

Universidad de Chile
Departamento de Geofísica

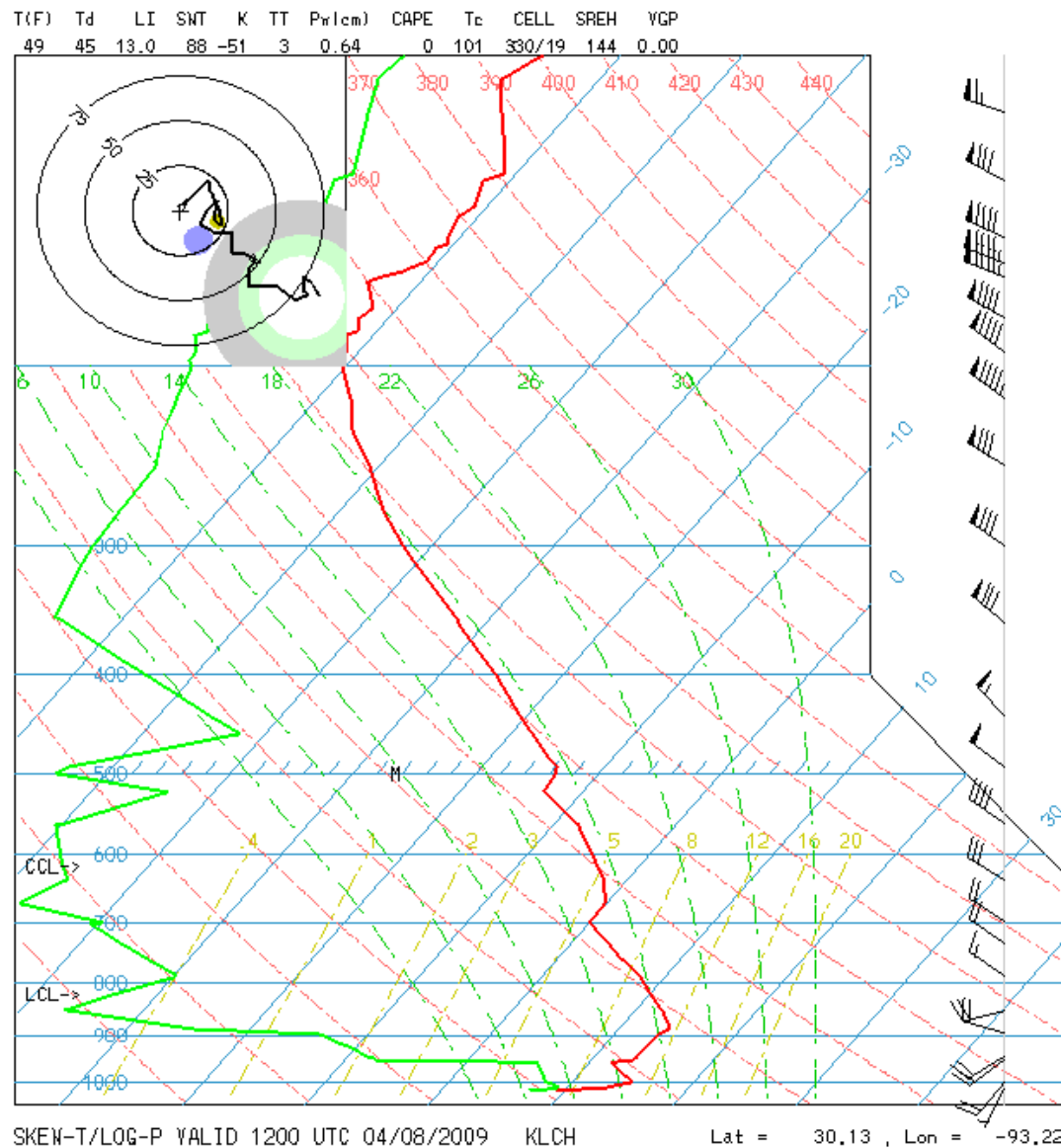
Introducción a la Meteorología y Oceanografía

Estabilidad Atmosférica

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

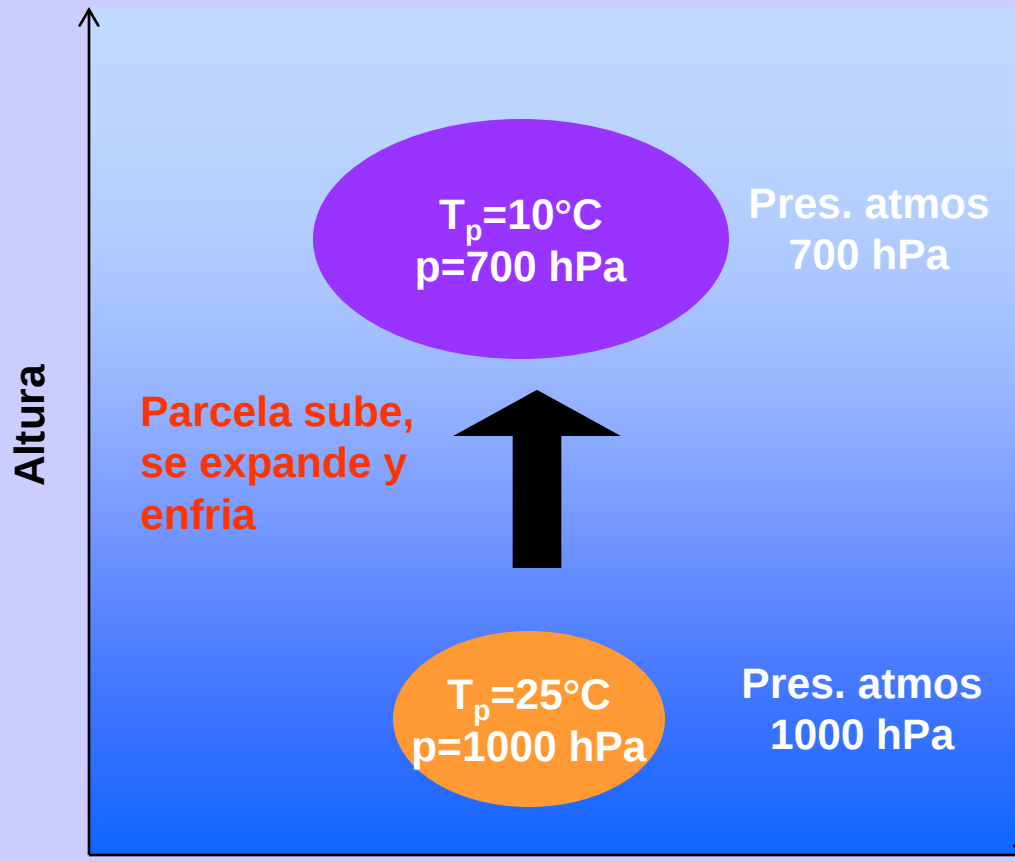
Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



Enfriamiento Adiabático

$$\Gamma = -dT/dz$$



Nota: el proceso también actúa a la inversa; si una parcela desciende se comprime y calienta adiabáticamente

Gradiente adiabático (seco)

Empleando la **ley de gases ideales** ($pV=nRT$) y el **segundo principio de la termodinámica** ($dQ = dU + dW$) se puede demostrar que en un ascenso o descenso adiabático el **gradiente (cambio) de temperatura** con la altura es:

$$dT / dz = -\Gamma_{\text{adiabatico}}$$

$$\Gamma_{\text{adiabatico}} = g/C_p = +10 \text{ }^{\circ}\text{C/km}$$

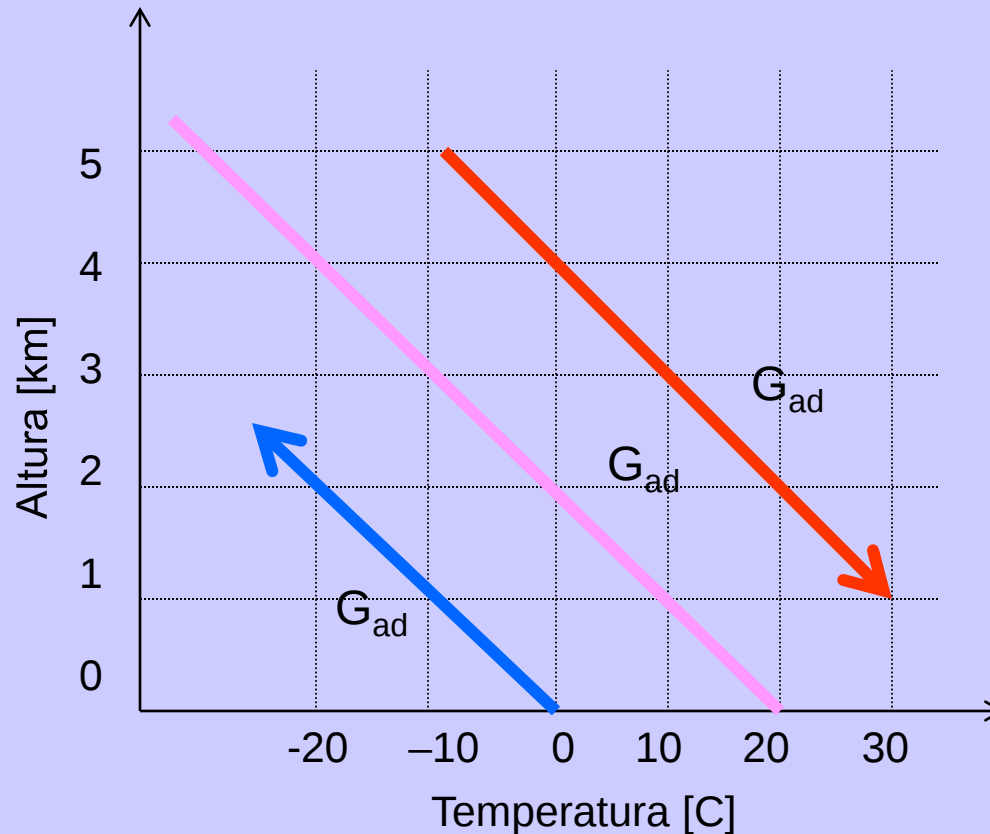
Esto es, por cada kilómetro de ascenso (descenso) la temperatura de la parcela disminuye (aumenta) 10°C , si el proceso es adiabático.

Nota: Si el ascenso/descenso toma menos de un día la aproximación adiabática es muy buena (intercambio de calor con el medio es pequeña).

Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Ejemplo del cambio de temperatura de tres parcelas de aire al desplazarse verticalmente siguiendo un gradiente adiabático seco ($10^{\circ}\text{C}/\text{km}$)



$$dq = 0 = du + dw = c_p dT - p^{-1} dp \rightarrow dT/dz = -\Gamma_{adiab} = -g/c_p \approx -10^{\circ}\text{C}/\text{Km}$$

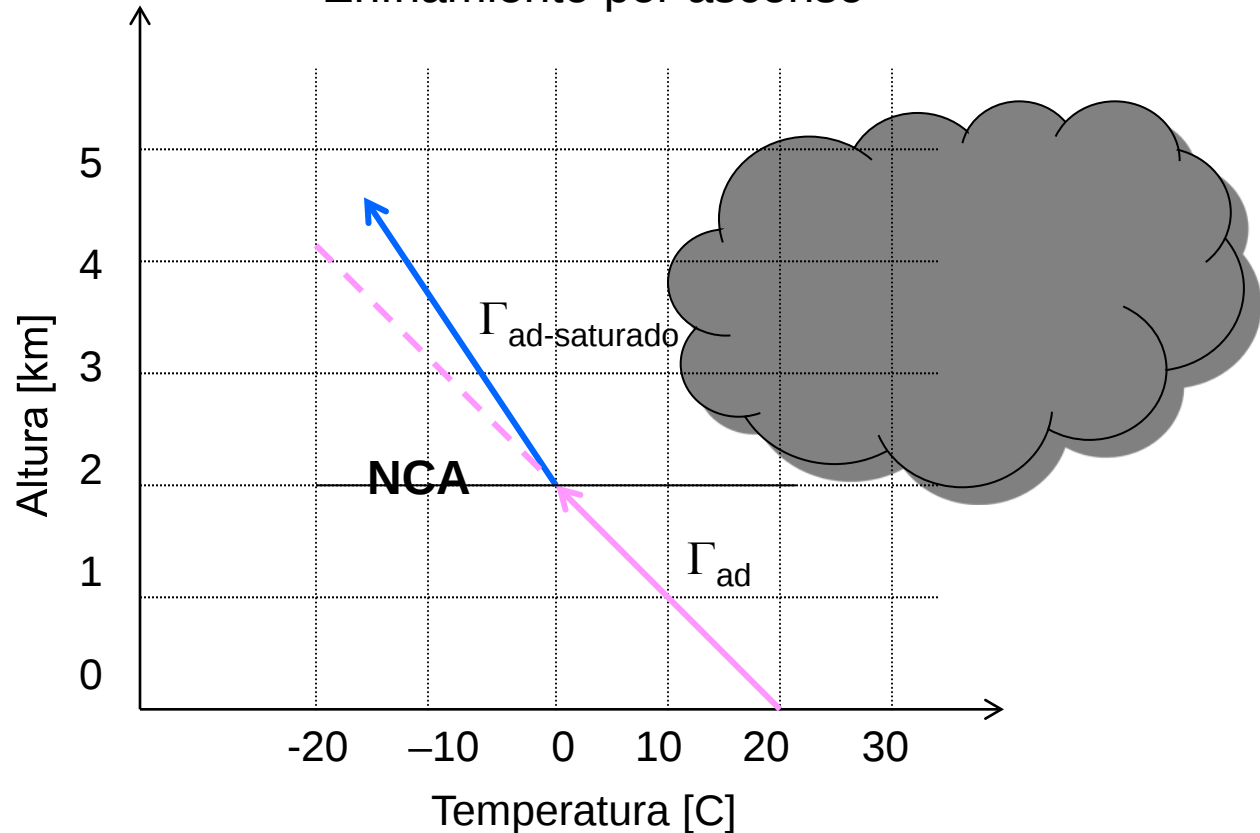
Introducción a la Meteorología – Nubes

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Formación de Nubes

Saturación por enfriamiento

Enfriamiento por ascenso



$$dq = 0 = du + dw + Ldq_s \rightarrow dT/dz = -\Gamma_{adiab\ sat}$$
$$\Gamma_{adiab\ sat} = \Gamma_{adiab} / [1 + (L/c_p)(dq_s/dT)] \approx -4 \text{ a } -10^\circ\text{C/Km}$$

- Principio de Arquímedes: Cuerpos mas densos que el medio se hunden / Cuerpos menos densos (más livianos) que el medio ascienden

- En un gas ideal, a presión constante, la densidad es inversamente proporcional a la temperatura: aire frío es mas denso / aire cálido es más liviano.

Si $T(\text{parcela}) > T(\text{ambiente}) \rightarrow$ parcela tiende a subir

Si $T(\text{parcela}) = T(\text{ambiente}) \rightarrow$ parcela se mantiene nivelada

Si $T(\text{parcela}) < T(\text{ambiente}) \rightarrow$ parcela tiende a bajar

Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Gradiente observado: $\Gamma_{\text{obs}} \equiv -dT/dz \approx -\Delta T/\Delta z$

La ultima expresión se calcula empleando observaciones en dos niveles (e.g., mediciones con Radiosonda). Como la temperatura “normalmente” decrece con la altura $\Gamma_{\text{obs}} > 0$. En ciertos casos la temperatura aumenta con la altura, a lo que se refiere como inversión térmica ($\Gamma_{\text{obs}} < 0$).

p, T, ρ



Estabilidad a desplazamiento vertical

$$m \, dw/dt = E - P$$

$$\dots$$
$$a_v = g \, (T' - T)/T$$

$$\dots$$
$$d^2(\delta z)/dt^2 = -N^2 \delta z$$

$\dots$
Oscilaciones verticales con $T \approx 10$ min

Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Resumen de estabilidad

Estabilidad absoluta

$$\Gamma_{\text{obs}} < \Gamma_{\text{adiab sat}} < \Gamma_{\text{adiab}}$$

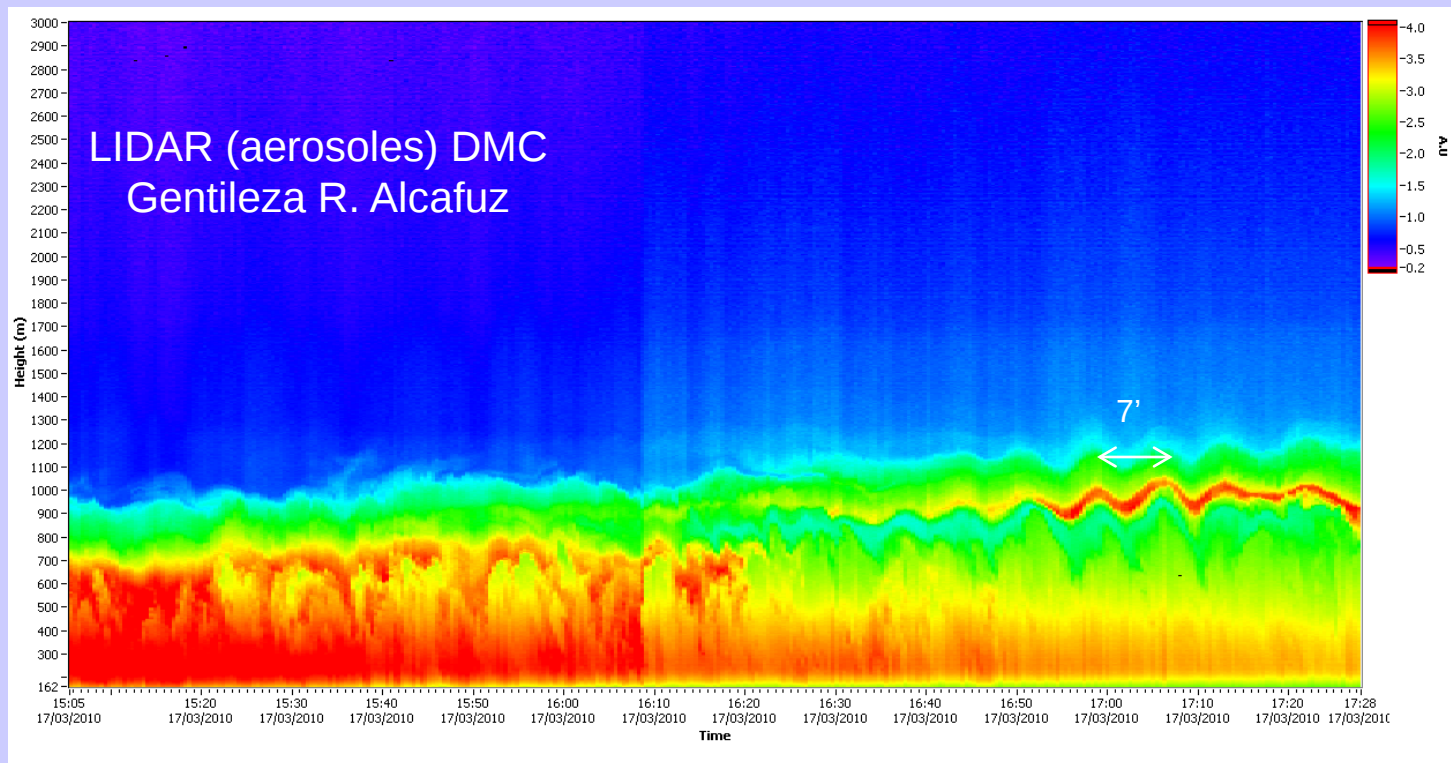
Estabilidad condicional

$$\Gamma_{\text{adiab sat}} < \Gamma_{\text{obs}} < \Gamma_{\text{adiab}}$$

Inestabilidad absoluta

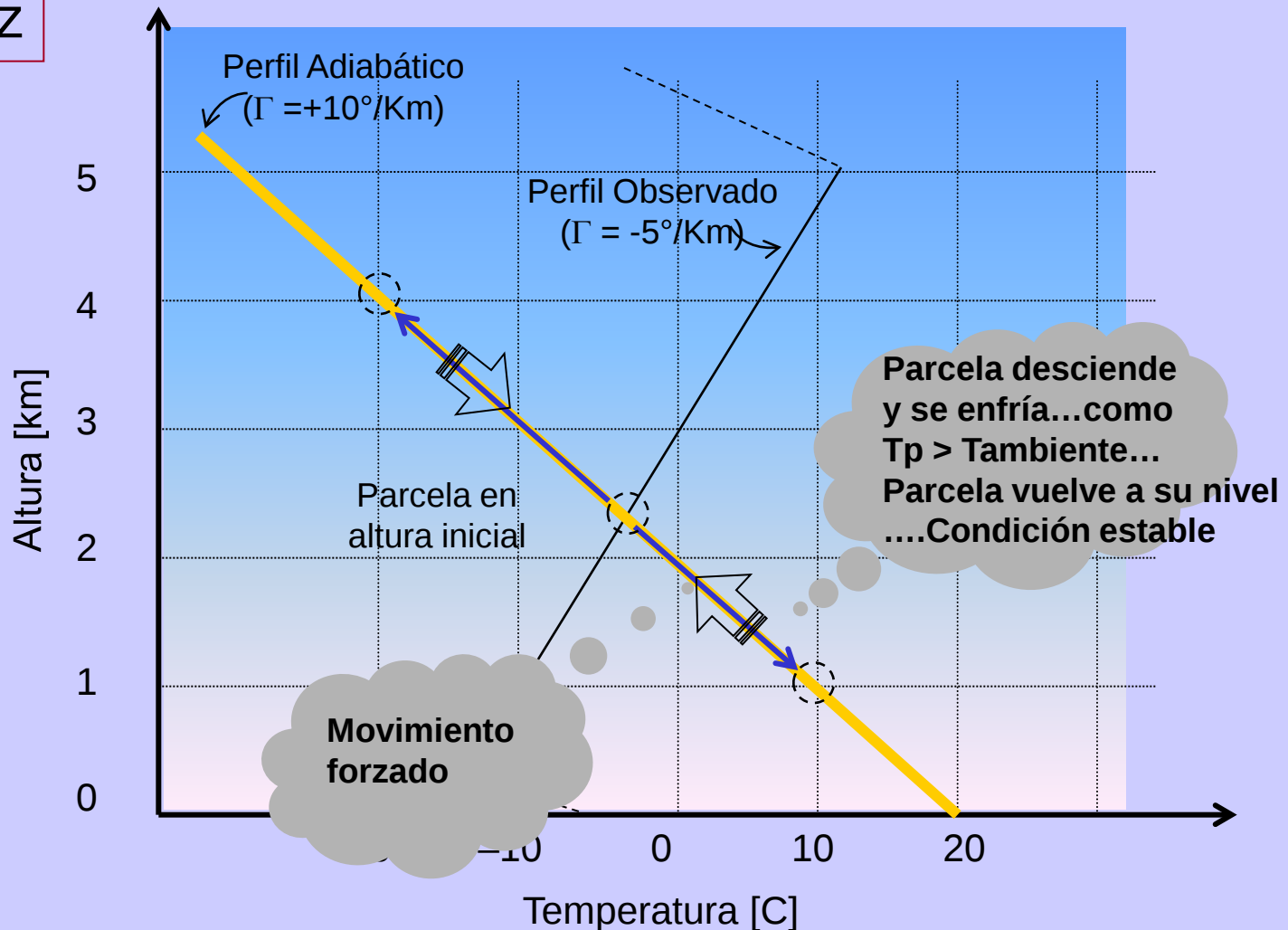
$$\Gamma_{\text{adiab sat}} < \Gamma_{\text{adiab}} < \Gamma_{\text{obs}}$$

En casos estables, se puede demostrar existencia de oscilaciones verticales con periodo cercano a los 10 minutos.



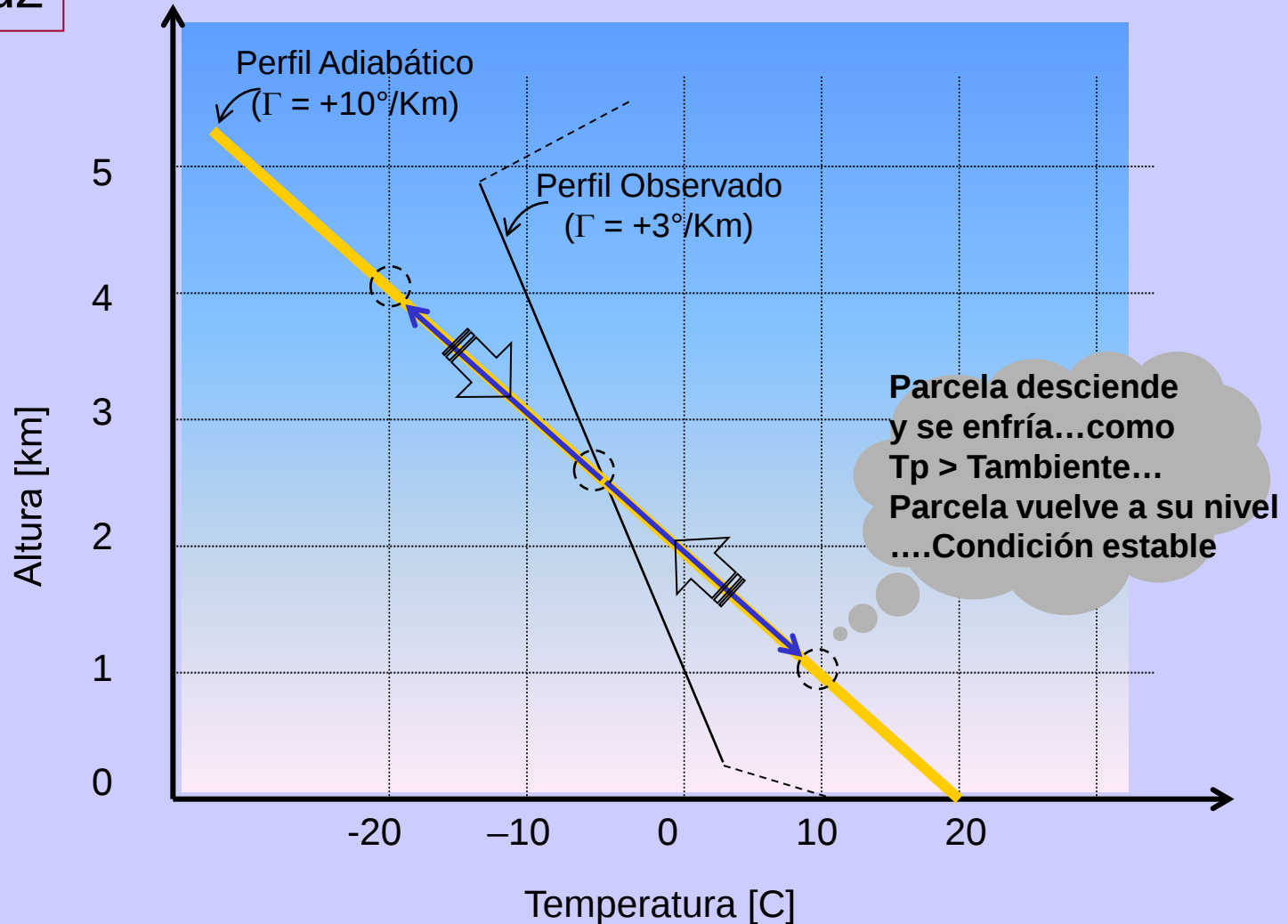
Análisis de estabilidad I (Inv. Térmica)

$$\Gamma = -dT/dz$$



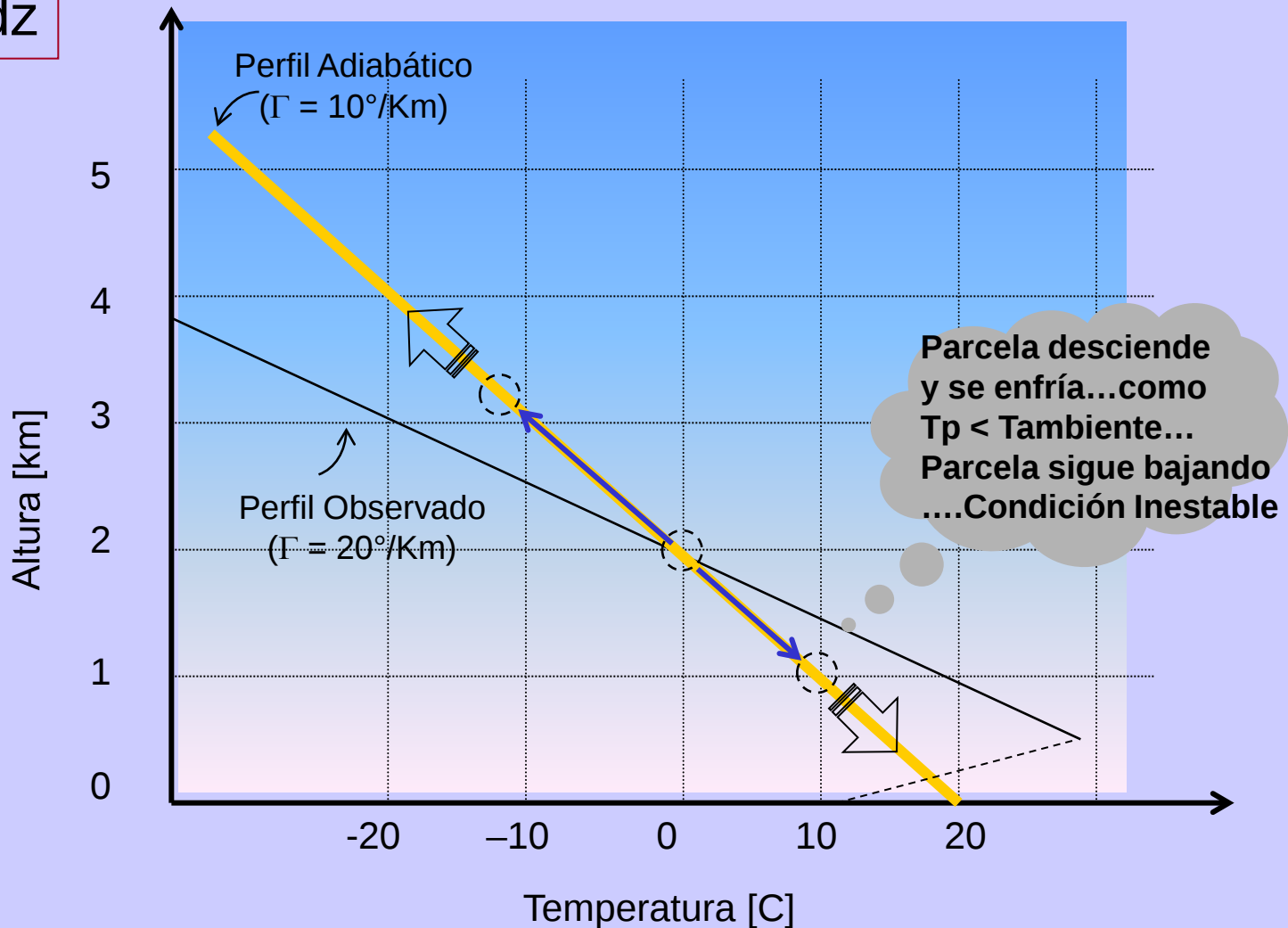
Análisis de estabilidad II

$$\Gamma = -dT/dz$$



Análisis de estabilidad III

$$\Gamma = -dT/dz$$



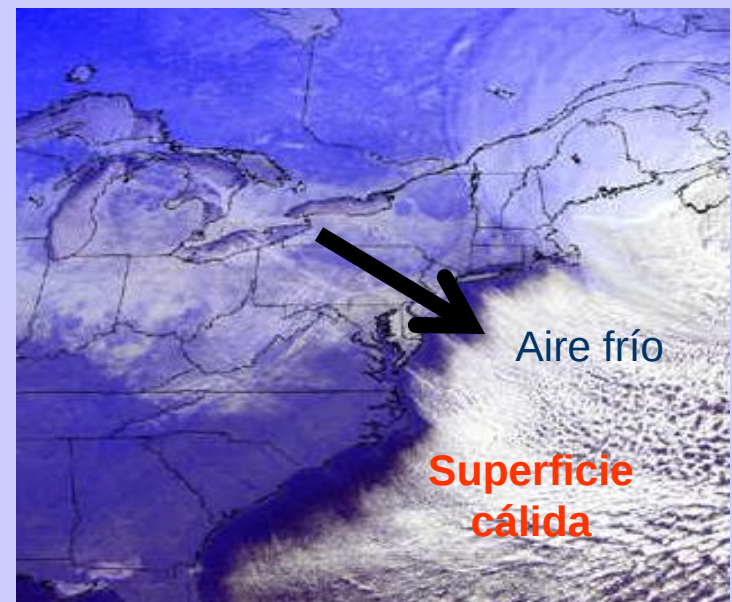
Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

En Resumen

si $\Gamma < \Gamma_{\text{adiab}} = + 10^\circ/\text{Km} \rightarrow$ Condición estable...movimientos verticales se atenúan. Caso particular de condición muy estable ocurre en presencia de inversión térmica ($\Gamma < 0$)

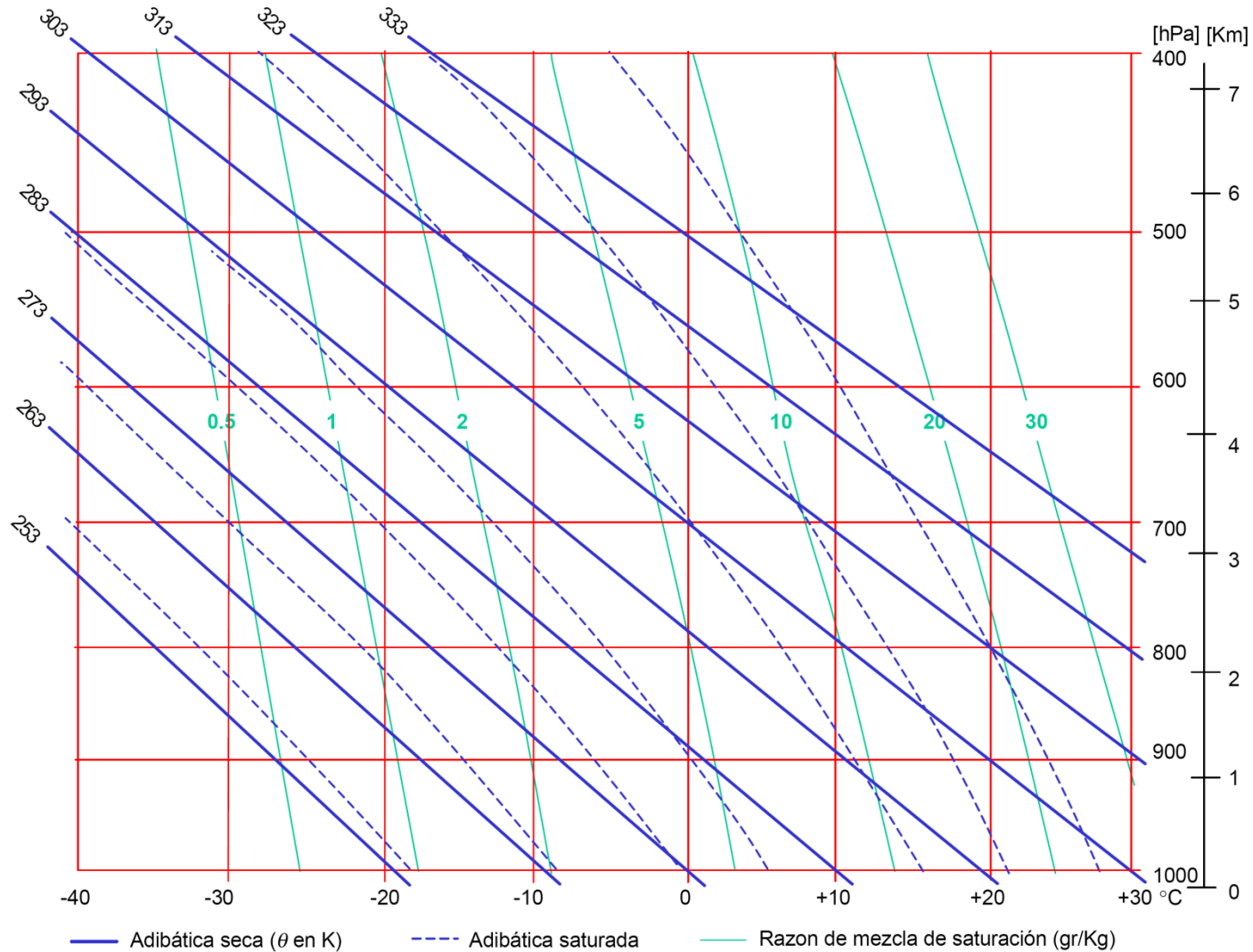
Si $\Gamma > \Gamma_{\text{ad}} \rightarrow$ Condición inestable...movimientos verticales se amplifican.



Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

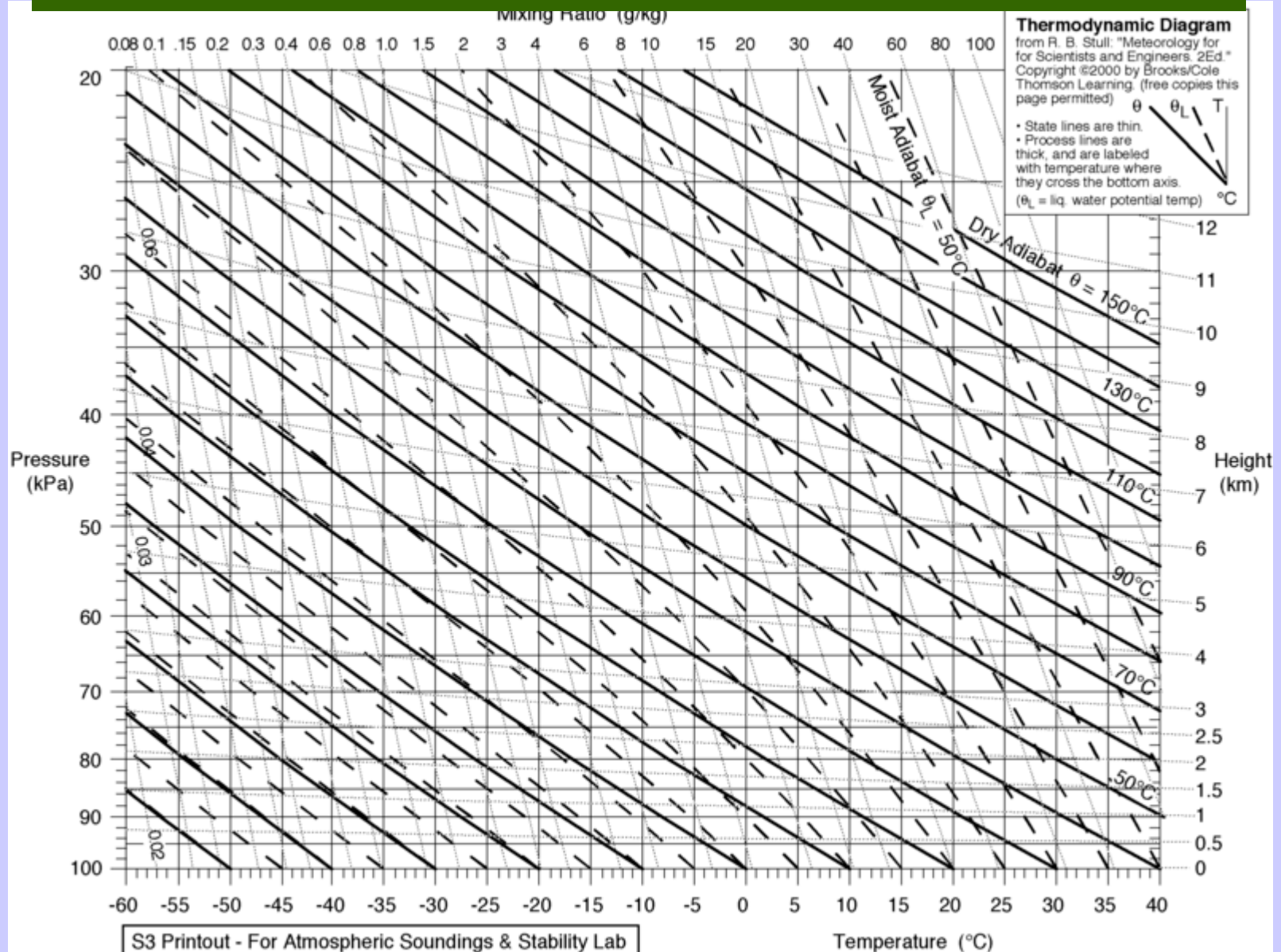
UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Diagrama Termodinámico (emagrama)



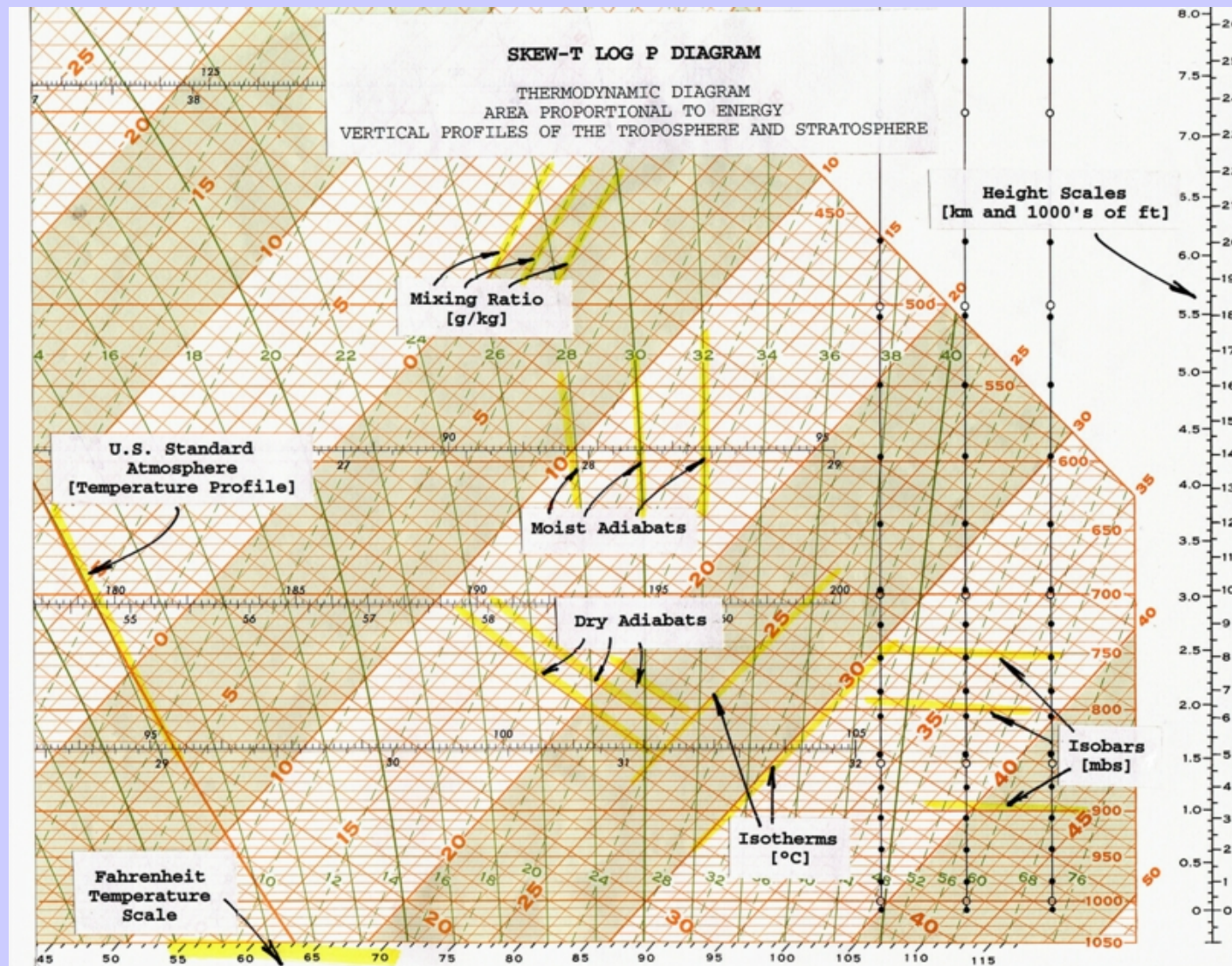
Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



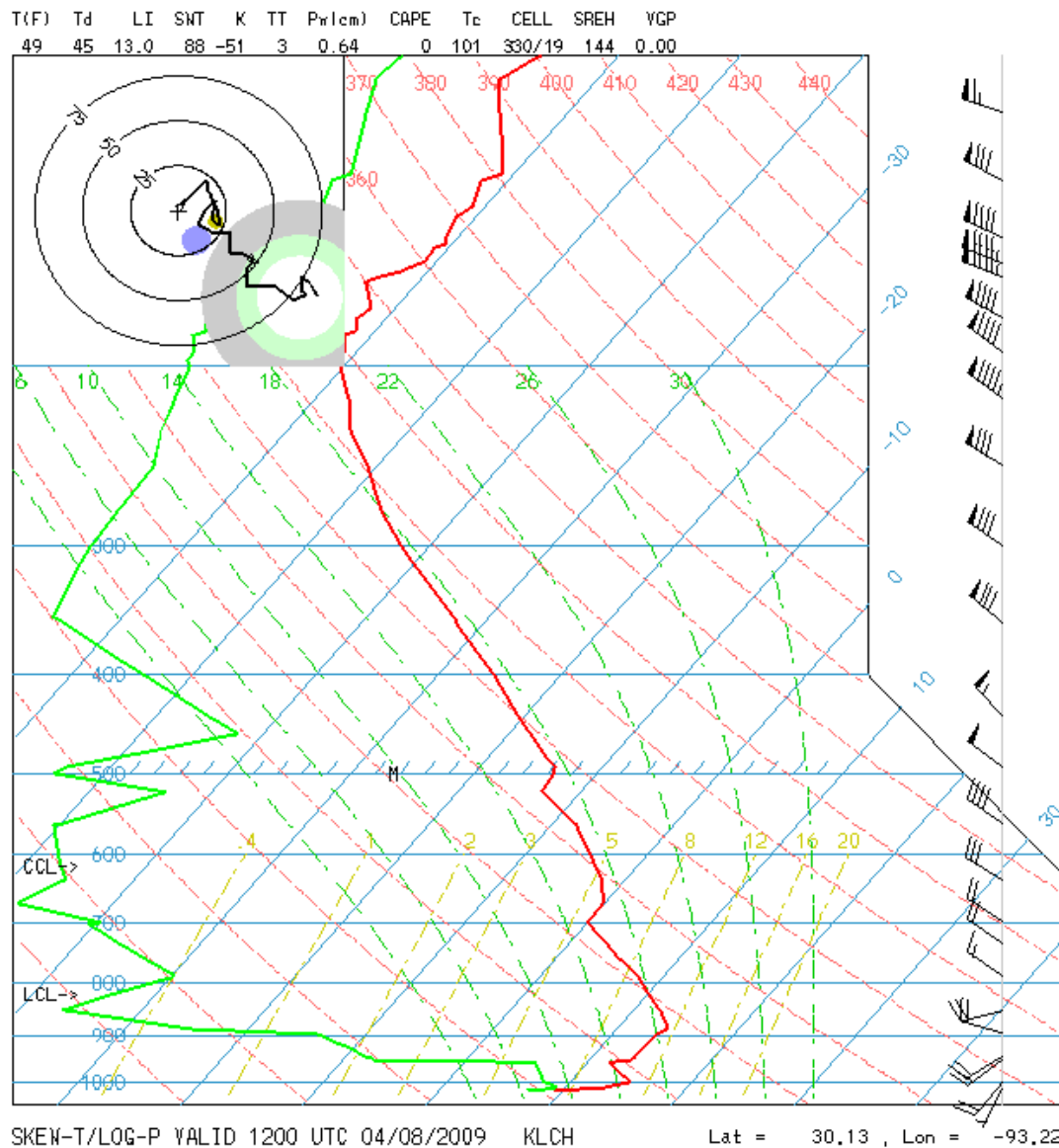
Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



Introducción a la Meteorología – Estabilidad Atmosférica

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud



Introduction à la Météorologie – Stabilité Atmosphérique

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

