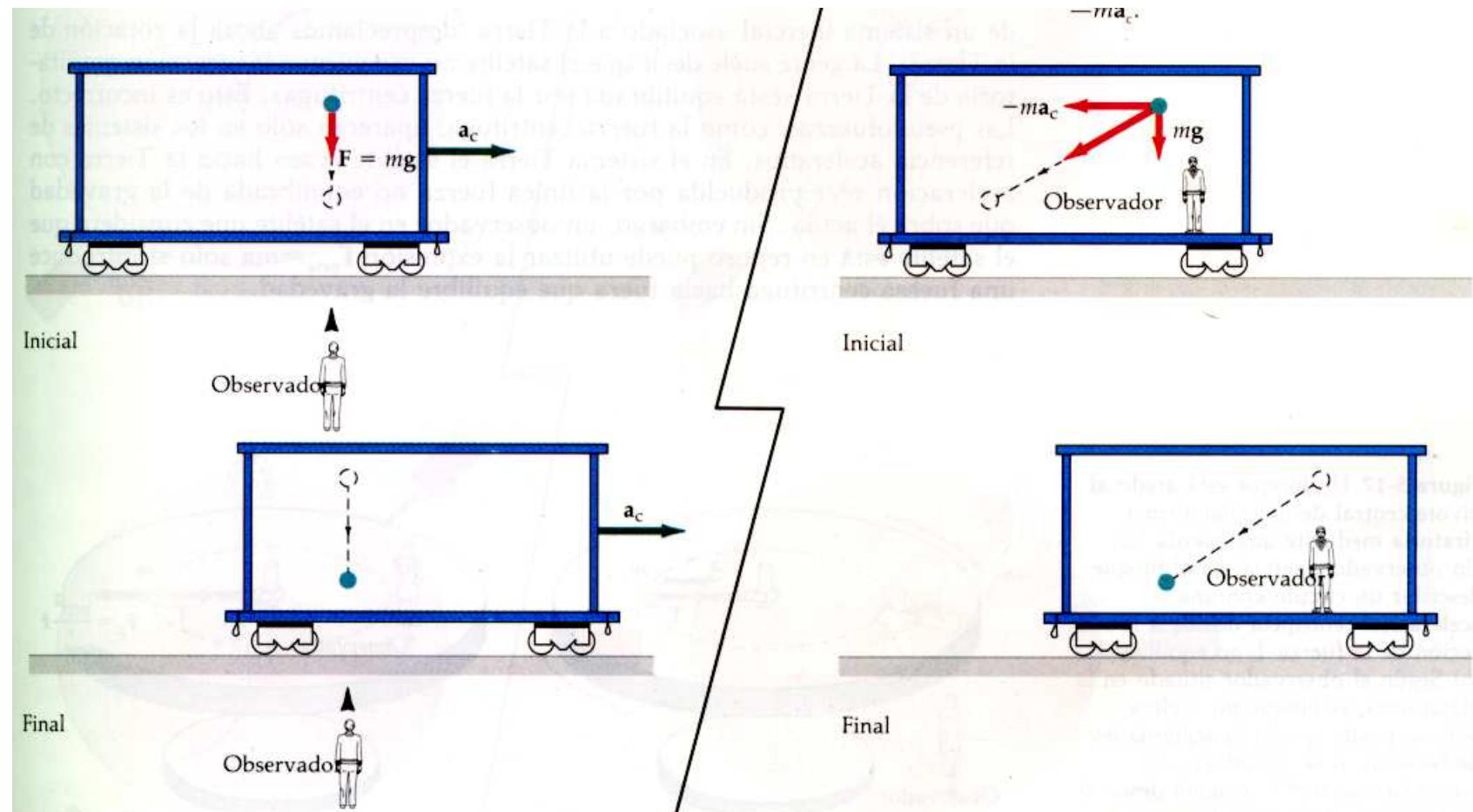




Dinámica Atmosférica

- Introducción. Fuerzas inerciales
 - Observadores inerciales y no inerciales
 - Observador no inercial en rotación
 - Fuerza de Coriolis
- Ecuación del movimiento
- Campo horizontal de presiones
 - Reducción de presión
 - Gradiente horizontal de presiones
 - Presión-Densidad
 - Isohipsas
- Coordenadas intrínsecas. Ecuación del movimiento.
- Flujo horizontal sin rozamiento
 - Viento geostrófico
 - Viento del gradiente
 - Efecto del rozamiento
- Viento térmico. Advección térmica.
- Regímenes de vientos locales y de pequeña escala
- Medidas de presión y viento

ECUACIÓN DE MOVIMIENTO OBSERVADORES INERCIAL Y NO INERCIAL



$$\sum \overset{\circ}{F} = m \overset{\circ}{a}$$

$$\sum \overset{\circ}{F} = m \overset{\circ}{g}$$

$$\sum \overset{\circ}{F} = m \overset{\circ}{a}$$

$$\sum \overset{\circ}{F} = m \overset{\circ}{g} + (-m \overset{\circ}{a}_c)$$

ECUACIÓN DE MOVIMIENTO OBSERVADORES INERCIAL Y NO INERCIAL

(a) Observador

$$\sum F = ma$$

$$\sum \overset{\circ}{F} = mg + \overset{\circ}{T}$$

$$mg + \overset{\circ}{T} = ma_c$$

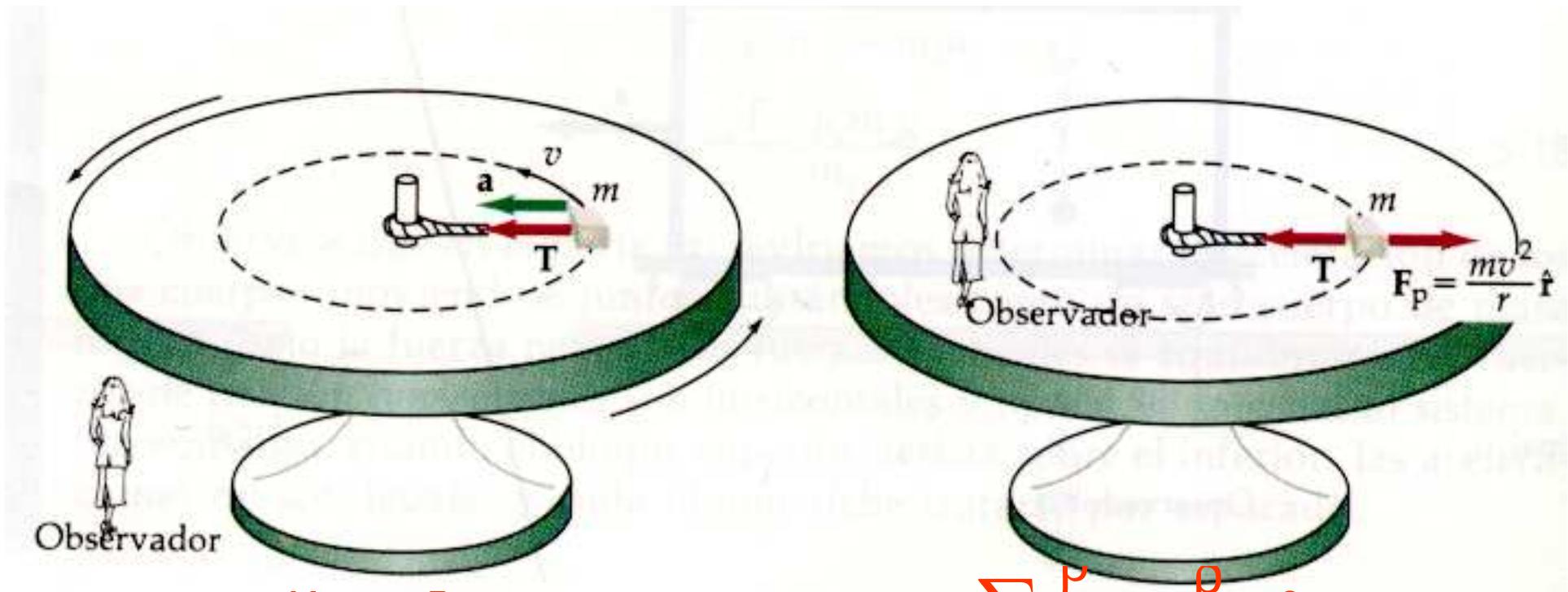
(b) Observador

$$\sum \overset{\circ}{F} = ma$$

$$\sum \overset{\circ}{F} = mg + \overset{\circ}{T} + (-ma_c)$$

$$mg + \overset{\circ}{T} + (-ma_c) = 0$$

OBSERVADOR NO INERCIAL SISTEMA EN ROTACIÓN



$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\sum \vec{F} = \vec{T}$$

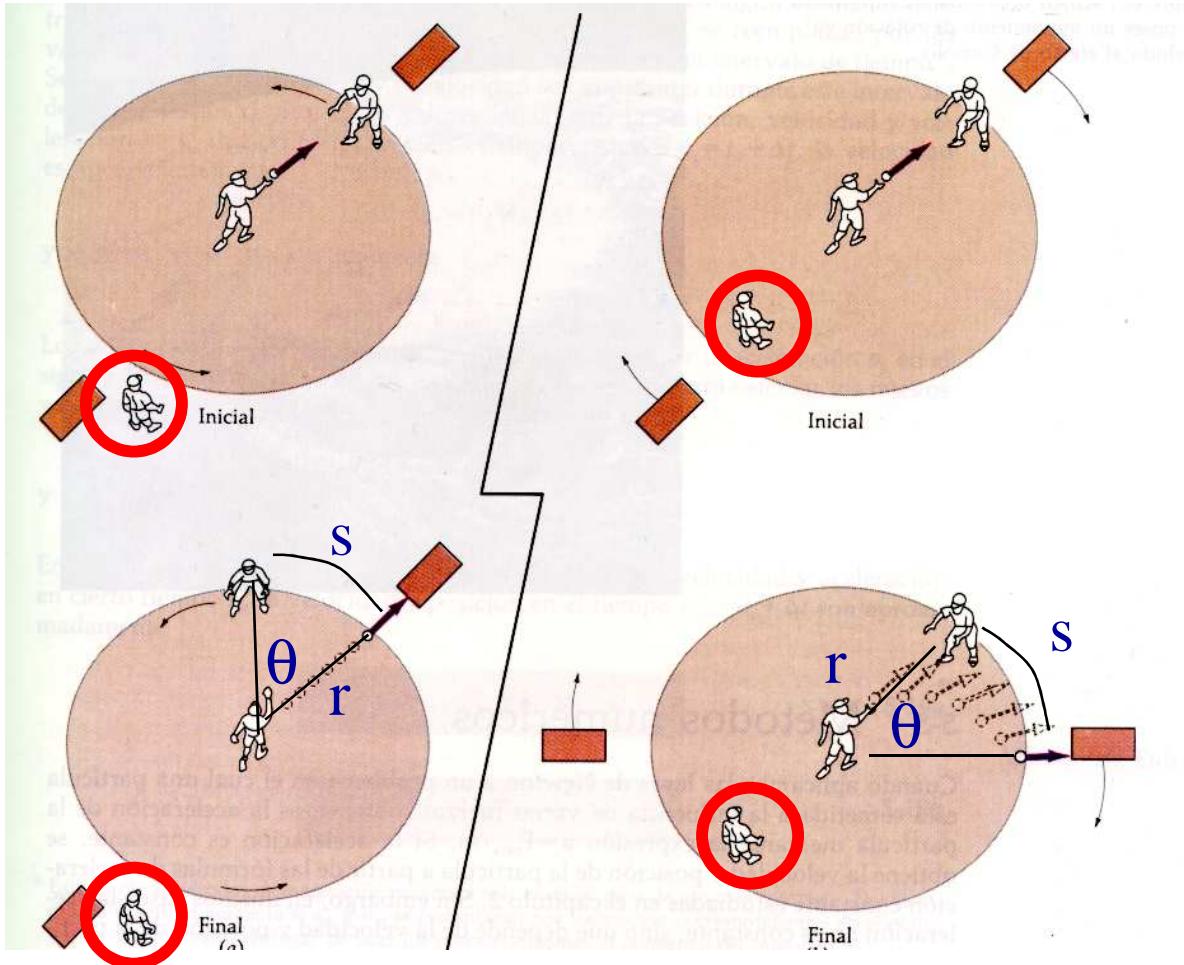
$$\vec{T} = m\vec{a} = -m\frac{v^2}{r}\hat{r}$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = 0$$

$$\sum \vec{F} = \vec{T} + m\frac{v^2}{r}\hat{r}$$

$$\vec{T} + m\frac{v^2}{r}\hat{r} = 0$$

ACELERACIÓN DE CORIOLIS



$$r = vt$$

$$s = \theta \quad r = \omega \quad tr = \omega \quad vt^2$$

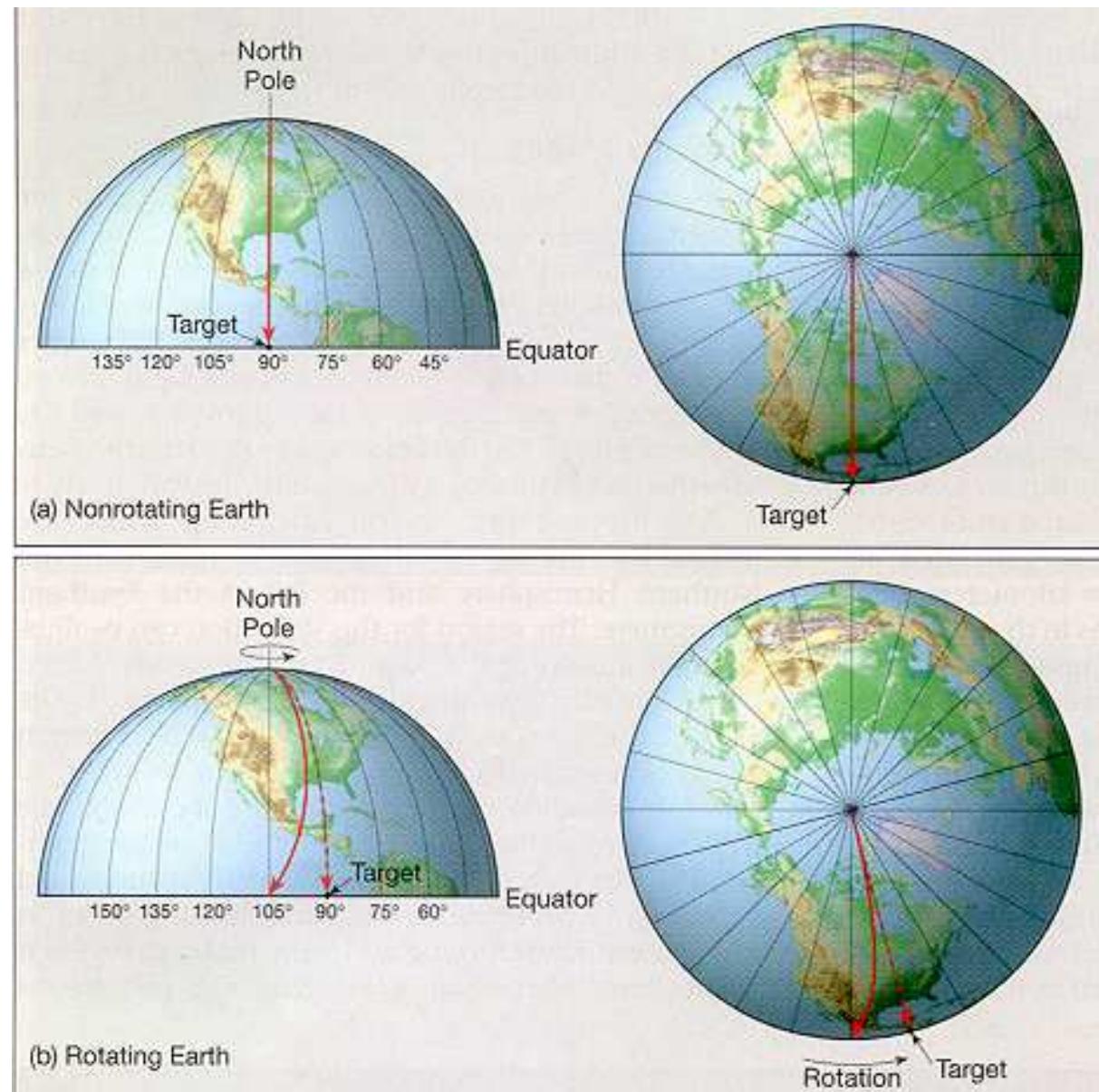
$$s = \frac{1}{2}at^2 \rightarrow$$

$$a_{\text{Coriolis}} = 2\omega v$$

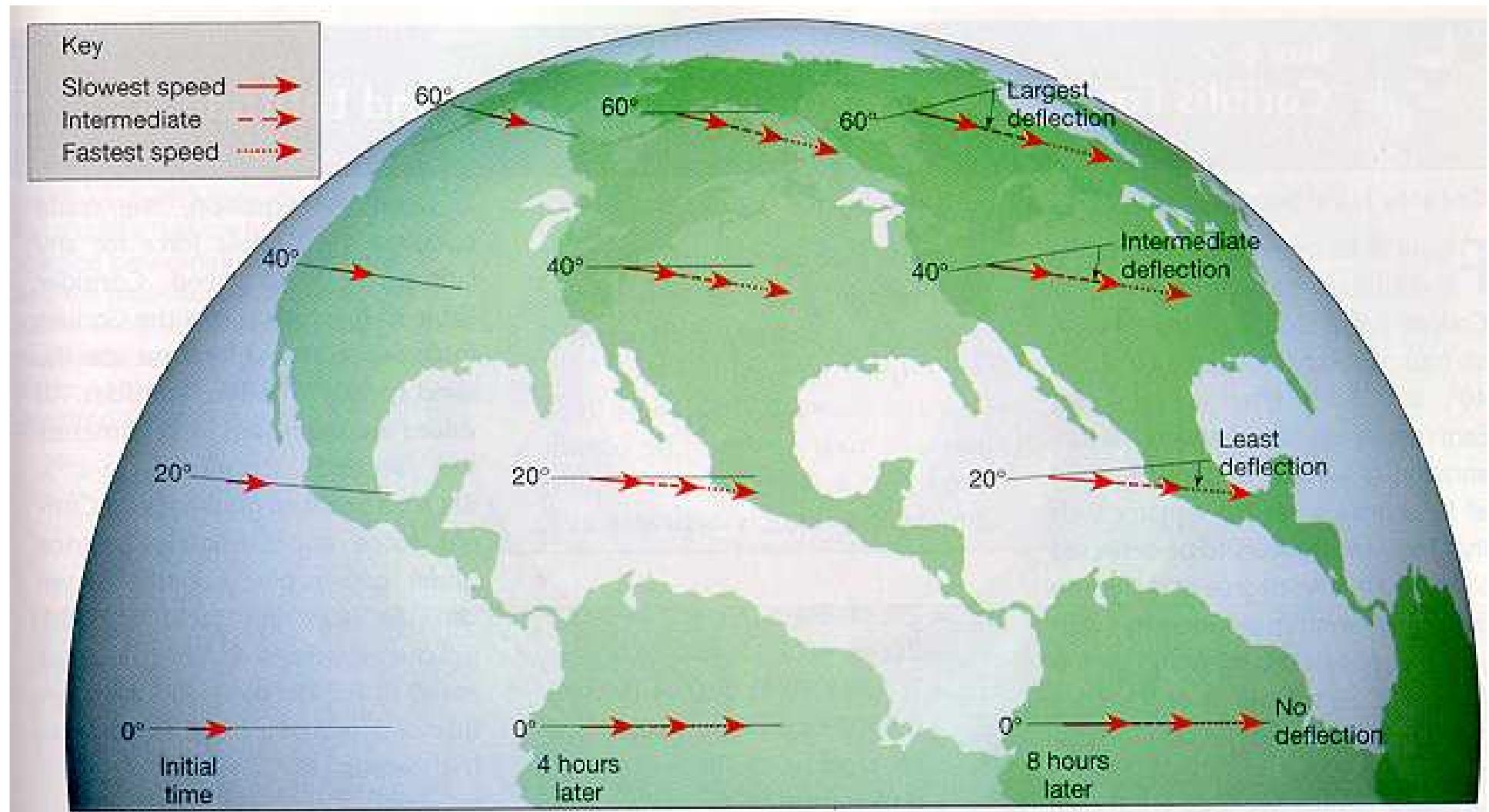
ACELERACIÓN DE CORIOLIS



ACELERACIÓN DE CORIOLIS



EFECTO DE LA ACELERACIÓN DE CORIOLIS



Dinámica Atmosférica

- Introducción. Fuerzas iniciales
 - Observadores iniciales y no iniciales
 - Observador no inercial en rotación
 - Fuerza de Coriolis
- Ecuación del movimiento
- Campo horizontal de presiones
 - Reducción de presión
 - Gradiente horizontal de presiones
 - Presión-Densidad
 - Isohipsas
- Coordenadas intrínsecas. Ecuación del movimiento.
- Flujo horizontal sin rozamiento
 - Viento geoestático
 - Viento del gradiente
 - Efecto del rozamiento
- Viento térmico. Advección térmica.
- Regímenes de vientos locales y de pequeña escala
- Medidas de presión y viento

ECUACION DE MOVIMIENTO

OBSERVADOR INERCIAL

$$\ddot{\rho} = \ddot{g}_o + \ddot{b} + \ddot{F}_r$$

$$\ddot{g}_o = -G \frac{M}{r^3} \rho$$

\ddot{b} = fuerzas de presion

\ddot{F}_r = fuerza de rozamiento

OBSERVADOR NO INERCIAL ROTANDO EN EL SISTEMA TERRESTRE

$$\ddot{\rho} = \ddot{a}' + \Omega \times (\Omega \times \rho) + 2\Omega \times \dot{V}' = \ddot{g}_o + \ddot{b} + \ddot{F}_r$$

$$\ddot{a}' = \ddot{g}_o + \ddot{b} + \ddot{F}_r - \Omega \times (\Omega \times \rho) - 2\Omega \times \dot{V}'$$

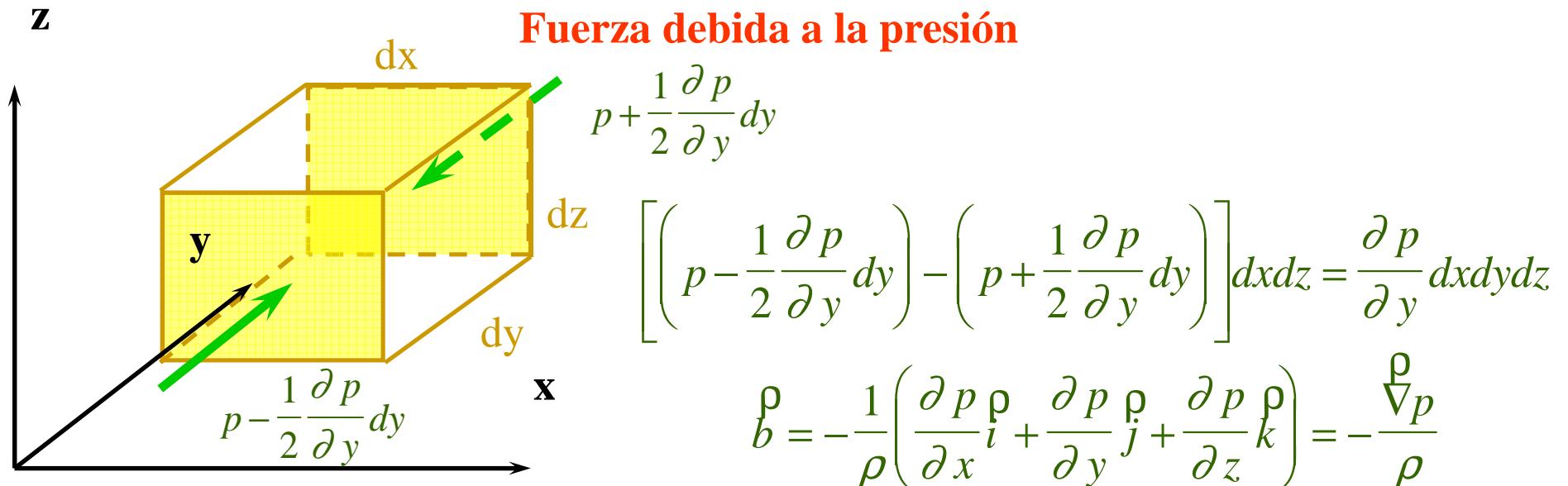
$$-\Omega \times (\Omega \times \rho) = \Omega^2 R \Rightarrow \text{f. centrifuga}$$

$$-2\Omega \times \dot{V}' \Rightarrow \text{f. Coriolis}$$

ECUACION DE MOVIMIENTO

Despreciando la fuerza de rozamiento

$$\ddot{\rho}' = \rho_o + \Omega^2 \vec{K} + \vec{b} - 2\Omega \times \vec{V}'$$



Fuerza de “gravedad” en el sistema terrestre \vec{g}

$$\vec{g} = \vec{g}_o + \Omega^2 \vec{K}$$

Depende de la latitud local

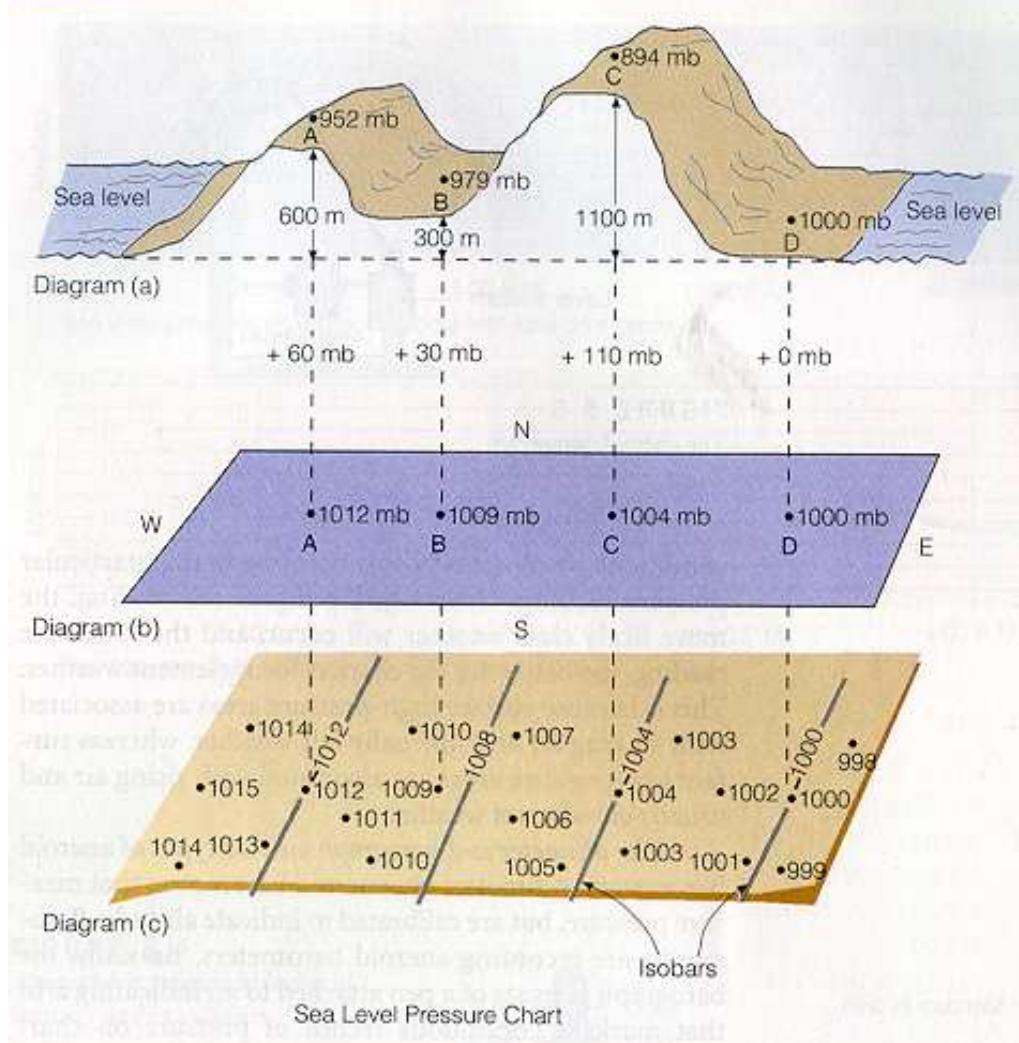
Ecuación de movimiento

$$\ddot{\rho}' = \vec{g} - 2\Omega \times \vec{V}' - \frac{\nabla p}{\rho}$$

Dinámica Atmosférica

- Introducción. Fuerzas inerciales
 - Observadores inerciales y no inerciales
 - Observador no inercial en rotación
 - Fuerza de Coriolis
- Ecuación del movimiento
- Campo horizontal de presiones
 - Reducción de presión
 - Gradiente horizontal de presiones
 - Presión-Densidad
 - Isohipsas
- Coordenadas intrínsecas. Ecuación del movimiento.
- Flujo horizontal sin rozamiento
 - Viento geostrófico
 - Viento del gradiente
 - Efecto del rozamiento
- Viento térmico. Advección térmica.
- Regímenes de vientos locales y de pequeña escala
- Medidas de presión y viento

REDUCCIÓN DE PRESIÓN



$$g(z_2 - z_1) = -R_d \int_1^2 T_v d(\ln p) = R_d \bar{T}_v \ln \frac{p_1}{p_2}$$

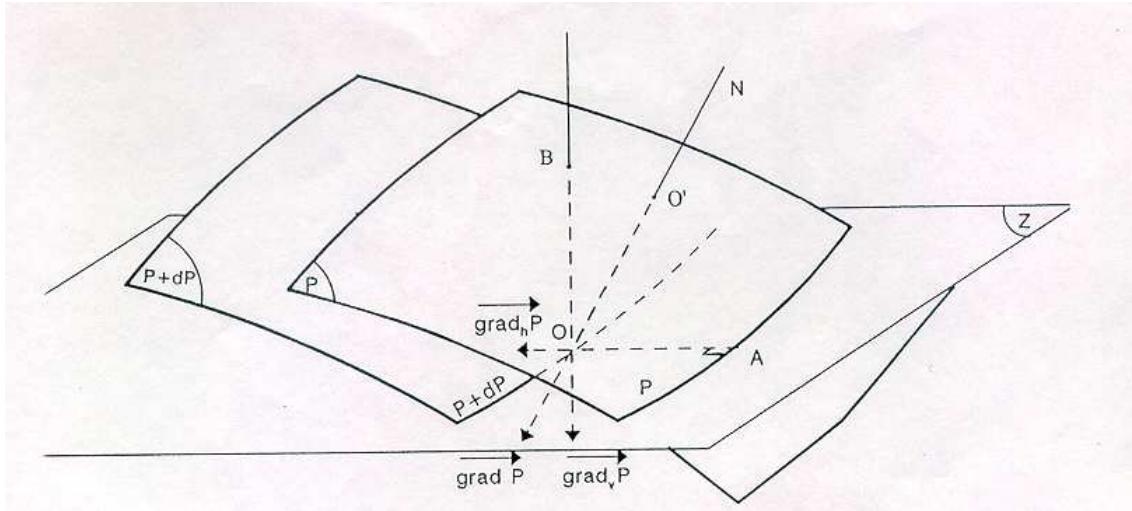
Barómetros a
altitudes
diferentes

Corregir por
el efecto de
altitud

Desarrollar
un mapa de
isobaras

(del Tema 4)

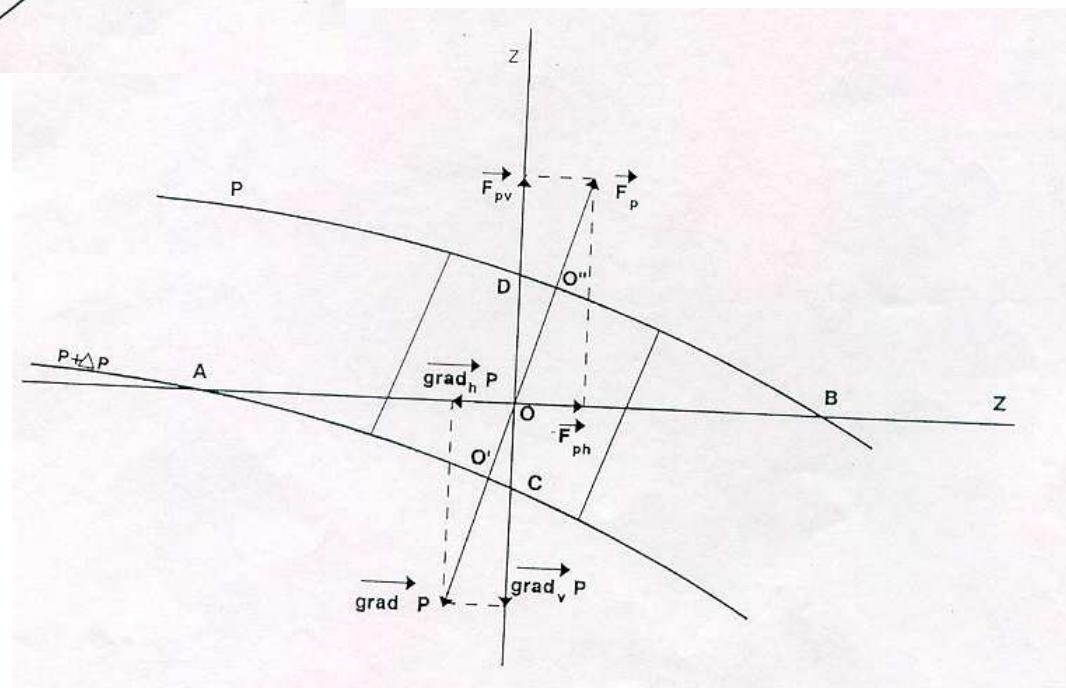
GRADIENTE HORIZONTAL DE PRESIÓN



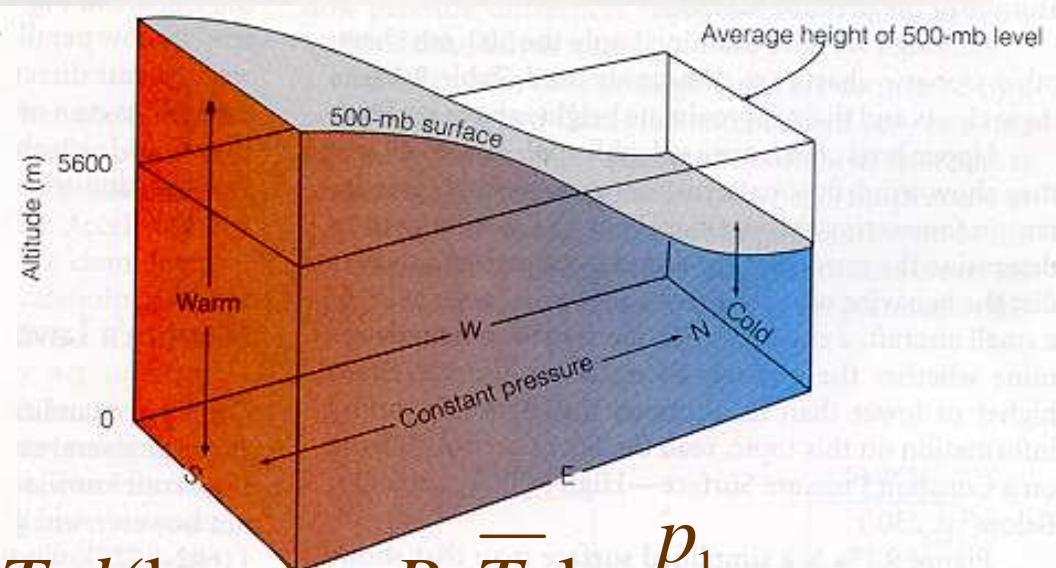
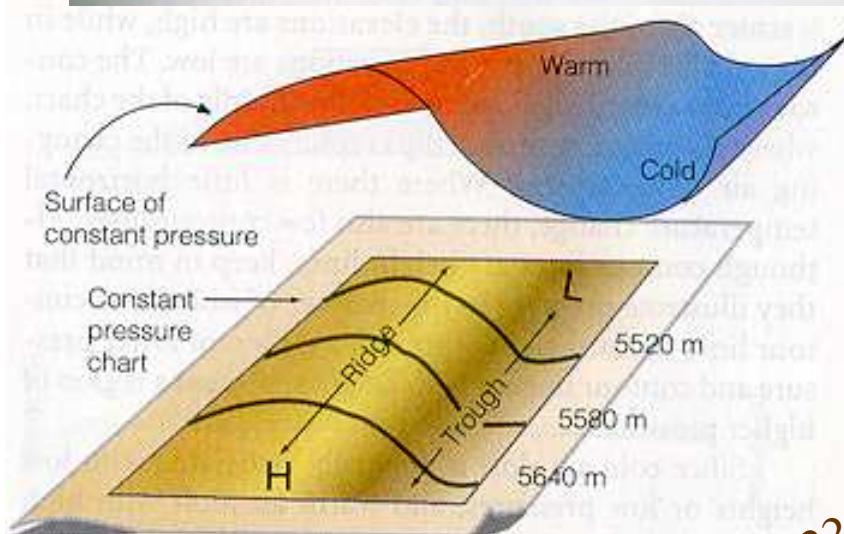
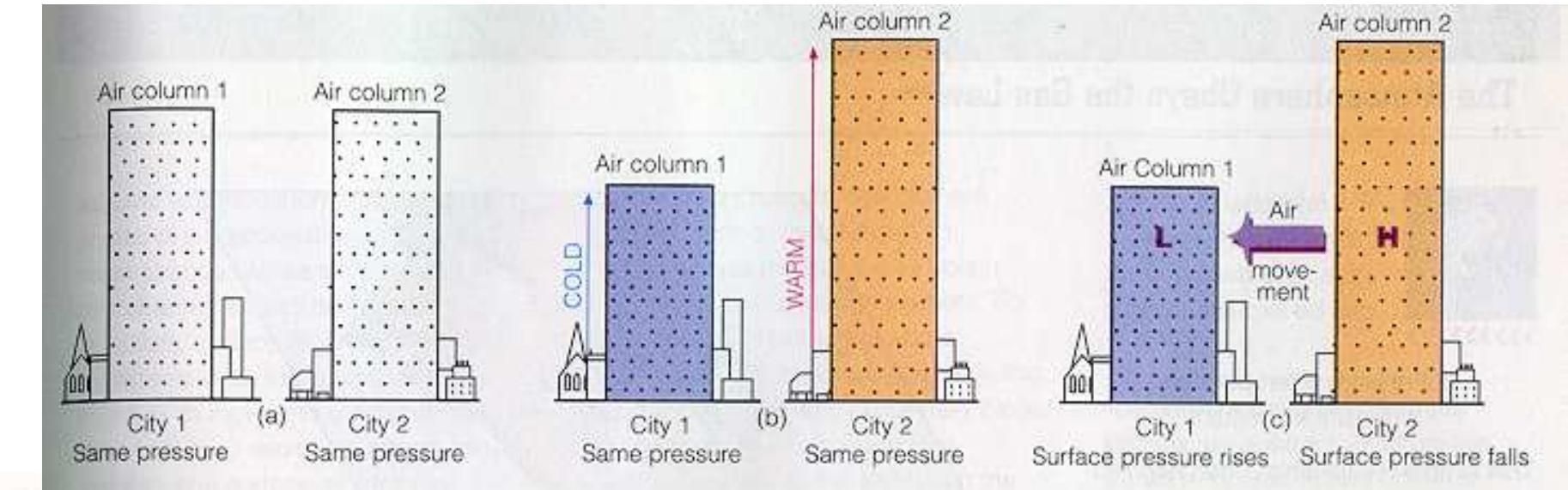
Superficies isobáricas no
tienen que ser planos
horizontales ($z=\text{cte}$)

Equilibrio hidrostático:

$\text{grad}_v P$ se compensa con la fuerza peso

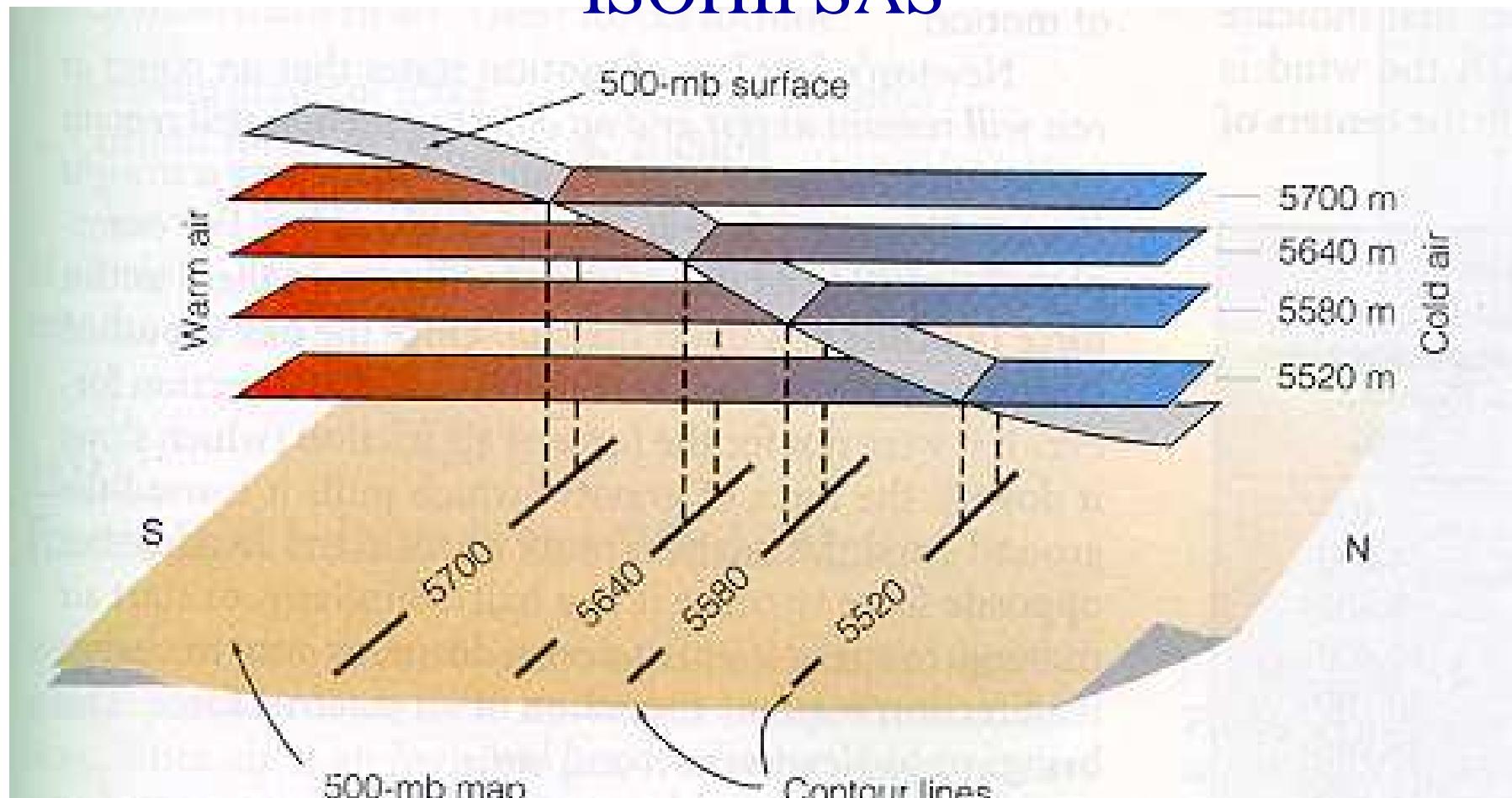


PRESIÓN-DENSIDAD



$$g(z_2 - z_1) = -R_d \int_1^2 T_v d(\ln p) = R_d \bar{T}_v \ln \frac{p_1}{p_2}$$

ISOHIPSAS

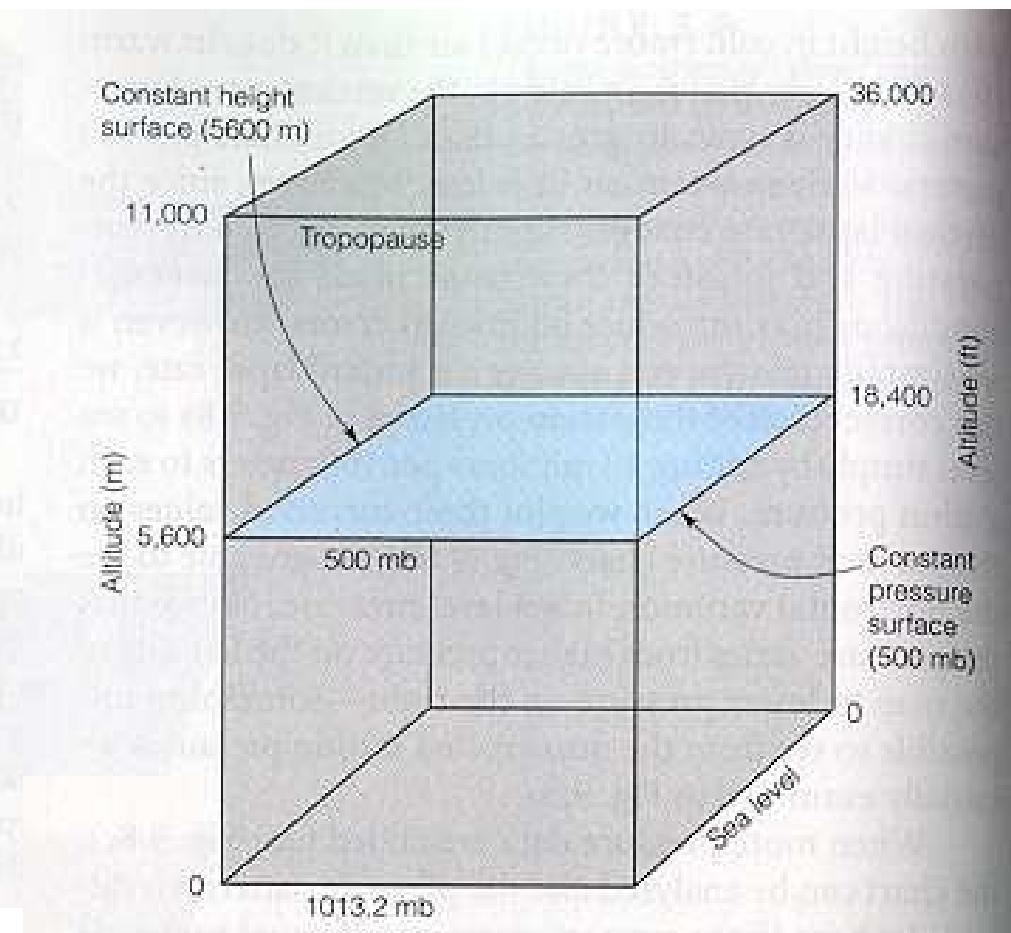
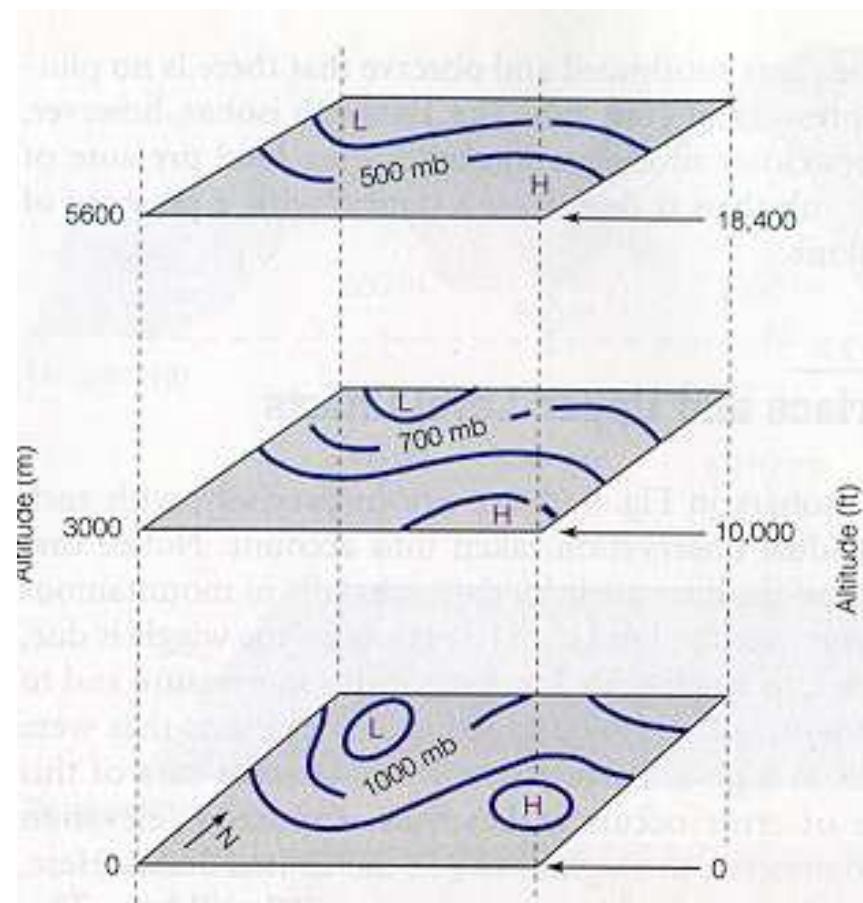


Isohypsas: líneas de igual altura para un determinado valor de la presión

Isohypsas bajas \Rightarrow Aire frío

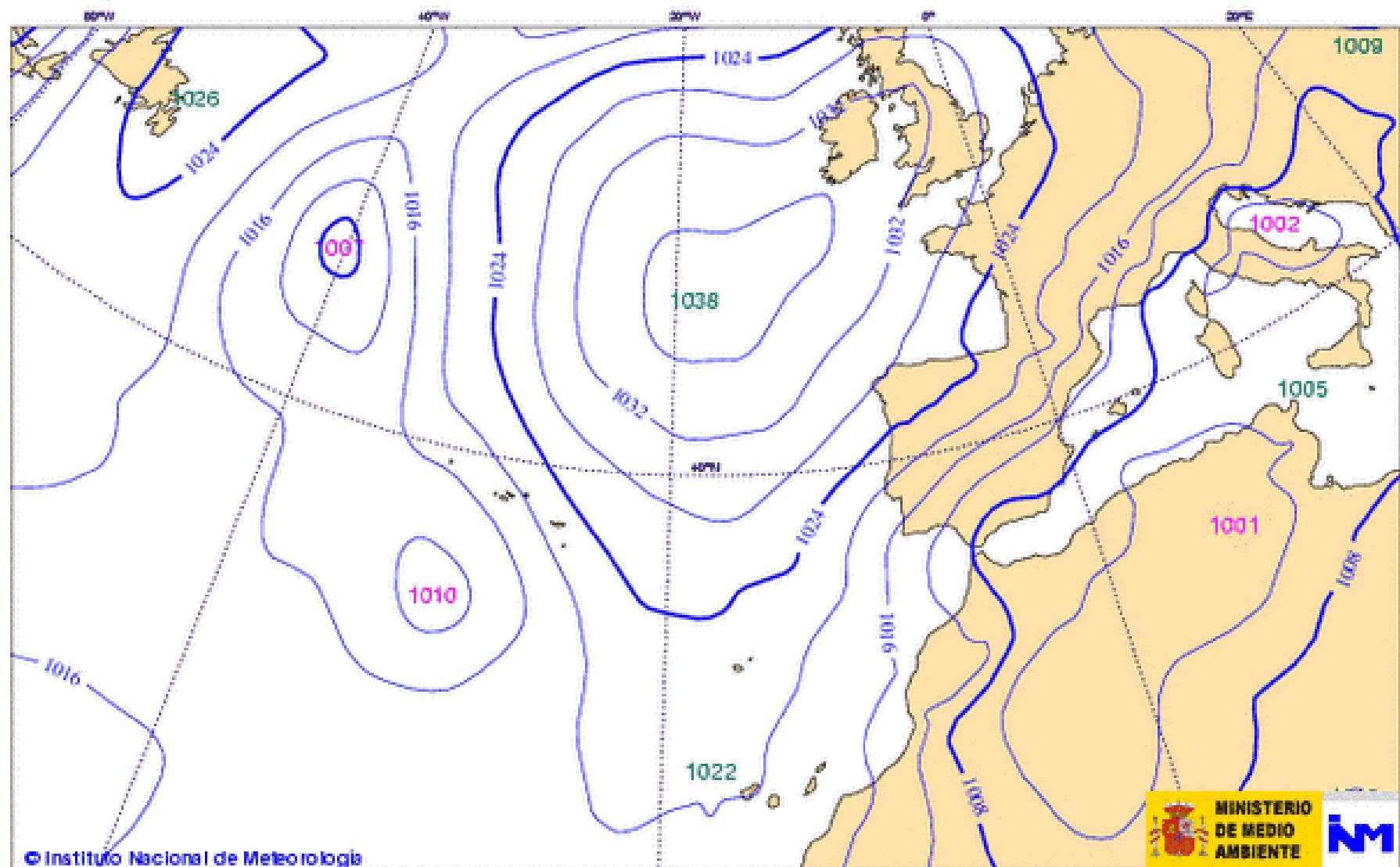
Isohypsas altas \Rightarrow Aire cálido

SUPERFICIES ISOBARICAS SUPERFICIES DE NIVEL



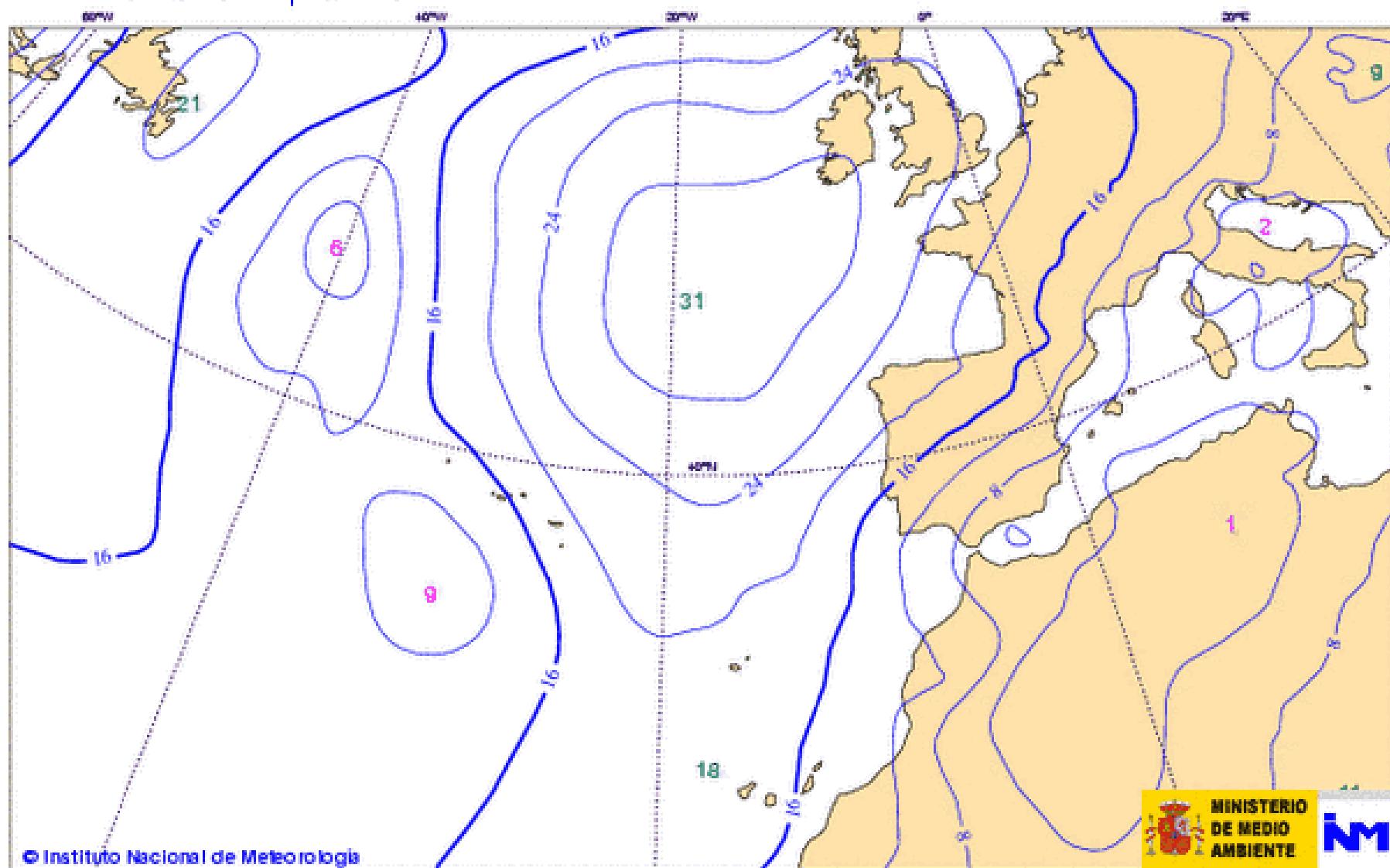
MAPA PRESIÓN DE SUPERFICIE

Viernes 9 Noviembre 2001 12UTC Predicción H+ 6 VAL: Viernes 9 Noviembre 2001 18UTC
0 hPa Presión



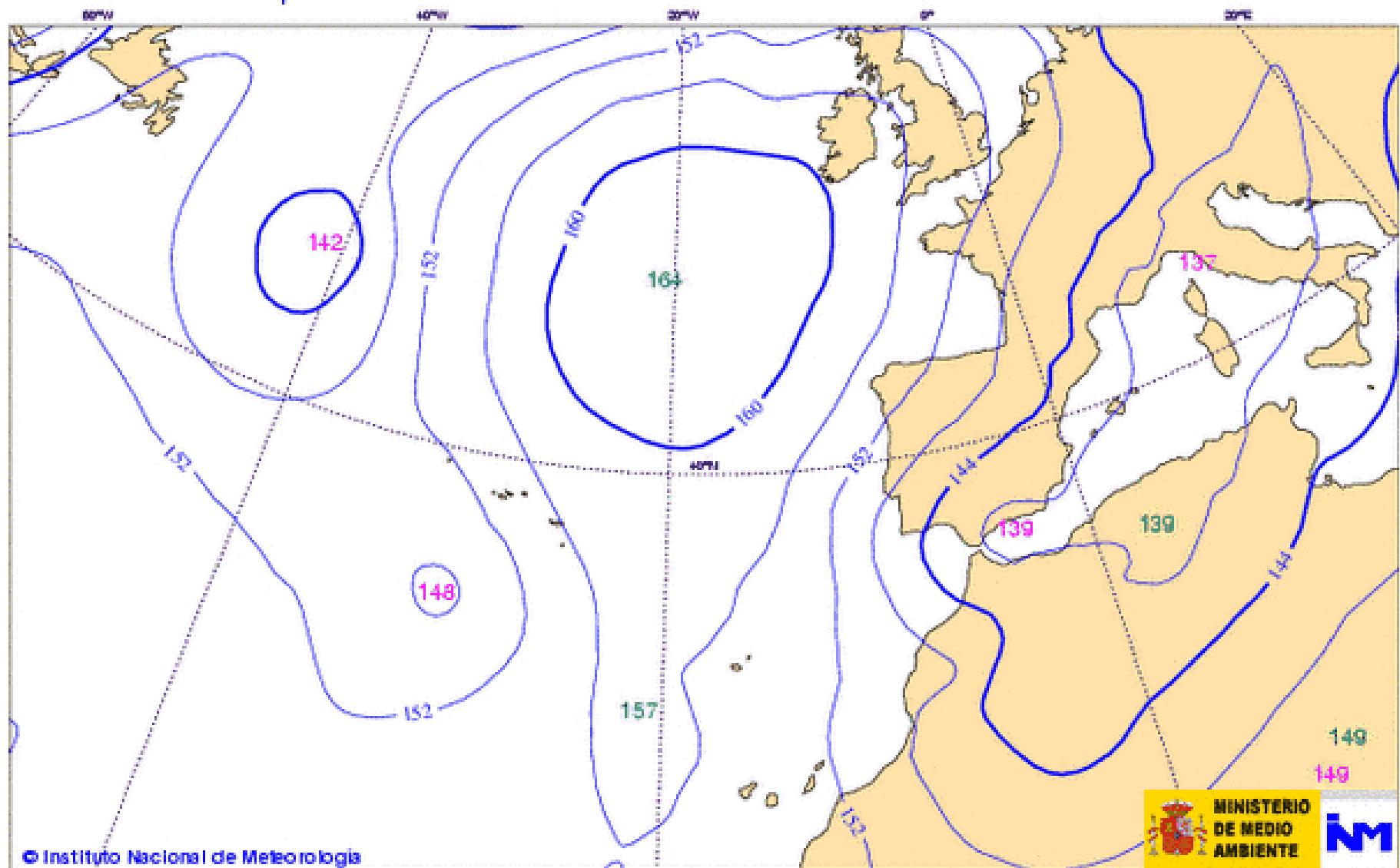
ISOHIPSAS SUPERFICIE DE 1000hPa

Viernes 9 Noviembre 2001 12UTC Predicción H+ 6 VAL: Viernes 9 Noviembre 2001 18UTC
1000 hPa Altura Geopotencial



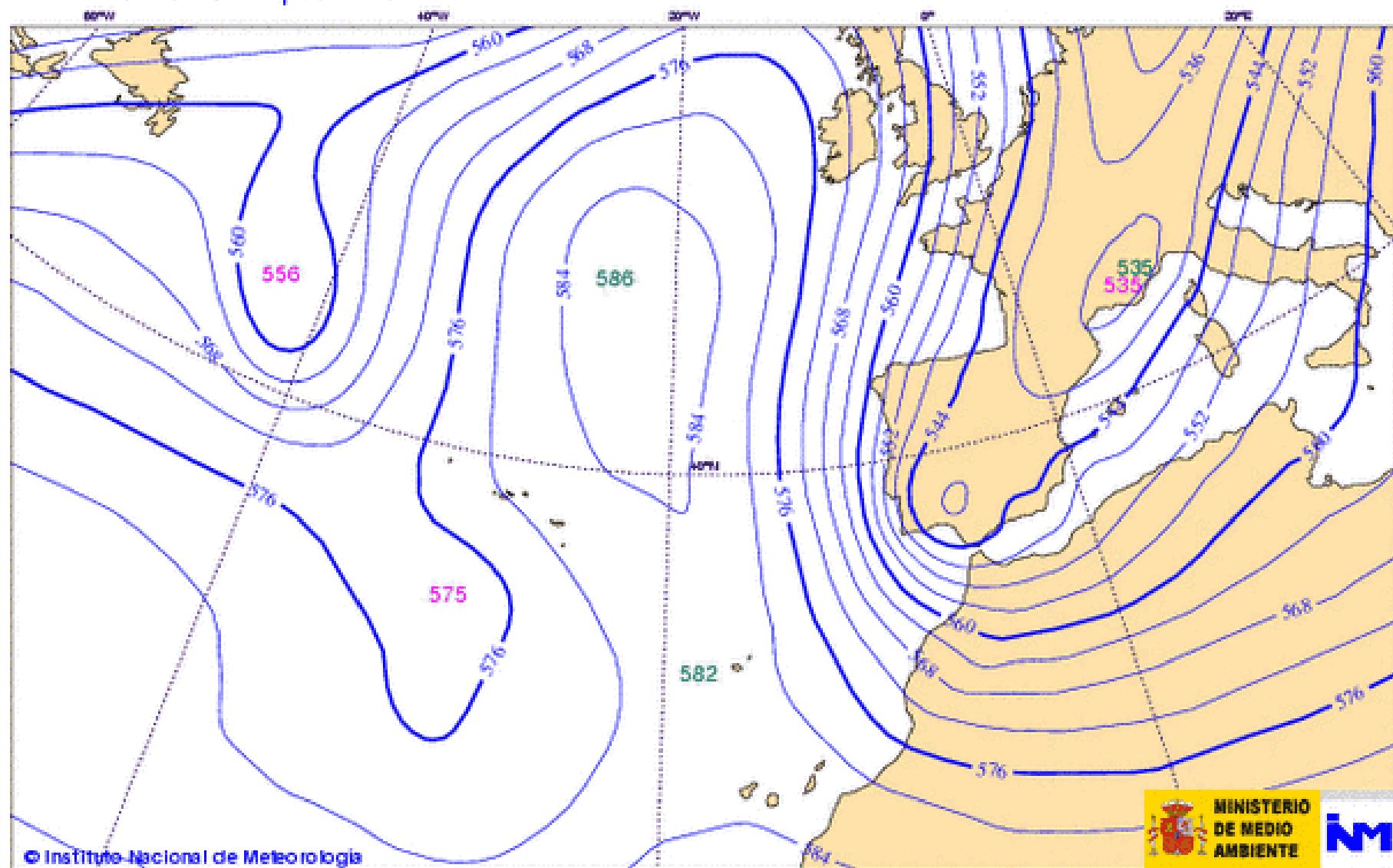
ISOHIPSAS SUPERFICIE DE 850hPa

Viernes 9 Noviembre 2001 12UTC Predicción H+ 6 VAL: Viernes 9 Noviembre 2001 18UTC
850 hPa Altura Geopotencial



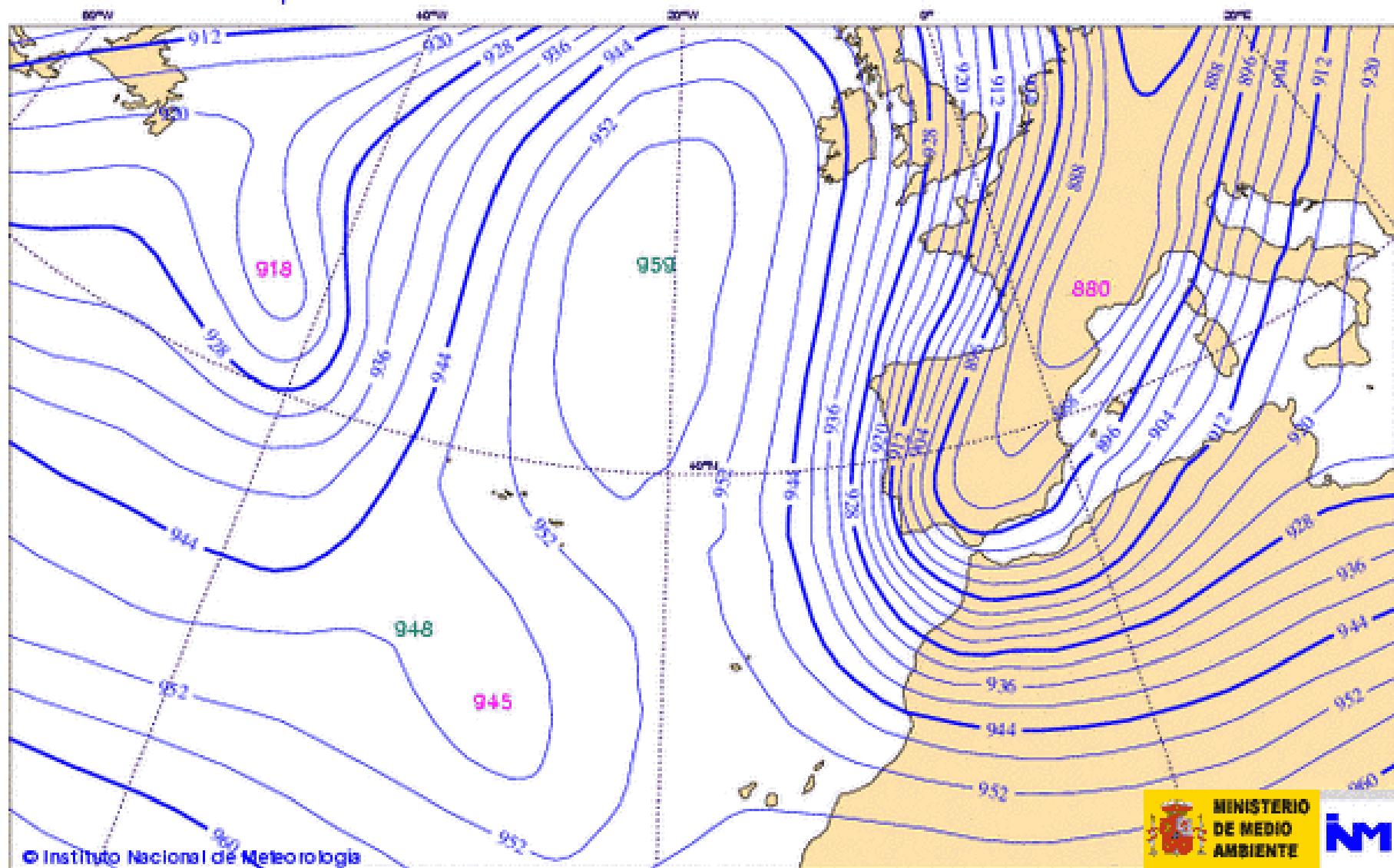
ISOHIPSAS SUPERFICIE DE 500hPa

Viernes 9 Noviembre 2001 12UTC Predicción H+ 6 VAL: Viernes 9 Noviembre 2001 18UTC
500 hPa Altura Geopotencial

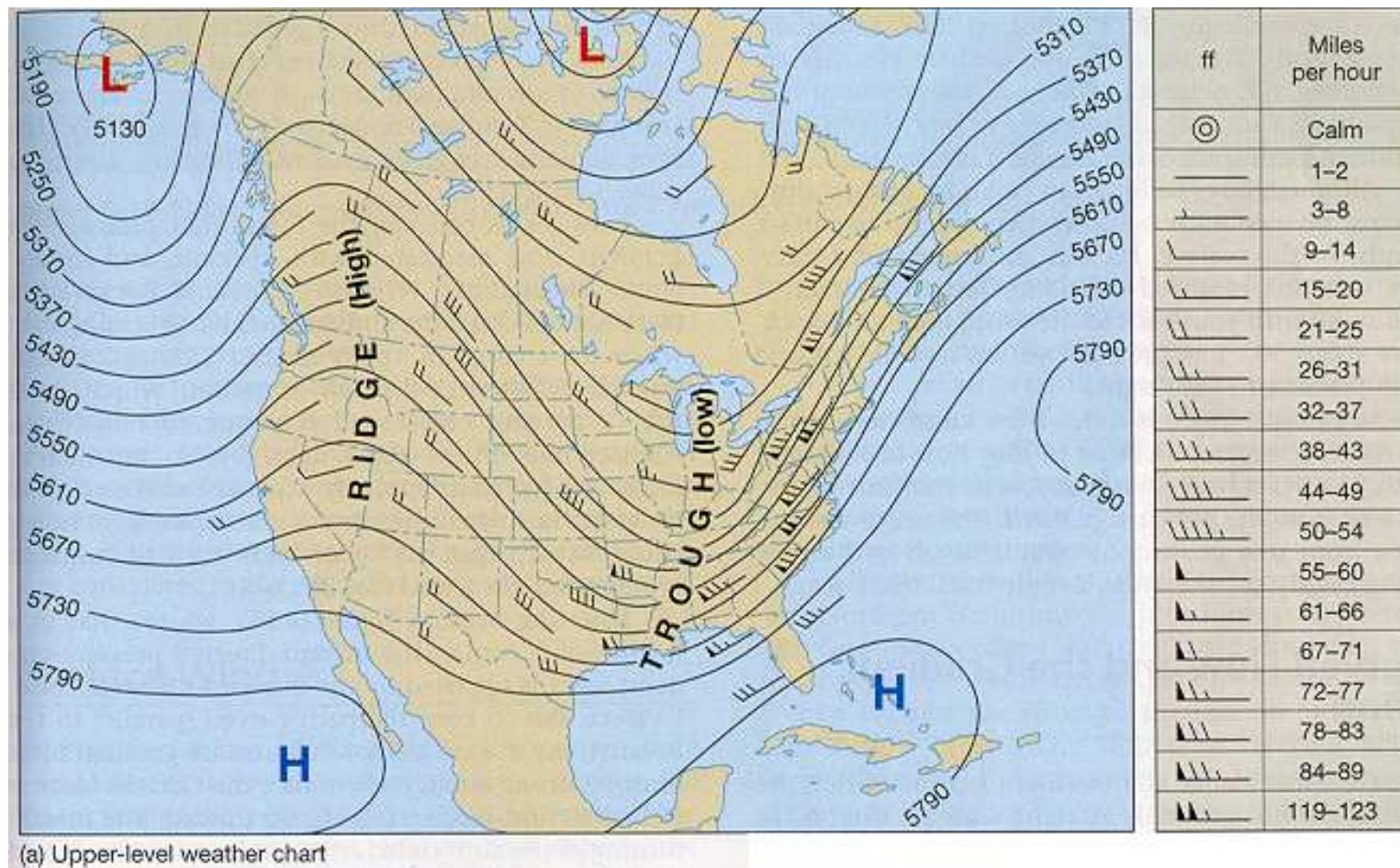


ISOHIPSAS SUPERFICIE DE 300hPa

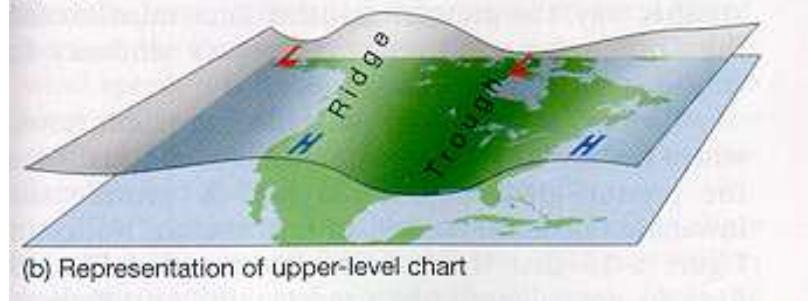
Viernes 9 Noviembre 2001 12UTC Predicción H+ 6 VAL: Viernes 9 Noviembre 2001 18UTC
300 hPa Altura Geopotencial



ISOHIPSAS SUPERFICIE DE 500hPa



(a) Upper-level weather chart



(b) Representation of upper-level chart

Valores altos de las isohipsas indican zonas de alta presión en superficie y viceversa

Dinámica Atmosférica

- Introducción. Fuerzas inerciales
 - Observadores inerciales y no inerciales
 - Observador no inercial en rotación
 - Fuerza de Coriolis
- Ecuación del movimiento
- Campo horizontal de presiones
 - Reducción de presión
 - Gradiente horizontal de presiones
 - Presión-Densidad
 - Isohipsas
- Coordenadas intrínsecas. Ecuación del movimiento.
- Flujo horizontal sin rozamiento
 - Viento geostrófico
 - Viento del gradiente
 - Efecto del rozamiento
- Viento térmico. Advección térmica.
- Regímenes de vientos locales y de pequeña escala
- Medidas de presión y viento

COORDENADAS INTRINSECAS

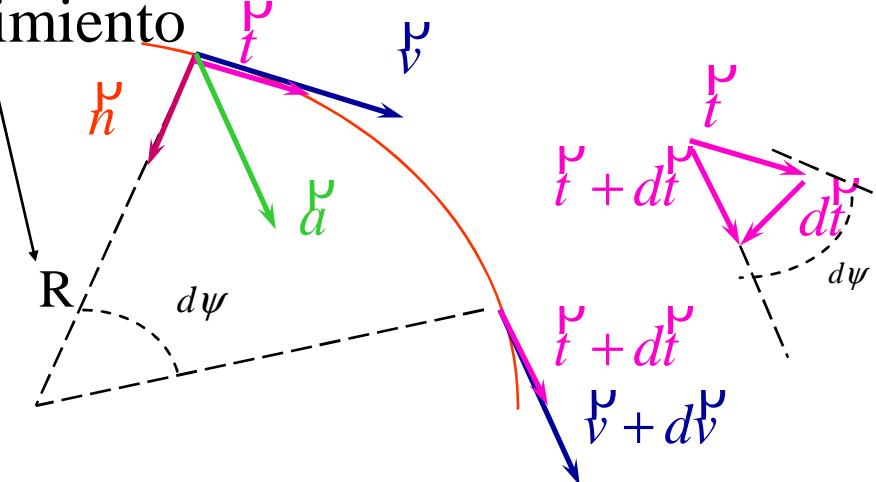
$$\vec{V} = V \vec{t}$$

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{dV}{dt} \vec{t} + V \frac{d\vec{t}}{dt}$$

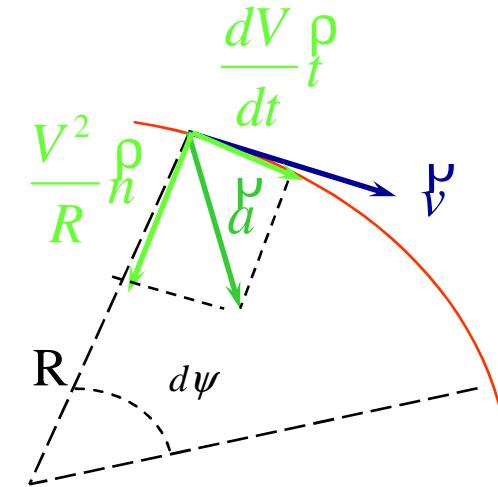
$$\frac{d\vec{t}}{dt} = \frac{ds}{dt} \frac{d\vec{t}}{ds} = V \frac{d\psi}{ds} \vec{h} = \frac{V}{R} \vec{h}$$

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{dV}{dt} \vec{t} + \frac{V^2}{R} \vec{h} = \frac{dV}{dt} \vec{t} + \omega^2 R \vec{h}$$

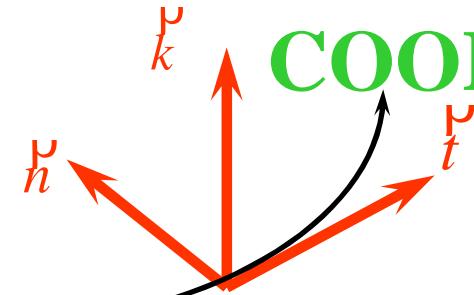
radio de curvatura
del movimiento



al movimiento



ECUACION DE MOVIMIENTO. COORDENADAS INTRINSECAS.



$$\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s}$$

(\hat{t})

$$\frac{V^2}{R_H} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} - 2\Omega V \sin \varphi = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} - fV$$

(\hat{n})

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

(\hat{k})

Donde hemos simplificado la ecuación de la componente vertical despreciando términos de segundo orden

$$\ddot{a}_H = \frac{dV}{dt} \hat{t} + \frac{V^2}{R_H} \hat{n} = -\frac{1}{\rho} \nabla_H p - fV \hat{n}$$

Dinámica Atmosférica

- Introducción. Fuerzas inerciales
 - Observadores inerciales y no inerciales
 - Observador no inercial en rotación
 - Fuerza de Coriolis
- Ecuación del movimiento
- Campo horizontal de presiones
 - Reducción de presión
 - Gradiente horizontal de presiones
 - Presión-Densidad
 - Isohipsas
- Coordenadas intrínsecas. Ecuación del movimiento.
- Flujo horizontal sin rozamiento
 - Viento geostrófico
 - Viento del gradiente
 - Efecto del rozamiento
- Viento térmico. Advección térmica.
- Regímenes de vientos locales y de pequeña escala
- Medidas de presión y viento

FLUJO GEOSTROFICO

Viento horizontal sin rozamiento con equilibrio entre fuerzas de Coriolis y presión

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial s} = 0 \quad (\hat{t})$$

p no cambia a lo largo de la trayectoria

$$\frac{V^2}{R_H} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} - fV = 0 \quad (\hat{n})$$

(\hat{t})

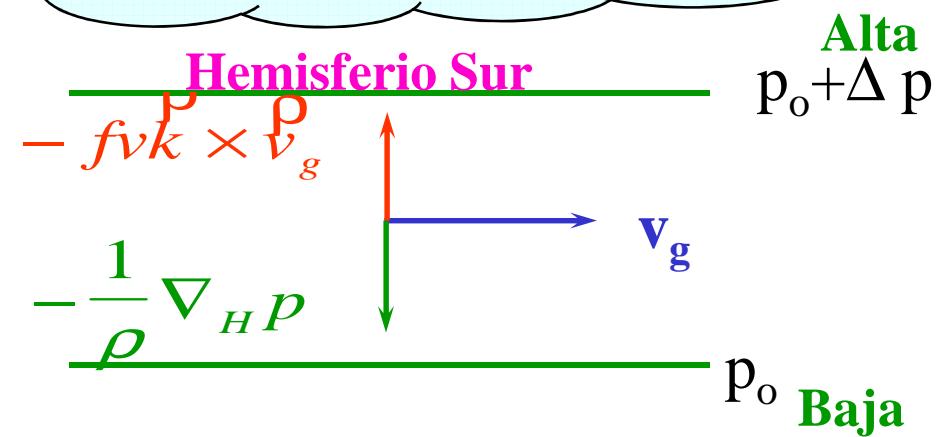
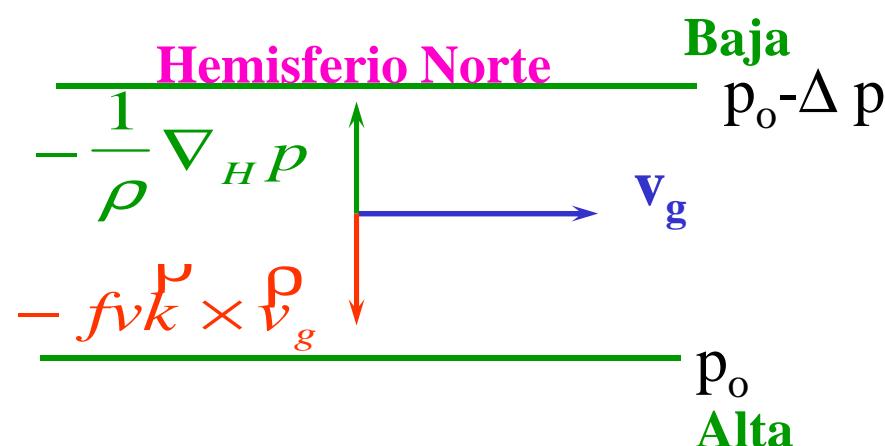
(\hat{n})

$$v_g = \left| \vec{v}_g \right| = \frac{1}{\rho} \frac{1}{f} \frac{\partial p}{\partial n} \Rightarrow v_g = \frac{1}{\rho} \frac{1}{f} \frac{\Delta p}{\Delta n}$$

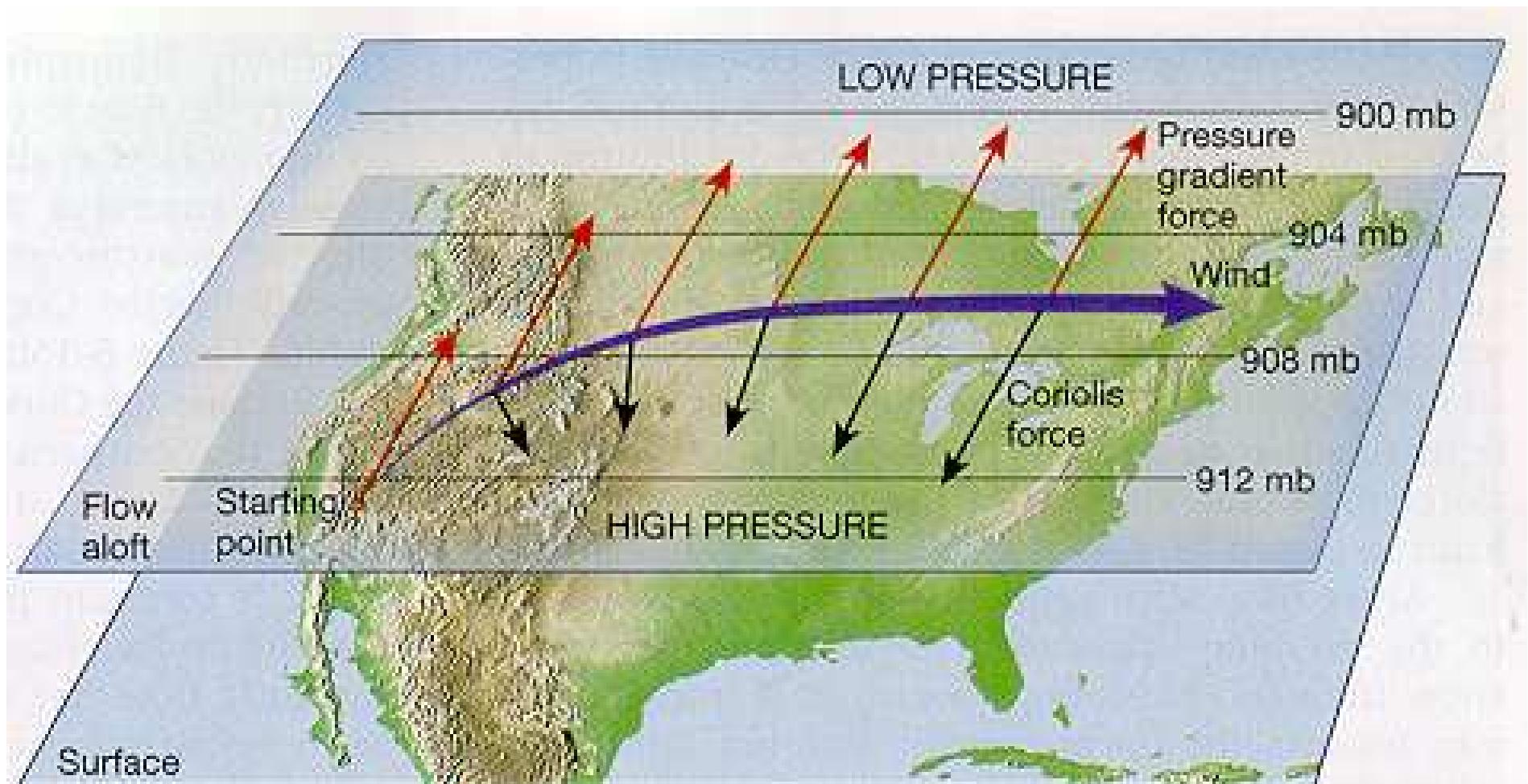
$$v_g = \frac{g}{f} \frac{\partial z}{\partial n} \Rightarrow v_g = \frac{g}{f} \frac{\Delta z}{\Delta n}$$



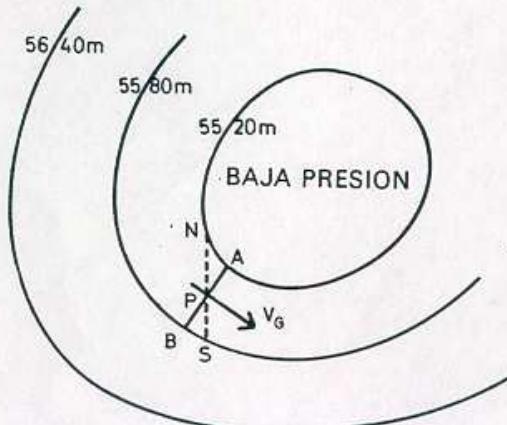
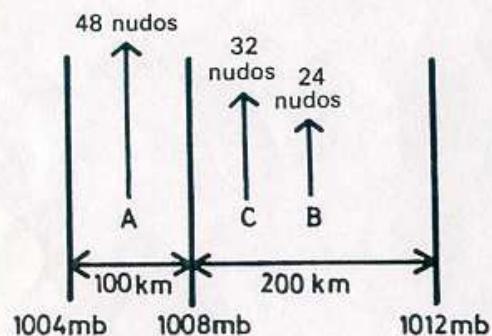
Proporciona v_g a partir de la variación de la altura de una superficie isobárica



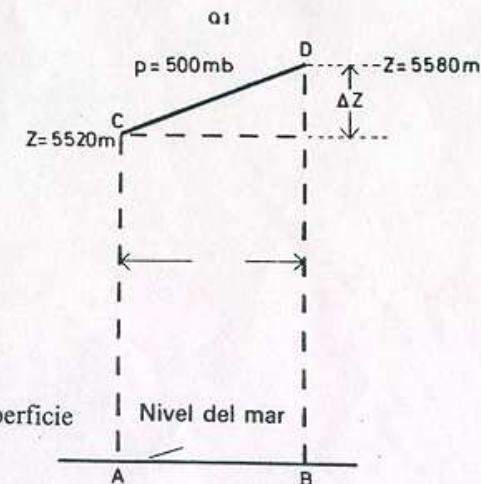
EFECTOS DE LA FUERZA DE CORIOLIS VIENTO GEOSTRÓFICO



FLUJO GEOSTROFICO CALCULO GRAFICO



Ejemplo de líneas de contorno o isohipsas de la superficie isobárica de 500 mb.



Sección transversal a lo largo de la línea de mayor pendiente por el punto P de la figura 6.5 (mirando a sotavento).

$$v_g = \frac{1}{\rho} \frac{1}{f} \frac{\Delta p}{\Delta n}$$

$$v_g = \frac{g}{f} \frac{\Delta z}{\Delta n}$$

VIENTO DEL GRADIENTE

$$\frac{dV}{dt} = 0 \quad \circ \circ \circ$$

p no cambia a lo largo de la trayectoria

$$\frac{V_{gr}^2}{R_H} = -fV_{gr} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial N} = -fV_{gr} - fV_g$$

donde se ha usado $\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} = -fV_g$

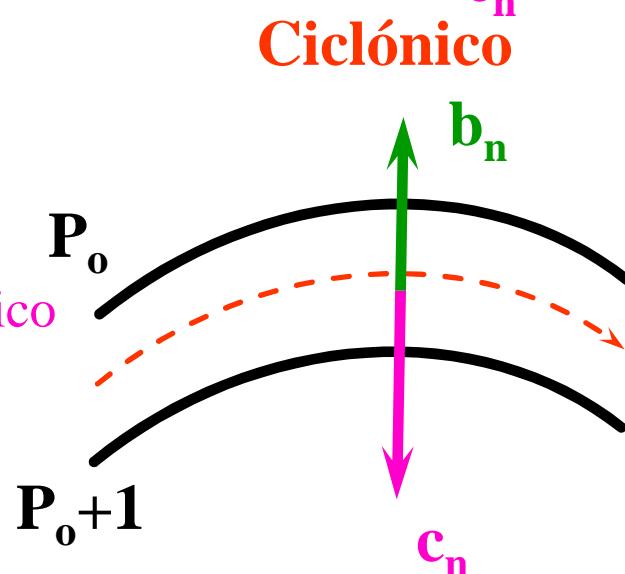
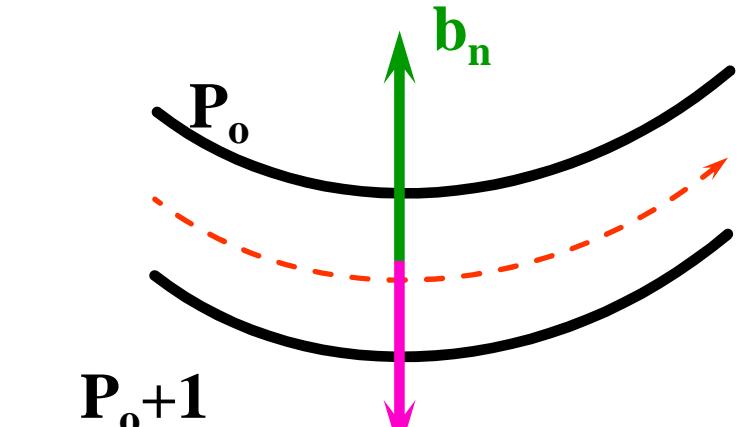
$$V_{gr} = V_g - \frac{V_{gr}^2}{R_H f}$$

$R_H > 0 \Rightarrow V_{gr} < V_g$ Ciclónico. Subgeostrófico

$R_H < 0 \Rightarrow V_{gr} > V_g$ Anticiclónico. Supergeostrófico

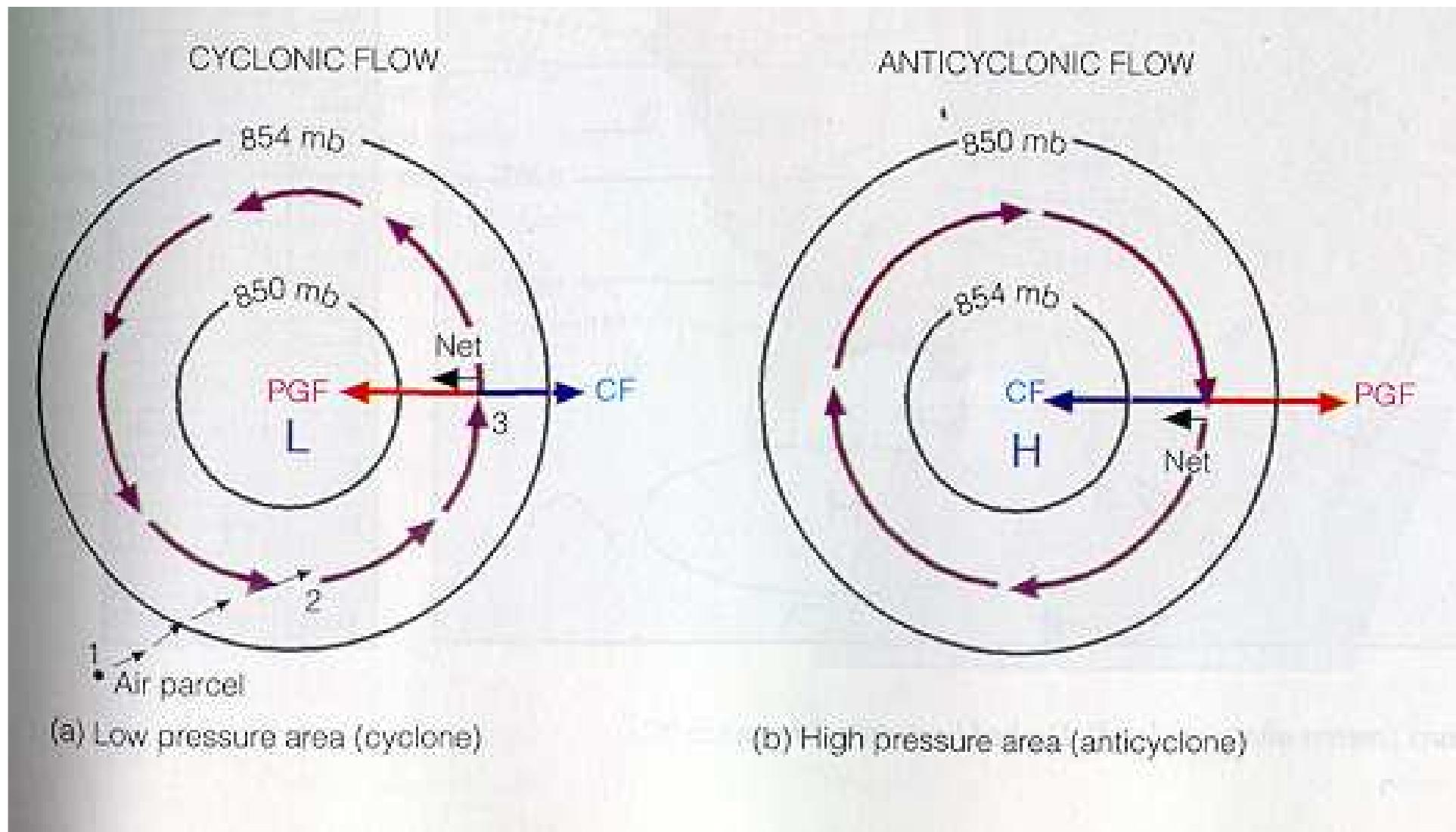
$$C \Rightarrow V_{gr} = -\frac{f|R_H|}{2} + \sqrt{\frac{f^2 R_H^2}{4} + \frac{|R_H|}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}}$$

$$A \Rightarrow V_{gr} = \frac{f|R_H|}{2} - \sqrt{\frac{f^2 R_H^2}{4} - \frac{|R_H|}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n}}$$

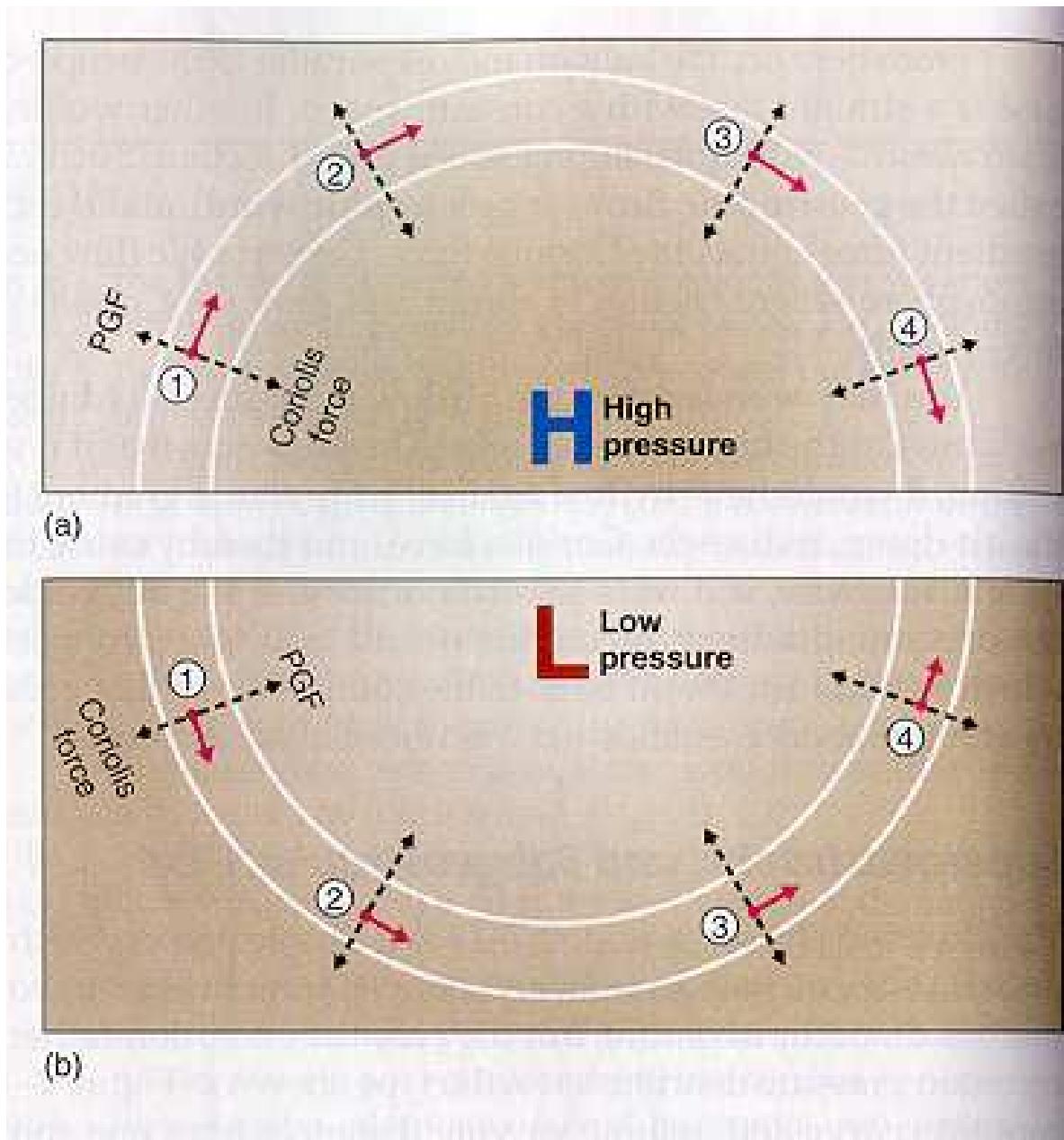


Anticiclónico

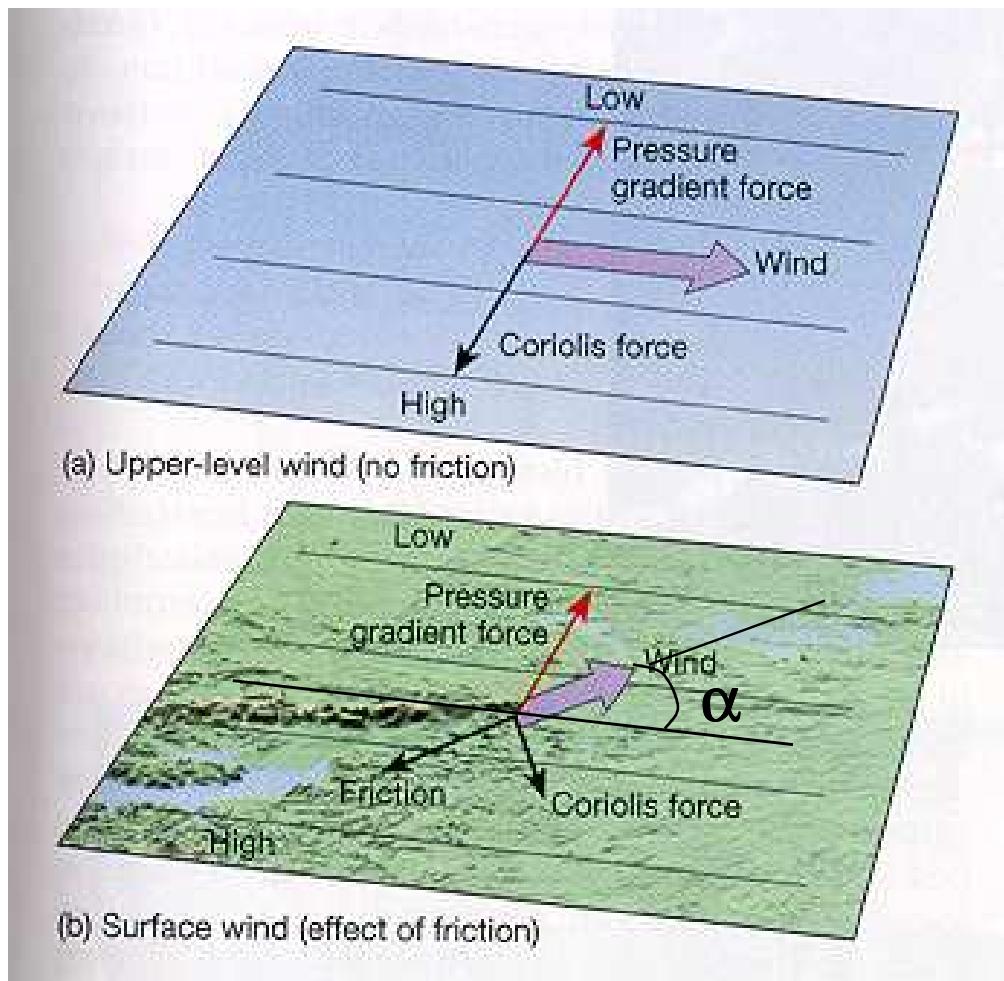
VIENTO DEL GRADIENTE



VIENTO DEL GRADIENTE



EFECTO DEL ROZAMIENTO



Reducción de la velocidad
Viento no paralelo a isobaras
Flujo de altas a bajas presiones

$$\begin{aligned} F_{\text{roz}} \uparrow &\Rightarrow \alpha \uparrow \\ v \uparrow &\Rightarrow \alpha \downarrow \end{aligned}$$

La rugosidad de la superficie controla la reducción de velocidad y el ángulo de desviación

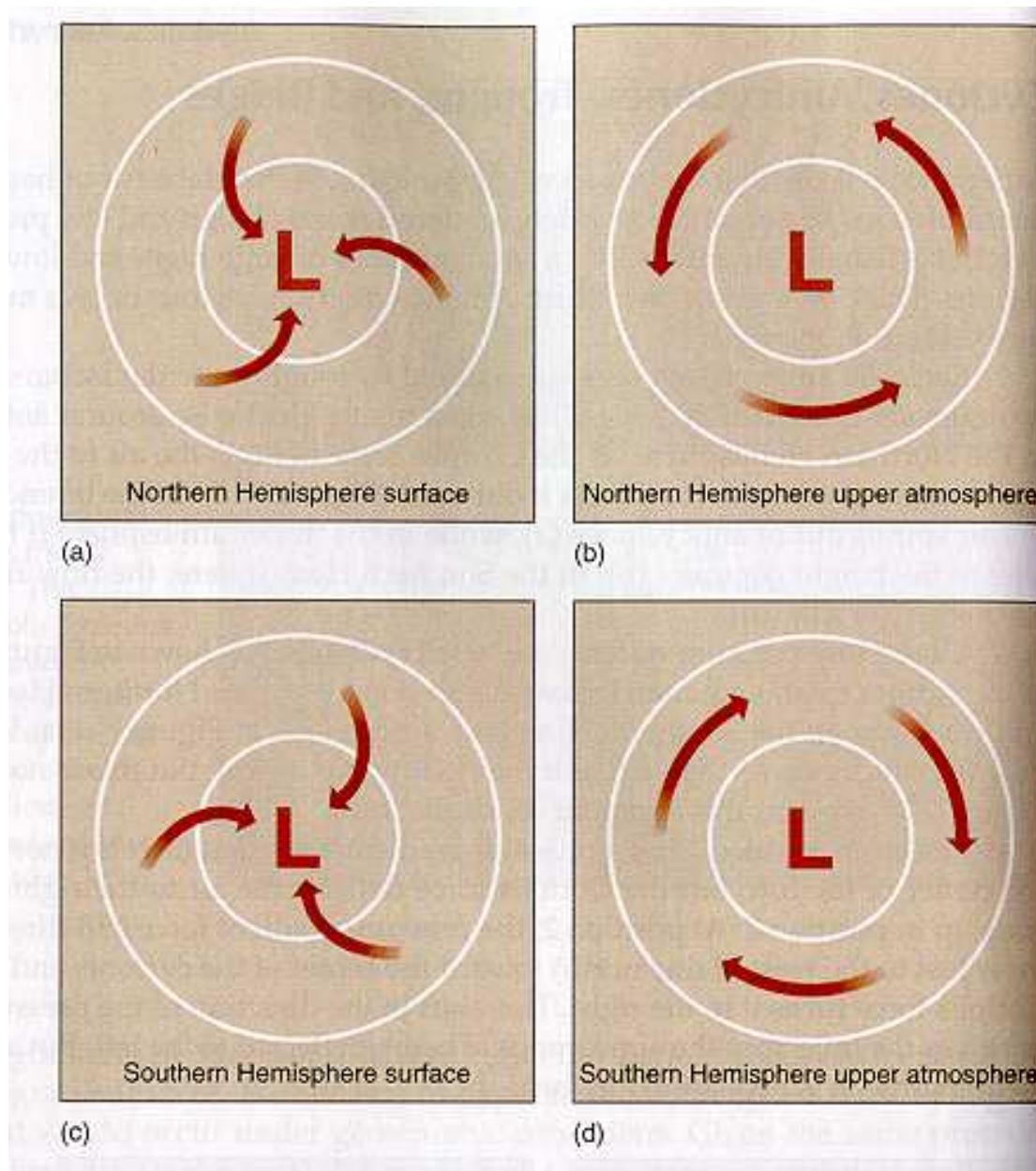
Continentes

$$v_{\text{sup}} = 0.40 v_{\text{geo}} \quad \alpha = 40^\circ$$

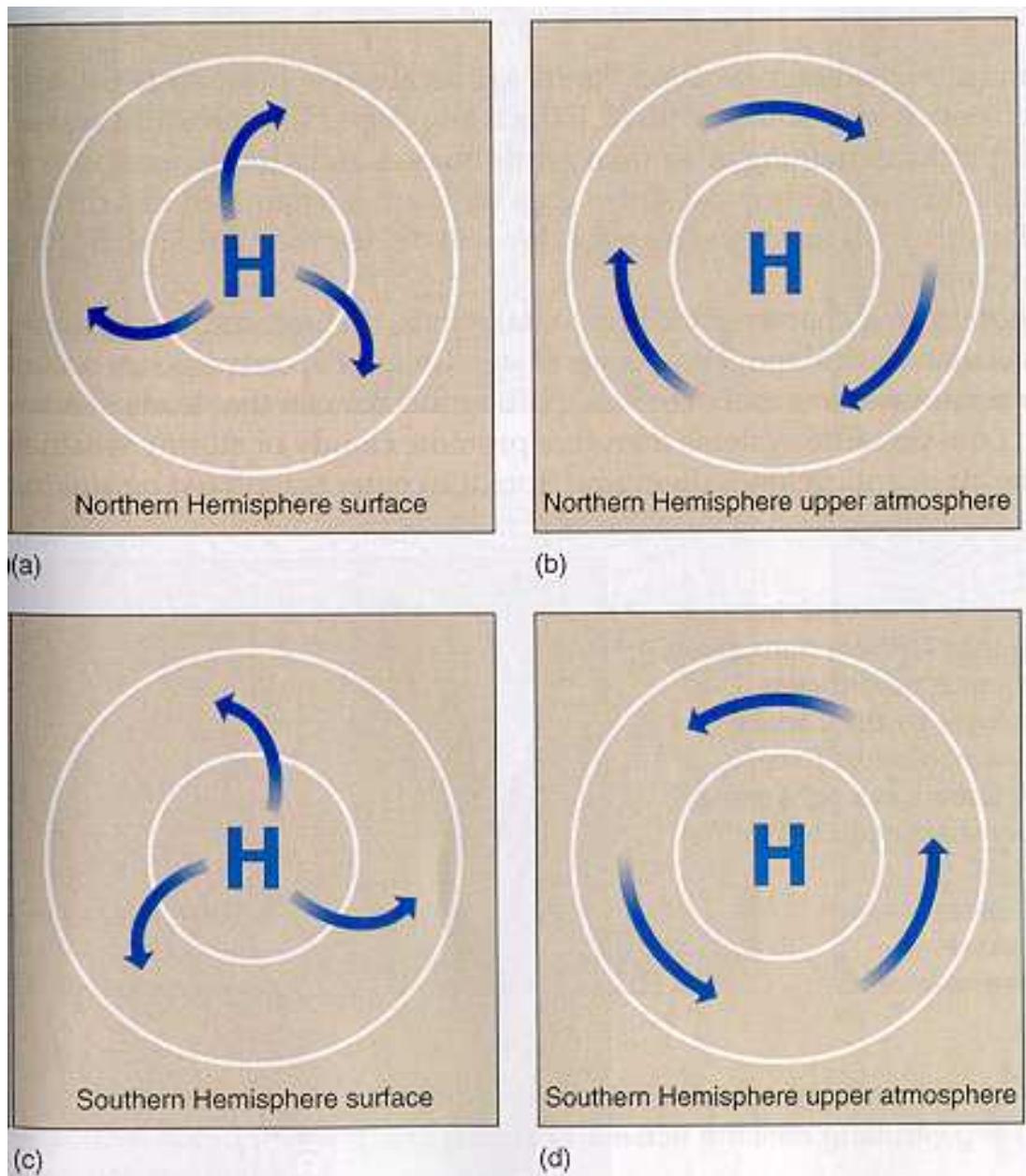
Océanos

$$v_{\text{sup}} = 0.60 v_{\text{geo}} \quad \alpha = 20-30^\circ$$

CIRCULACIÓN CICLÓNICA



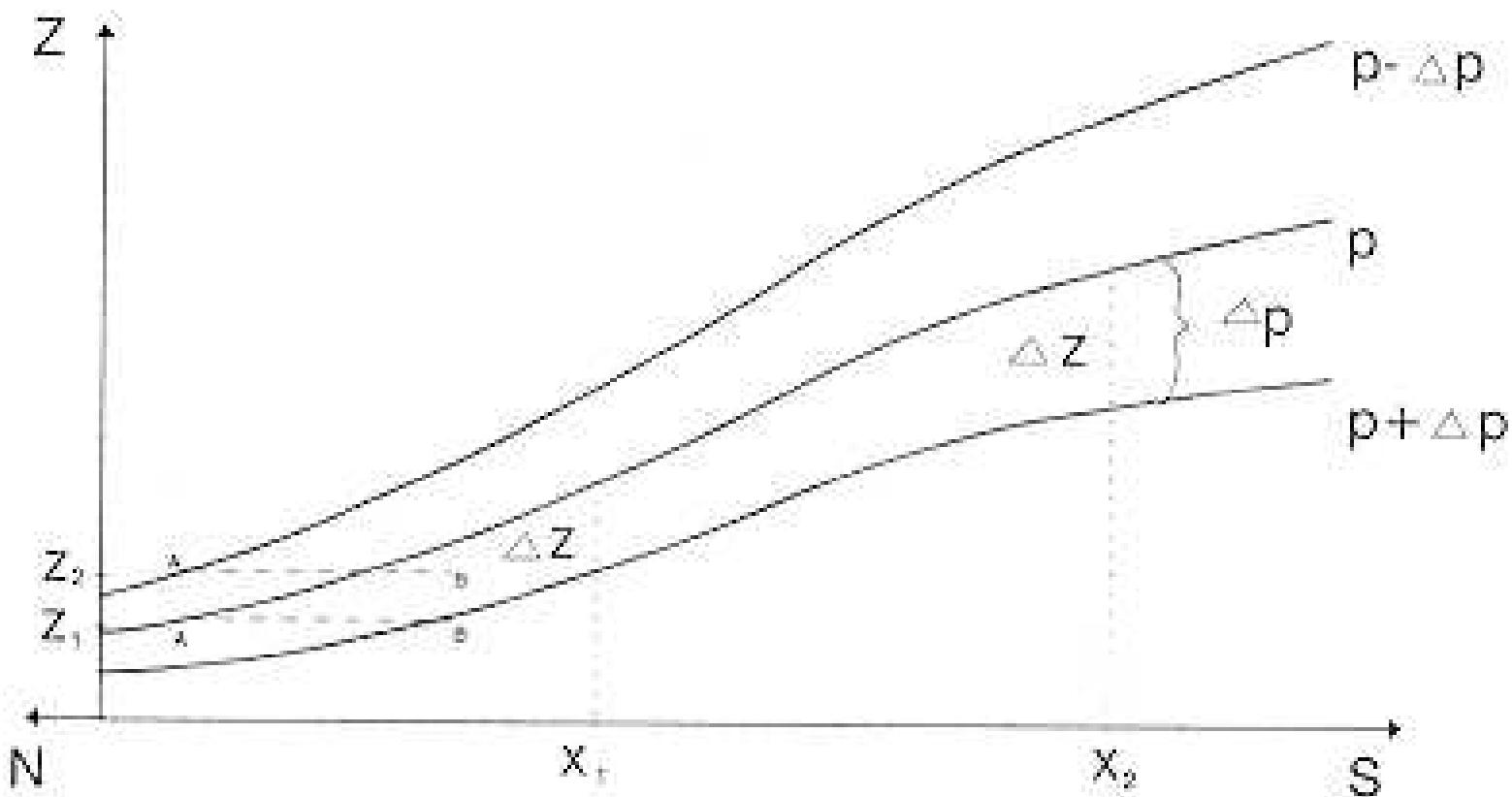
CIRCULACIÓN ANTICICLÓNICA



Dinámica Atmosférica

- Introducción. Fuerzas iniciales
 - Observadores iniciales y no iniciales
 - Observador no inercial en rotación
 - Fuerza de Coriolis
- Ecuación del movimiento
- Campo horizontal de presiones
 - Reducción de presión
 - Gradiente horizontal de presiones
 - Presión-Densidad
 - Isohipsas
- Coordenadas intrínsecas. Ecuación del movimiento.
- Flujo horizontal sin rozamiento
 - Viento geoestático
 - Viento del gradiente
 - Efecto del rozamiento
- Viento térmico. Advección térmica.
- Regímenes de vientos locales y de pequeña escala
- Medidas de presión y viento

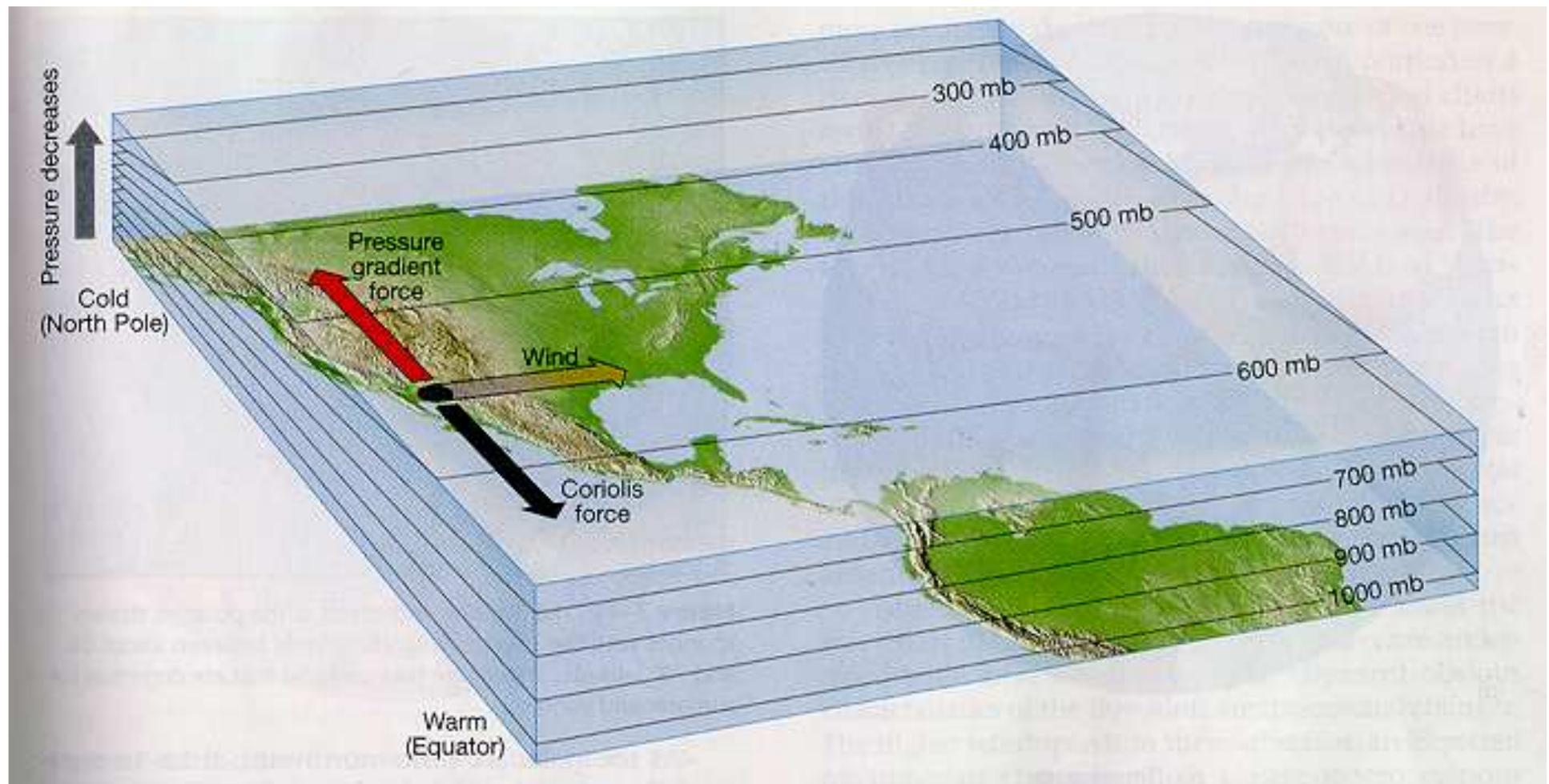
VIENTO TÉRMICO



$$g(z_2 - z_1) = -R_d \int_1^2 T_v d(\ln p) = R_d \bar{T}_v \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$v_g = \frac{1}{\rho} \frac{1}{f} \frac{\Delta p}{\Delta n}$$

VIENTO TÉRMICO



Para un nivel z dado, aparece una componente horizontal de F_{gp} S→N

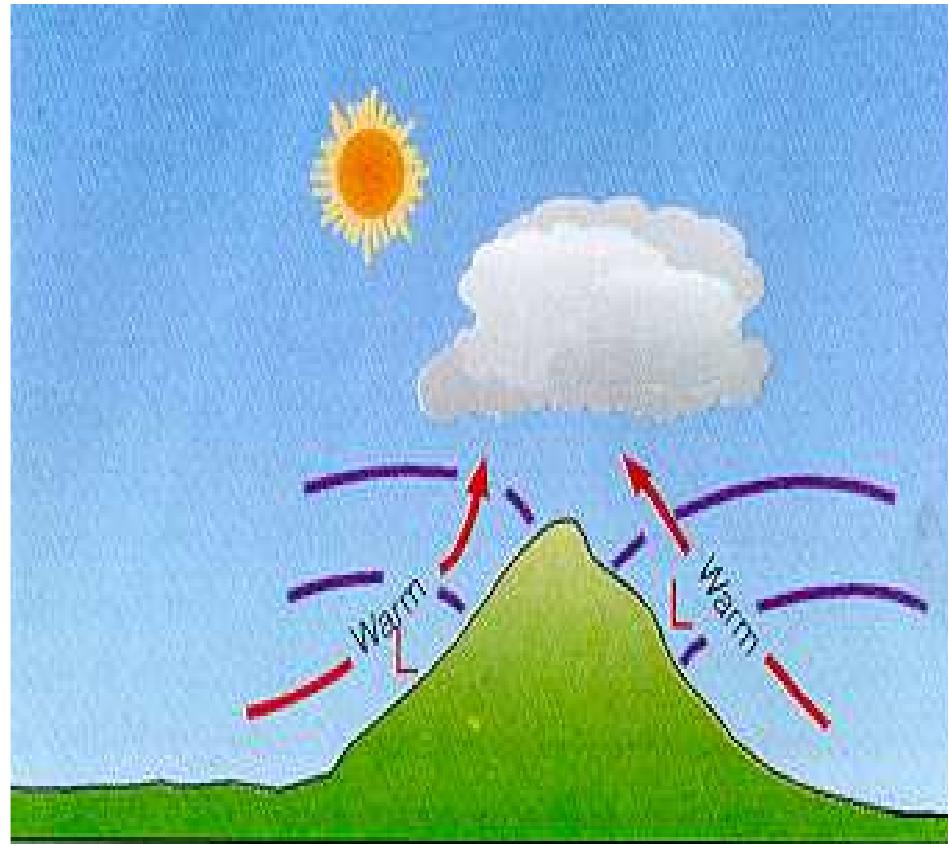


Viento zonal

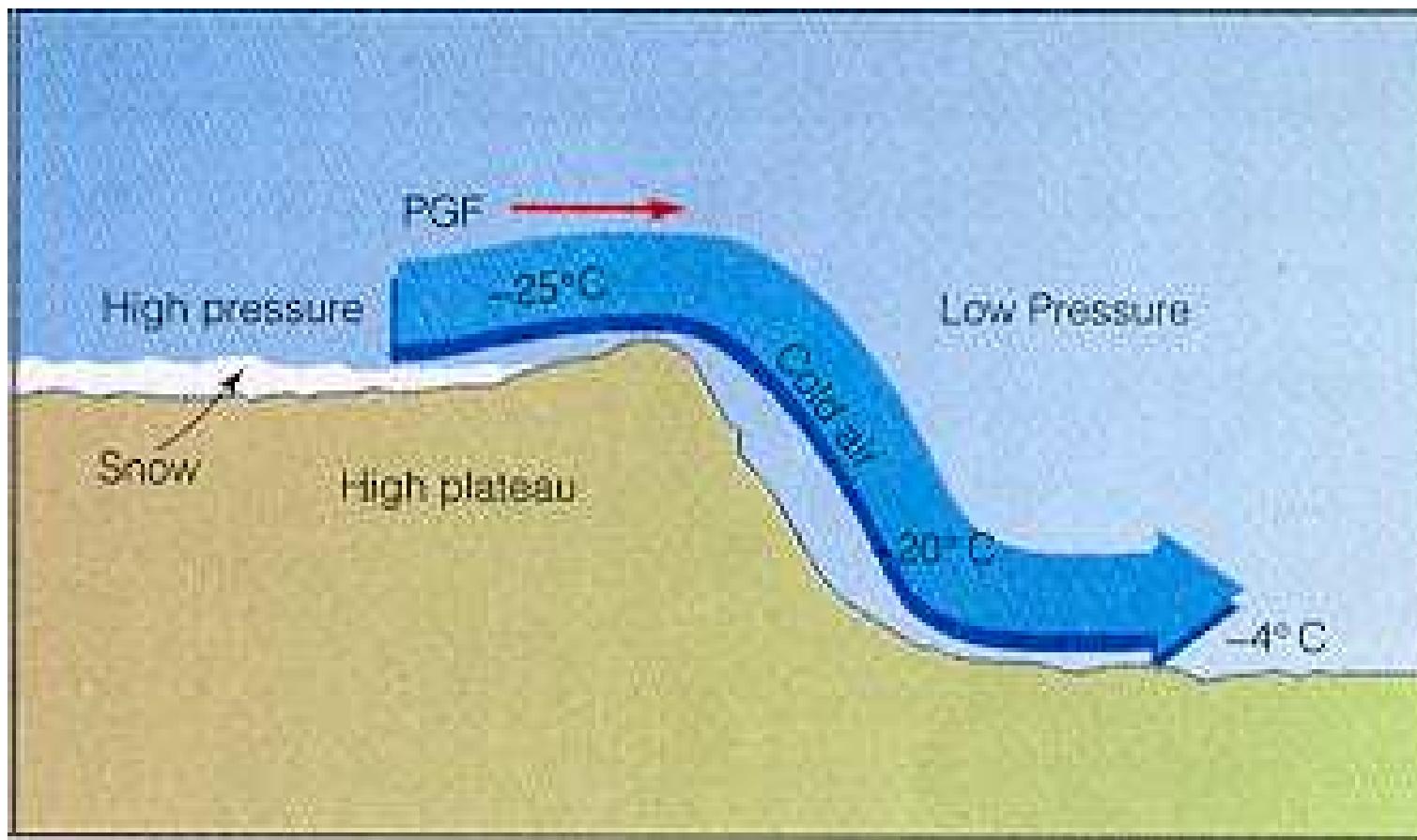
Dinámica Atmosférica

- Introducción. Fuerzas inerciales
 - Observadores inerciales y no inerciales
 - Observador no inercial en rotación
 - Fuerza de Coriolis
- Ecuación del movimiento
- Campo horizontal de presiones
 - Reducción de presión
 - Gradiente horizontal de presiones
 - Presión-Densidad
 - Isohipsas
- Coordenadas intrínsecas. Ecuación del movimiento.
- Flujo horizontal sin rozamiento
 - Viento geostrófico
 - Viento del gradiente
 - Efecto del rozamiento
- Viento térmico. Advección térmica.
- Regímenes de vientos locales y de pequeña escala
- Medidas de presión y viento

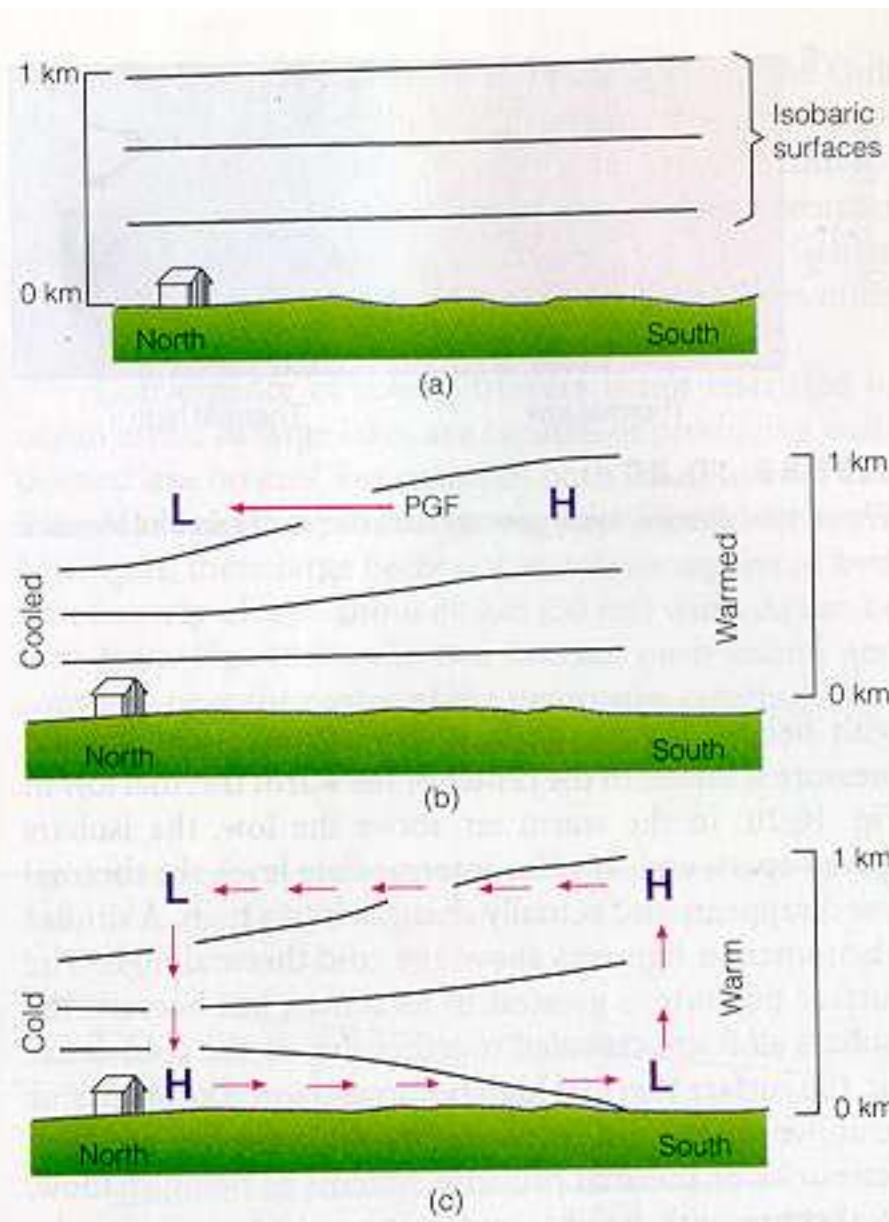
VIENTOS VALLE-LADERA



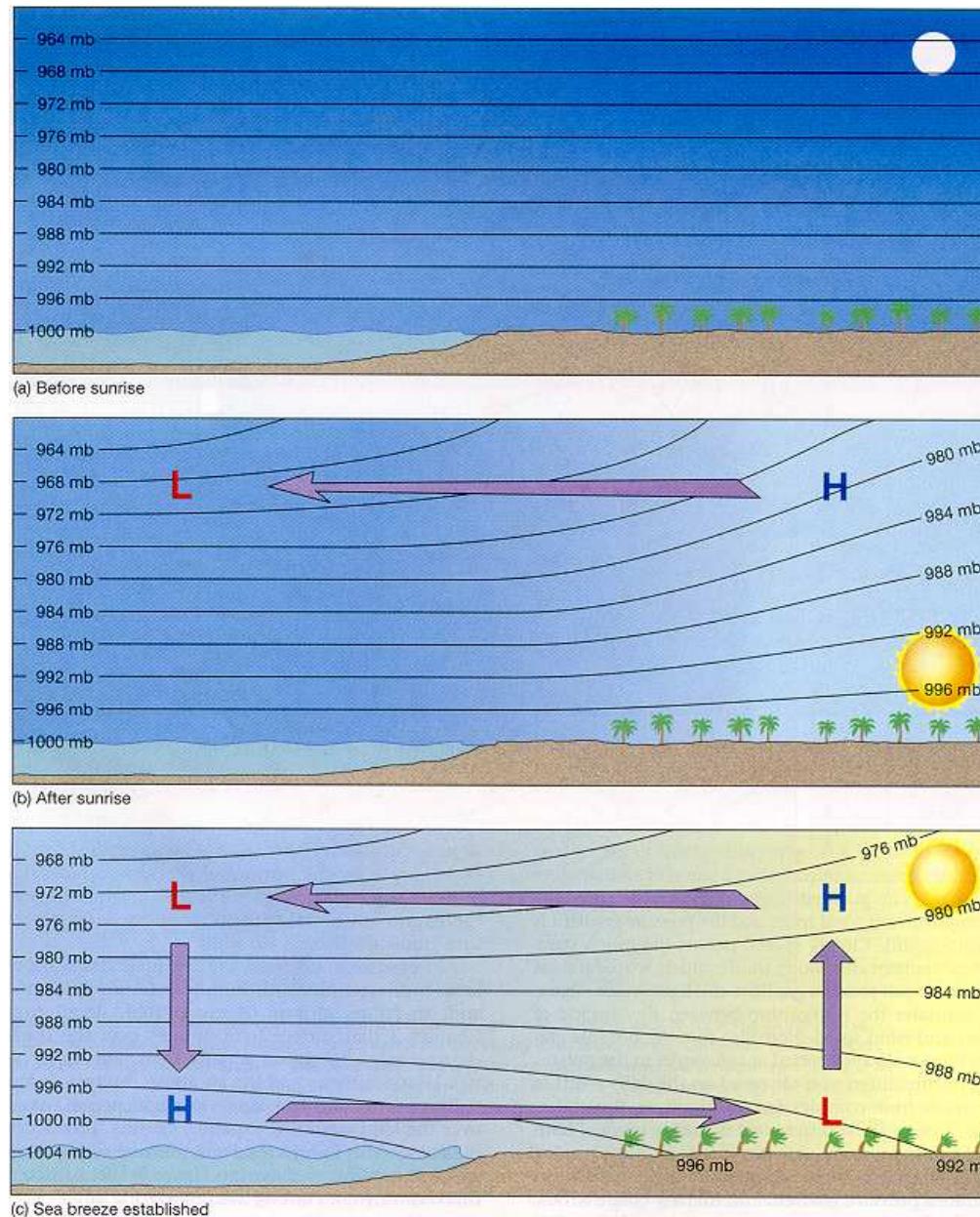
VIENTO CATABÁTICO



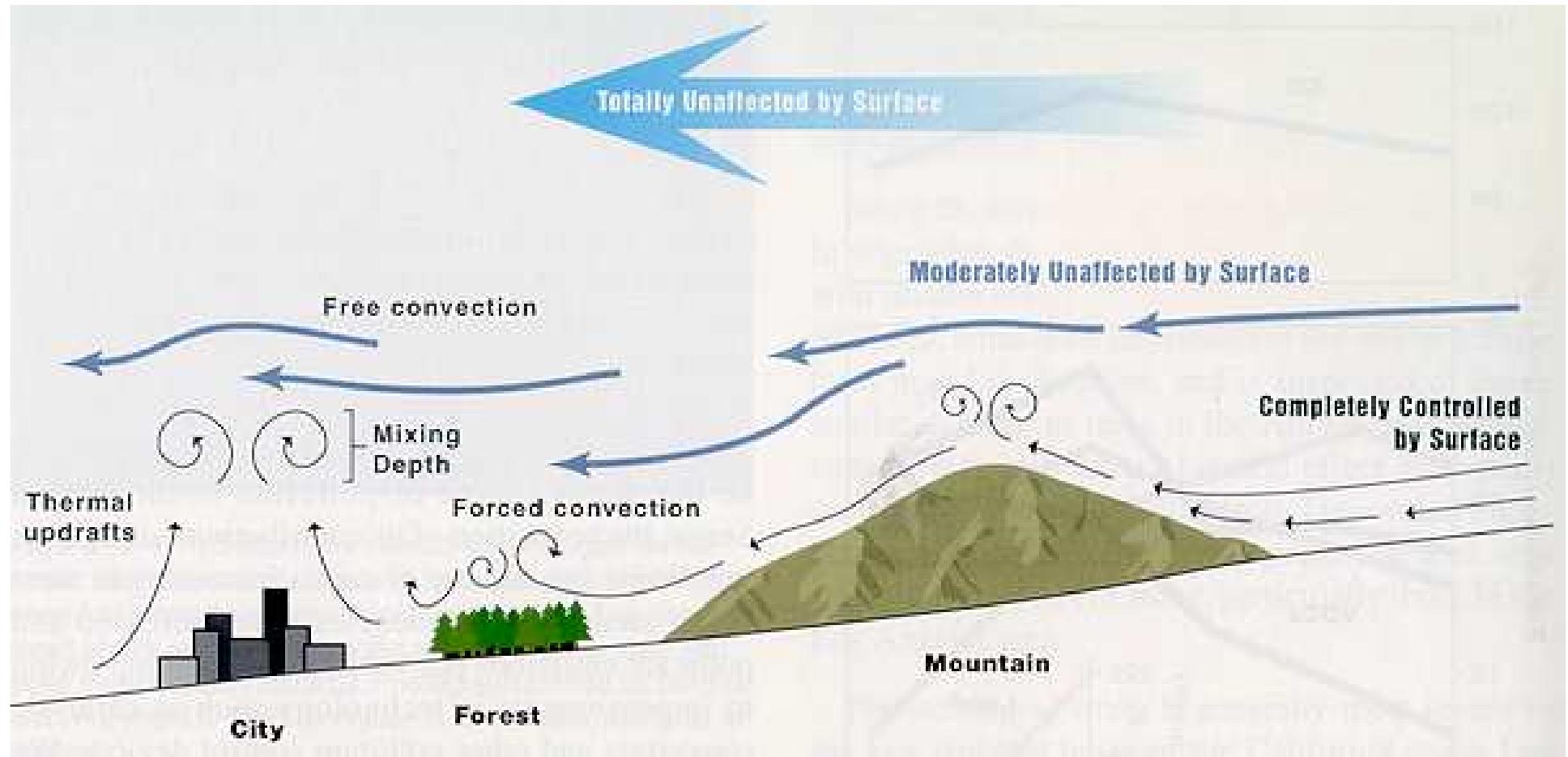
FLUJO TÉRMICO



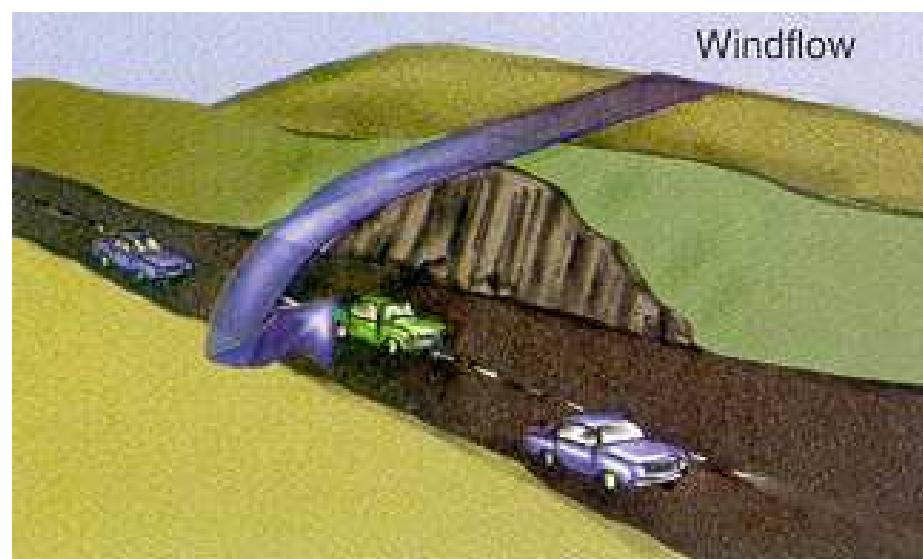
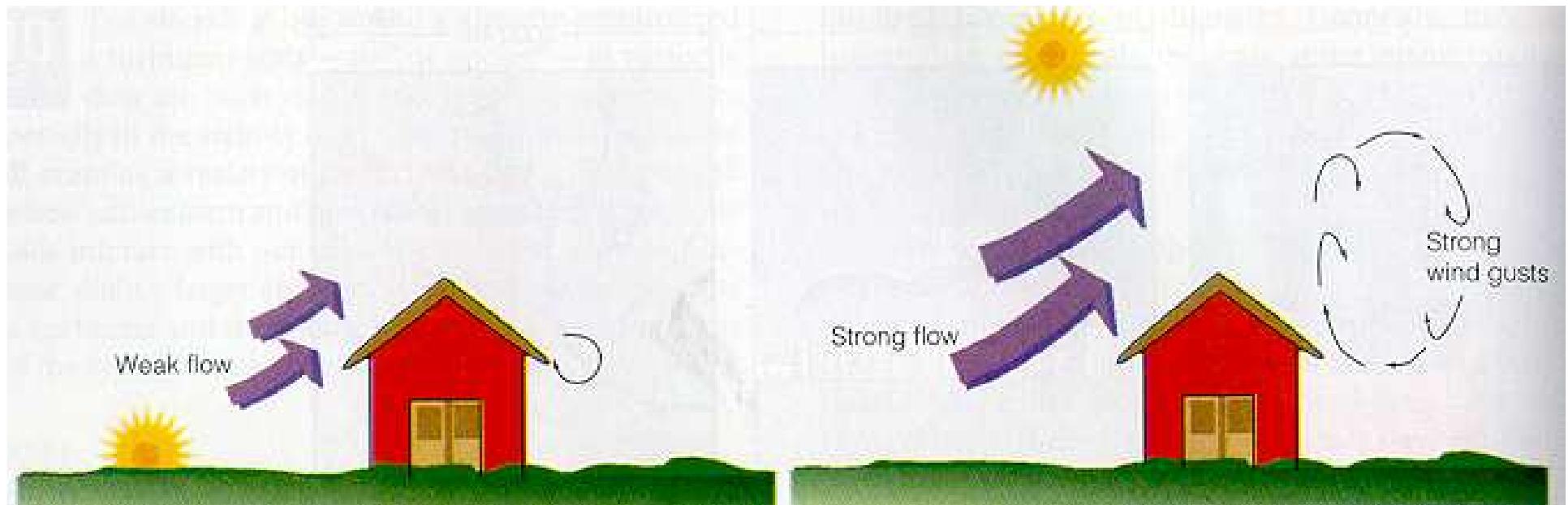
BRISA MARINA-BRISA TERRESTRE



EFECTOS DEL FLUJO



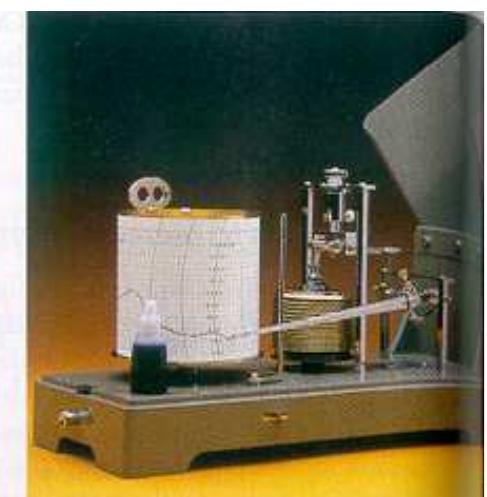
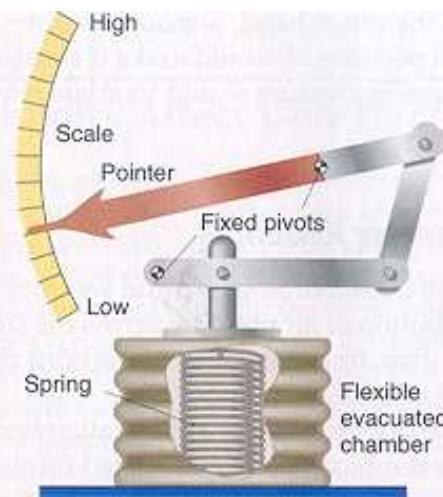
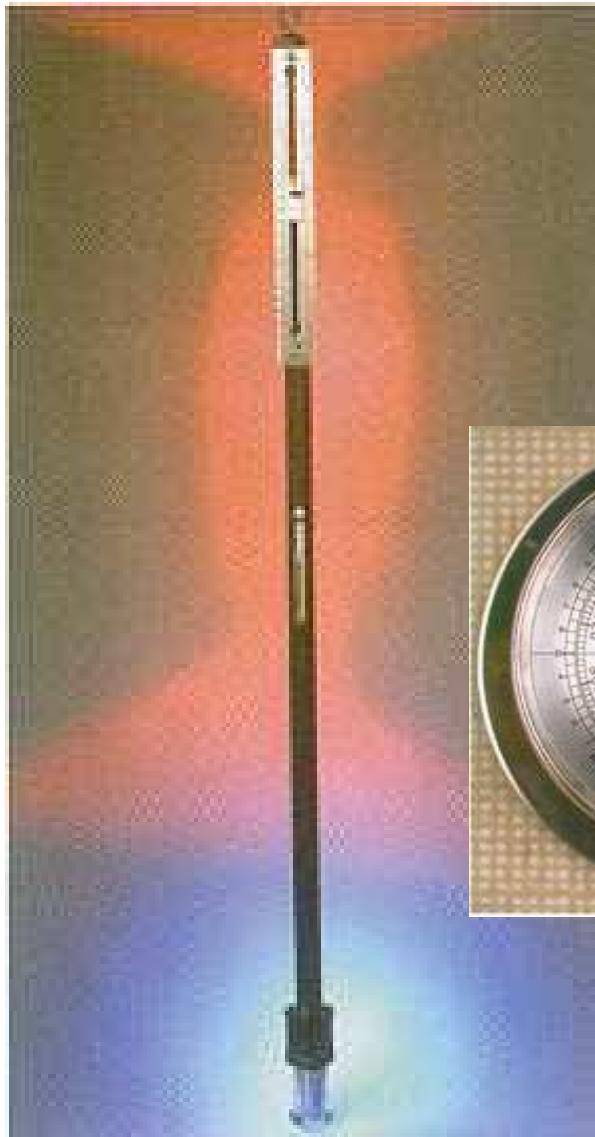
FLUJO-OBSTÁCULOS



Dinámica Atmosférica

- Introducción. Fuerzas iniciales
 - Observadores iniciales y no iniciales
 - Observador no inercial en rotación
 - Fuerza de Coriolis
- Ecuación del movimiento
- Campo horizontal de presiones
 - Reducción de presión
 - Gradiente horizontal de presiones
 - Presión-Densidad
 - Isohipsas
- Coordenadas intrínsecas. Ecuación del movimiento.
- Flujo horizontal sin rozamiento
 - Viento geoestático
 - Viento del gradiente
 - Efecto del rozamiento
- Viento térmico. Advección térmica.
- Regímenes de vientos locales y de pequeña escala
- Medidas de presión y viento

BARÓMETROS



ANEMÓMETRO-VELETA

