



# **TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.**

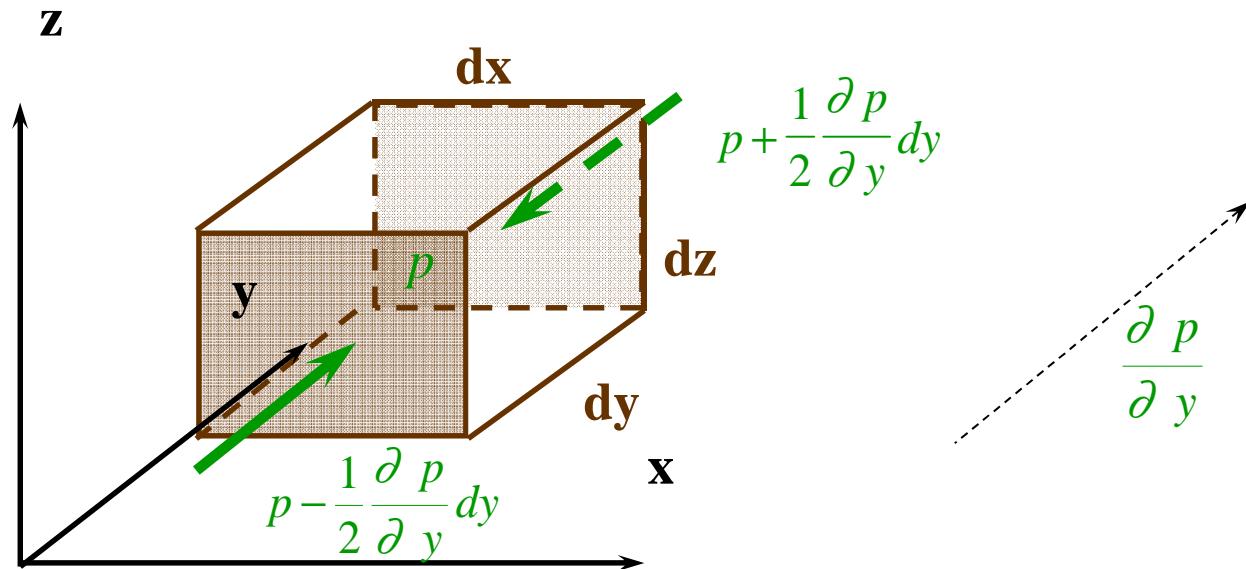
- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

# **TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.**

- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

# LA FUERZA GRADIENTE DE PRESIÓN

Fuerzas por  
unidad de  
superficie



Fuerza  
neta

$$\left[ \left( p - \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial y} dy \right) - \left( p + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial y} dy \right) \right] dx dz$$

$$\left[ \left( - \frac{2}{2} \frac{\partial p}{\partial y} dy \right) \right] dx dz = - \frac{\partial p}{\partial y} dx dy dz$$

Fuerza  
específica

$$\frac{F}{m} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

En 3-D

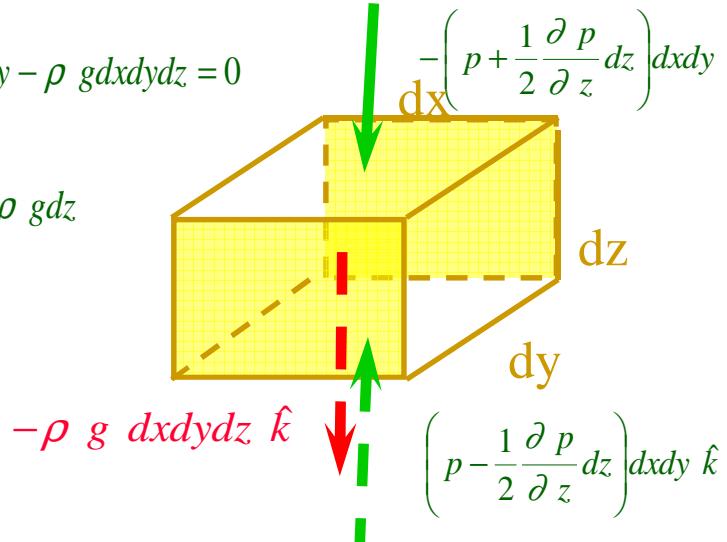
$$\frac{F}{m} = - \frac{1}{\rho} \nabla p$$

# EQUILIBRIO HIDROSTATICO

$$\left[ \left( p - \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) - \left( p + \frac{1}{2} \frac{\partial p}{\partial z} dz \right) \right] dx dy - \rho g dx dy dz = 0$$

$$-\frac{\partial p}{\partial z} - \rho g = 0 \Rightarrow dp = -\rho g dz$$

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz} = g$$



$$p = \rho R_d T_v$$

$$dz = -\frac{R_d}{g} T_v \frac{dp}{p}$$

$$\int_{z_1}^{z_2} dz = -\frac{R_d}{g} \int_{p_1}^{p_2} T_v d \ln p$$

$$z_2 - z_1 = \frac{R_d}{g} \overline{T_v} \ln \left( \frac{p_1}{p_2} \right)$$

Integrando a través de  
una capa atmosférica

Espesor de la capa

Temperatura promedio  
de la capa

# Equilibrio Hidrostático

## La ecuación hipsométrica

$$z_2 - z_1 = \frac{R_d}{g} \bar{T}_v \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$

- Relaciona el espesor de una capa con la diferencia de presión entre su base y su cima
- Escala lineal de alturas  Escala logarítmica de presiones
- $\bar{T}_v$  Temperatura virtual media de la capa

# TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.

- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

## ATMOSFERA TIPO

- 1.- Se considera aire seco
- 2.- Nivel de presión al nivel del mar  $p_0 = 101325 \text{ Pa}$
- 3.- Temperatura al nivel del mar  $T_0 = 288.15 \text{ K}$
- 4.-  $\alpha = 6.5 \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{km}$  para  $z < 10769 \text{ m.}$
- 5.-  $\alpha = 0 \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{km}$  para  $z > 10769 \text{ m.}$
- 6.-  $g = 9.80665 \text{ m s}^{-2}$

## VAPOR DE AGUA PRECIPITABLE

$$P_v = \int_{z_1}^{z_2} \rho_v dz = - \int_{p_1}^{p_2} \frac{\rho_v}{g\rho} dp$$

$$P_v = -\frac{1}{g} \int_1^2 q dp \approx -\frac{1}{g} \int_1^2 r dp$$

# GRADIENTES ADIABATICA SECO Y SATURADO

**Gradiente Adiabático Seco**       $\gamma_d = -\frac{\Delta T}{\Delta z}$

$$\frac{dT}{T} = \frac{R_d}{c_p} \frac{dp}{p} \rightarrow \frac{dT}{dz} = \frac{R_d T}{pc_p} \frac{dp}{dz}$$


$$dp = -\rho' g dz$$

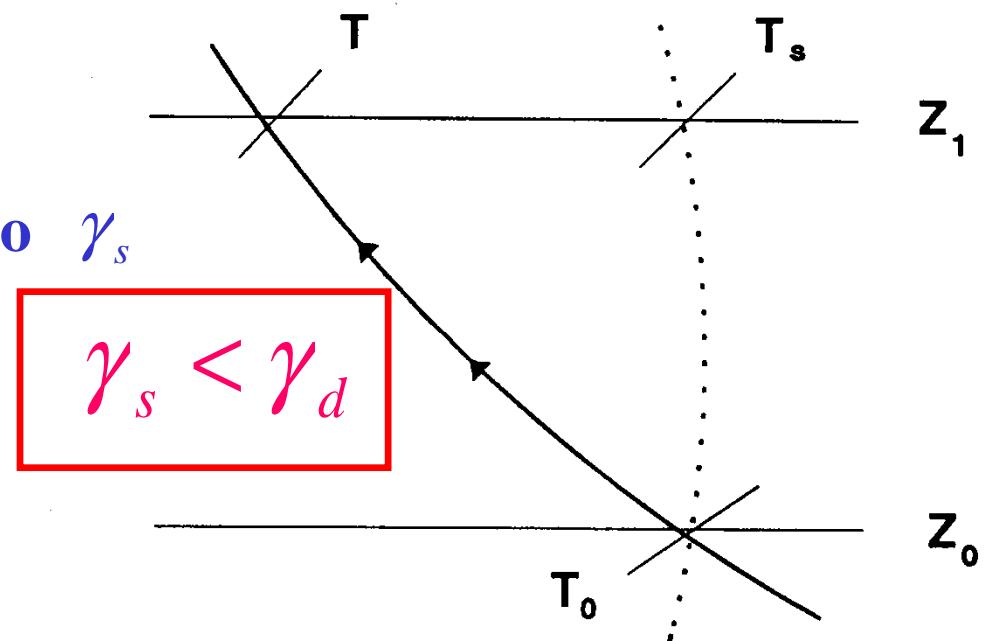
$$\frac{dT}{dz} = -\frac{R_d T}{pc_p} \rho' g = -\frac{R_d T}{pc_p} \frac{pg}{R_d T'} \rightarrow \frac{dT}{dz} = -\frac{g}{c_p} \frac{T}{T'}$$


Considerando  $T \approx T'$

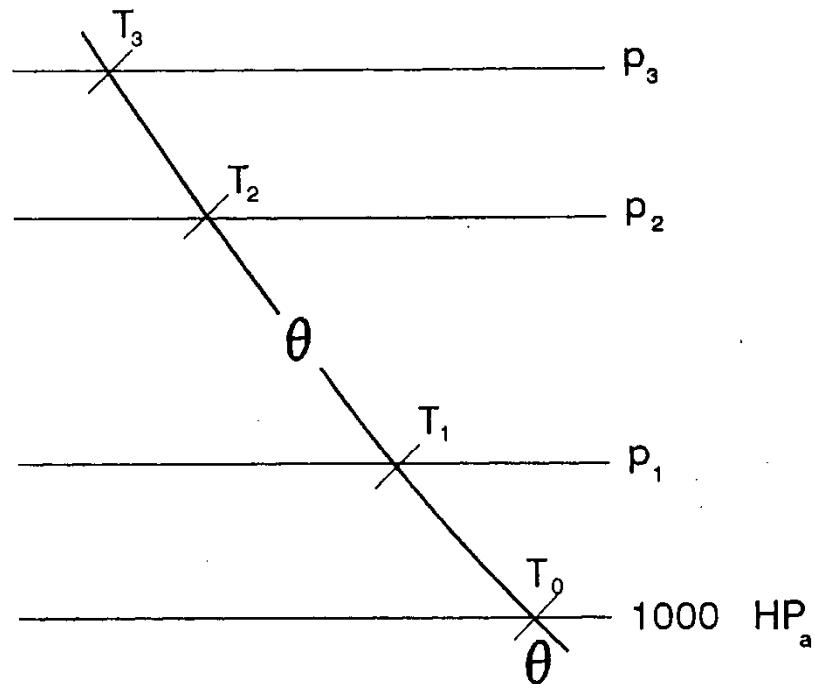
$$\gamma_d = -\frac{dT}{dz} = \frac{g}{c_p} \approx \frac{9.8^\circ C}{1000m} \approx \frac{10^\circ C}{1000m}$$

**Gradiente Adiabático Saturado**

$$\gamma_s \approx \gamma_d \frac{1 + \frac{L_v r_s}{R_d T}}{1 + \frac{0.622 L_v^2 r_s}{R_d c_{pd} T^2}}$$

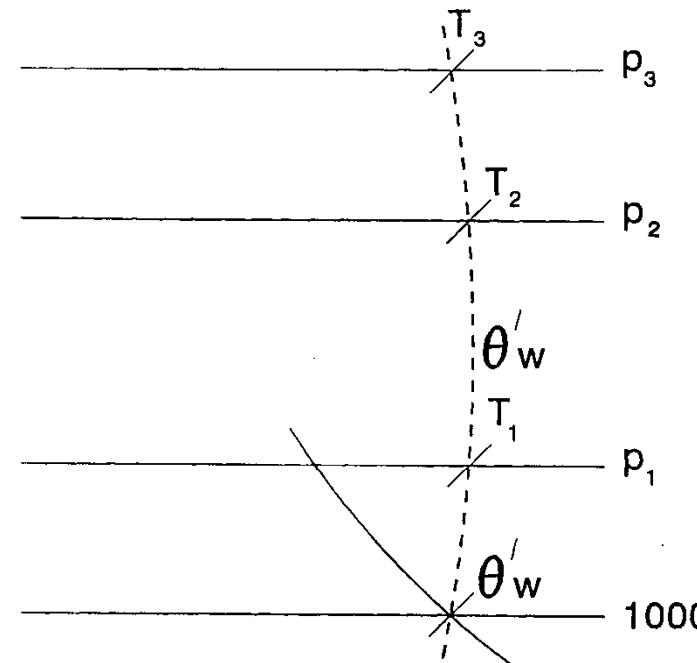


# GRADIENTES ADIABATICA SECO Y SATURADO



$$\gamma_d = \frac{g}{c_p}$$

$$\boxed{\gamma_s < \gamma_d}$$



$$\gamma_s \approx \gamma_d \frac{1 + \frac{L_v r_s}{R_d T}}{1 + \frac{0.622 L_v^2 r_s}{R_d c_{pd} T^2}}$$

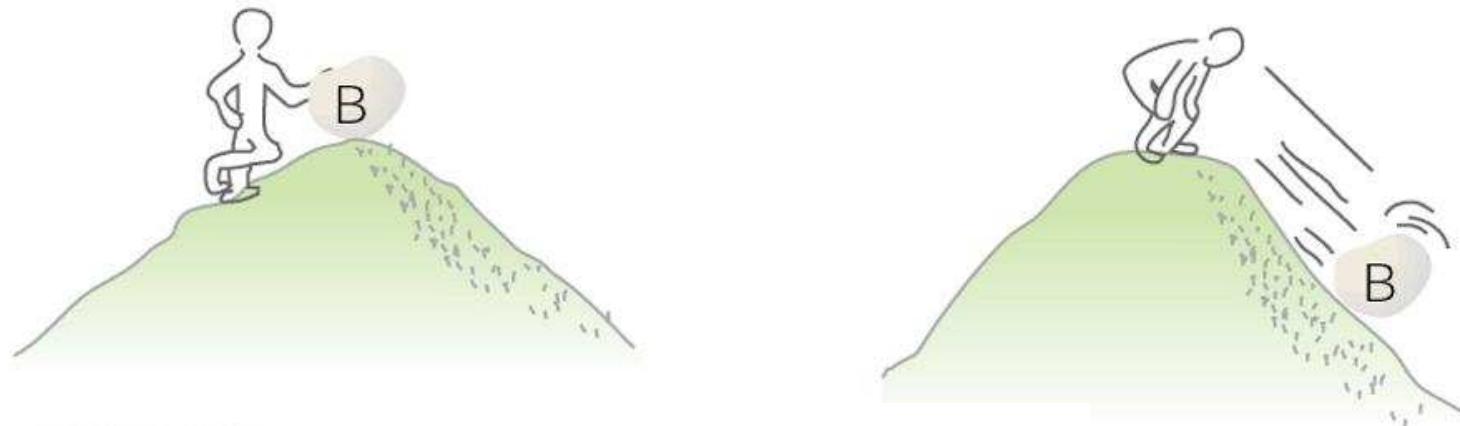
# TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.

- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

# Estabilidad y Dinámica



Equilibrio estable

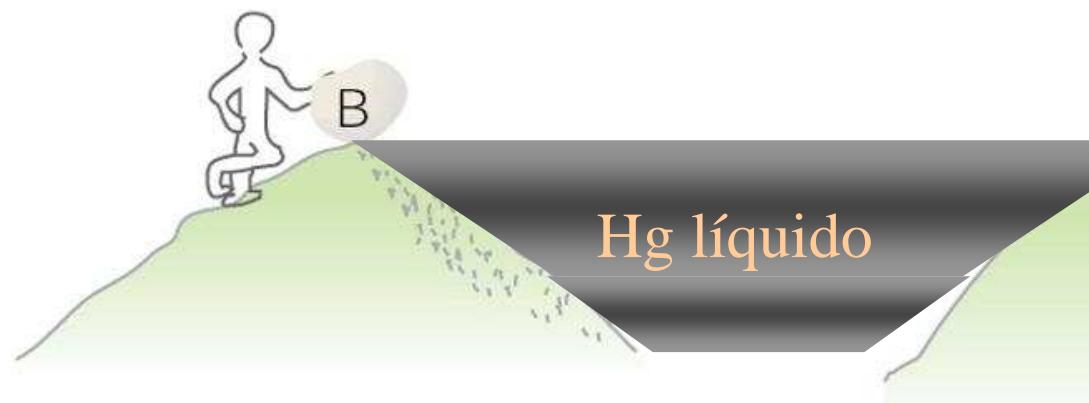


Equilibrio inestable

Las dos piedras, A y B, no se mueven antes de empujar (equilibrio)

- A. Estable - Cuando la empujamos, vuelve a su lugar original
- B. Inestable - se va en la dirección del empuje

Si lo que está debajo de la piedra (o digamos, de la pelota de playa) es más denso que la piedra (pelota), está en equilibrio estable

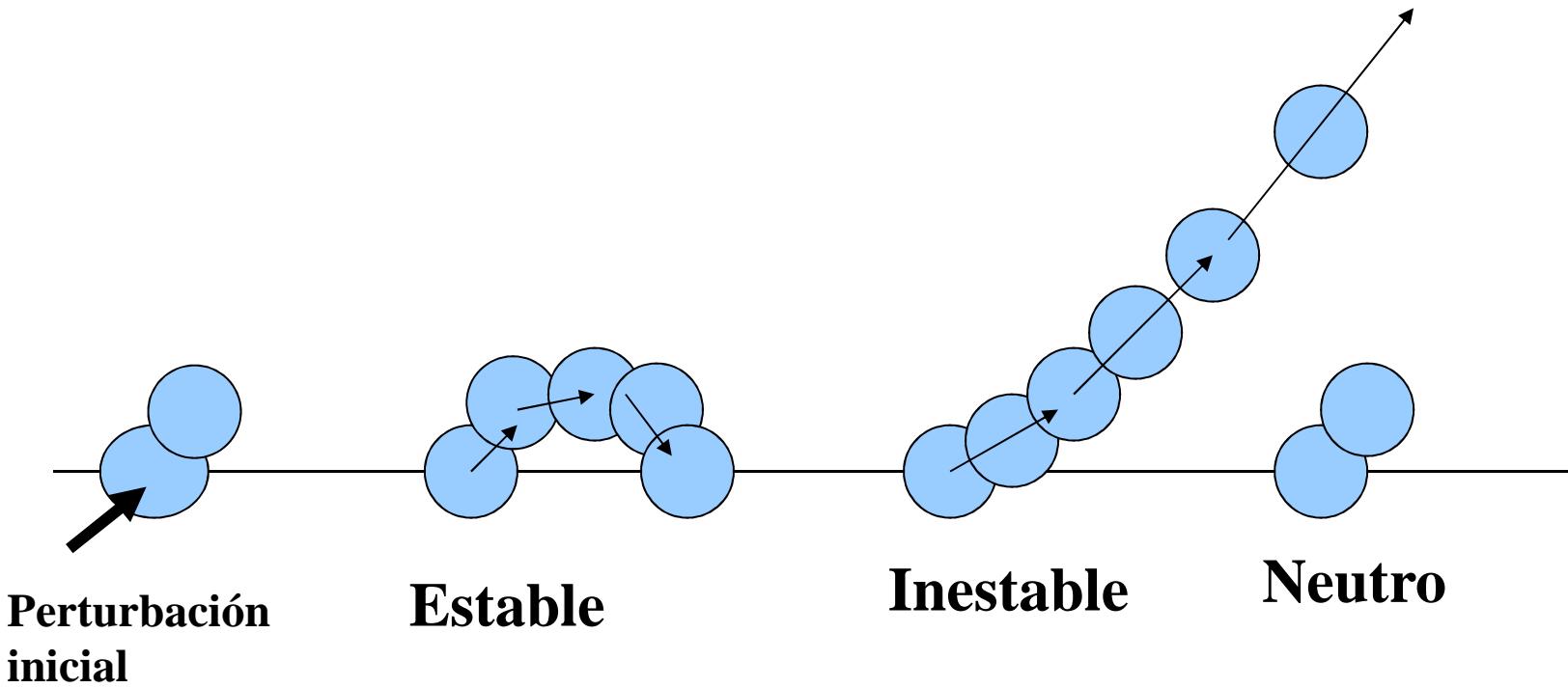


Equilibrio estable

# En la atmósfera

- ¿Quién da el empuje?
  - El terreno (montañas, etc.)
  - La biología (Árboles, nosotros, pájaros, insectos, etc.)
- ¿Qué importa?
  - Las nubes, la lluvia, etc - se producen por movimiento vertical en la atmósfera
  - El movimiento vertical en la atmósfera existe debido a
    - Movimientos forzados (el viento sube la montaña)
    - La inestabilidad
- En vez de piedras, burbujas (parcelas)

# Estabilidad en la atmósfera



Una partícula desplazada puede:

- Volver a su altura original
- Acelerar en la misma dirección
- Quedarse en el nuevo lugar

- Estable
- Inestable
- Neutro

# Densidad de una burbuja

- En un nivel dado
  - $p = \rho R_d T_v$ 
    - $p = \text{cte.}$
    - $R = \text{cte.}$
    - $k = p/R_d$  (cte.)
  - $\rho = k T_v^{-1}$
- En un nivel ( $p$ ) dado, más frío  $\rightarrow$  más denso
- Ahora, vamos a ver lo que pasa con los pequeños desplazamientos verticales

# ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCION

Método de la burbuja

Equilibrio hidrostático →  $0 = -g - \frac{1}{\rho'} \frac{\partial p}{\partial z}$

**‘prima=ambiental’**

Balance de  
fuerzas  
específicas

Si la burbuja no está en equilibrio hidrostático, acelerará

$$\frac{dw}{dt} = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \Rightarrow \frac{dw}{dt} = \frac{g(\rho' - \rho)}{\rho},$$

$$p = p' = \rho R_d T_v = \rho' R_d T_v' \Rightarrow \frac{dw}{dt} = \frac{g(T_v - T_v')}{T_v'}$$

Donde hemos considerado  $p = p'$ . Usando las expresiones de  $T = T(z)$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{g}{T_v'} [(T_{vo} - T_{vo}') + (\alpha_v - \gamma_v)(z - z_o)]$$



Pequeño  
desplazamiento  
vertical

Teniendo en cuenta que  $T'_{vo} = T_{vo}$  →

$$\boxed{\frac{dw}{dt} = \frac{gz(\alpha_v - \gamma_v)}{T_v'}}$$

## ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCION

$$\frac{dw}{dt} = \frac{gz(\alpha_v - \gamma_v)}{T'_v}$$

**Equilibrio inestable** z y dw/dt idéntico signo  $\rightarrow \alpha_v > \gamma'_v$

**Equilibrio indiferente**  $dw/dt = 0 \rightarrow \alpha_v = \gamma'_v$

**Equilibrio estable** z y dw/dt signos opuestos  $\rightarrow \alpha_v < \gamma'_v$

# ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCION

## Desplazamientos adiabáticos

### Aire no saturado

$$T_v = (1 + 0.61r_o)T \Rightarrow \gamma_v = (1 + 0.61r_o)\gamma = (1 + 0.61r_o) \left( \frac{g}{c_{pm}} \right) = \frac{(1 + 0.61r_o)}{(1 - 0.8r_o)} \left( \frac{g}{c_{pd}} \right) = (1 - 0.2r_o)\gamma_d \approx \gamma_d$$

Así las adiabáticas secas representan las curvas de expansión del aire no saturado

### Aire saturado

$$T'_v = (1 + 0.61r_s)T \Rightarrow \gamma'_{vs} = (1 + 0.61r_s)\gamma_s' - 0.61T' \frac{dr_s}{dz}$$

$$dr_s/dz < 0 \Rightarrow \gamma'_{vs} - \gamma_s' > 0 \text{ Aunque se admite } \gamma'_{vs} \approx \gamma_s$$

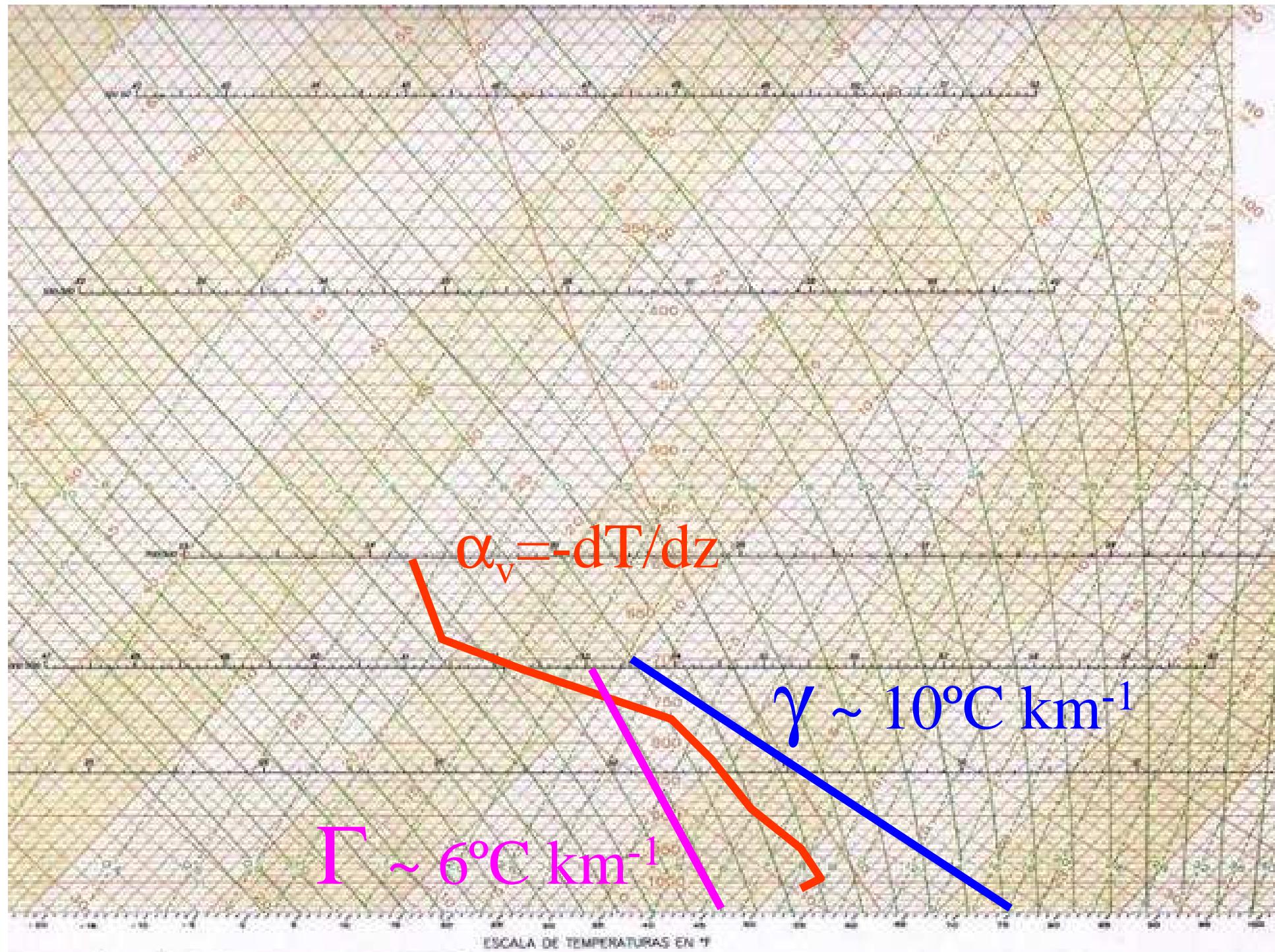
### Relación entre el gradiente geométrico de T y T<sub>v</sub>

$$\alpha_v = (1 + 0.61r)\alpha - 0.61T \frac{dr}{dz} \text{ puesto que } dr/dz < 0 \Rightarrow \alpha_v > \alpha \text{ Aunque } \alpha_v \approx \alpha$$

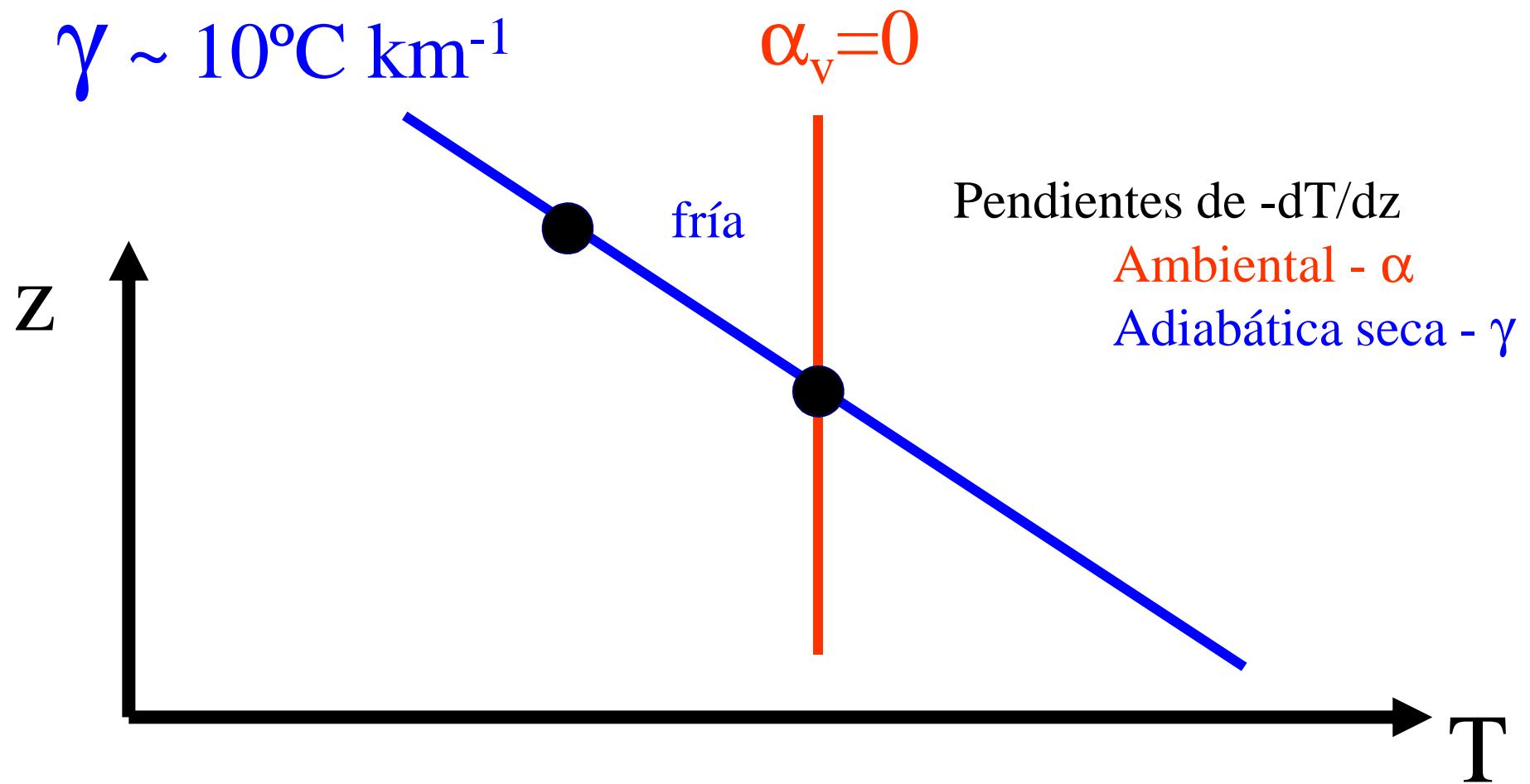
Luego el análisis de estabilidad del aire húmedo se puede llevar a cabo usando los gradientes geométrico de temperatura,  $\alpha$ , y los gradientes adiabáticos seco,  $\gamma_d$ , y saturado,  $\gamma_s$ .

# La Estabilidad Estática

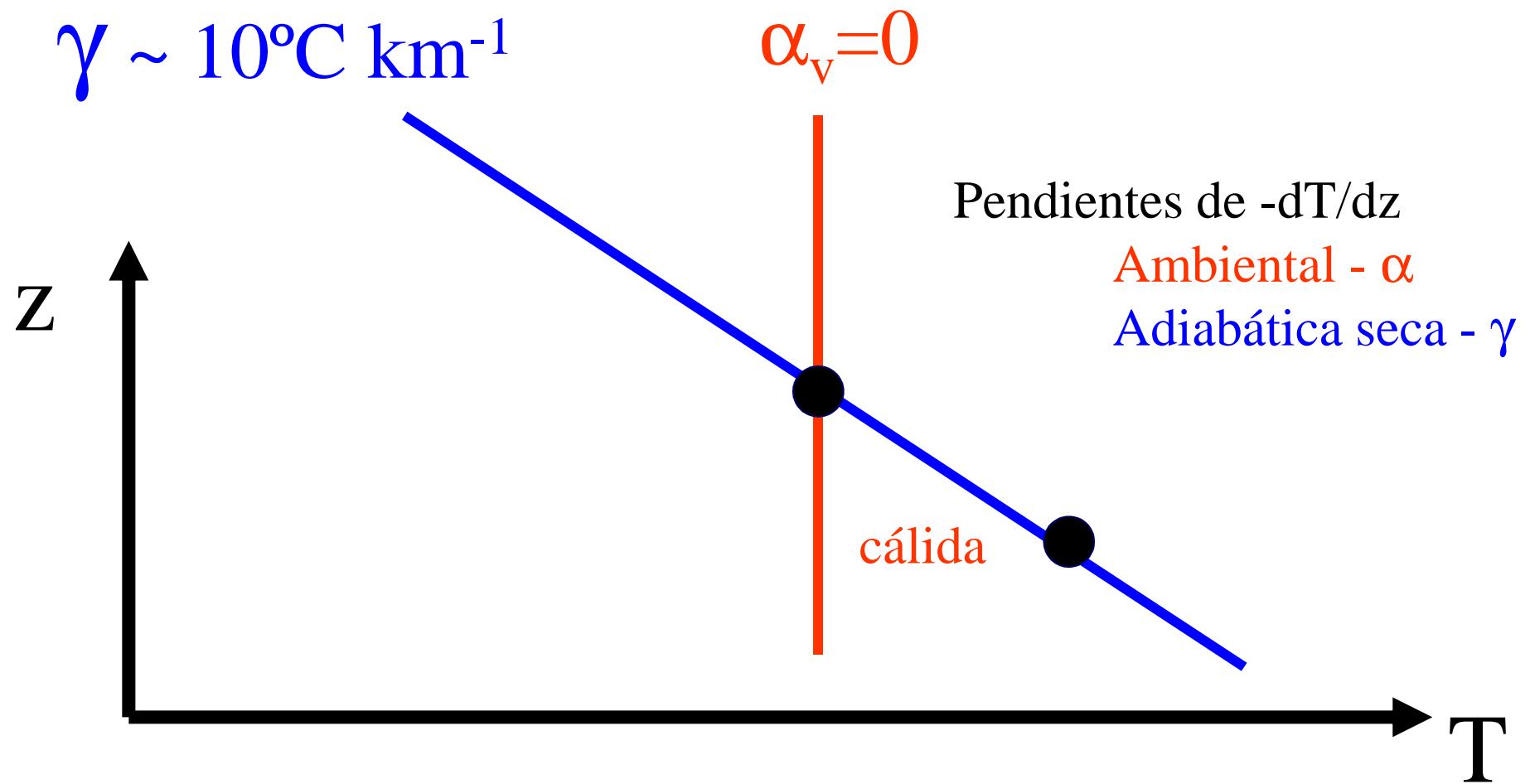
- Examinaremos las pendientes de  $-dT_v/dz$ 
  - Ambiental -  $\alpha_v$
  - Adiabática seca -  $\gamma$
  - Pseudoadiabática -  $\Gamma$



Ejemplo: una capa seca y isotérmica



Ejemplo: una capa seca y isotérmica



# Conclusión Inicial

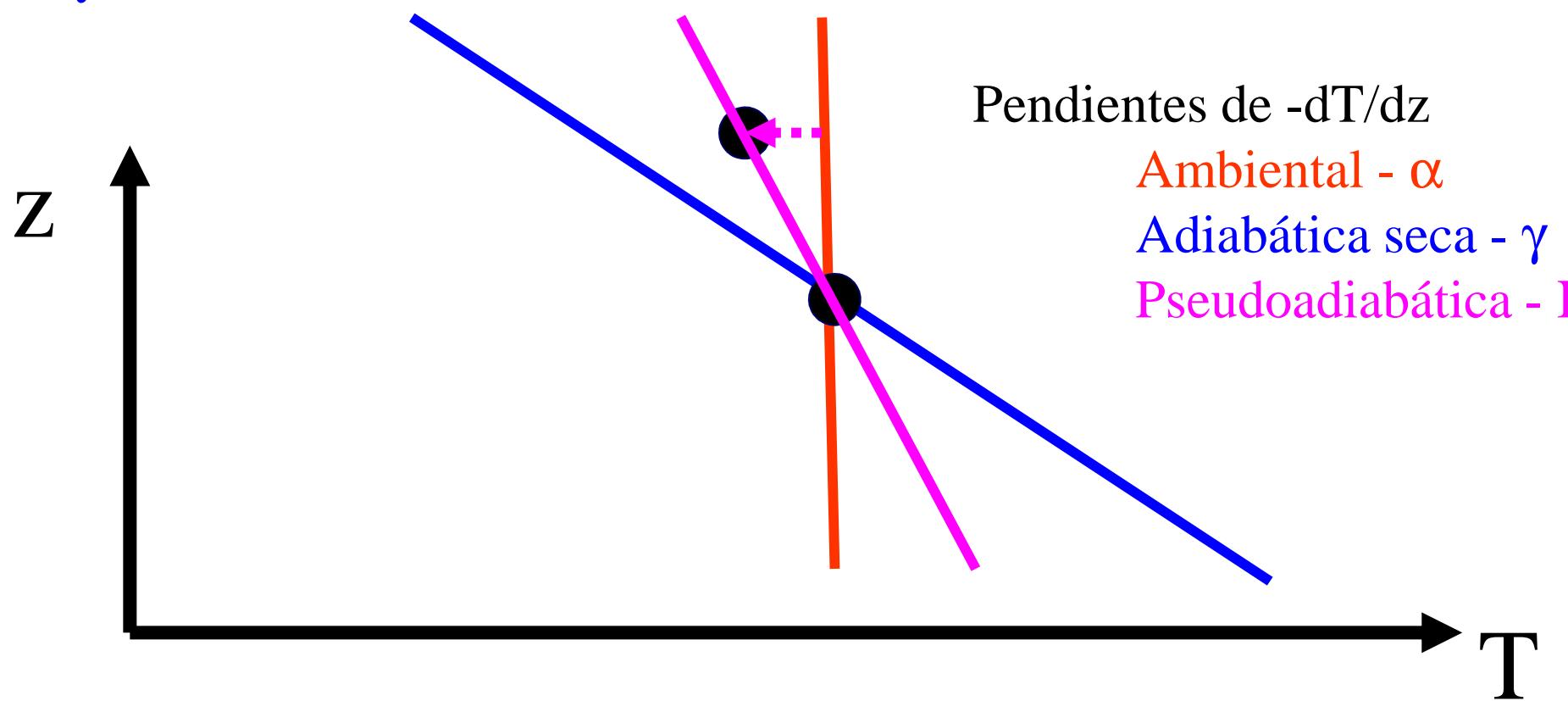
- Una capa isotérmica y seca es estable
- ¿Qué pasa si no está seca la capa isotérmica?
  - Procesos pseudoadiabáticos
  - Comparar  $\alpha_v$  con  $\Gamma$

# Ejemplo: una capa isotérmica

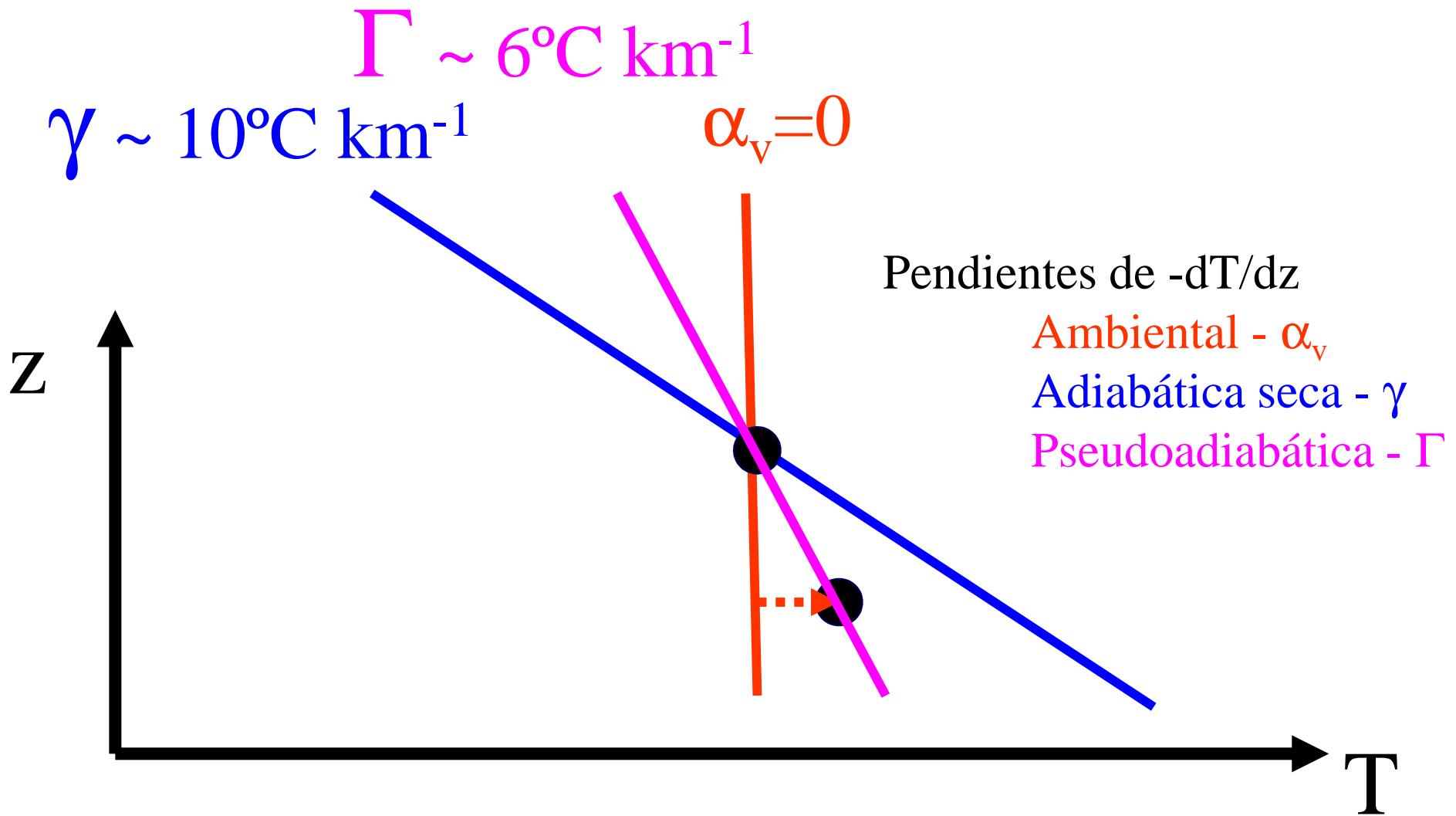
$$\Gamma \sim 6^{\circ}\text{C km}^{-1}$$

$$\gamma \sim 10^{\circ}\text{C km}^{-1}$$

$$\alpha_v = 0$$



# Ejemplo: una capa isotérmica



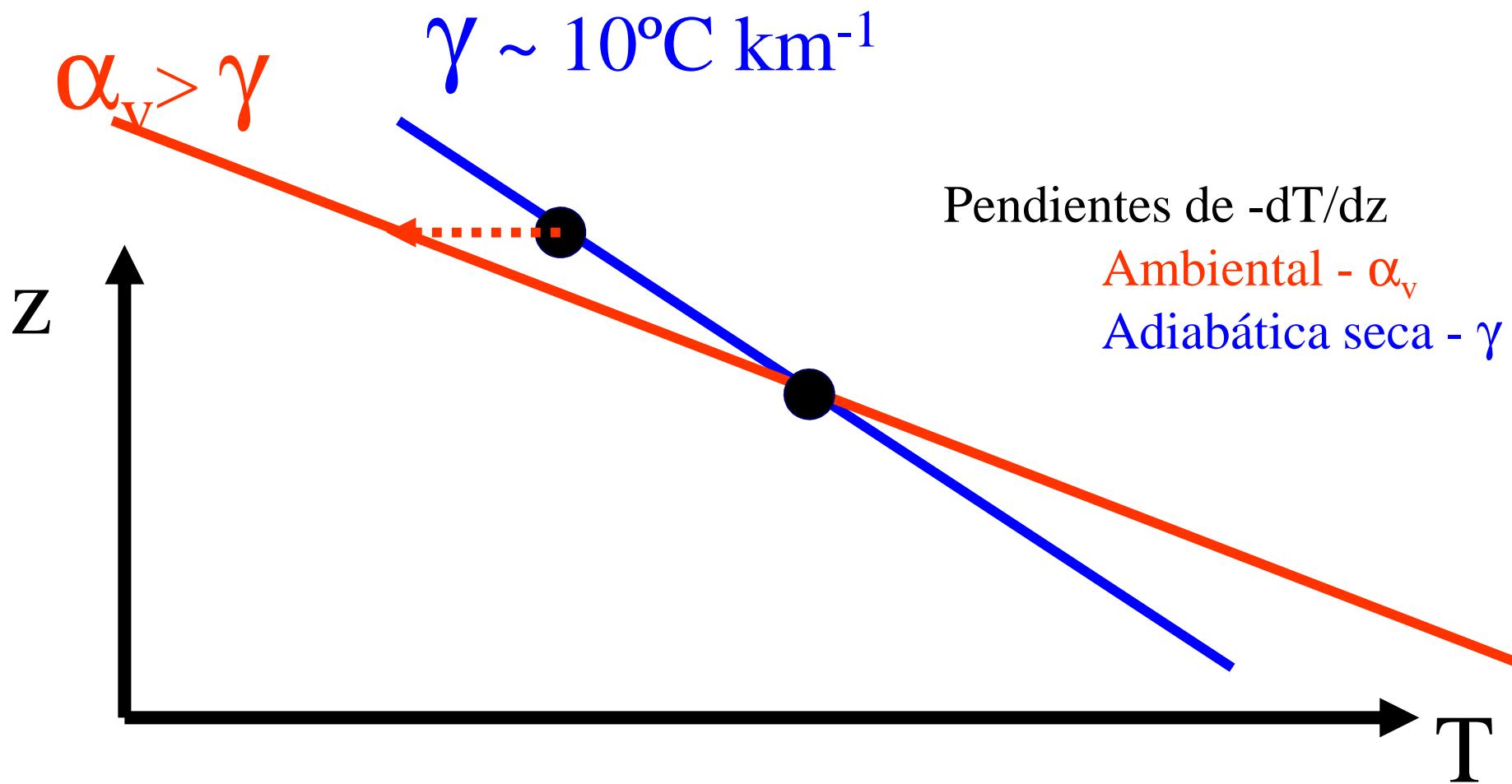
# Conclusión Inicial

- Una capa isotérmica y seca es estable
- ¿Qué pasa si no está seca la capa isotérmica?
  - Da igual
  - Una capa isotérmica es estable

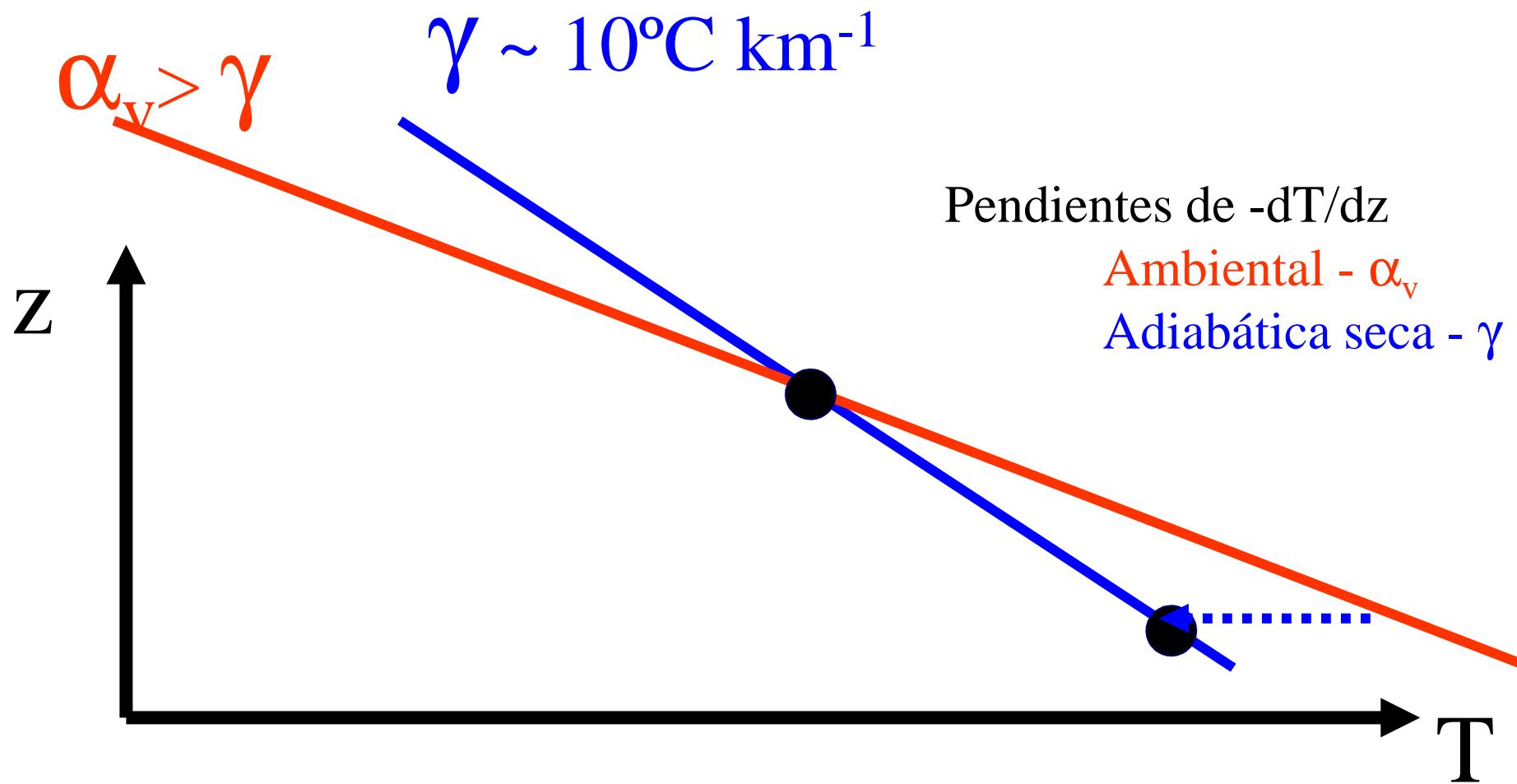
# Unas Preguntas Interesantes

- 1. ¿Qué pasa con  $\alpha_v$  cuando el sol calienta la superficie?
- 2. ¿Qué pasa de noche?

# Ejemplo: insolación fuerte en la capa superficial

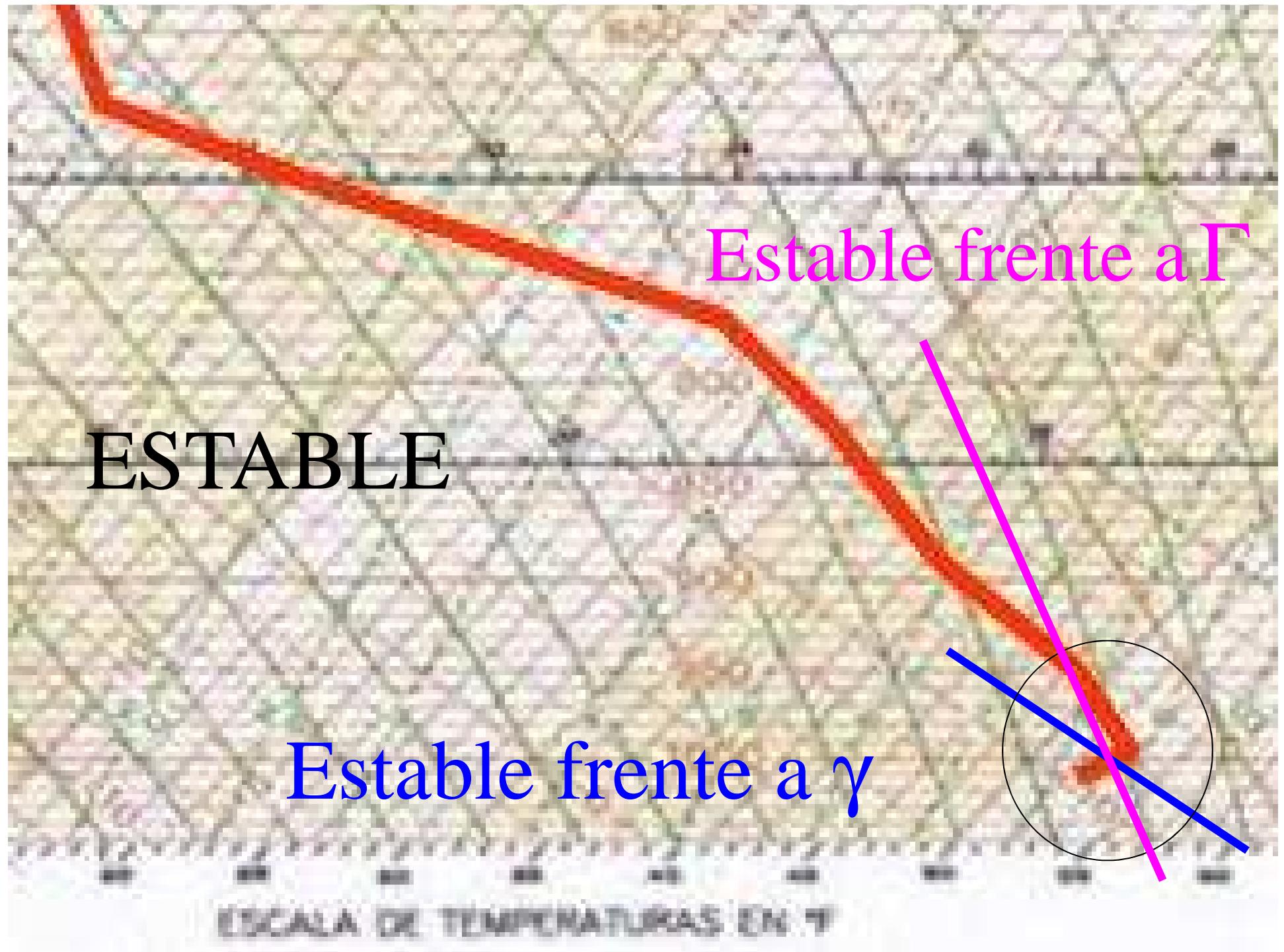


# Ejemplo: insolación fuerte en la capa superficial



# Unas Preguntas Interesantes

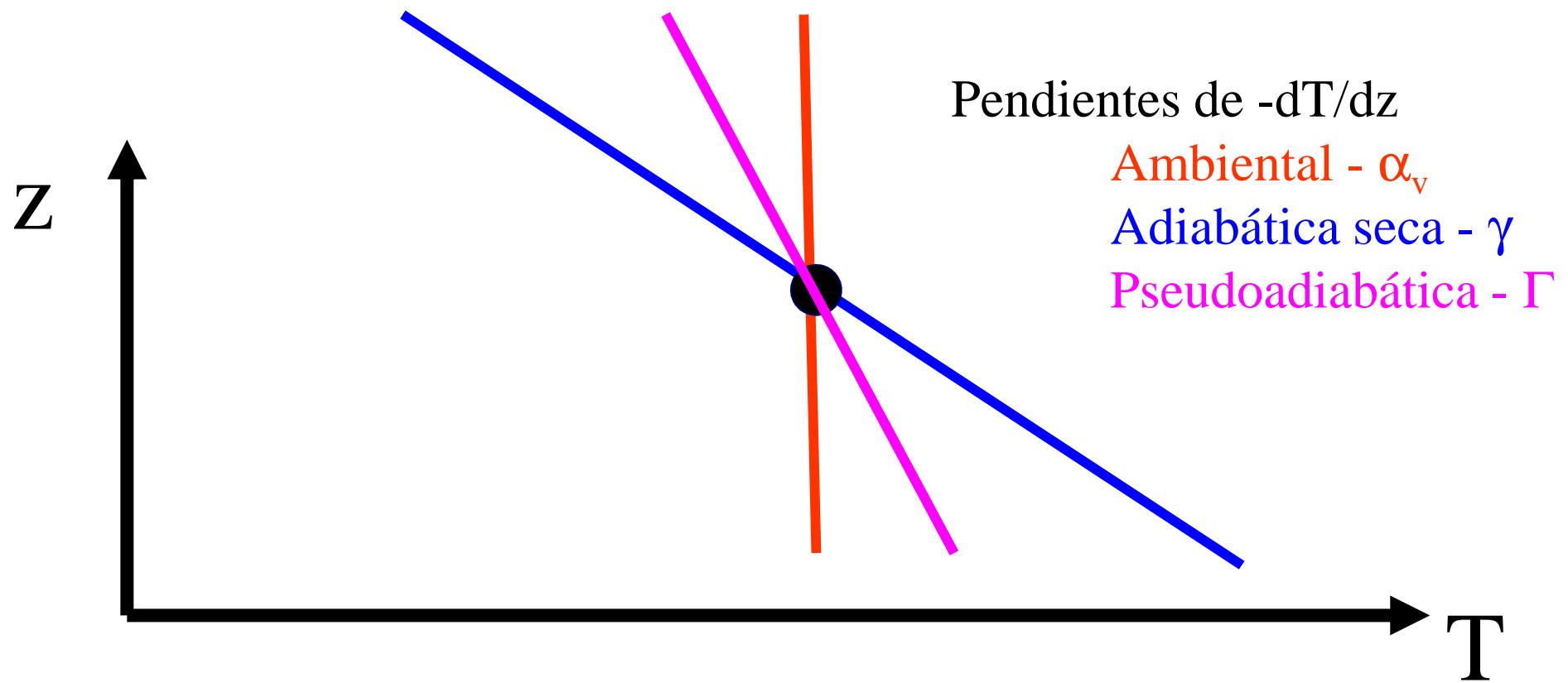
- 1. ¿Qué pasa con  $\alpha_v$  cuando el sol calienta la superficie?
  - La insolación es una fuente de inestabilidad
- 2. ¿Qué pasa de noche?

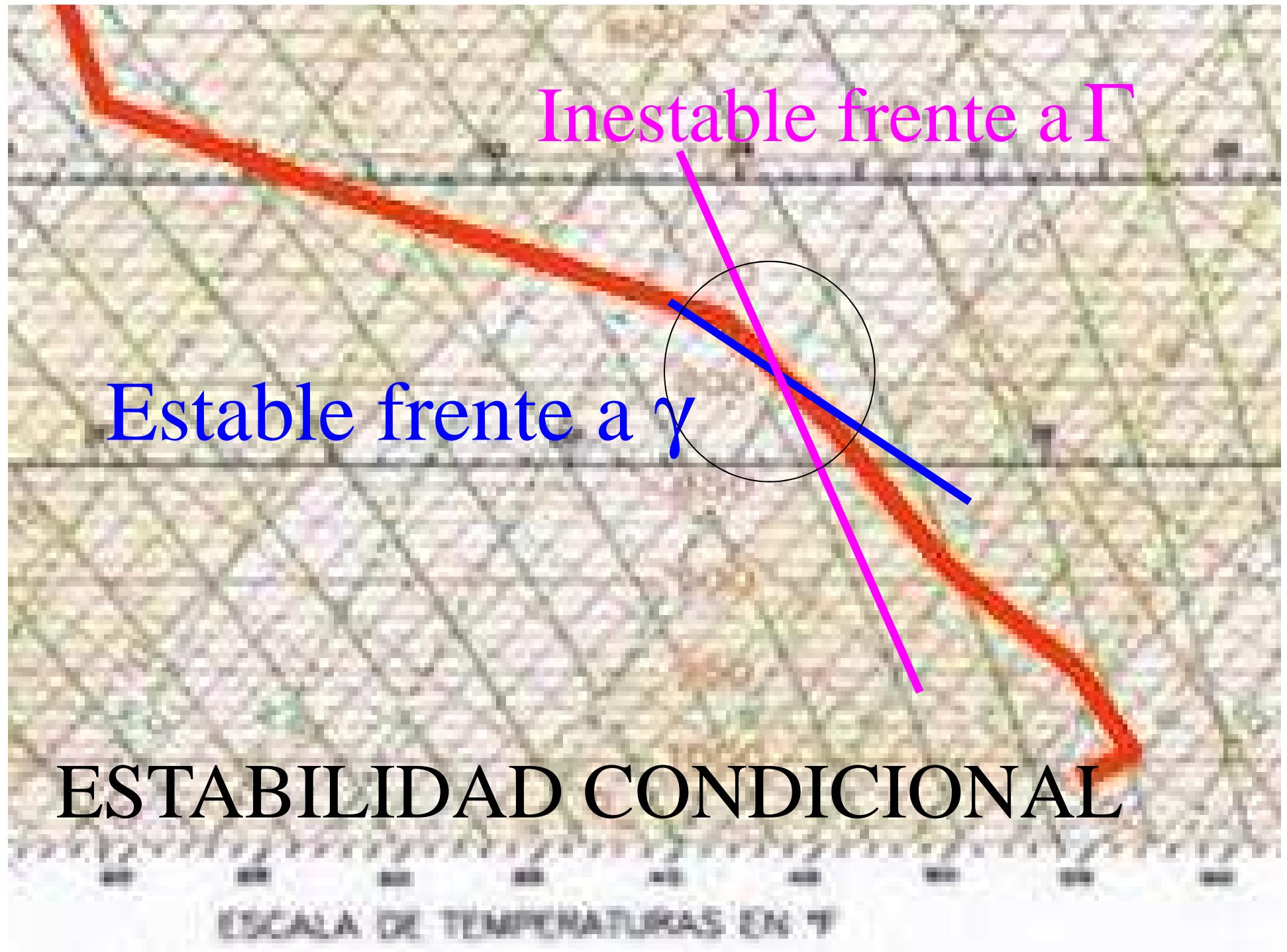


# Unas Preguntas Interesantes

- 1. ¿Qué pasa con  $\alpha_v$  cuando el sol calienta la superficie?
  - La insolación es una fuente de inestabilidad
- 2. ¿Qué pasa de noche?
  - Enfriamiento de la superficie
  - Supresión de la turbulencia (estable)

# Estabilidad Condicional

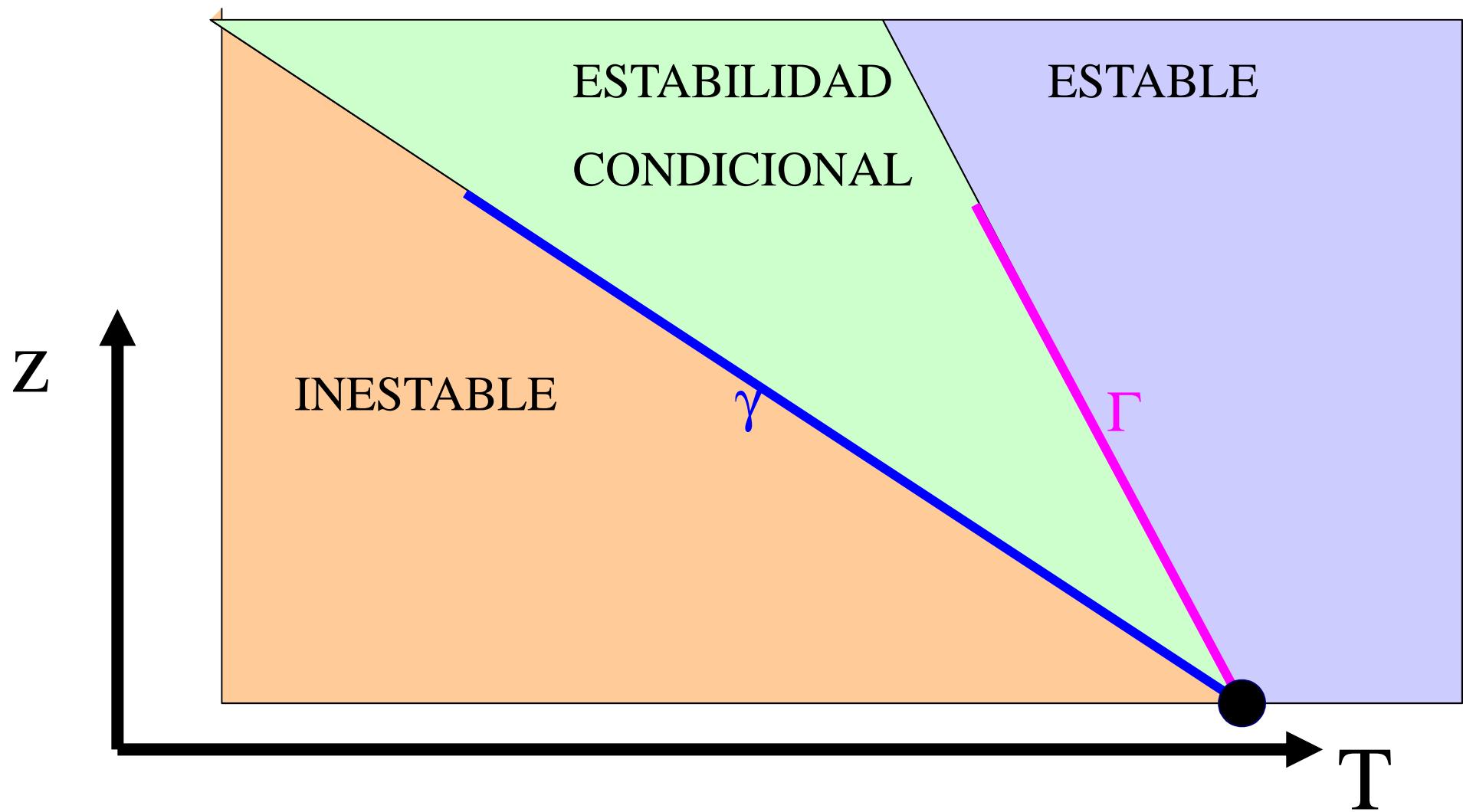




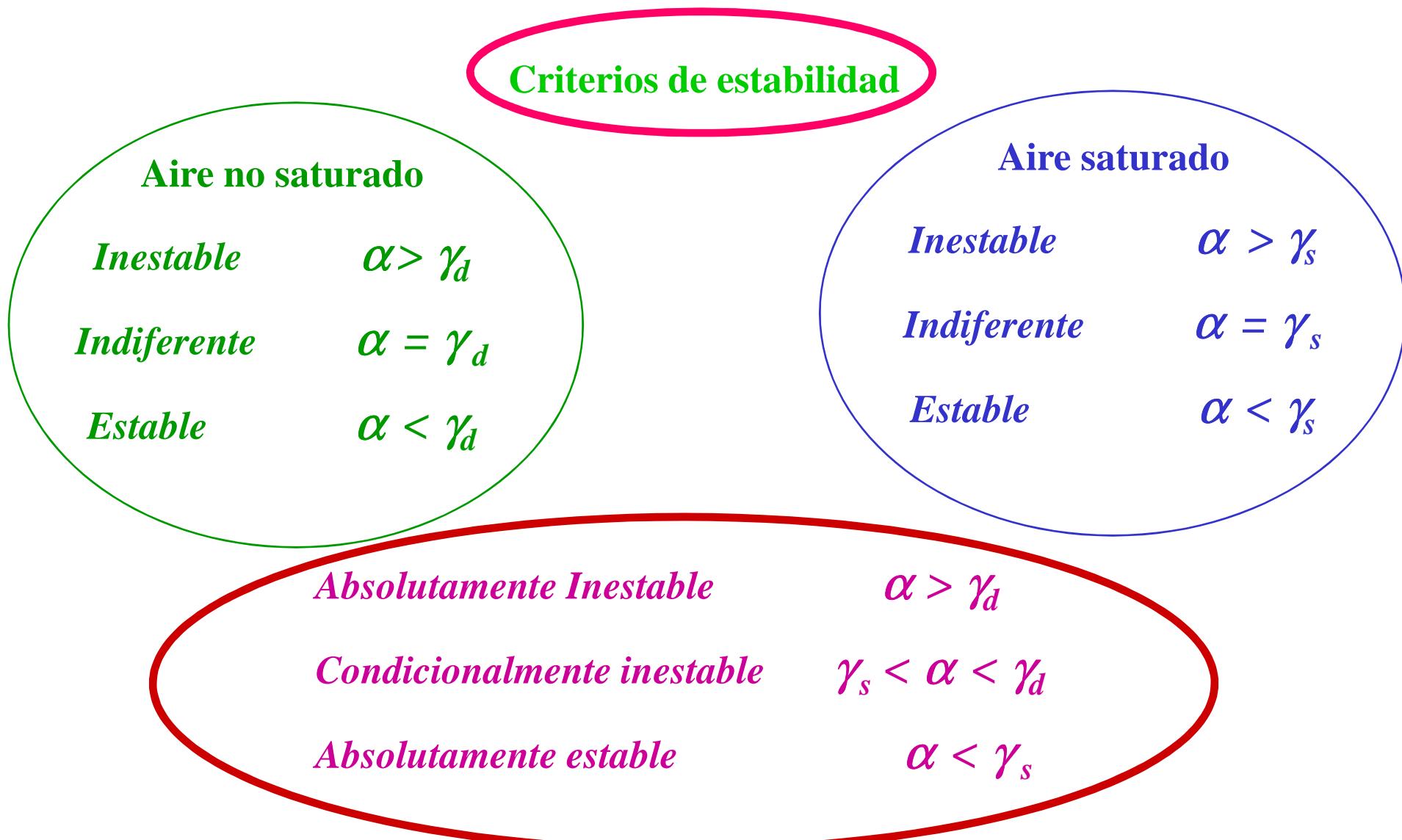
# Estados locales de estabilidad

- $\alpha_v < 0 \rightarrow$  Inversión, muy estable
- $\alpha_v < \Gamma \rightarrow$  Estable
- $\Gamma < \alpha_v < \gamma \rightarrow$  Estabilidad condicional
  - Seco  $\rightarrow$  Estable
  - Saturado  $\rightarrow$  Inestable
- $\alpha_v > \gamma \rightarrow$  Inestable
- $\alpha_v = \gamma \rightarrow$  Neutro (seco)
- $\alpha_v = \Gamma \rightarrow$  Neutro (saturado)

# Estados locales de estabilidad



# ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCION



# ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCION

*Absolutamente Inestable*

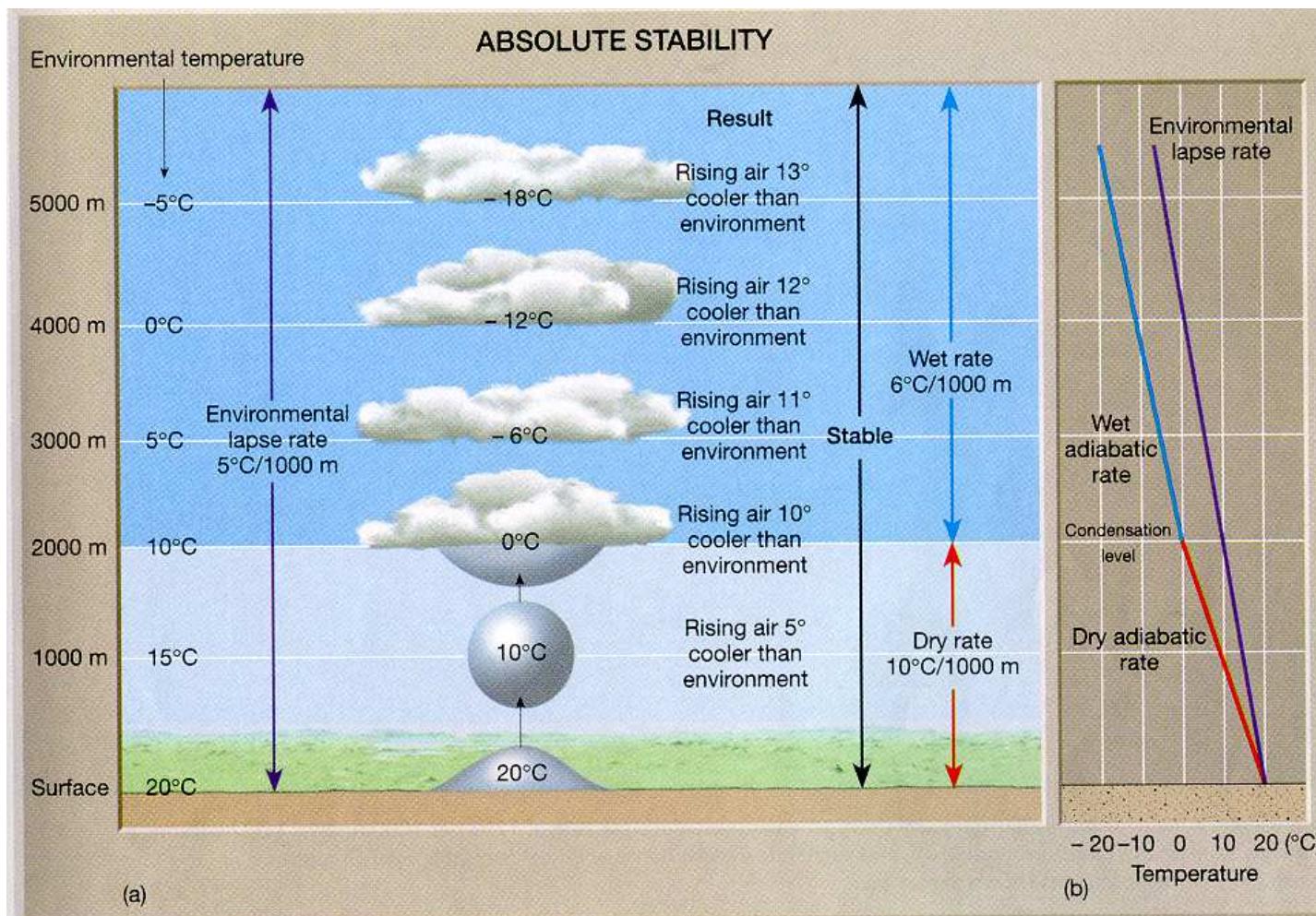
$$\alpha > \gamma_d$$

*Condisionalmente inestable*

$$\gamma_s < \alpha < \gamma_d$$

*Absolutamente estable*

$$\alpha < \gamma_s$$



# ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCION

*Absolutamente Inestable*

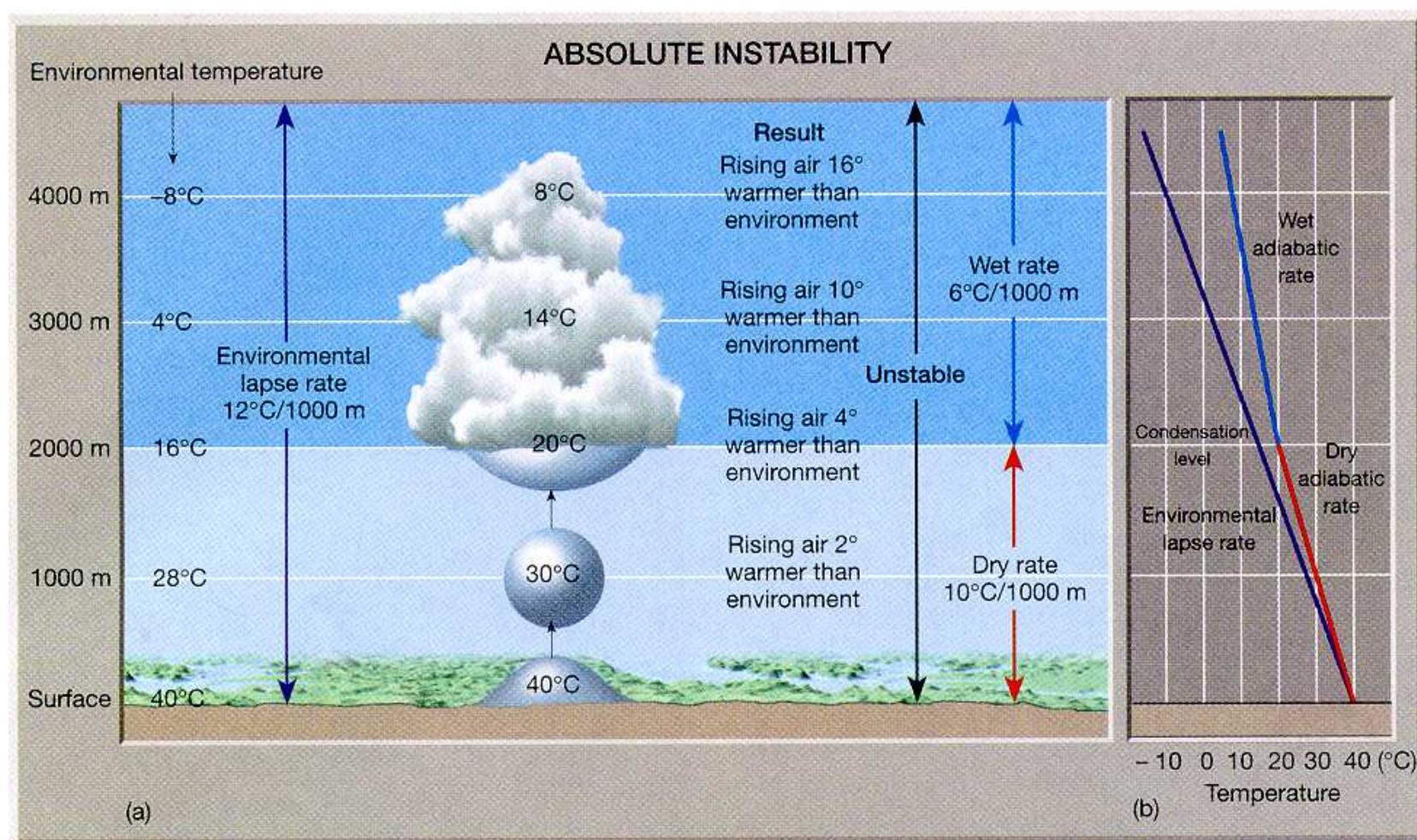
$$\alpha > \gamma_d$$

*Condisionalmente inestable*

$$\gamma_s < \alpha < \gamma_d$$

*Absolutamente estable*

$$\alpha < \gamma_s$$



# **TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.**

- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

# ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCION

Criterios de estabilidad en función de la temperatura potencial  $\theta$

$$\theta = T \left( \frac{100}{p} \right)^{\frac{R_d}{c_{pd}}}$$

$$\ln \theta = \ln T + \frac{R_d}{c_{pd}} \ln 1000 - \frac{R_d}{c_{pd}} \ln p$$

$$d \ln \theta = d \ln T - \frac{R_d}{c_{pd}} d \ln p$$

$$\frac{d\theta}{\theta} = \frac{dT}{T} - \frac{R_d}{c_{pd}} \frac{dp}{p}$$

$$\frac{1}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{1}{T} \frac{\partial T}{\partial z} - \frac{R_d}{c_{pd} p} \frac{\partial p}{\partial z}$$

$$dp = -\rho g dz \quad \text{y} \quad p = \rho R_d T$$

$$\frac{T}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{g}{c_{pd}} - \alpha = \gamma_d - \alpha$$

# ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCION

$$\frac{T}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} = \gamma_d - \alpha$$

De modo que los criterios de estabilidad pueden expresarse

Aire no saturado

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} < 0$$

Criterio

inestable

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = 0$$

indiferente

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} > 0$$

estable

Aire saturado

$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} < 0$$

$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} = 0$$

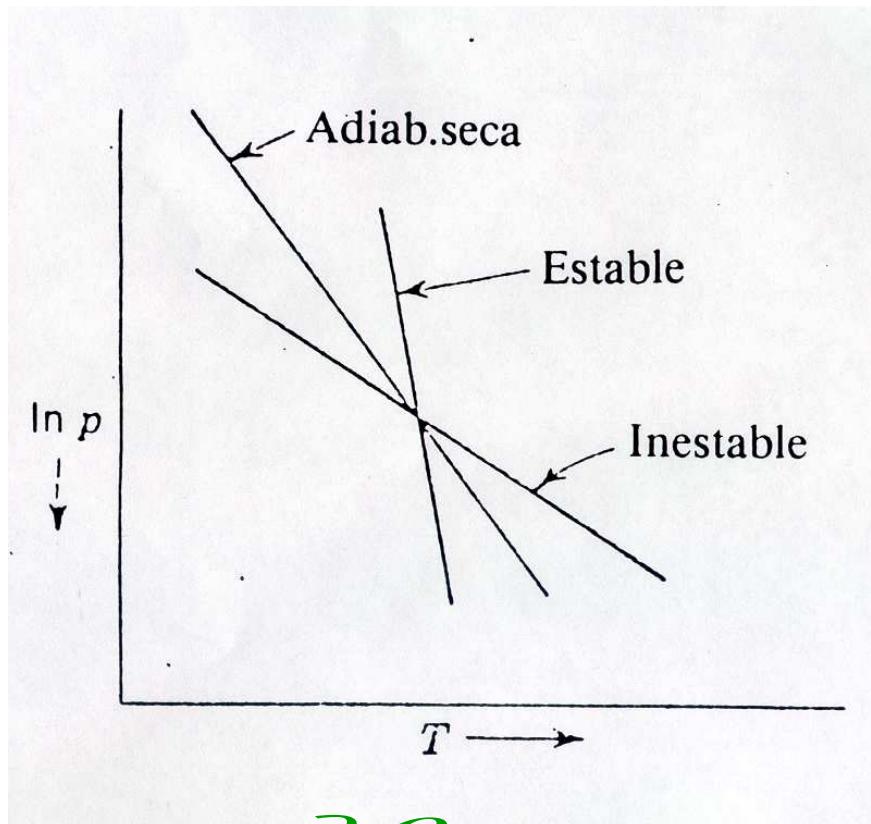
$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} > 0$$

Comparar gradiente ambiental con

Adiabático Seco

Pseudoadiabático

## CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS TEMPERATURAS POTENCIALES $\theta$ Y $\theta_{sw}$



$$\frac{\partial \theta}{\partial z} < 0$$

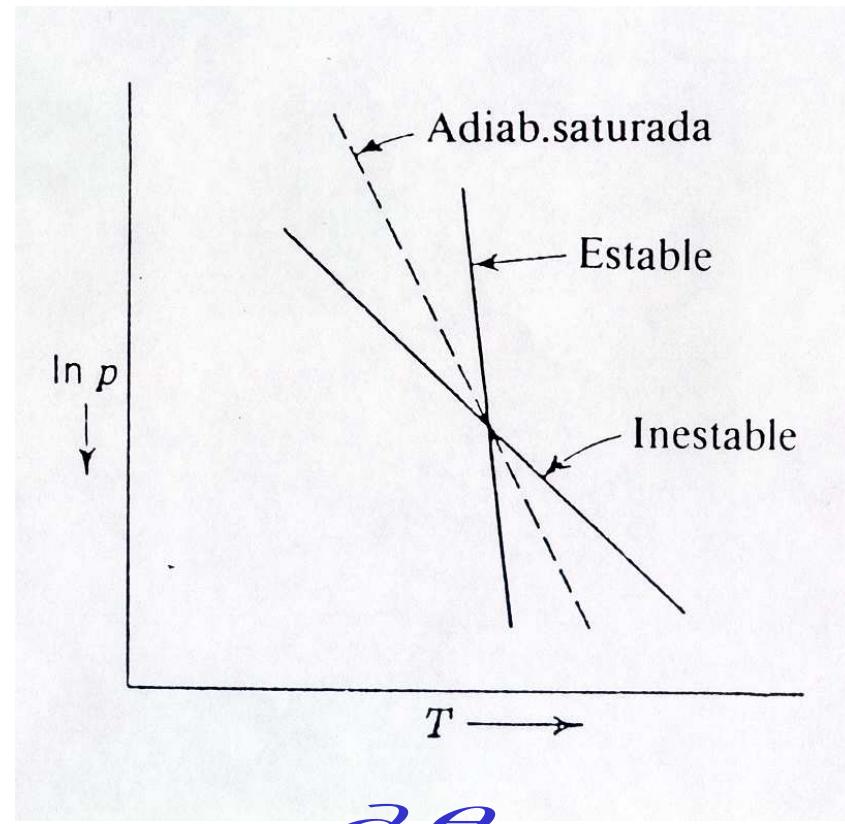
inestable

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = 0$$

indiferente

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} > 0$$

estable



$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} < 0$$

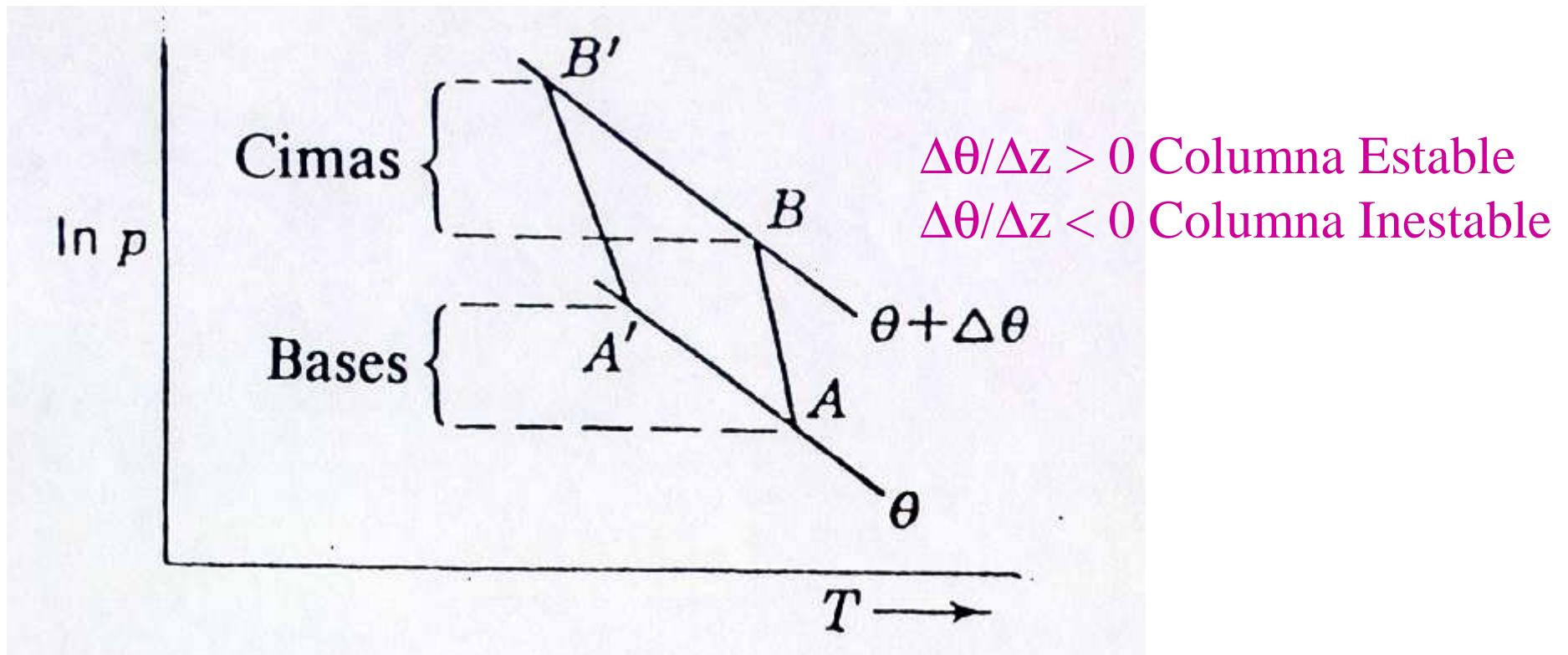
$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} > 0$$

# **TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.**

- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

# DESARROLLO VERTICAL.



$\Delta z \uparrow$  en el ascenso  $\Rightarrow |\Delta\theta/\Delta z| \downarrow \Rightarrow |\Delta\theta/\Delta z| \rightarrow 0$



P. adiabático

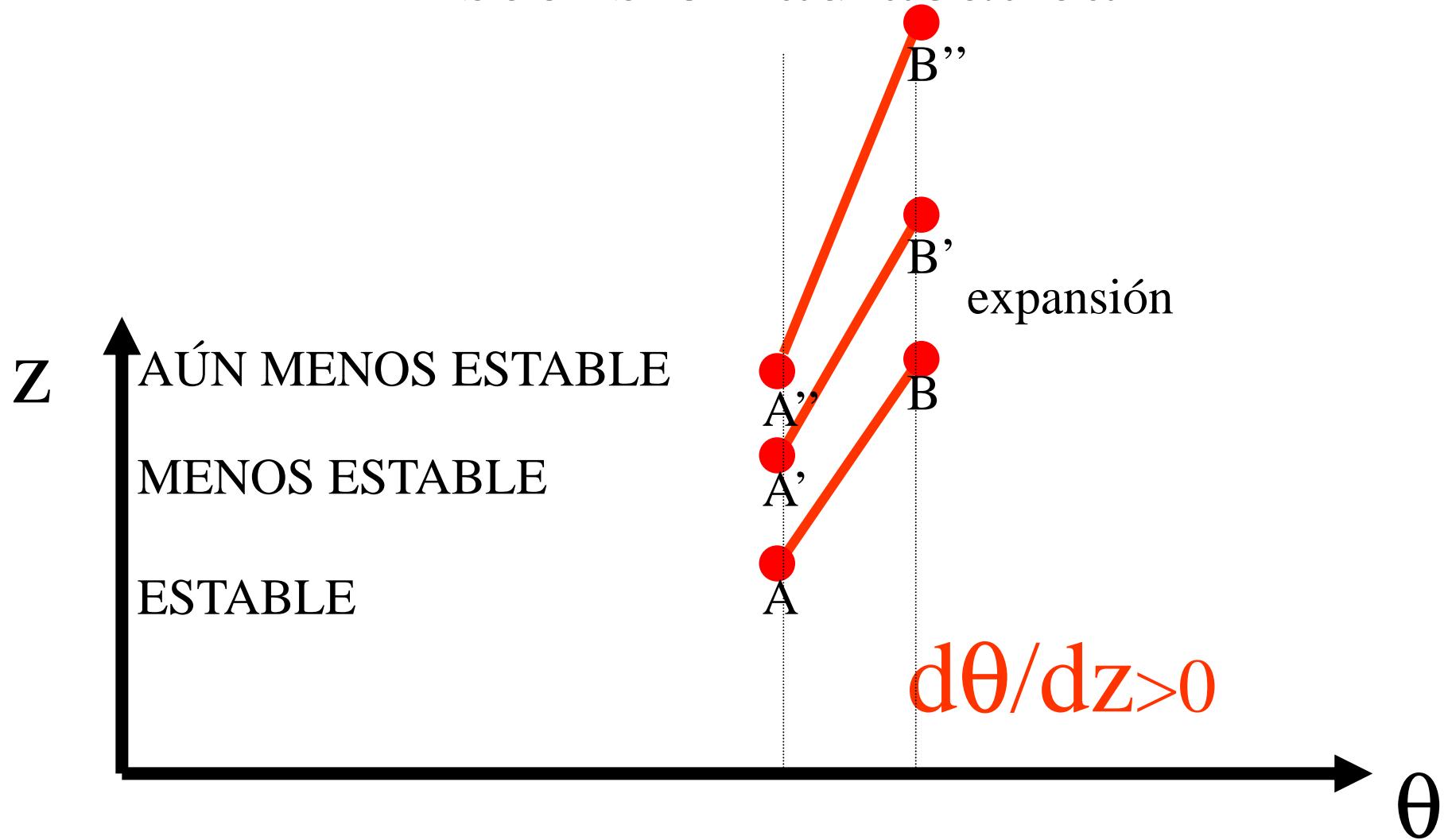
$\Delta\theta = \text{cte}$



$\Delta z \downarrow$  en el descenso  $\Rightarrow |\Delta\theta/\Delta z| \uparrow \Rightarrow |\Delta\theta/\Delta z| \text{ se aleja de } 0$

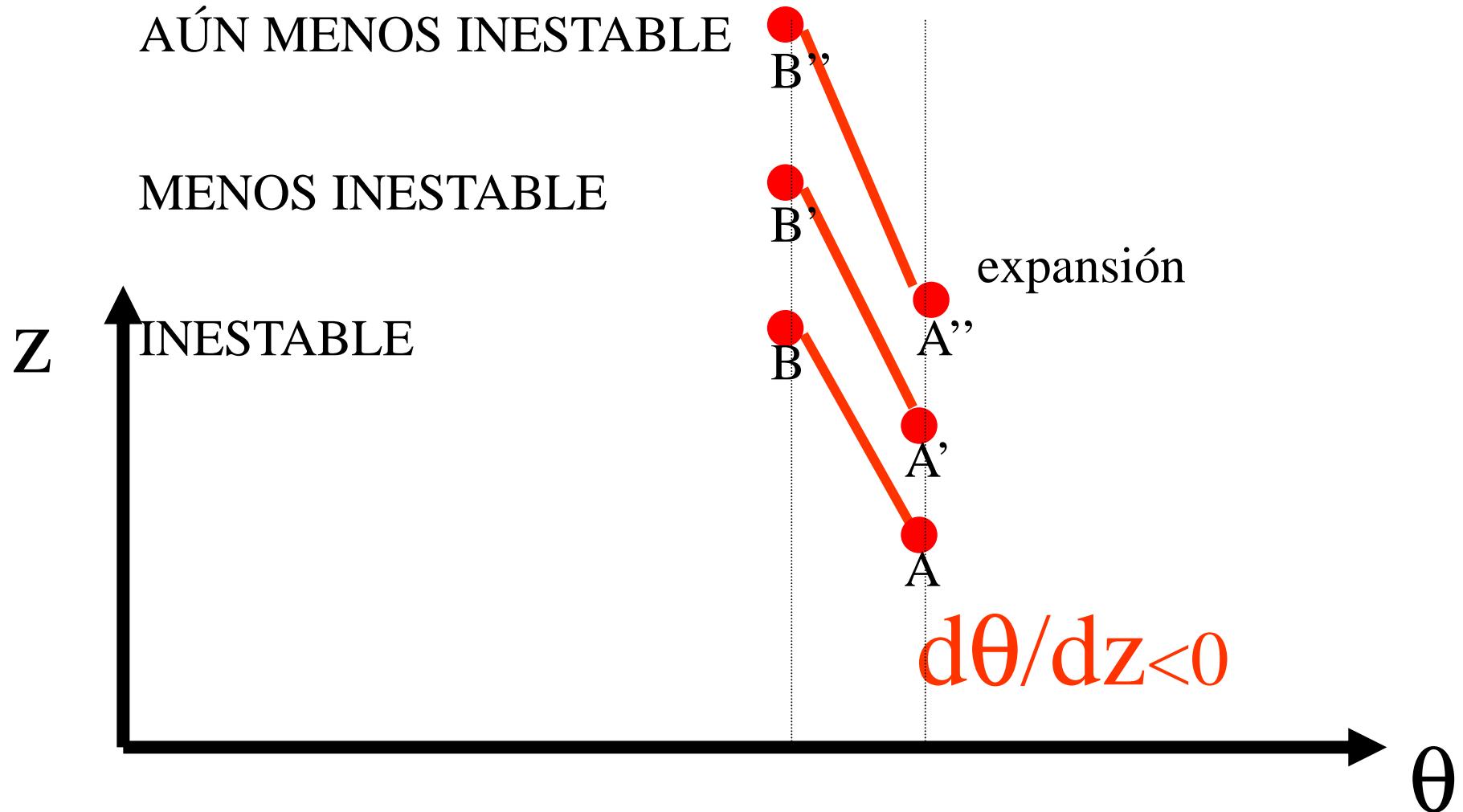
# Desarrollo Vertical

## Ascensión adiabática

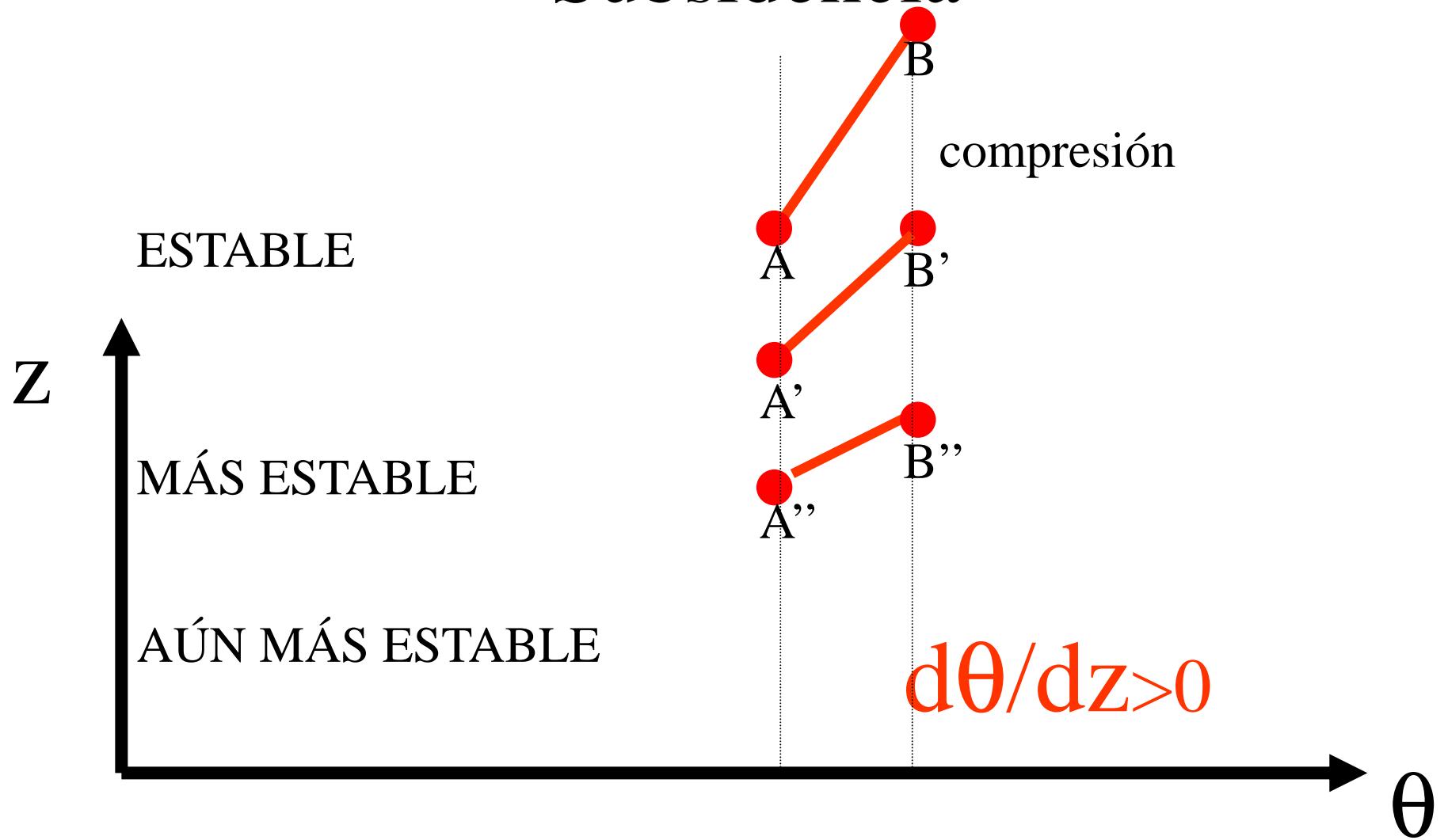


# Desarrollo Vertical

## Ascensión adiabática



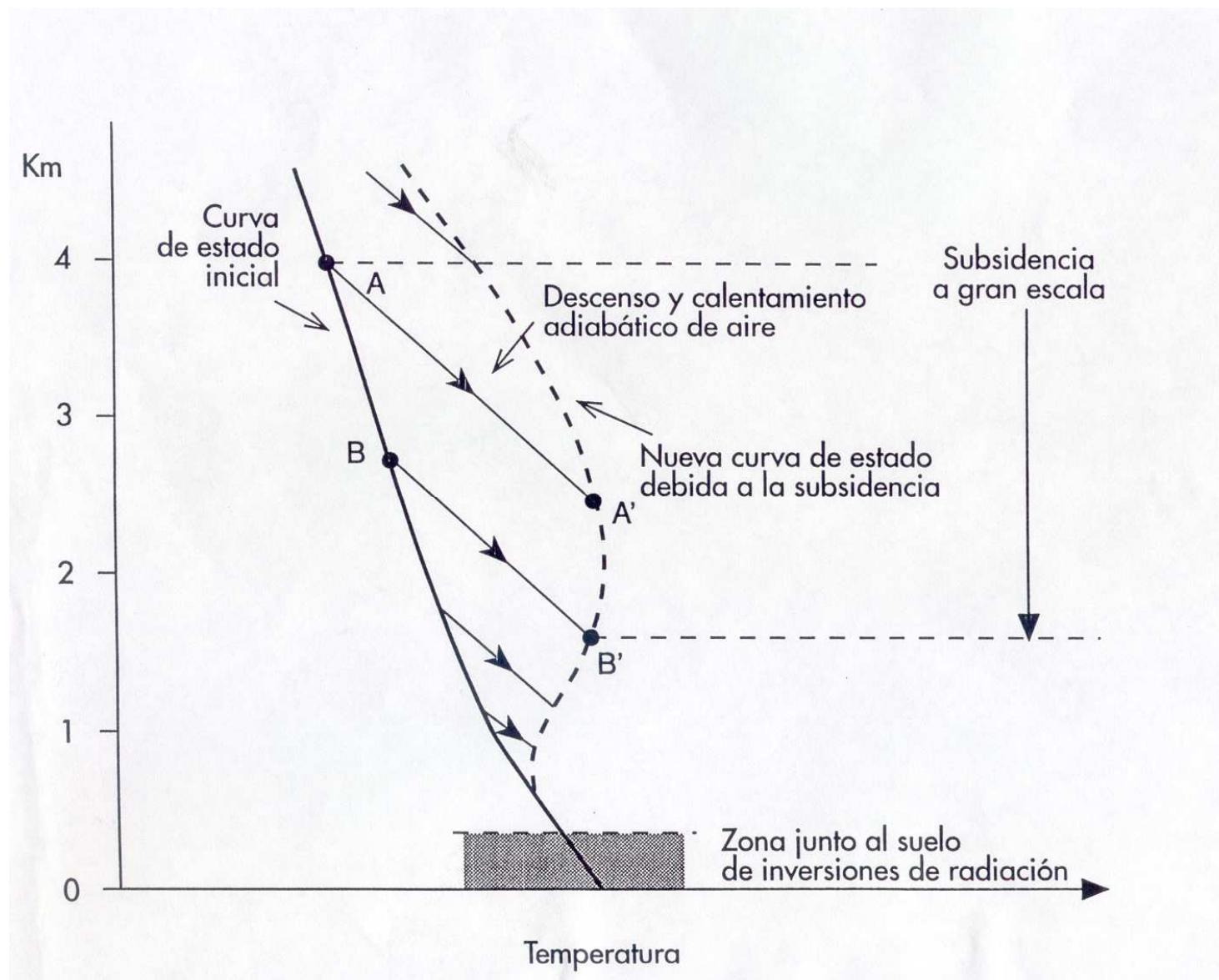
# Desarrollo Vertical Subsidencia



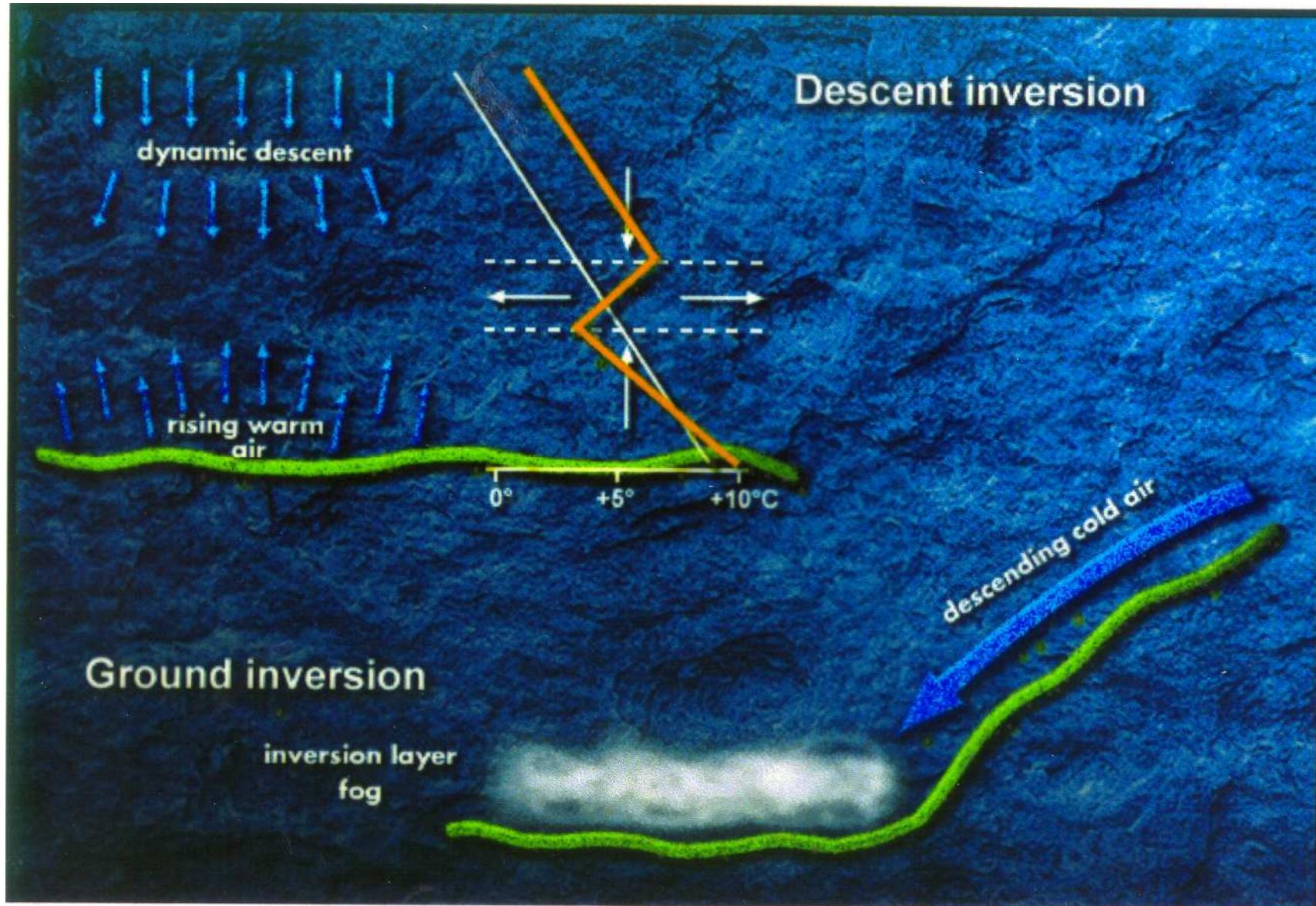
# **TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.**

- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

# INVERSION DE SUBSIDENCIA



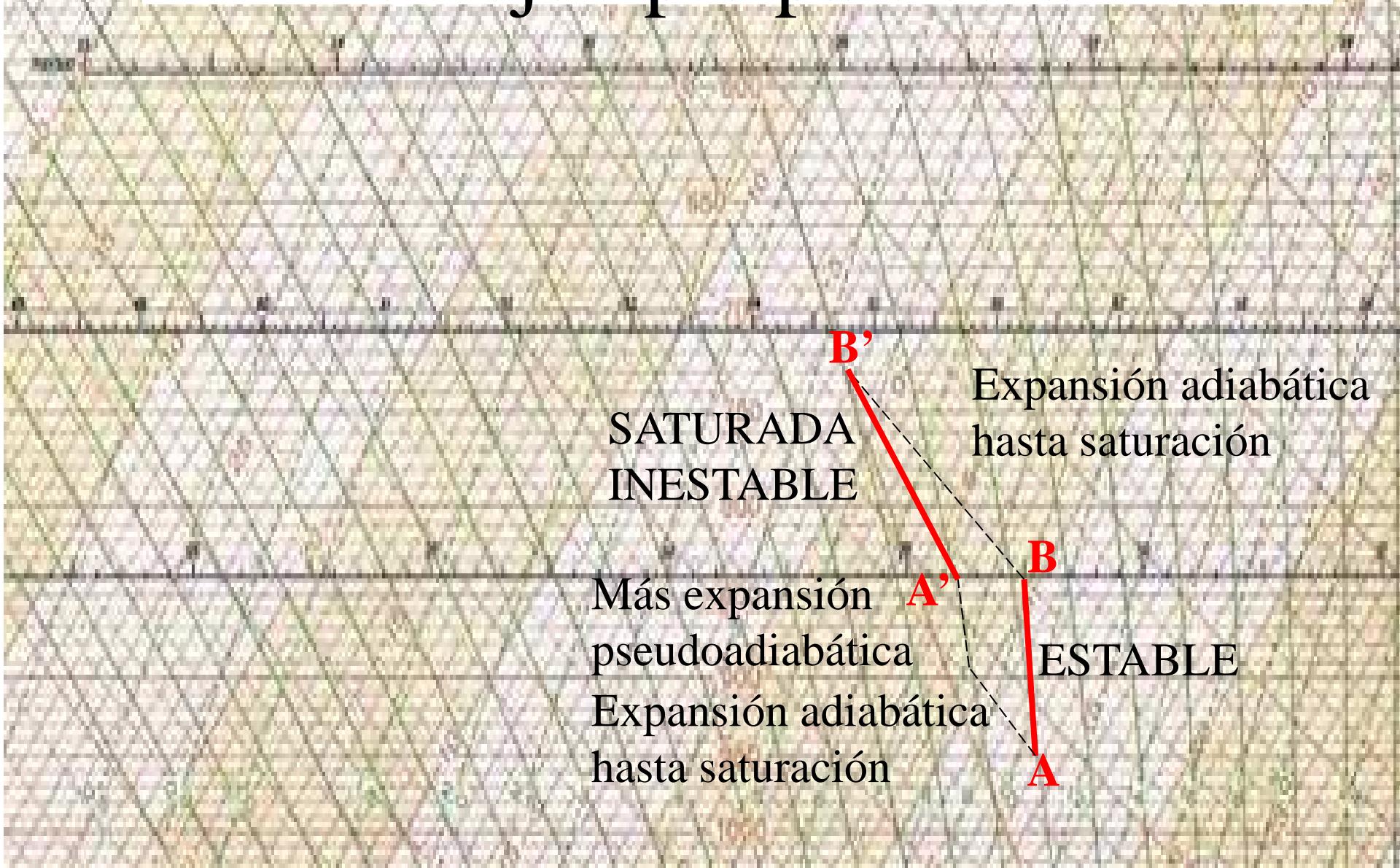
# INVERSION DE SUBSIDENCIA



# **TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.**

- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

# Inestabilidad potencial: un ejemplo particular

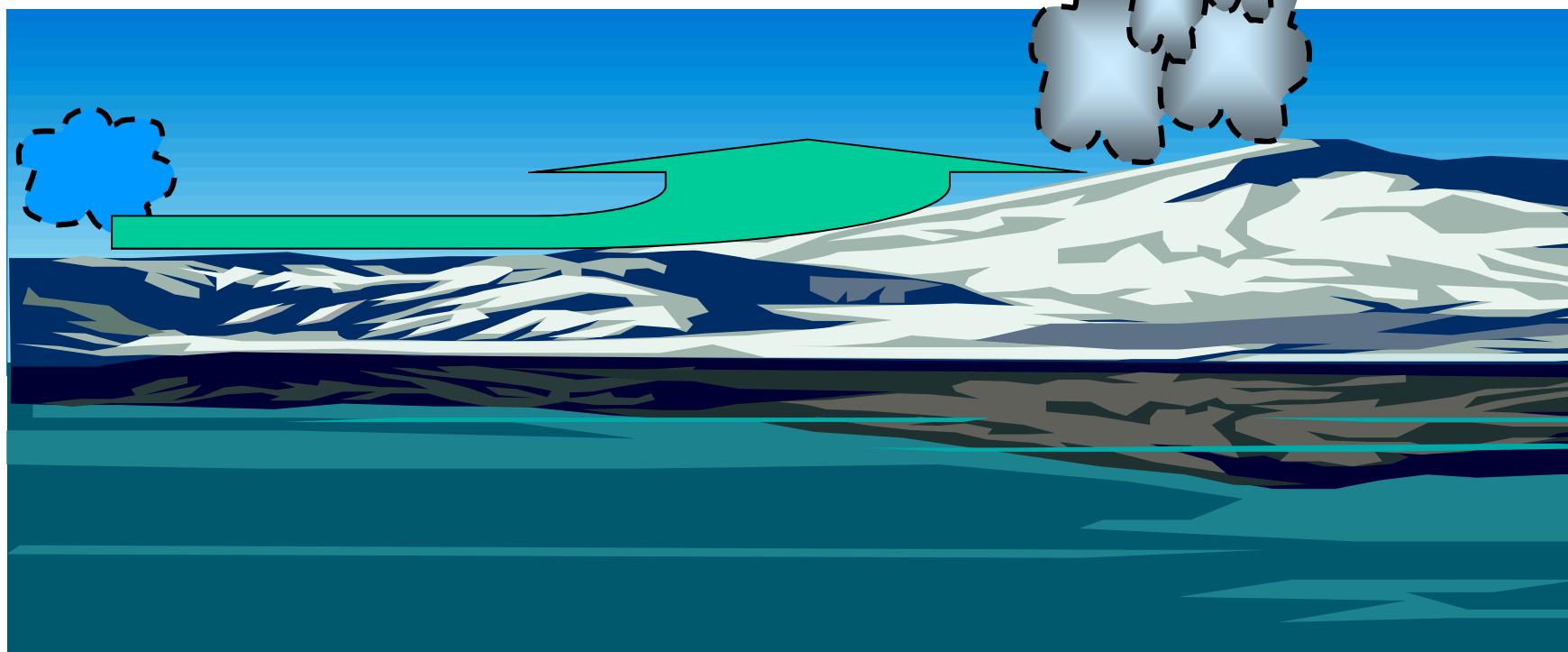


# Estabilidad Potencial

ESTABLE

ASCENSO  
FORZADO

INESTABLE



# DESARROLLO VERTICAL. INESTABILIDAD POTENCIAL

Potencialmente  
inestable

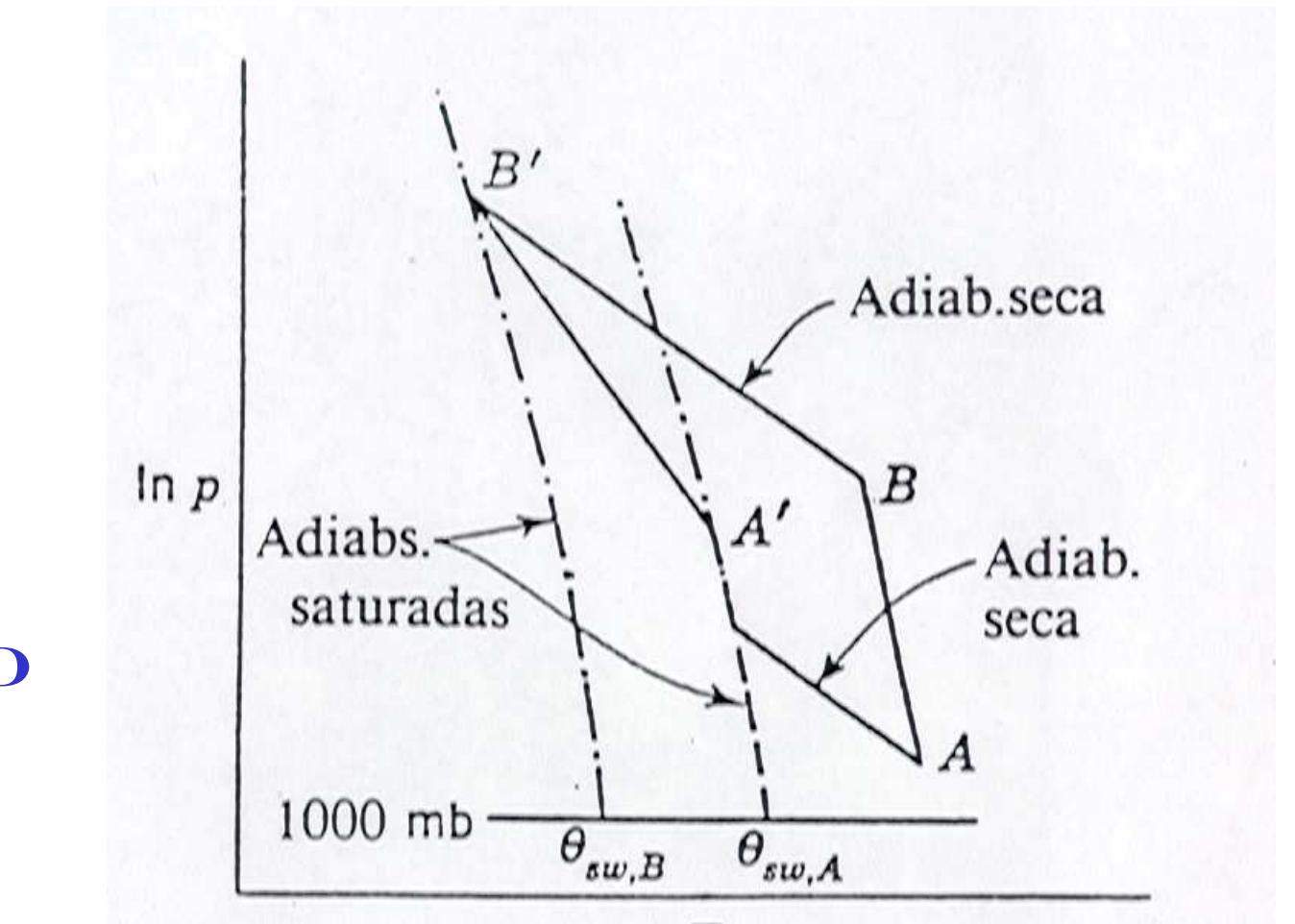
$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} < 0$$

Potencialmente  
indiferente

$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} = 0$$

Potencialmente  
estable

$$\frac{\partial \theta_{sw}}{\partial z} > 0$$



Ascenso en columna hasta alcanzar la saturación

# TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.

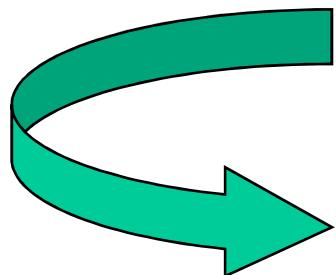
- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

# Inestabilidad Latente

- Si se levantase una parcela con propiedades ( $p$ ,  $T$ ,  $T_d$ ) hasta otro nivel (saturado) donde se encontraría más caliente que el ambiente
- Para una parcela de la superficie, el nivel se puede producir esta condición es el “nivel de convección libre” (NCL)
- Hace falta un proceso externo para disparar (e.g., el aire sube una montaña)

# ENERGÍA CINÉTICA DE LA BURBUJA

$$\frac{dw}{dt} dz = \frac{g(T_v - T'_v)}{T_v} dz = \frac{d(w^2)}{2}$$



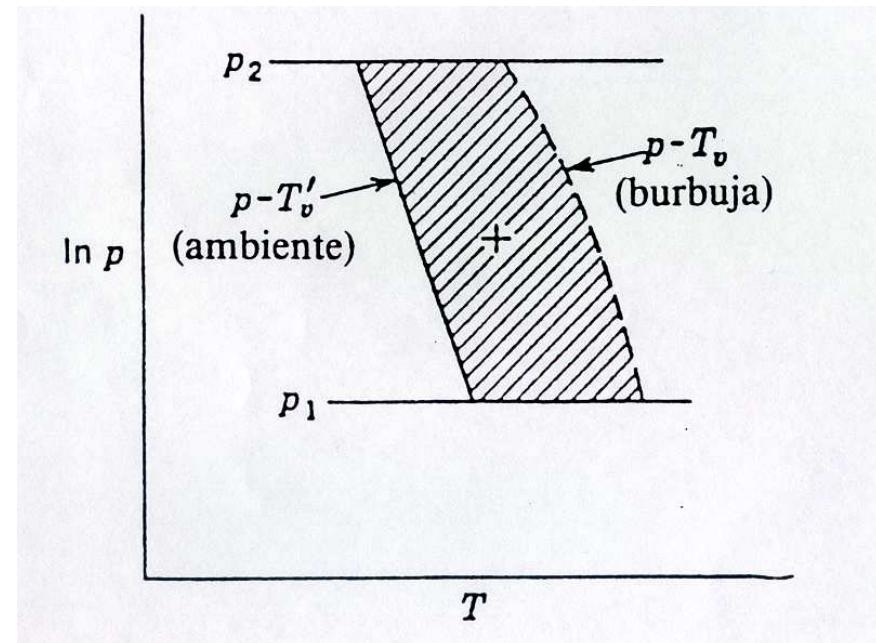
$$dp = \rho' g dz$$

$$p = \rho' R_d T'_v$$

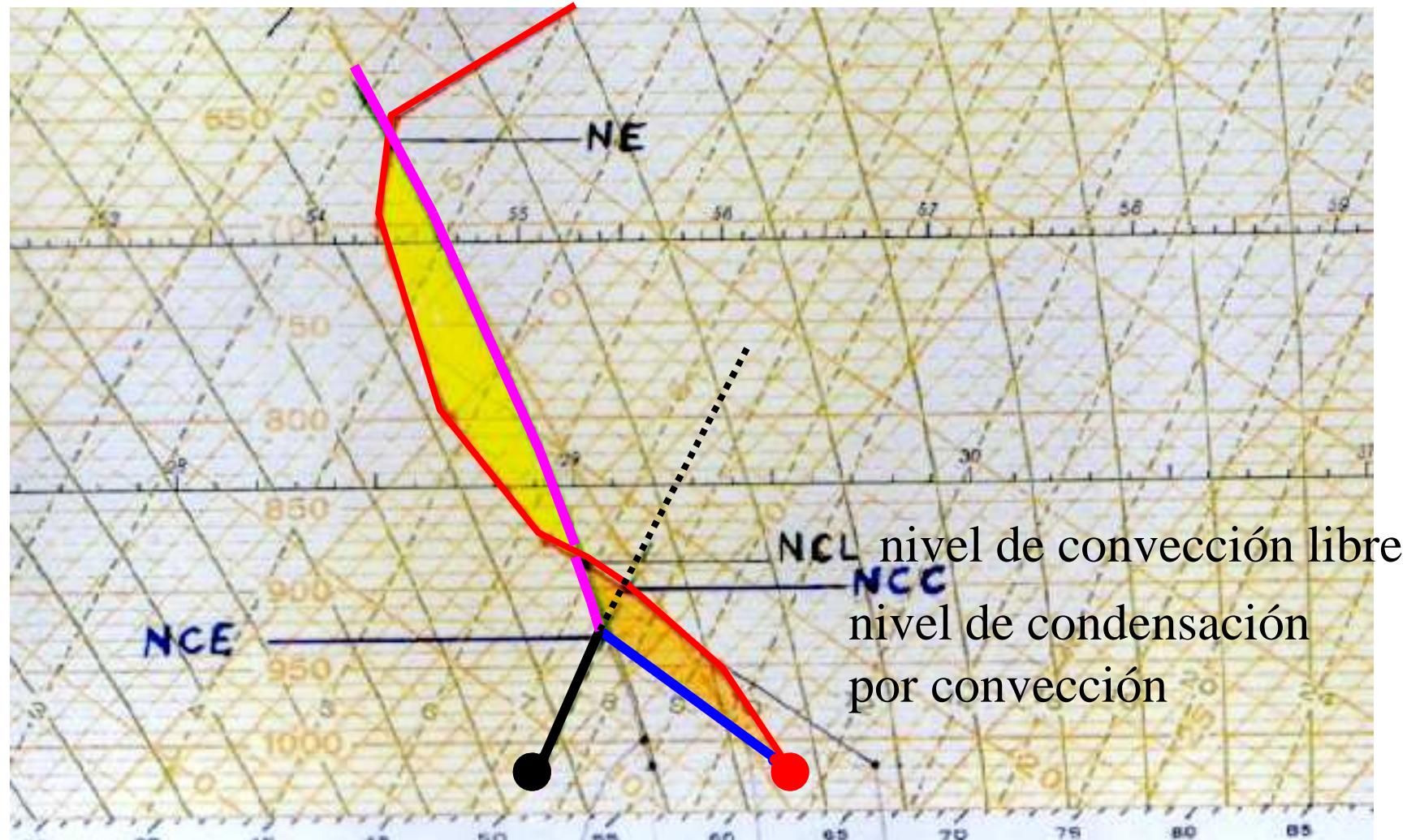
$$\frac{d(w^2)}{2} = -\frac{(T_v - T'_v)}{T'_v \rho'} dp = -R_d (T_v - T'_v) d(\ln p)$$

$$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2} = -R_d \int_1^2 (T_v - T'_v) d(\ln p)$$

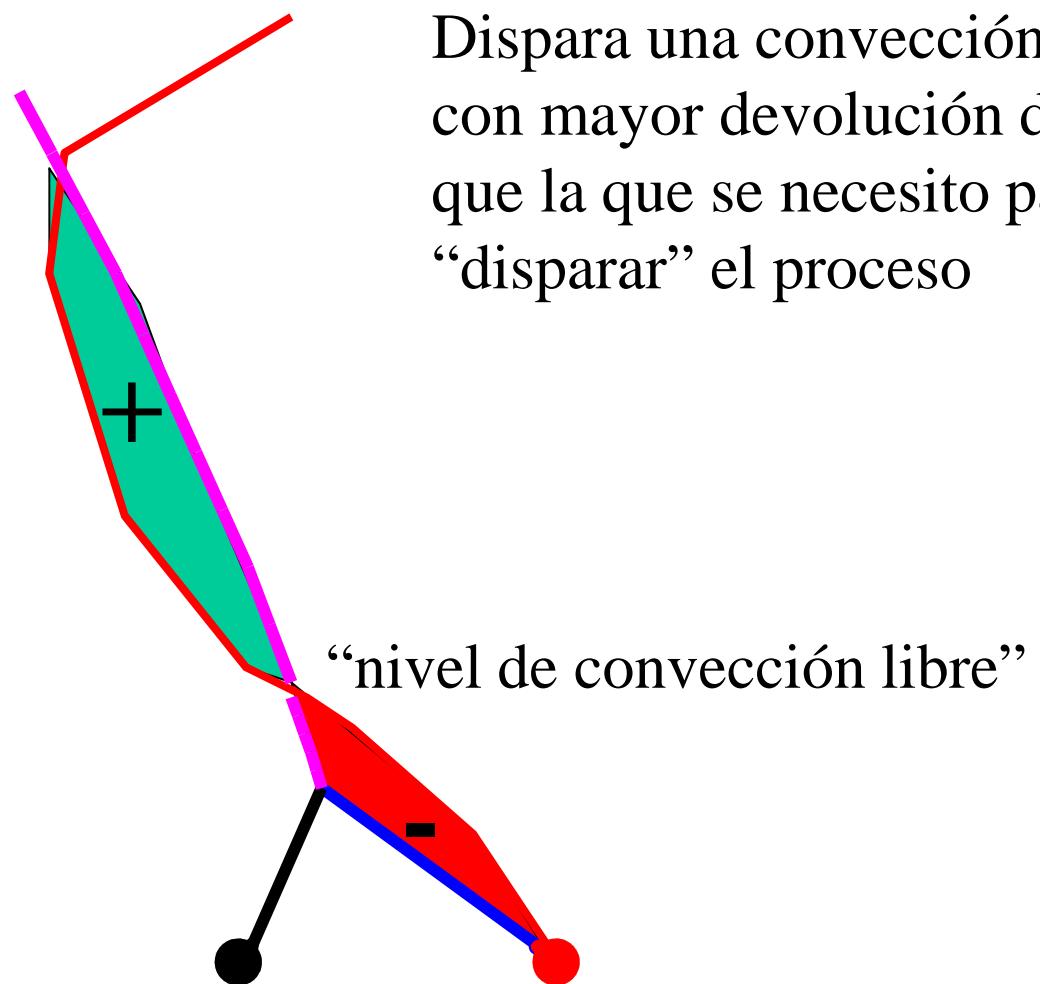
$$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2} = R_d (\bar{T}_v - \bar{T}'_v) \ln \frac{p_1}{p_2}$$



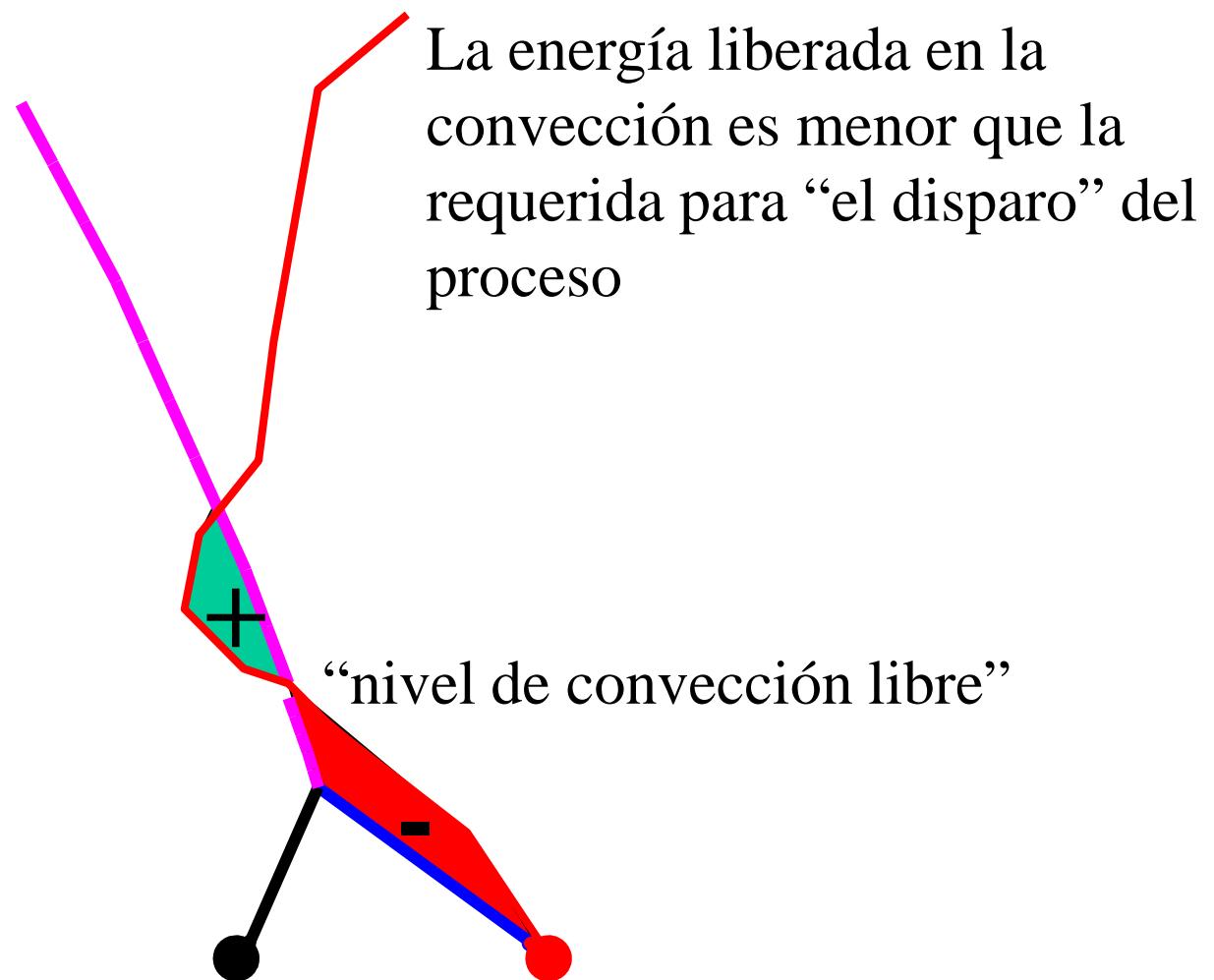
# Inestabilidad Latente



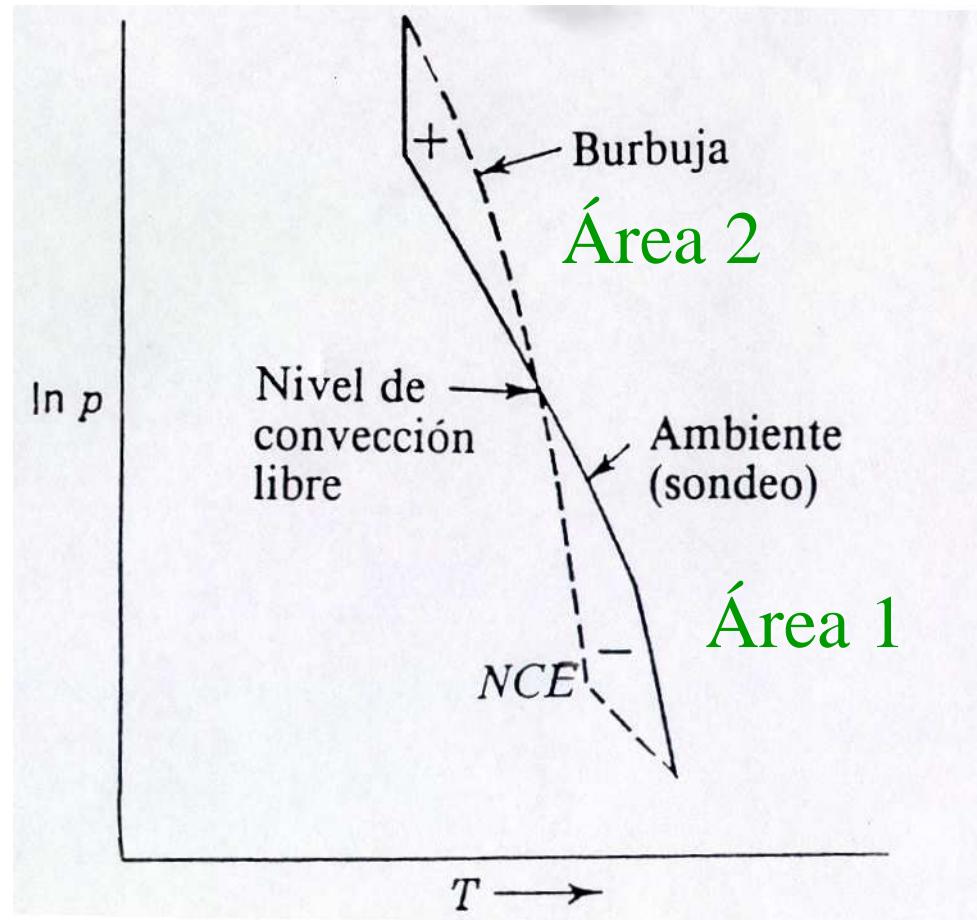
# Inestabilidad Latente “Real”



# Pseudoinestabilidad Latente



# INESTABILIDAD LATENTE.



Área 1 > Área 2  $\Rightarrow$  Pseudoinestabilidad Latente  
Área 1 < Área 2  $\Rightarrow$  Inestabilidad Latente Real  
Área 2 no existe  $\Rightarrow$  Estabilidad

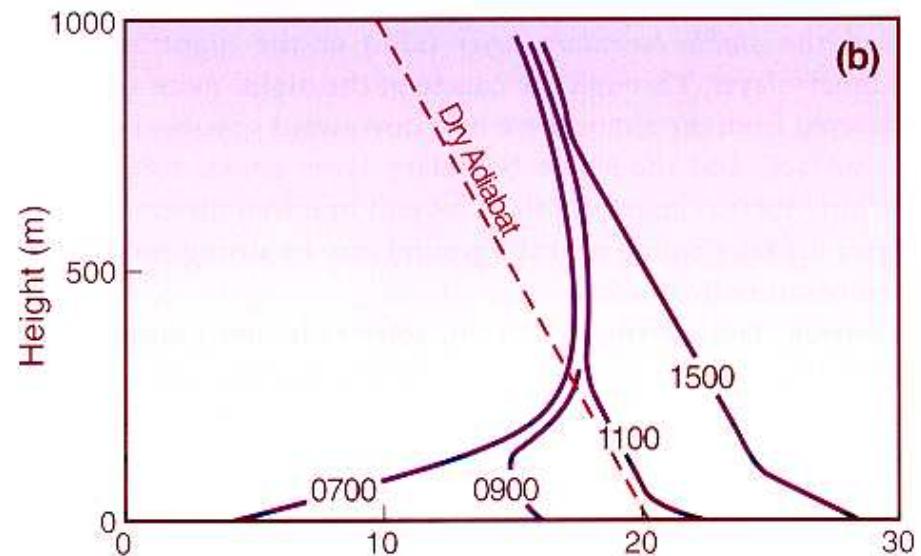
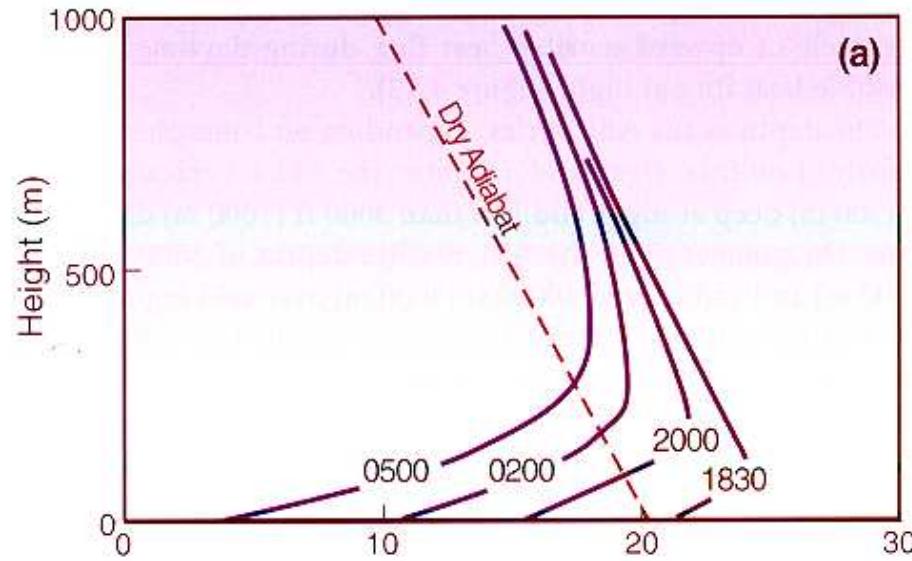
# TEMA 4. EQUILIBRIO VERTICAL EN LA ATMÓSFERA. ESTABILIDAD.

- EQUILIBRIO ESTÁTICO Y BALANCE HIDROSTÁTICO.
- GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.
- ESTABILIDAD VERTICAL Y CONVECCIÓN.
  - MÉTODO DE LA BURBUJA.
  - CRITERIOS DE ESTABILIDAD EN FUNCIÓN DE  $\theta$  Y  $\theta_{SW}$ .
- DESARROLLO VERTICAL.
  - DESARROLLO VERTICAL DE UNA COLUMNA SIN SATURAR.
  - INVERSIÓN DE SUBSIDENCIA.
  - DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UNA COLUMNA HASTA SATURACIÓN. INESTABILIDAD POTENCIAL.
- INESTABILIDAD LATENTE.
- INESTABILIDAD CONVECTIVA. NIVEL DE CONDENSACIÓN POR CONVECCIÓN.

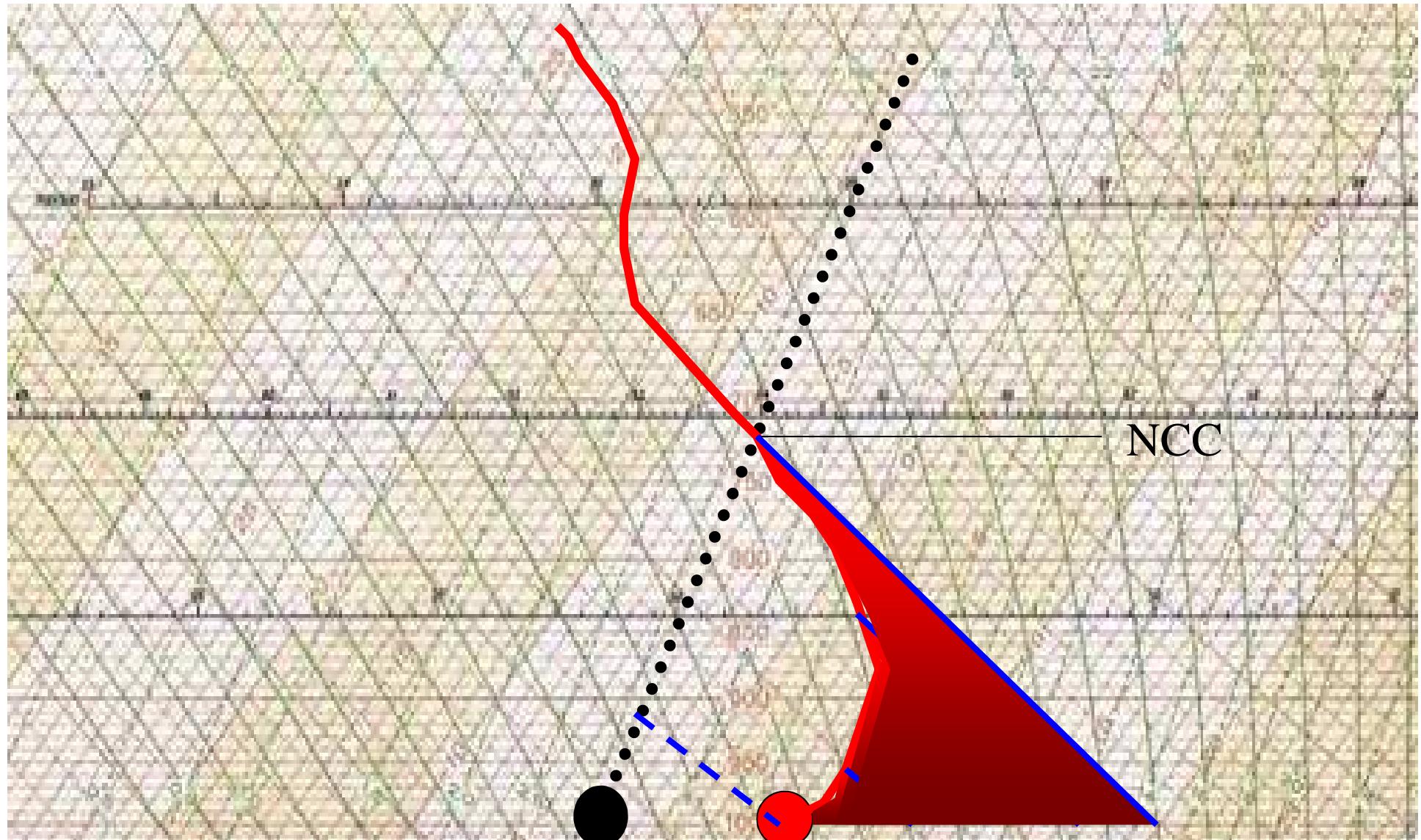
# El Nivel de Condensación por Convección (NCC)

- ¿Qué sentido tiene el Nivel de Condensación por Elevación (NCE) en un caso estable (no se puede elevar)?
- Sin embargo, podemos estudiar casos así

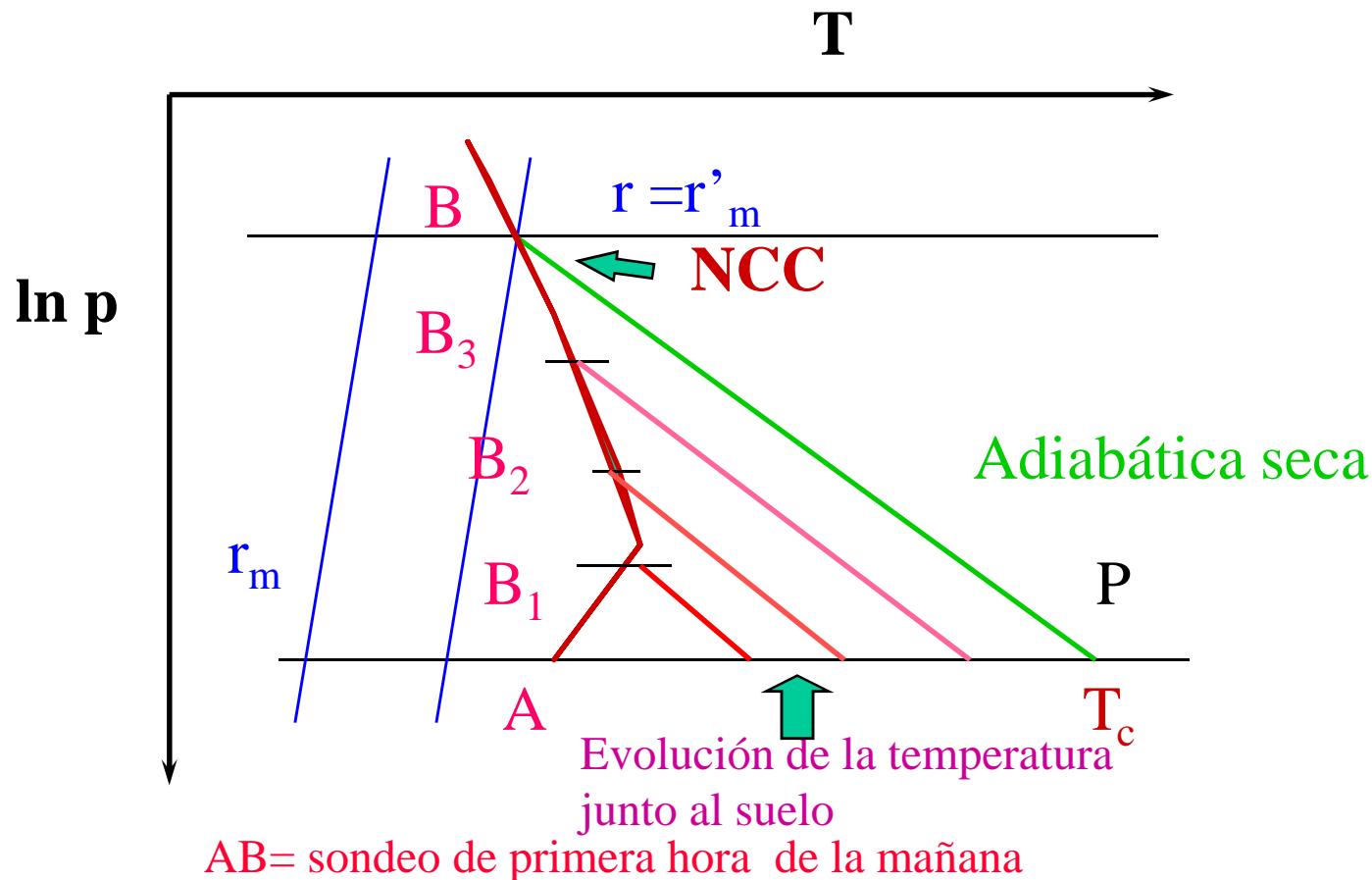
# EVOLUCIÓN DIARIA DEL PERFIL TÉRMICO EN LAS PROXIMIDADES DE LA SUPERFICIE



08:00 09:00 11:00 13:00



# CONVECCION Y MEZCLA VERTICAL NIVEL DE CONDENSACION POR CONVECCION



NCC=Nivel de condensación por convección: nivel de formación de los cúmulos por ascenso convectivo de las masas de aire.

$T_c$ =temperatura de convección: mínima temperatura necesaria para que se alcance el NCC

# Es un modelo

- Definiciones, por intersección con la equisaturada de la superficie
  - NCE: con la adiabática seca
  - NCC: con el perfil ambiental de T
- En realidad, la situación es más complicada porque hay evaporación (transpiración) en la superficie (humidificación de la capa)
- Pero el NCC da una buena estimación de donde empiezan las nubes
- En condiciones convectivas (nubes tipo cúmulos), hay buen acuerdo (NCE ~ NCC)