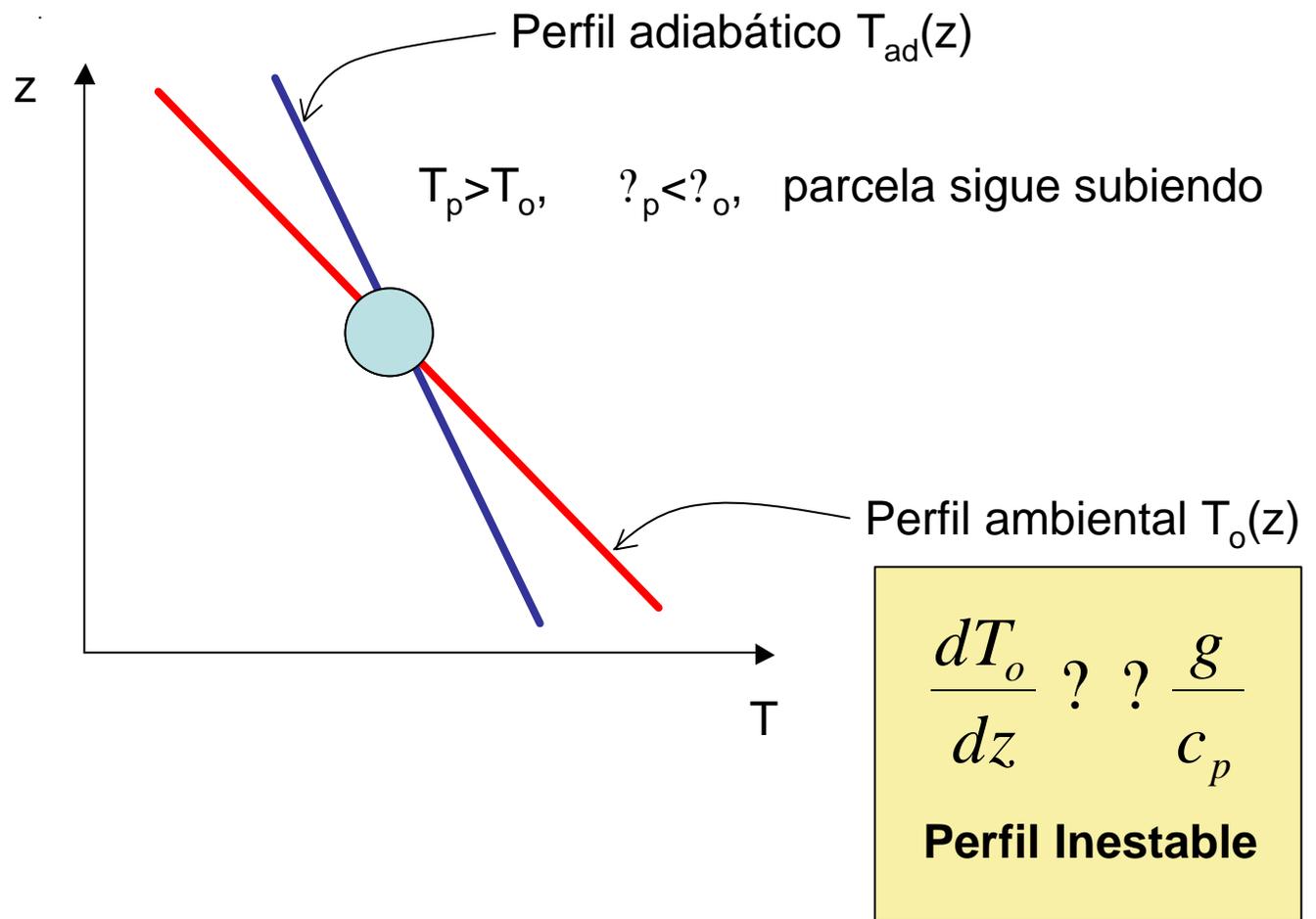
$$\delta Q = 0$$

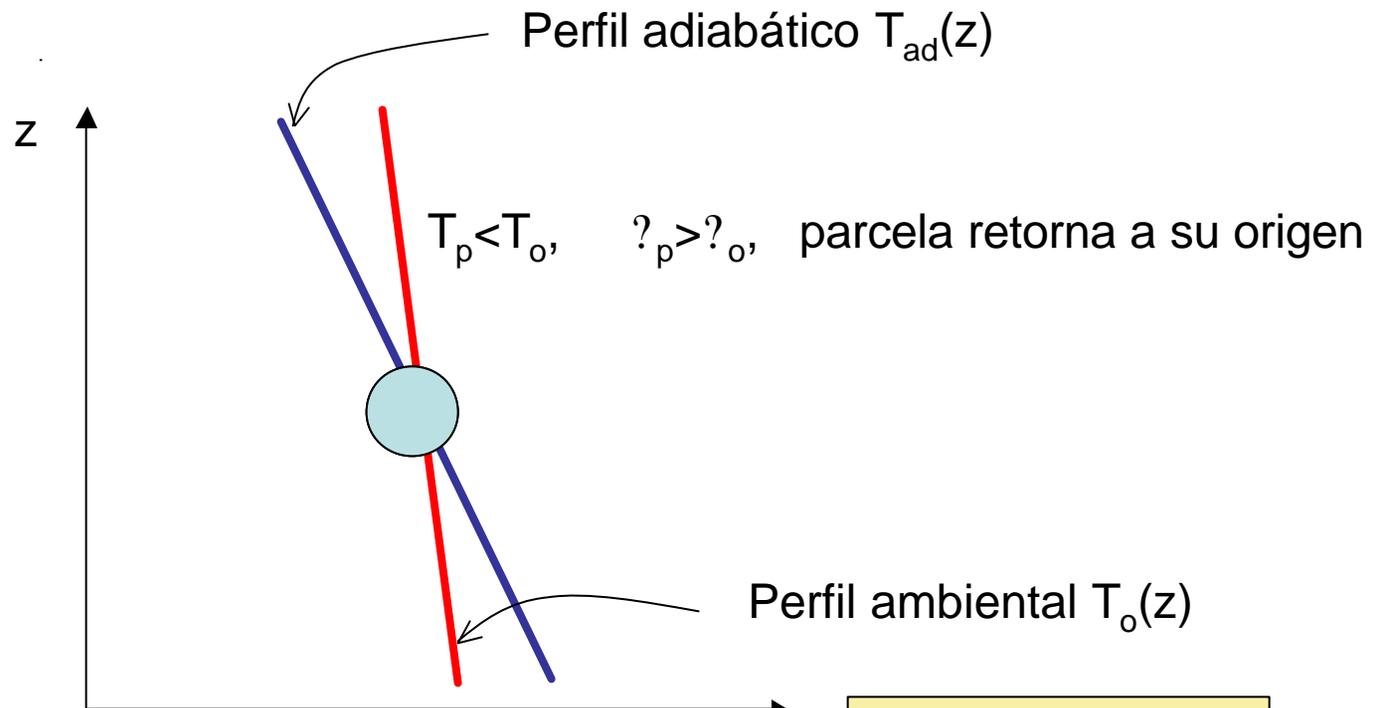
$$c_v dT = -P dv = -d(Pv) + v dP = -R_a dT + v dP$$

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

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

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





$$\frac{dT_o}{dz} = -\gamma_o \frac{g}{c_p}$$

Perfil estable

Criterio de estabilidad térmica

Condición inestable:

$$\frac{dT_o}{dz} \quad ? \quad ? \quad \frac{g}{c_p}$$

Condición estable

$$\frac{dT_o}{dz} \quad ? \quad ? \quad \frac{g}{c_p}$$

Gradiente típico de tropósfera libre

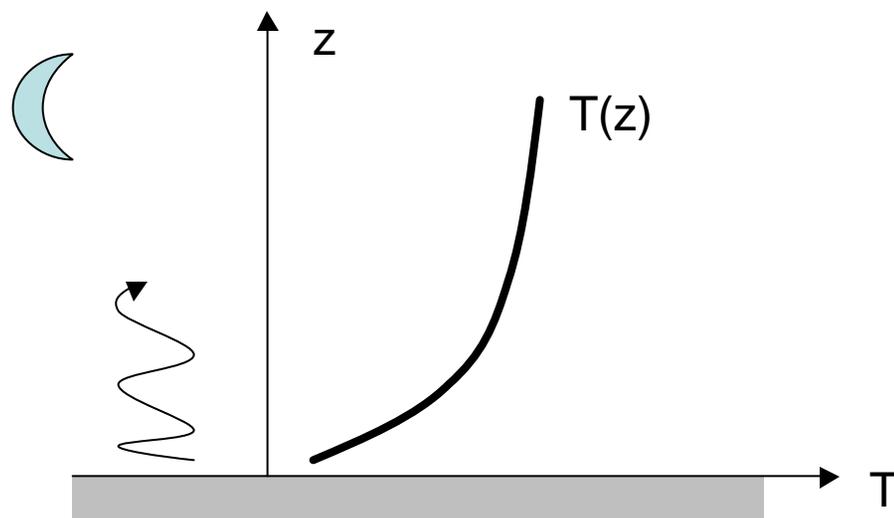
$$\frac{dT_o}{dz} \approx -0.006 \text{ K/m}$$

Caso particular de condición estable:

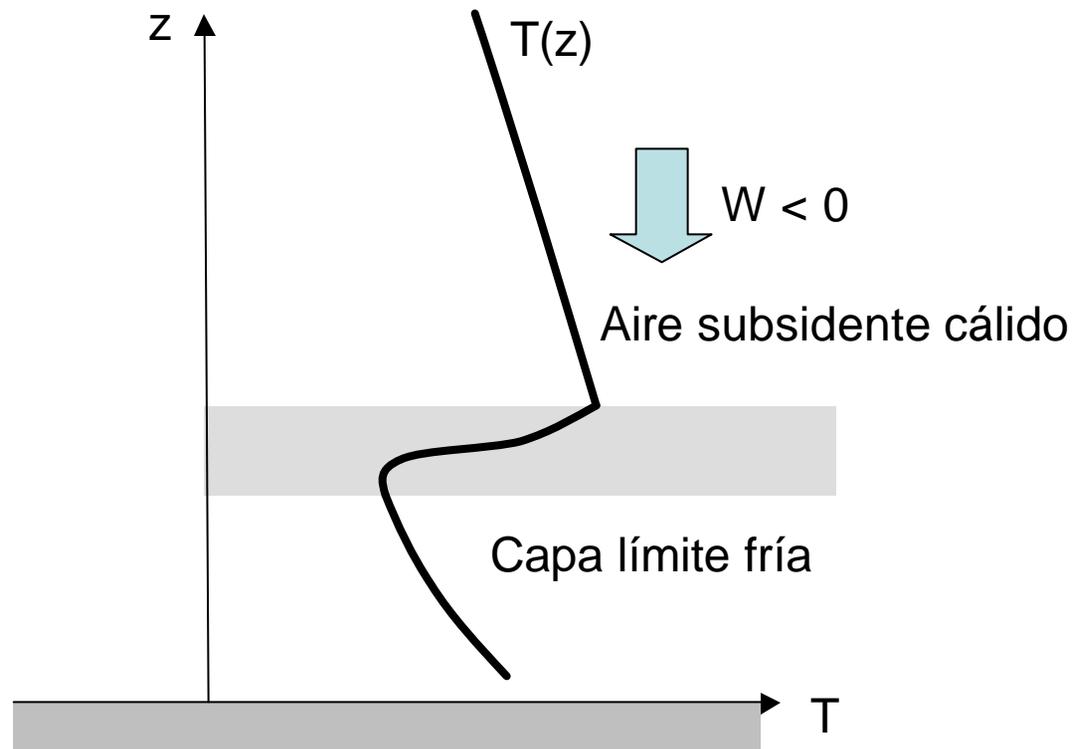
$$\frac{dT_o}{dz} > 0 \quad \text{Inversión térmica}$$

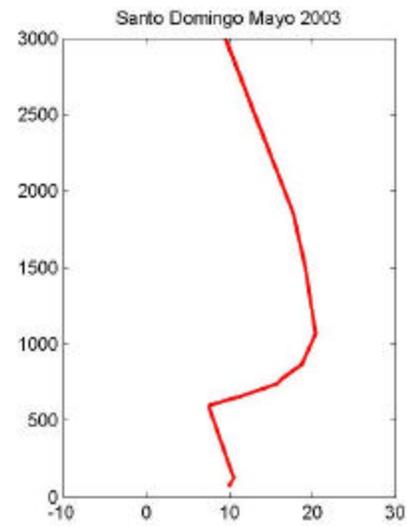
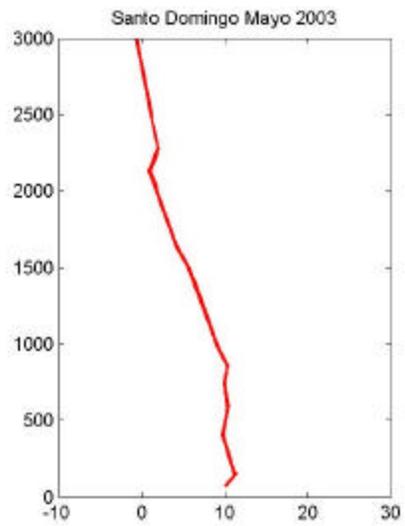
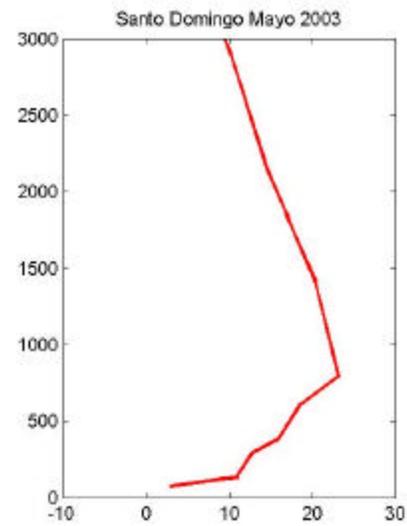
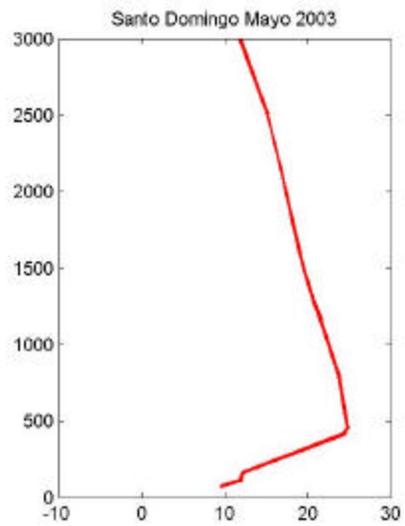
Inversiones térmicas

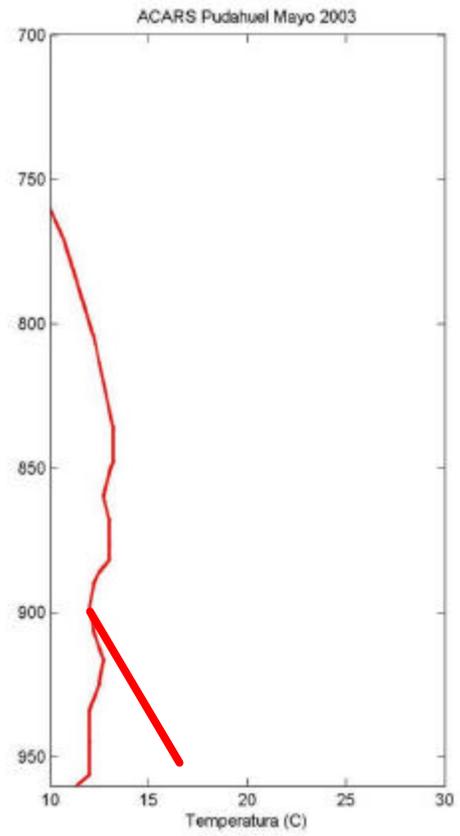
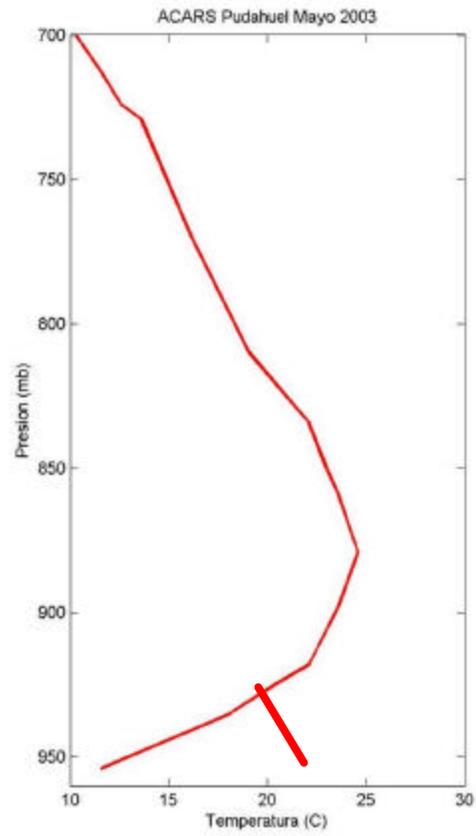
Inversión radiativa



Inversión de subsidencia





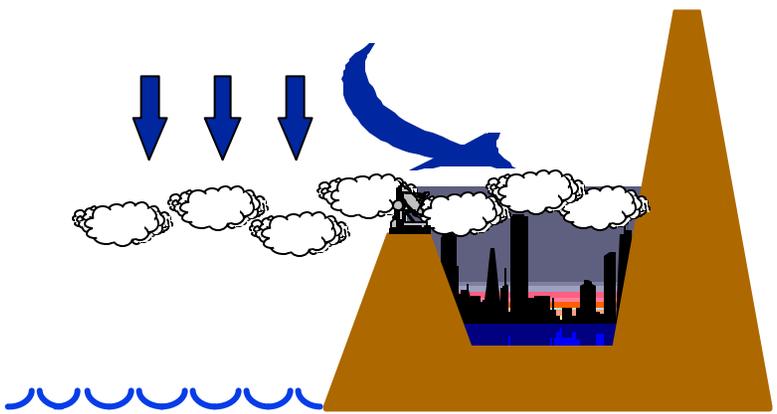
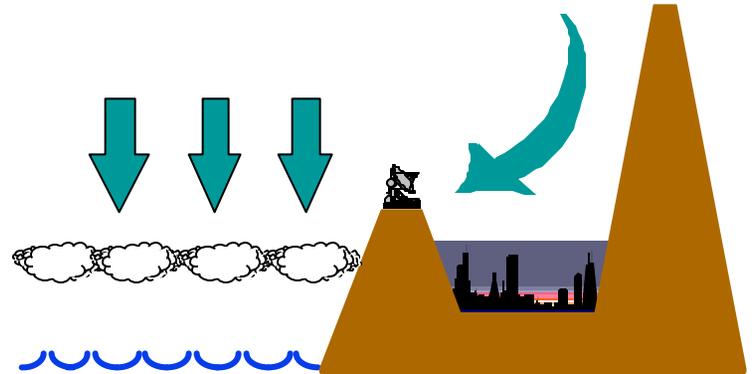




Alta fría migratoria

B

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