

# **Meteorología**

## ***GRADO EN GESTIÓN Y OPERACIONES DEL TRANSPORTE AÉREO***

Departamento de Física Aplicada

# Principio de relatividad de Galileo y

Existen sistemas de coordenadas inerciales donde:

$$m\vec{a} = m\ddot{\vec{r}} = \sum \vec{F}_i$$

- Espacio isótropo: Independencia de la orientación.
- Espacio *homogéneo*:  $m\ddot{\vec{r}} = \sum \vec{F}_i(\vec{r} - \vec{r}_0, \vec{v}, t)$
- $t$  es uniforme  $m\ddot{\vec{r}} = \sum \vec{F}_i(\vec{r} - \vec{r}_0, \vec{v}, t?)$ .
- Invarianza en tránsito:  
 $m\ddot{\vec{r}} = \sum \vec{F}_i(\vec{r} - \vec{r}_0, \vec{v} - \vec{v}_0, t)$

# Segunda Ley de Newton

Sistemas no inerciales: Transformación de aceleraciones.

$$\vec{a}_p = \vec{a}'_p + \vec{a}_{o'} + \underbrace{\left( \frac{d\vec{\Omega}_{S'S}}{dt} \right)_S \wedge \vec{r}'_p + \vec{\Omega}_{S'S} \wedge (\vec{\Omega}_{S'S} \wedge \vec{r}'_p)}_{\vec{a}_{arr}} + \underbrace{2\vec{\Omega}_{S'S} \wedge \vec{v}'_p}_{\vec{a}_{cor}}$$

$$\vec{a}_p = \vec{a}'_p + \vec{a}_{cor} + \vec{a}_{arr}$$

# Segunda Ley de Newton para sistemas

$$m\vec{a}_p = m\vec{a}'_p + m\vec{a}_{cor} + m\vec{a}_{arr} = \sum \vec{F}_i$$

$$m\vec{a}'_p = \underbrace{-m\vec{a}_{cor}}_{\vec{F}_{cor}} - \underbrace{m\vec{a}_{arr}}_{\approx 0} + \sum \vec{F}_i$$

Dividiendo entre la masa tenemos

$$\vec{a}'_p = \underbrace{-\vec{a}_{cor}}_{\vec{F}_{cor}} + \sum \vec{F}_i$$

$\sum \vec{F}_i$  por unidad de masa: aceleración.

# $\Sigma \vec{F}_i$ por unidad de masa: aceleración

$$\Sigma \vec{F}_i = -g\vec{k} - \frac{1}{\rho} \nabla P + \vec{F}_r$$

Es decir:

$$\vec{a}'_p = \vec{F}_{cor} - g\vec{k} - \frac{1}{\rho} \nabla P + \vec{F}_r$$

Donde

$$\vec{F}_{cor} = -2\vec{\omega}_{dia} \wedge \vec{v}$$

# Fuerza de Coriolis

$$\vec{F}_{cor} = -2\vec{\omega}_{dia} \wedge \vec{v}$$

$$|\vec{F}_{cor}| = 2\omega_{dia}v \sin(\phi)$$

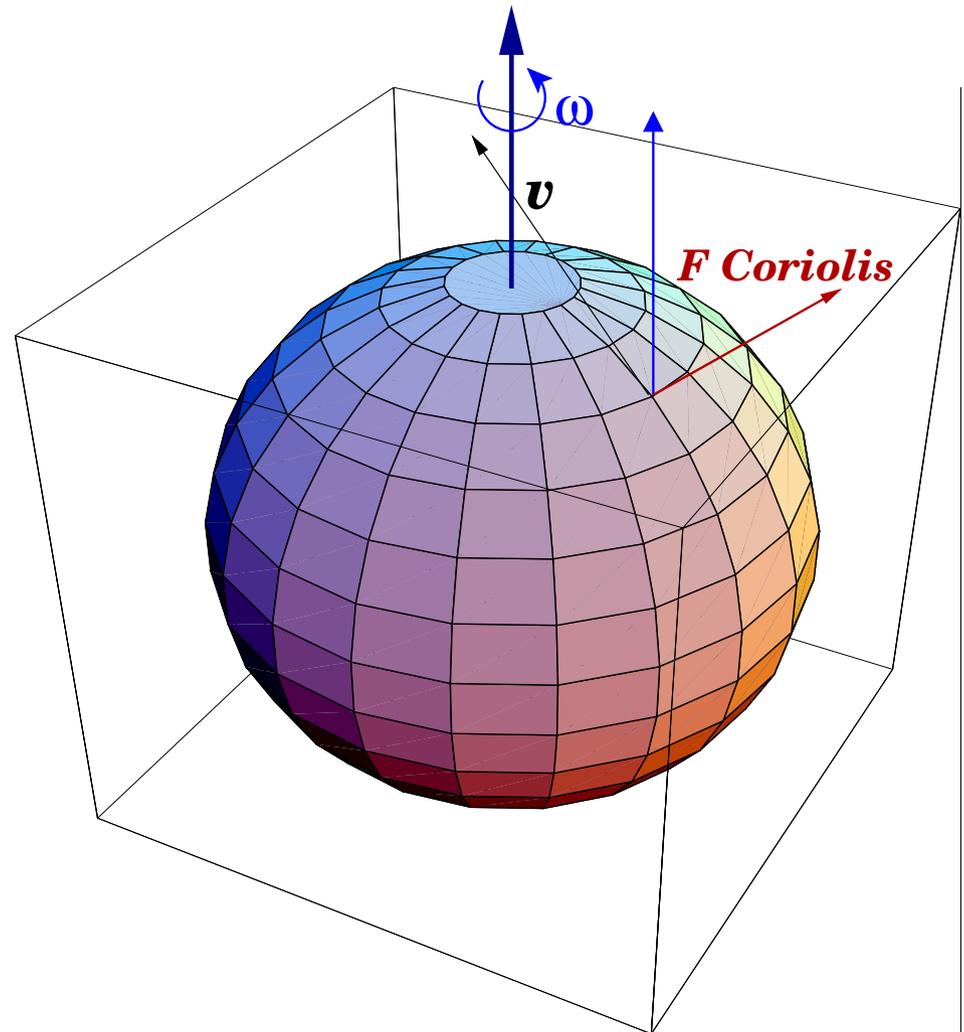
Parámetro de Coriolis:

$$f = 2\omega_{dia} \sin(\phi).$$

$$\omega_{dia} = 2\pi/dia = 73 \cdot 10^{-6} rad/s$$

Trabajo realizado por la fuerza de Coriolis:

$$W = \int \vec{F}_{cor} \cdot d\vec{r} = 0$$



# Viento geostrófico

Ecuación horizontal:

$$\vec{a}'_p = \vec{F}_{cor} - \frac{1}{\rho} \nabla_h P + \vec{F}_r$$

Viento geostrófico: Poca curvatura de las isobaras, por tanto, estacionario sin rozamiento:

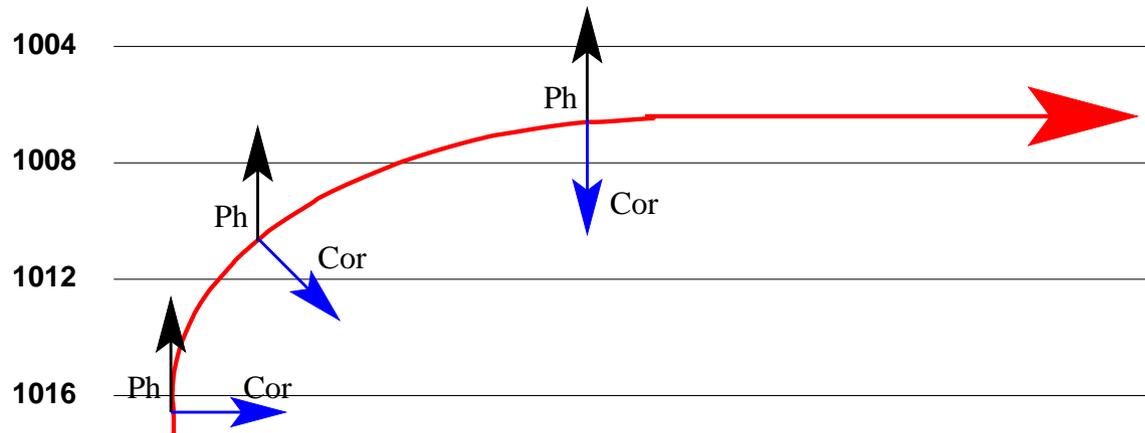
$$\underbrace{\vec{a}'_p}_{\approx 0} = \vec{F}_{cor} - \frac{1}{\rho} \nabla_h P + \underbrace{\vec{F}_r}_{\approx 0}$$

# Viento geostrófico

$$\left| \frac{1}{\rho} \nabla P \right| \approx \frac{1}{\rho} \frac{\Delta p}{d} = |F_{cor}|$$

Tenemos la ecuación para la velocidad del viento geostrófico

$$= \frac{1}{2 \rho \omega_{dia} \sin(\phi)} \frac{\Delta p}{d}$$

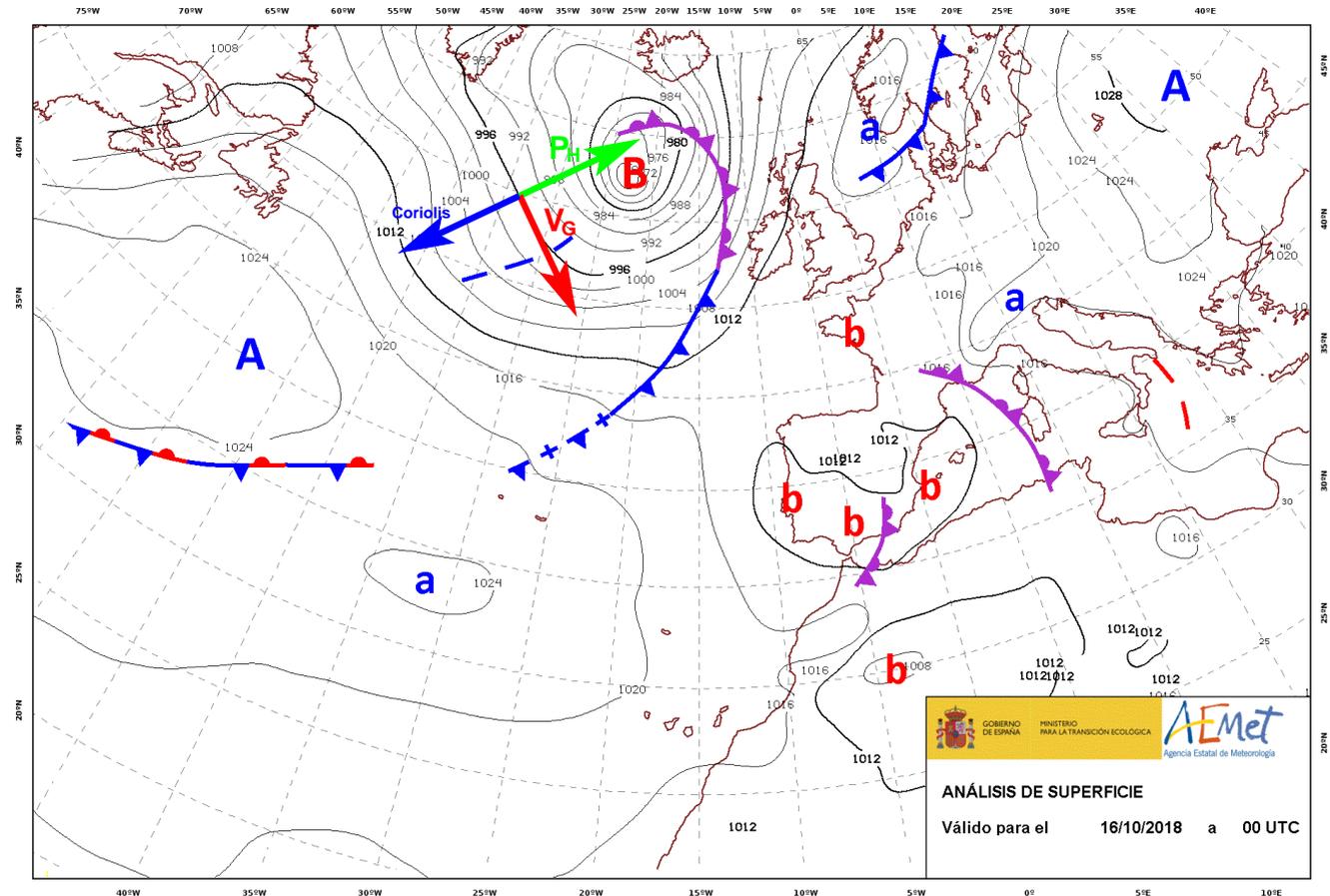


Paradoja geodinámica

# Viento geostrófico

Limitación: el número de Rossby,  $R_o$ , ha de ser pequeño:

$$R_o = \frac{v^2}{fR} \ll 1$$



# Viento del gradiente

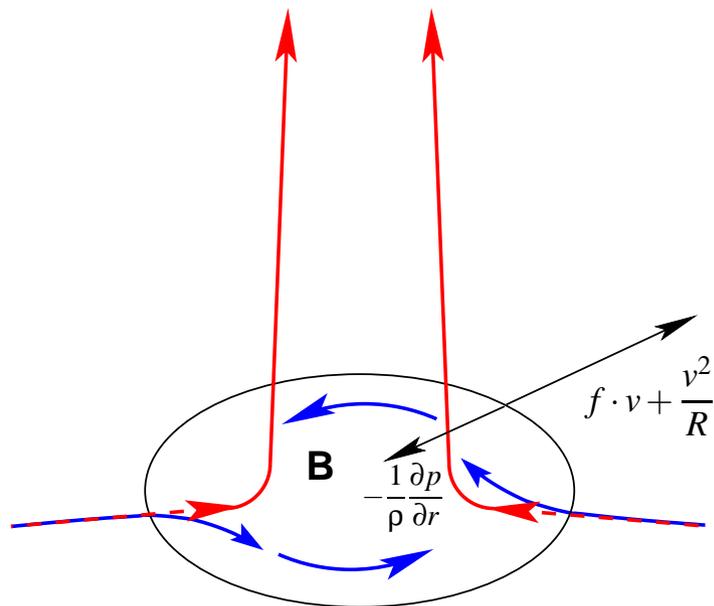
Ecuación horizontal:

$$\vec{a}'_p = \vec{F}_{cor} - \frac{1}{\rho} \nabla_h P + \vec{F}_r$$

Curvatura y poca aceleración tangencial. No hay rozamiento.

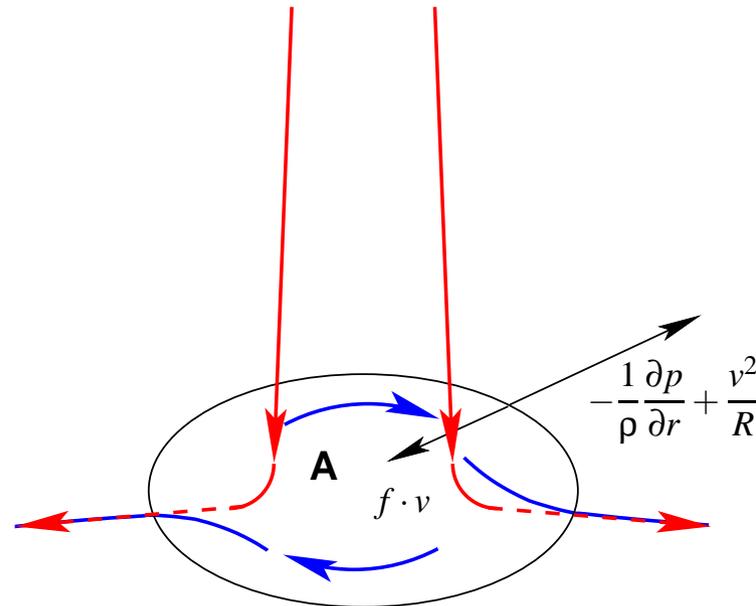
$$\underbrace{\vec{a}'_p}_{\approx -\frac{v^2}{R}\vec{n}} = \underbrace{\vec{F}_{cor}}_{=f \cdot v} - \frac{1}{\rho} \nabla_h P + \underbrace{\vec{F}_r}_{\approx 0}$$

# Viento del gradiente



Giro Ciclonico

$$f \cdot v + \frac{v^2}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}$$



Giro Anticiclonico

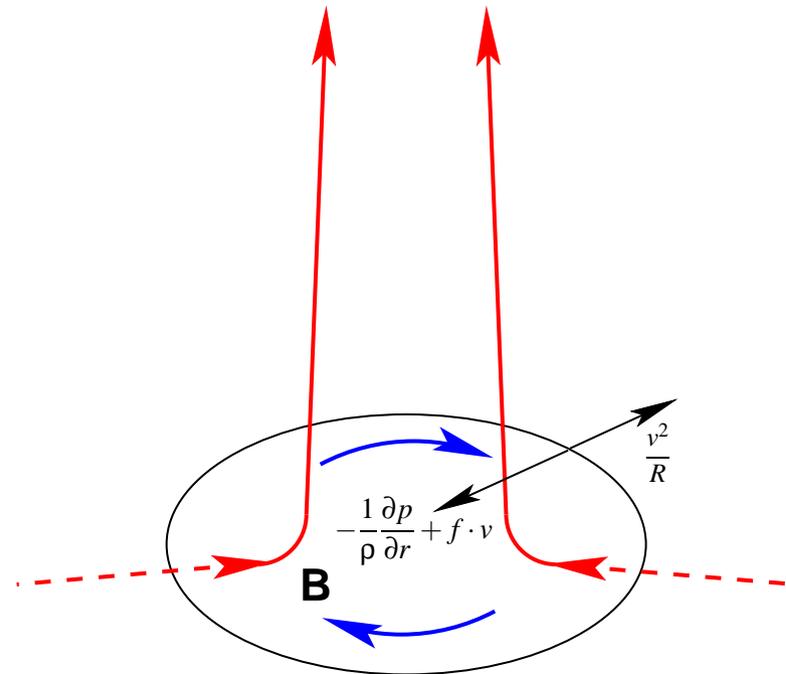
$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{v^2}{R} = f \cdot v$$

Grado en G. y O. del Transporte Aereo

# Viento del gradiente

Ciclón anómalo

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + f \cdot v = \frac{v^2}{R}$$



**Giro Anticiclonico**

# Viento del gradiente

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{v^2}{R} + f \cdot v = 0$$

Considerando

$R > 0$  Circulación ciclónica

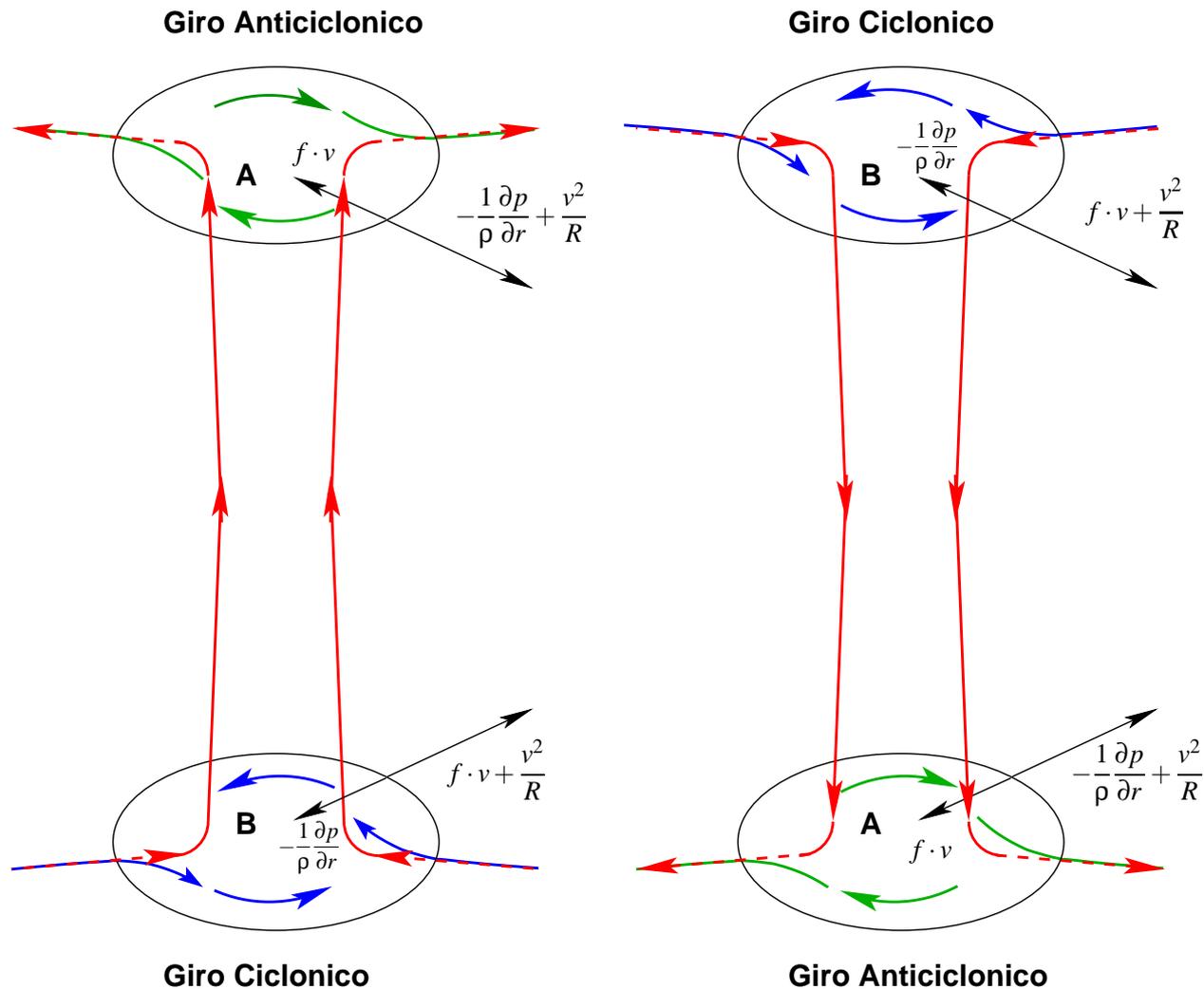
$R < 0$  Circulación anticiclónica

Tenemos para  $v$ :

$$v = -\frac{fR}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4} - \frac{R \partial p}{\rho \partial r}} \rightarrow \frac{v_g}{v} = 1 + \frac{v}{fR}$$

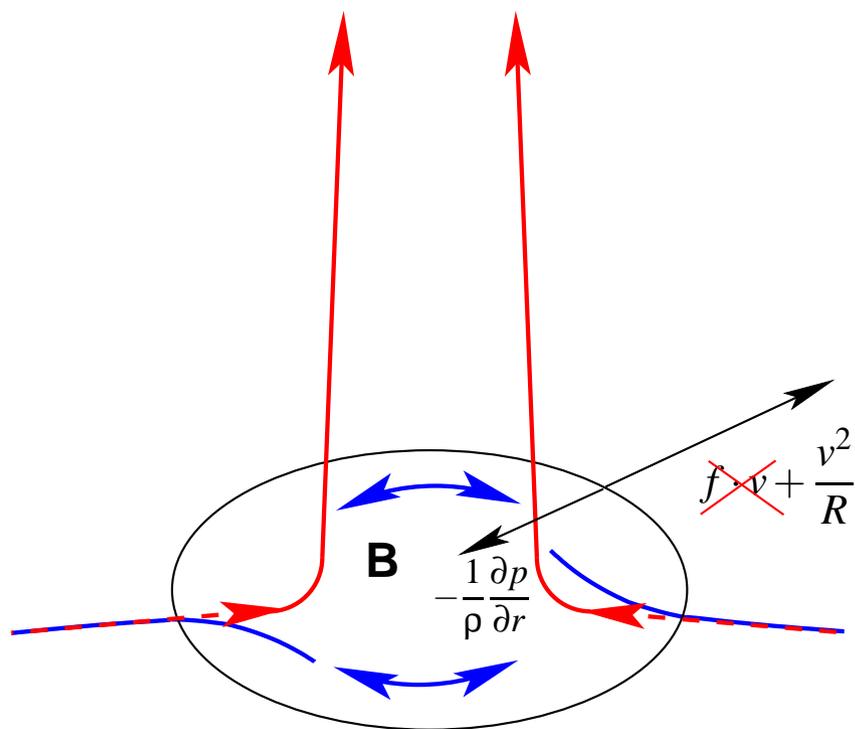
# Viento del gradiente

## Estructura de ciclones y anticiclones

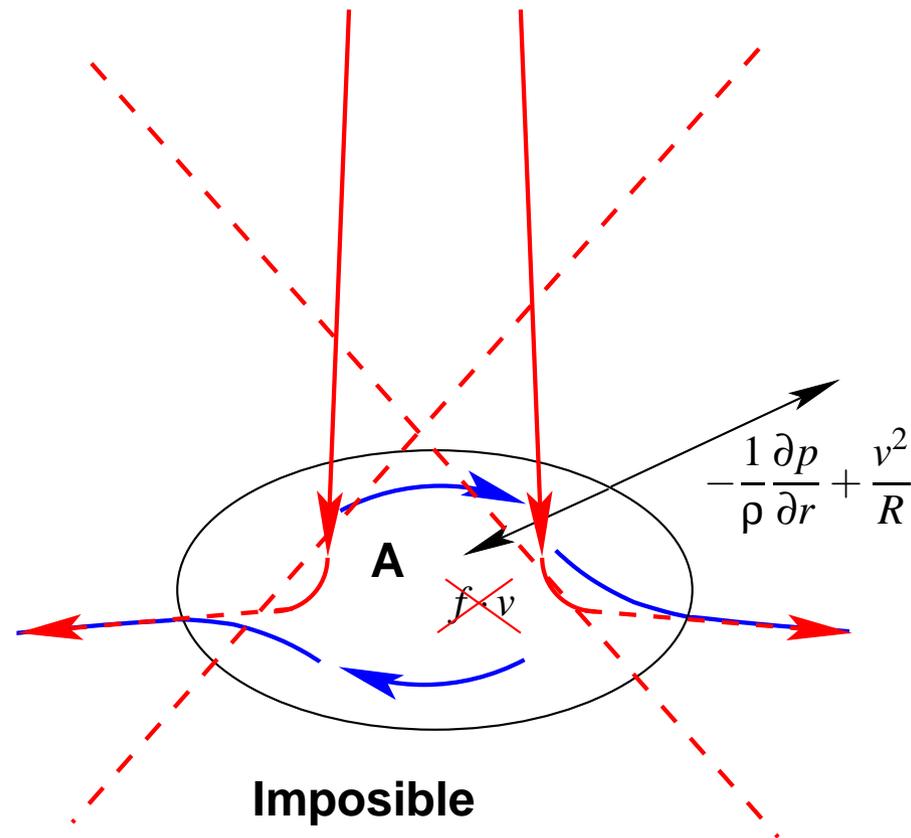


# Viento del ciclostrófico

Se produce cerca del Ecuador, donde podemos despreciar la componente horizontal de la fuerza de Coriolis.

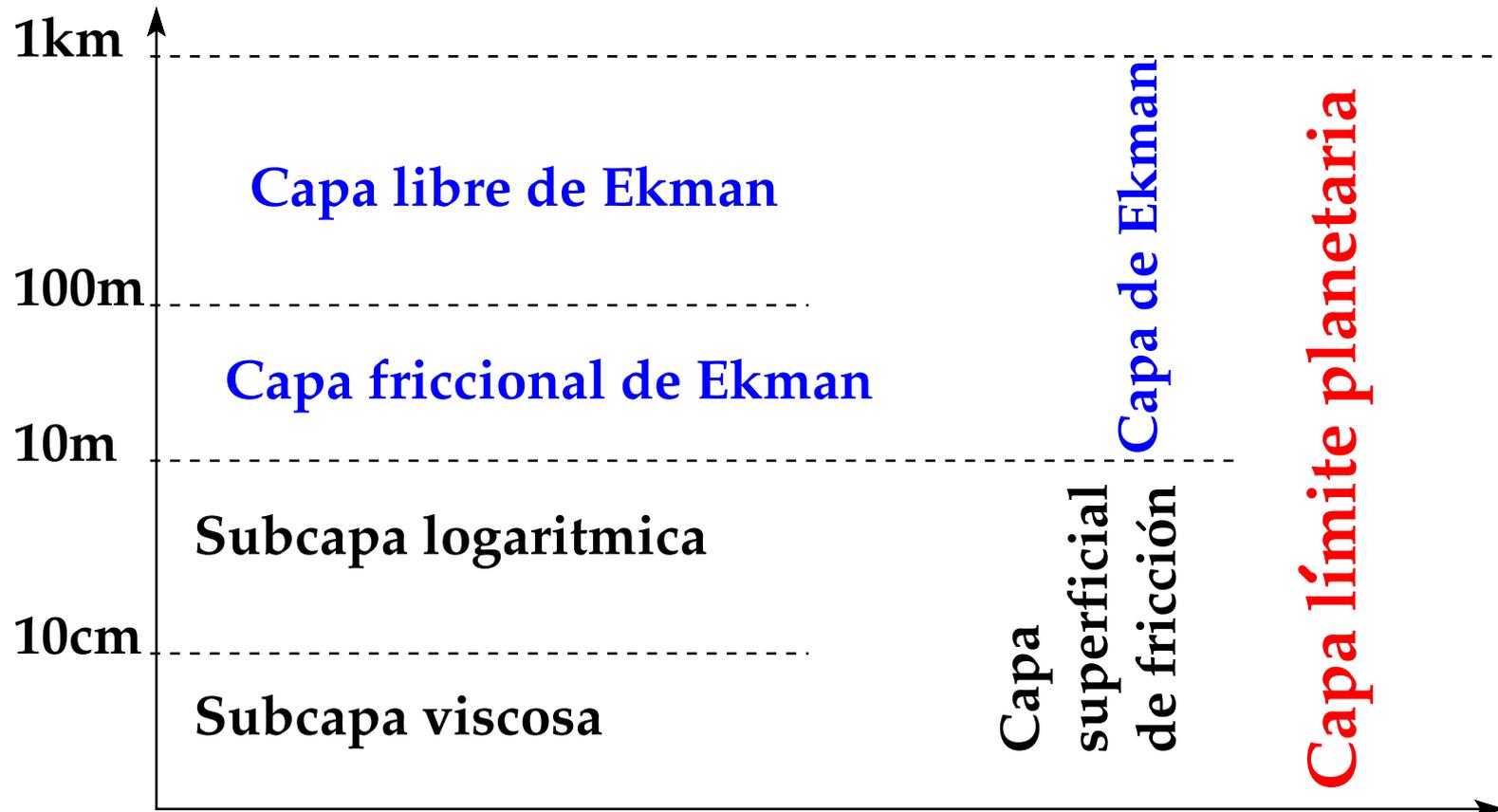


**Giro Ciclonico**  
**Giro Anticiclonico**

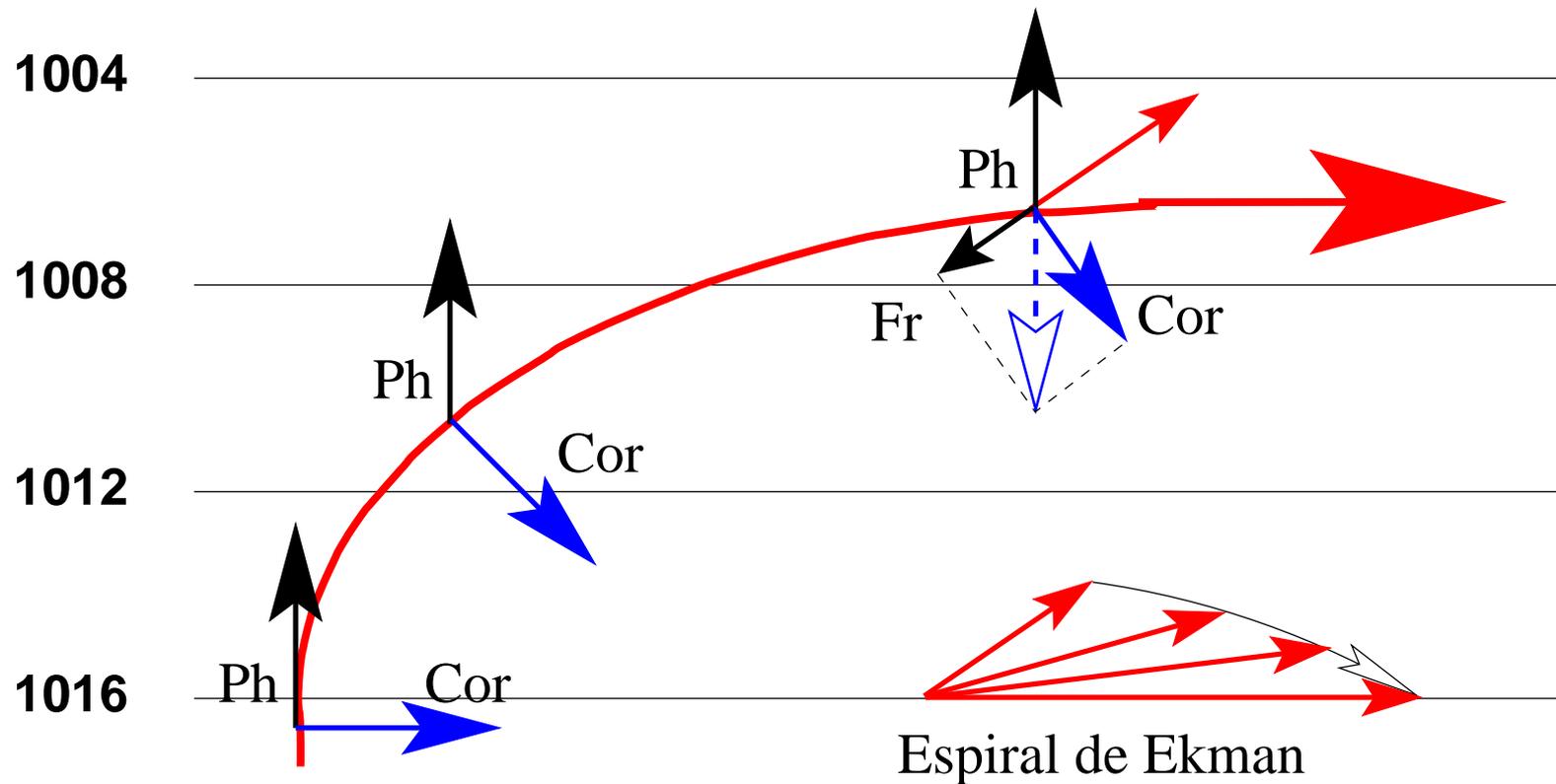


**Imposible**

# Efecto del rozamiento

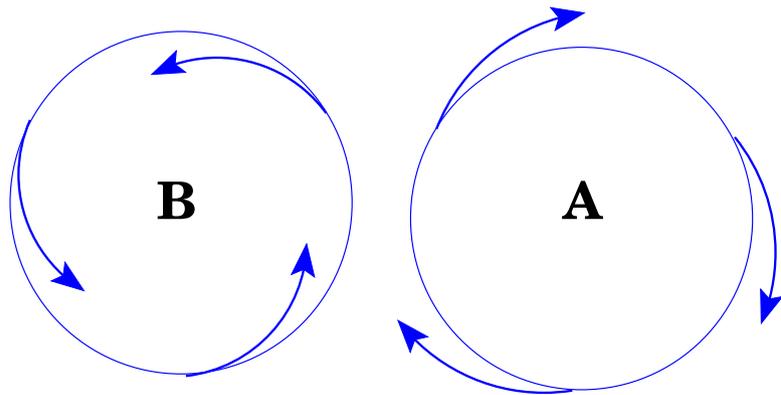


# Efecto del rozamiento

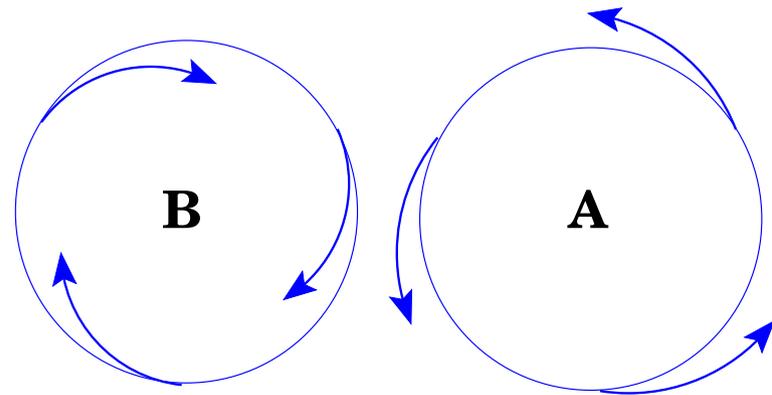


# Efecto del rozamiento

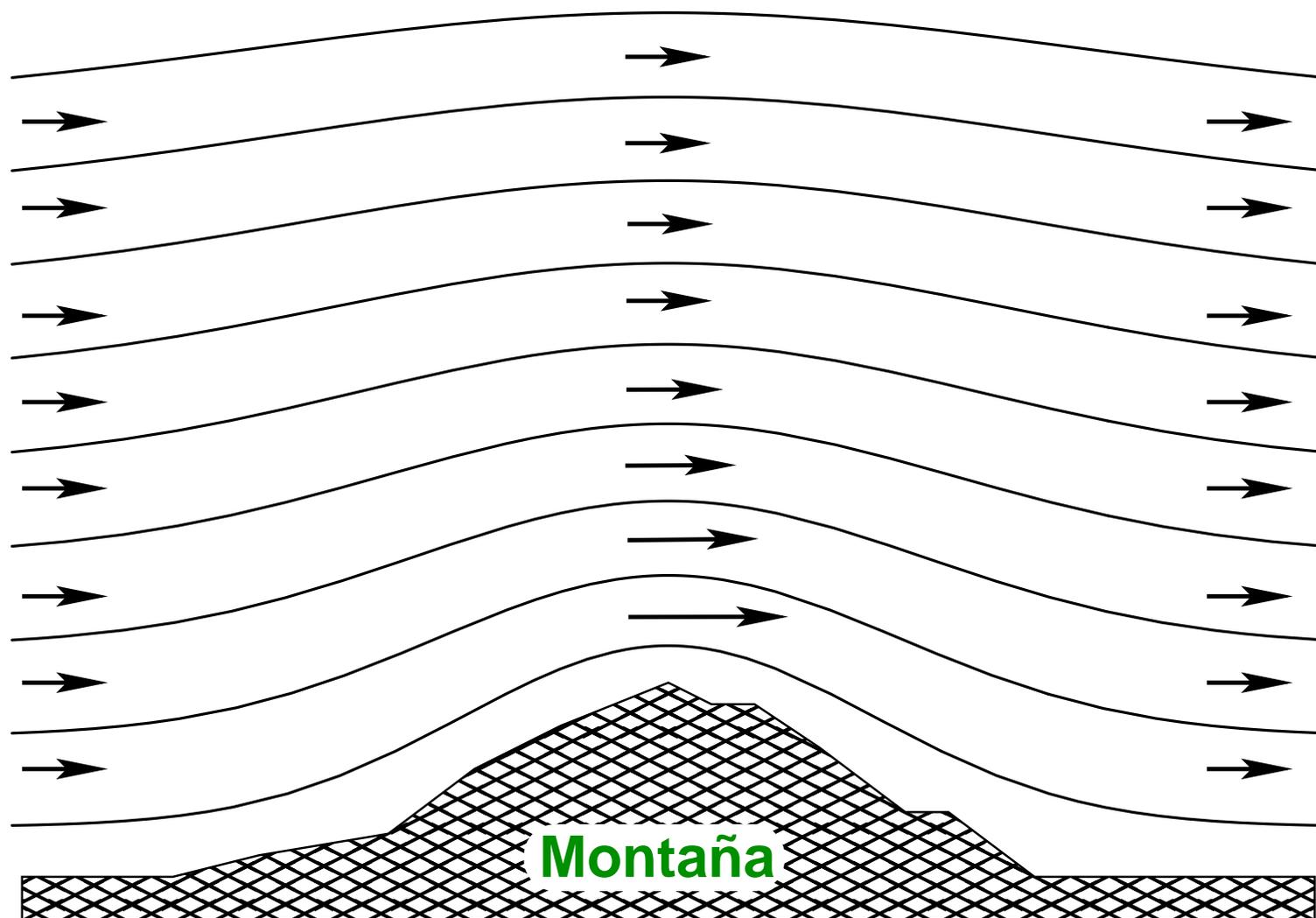
**Hemisferio Norte**



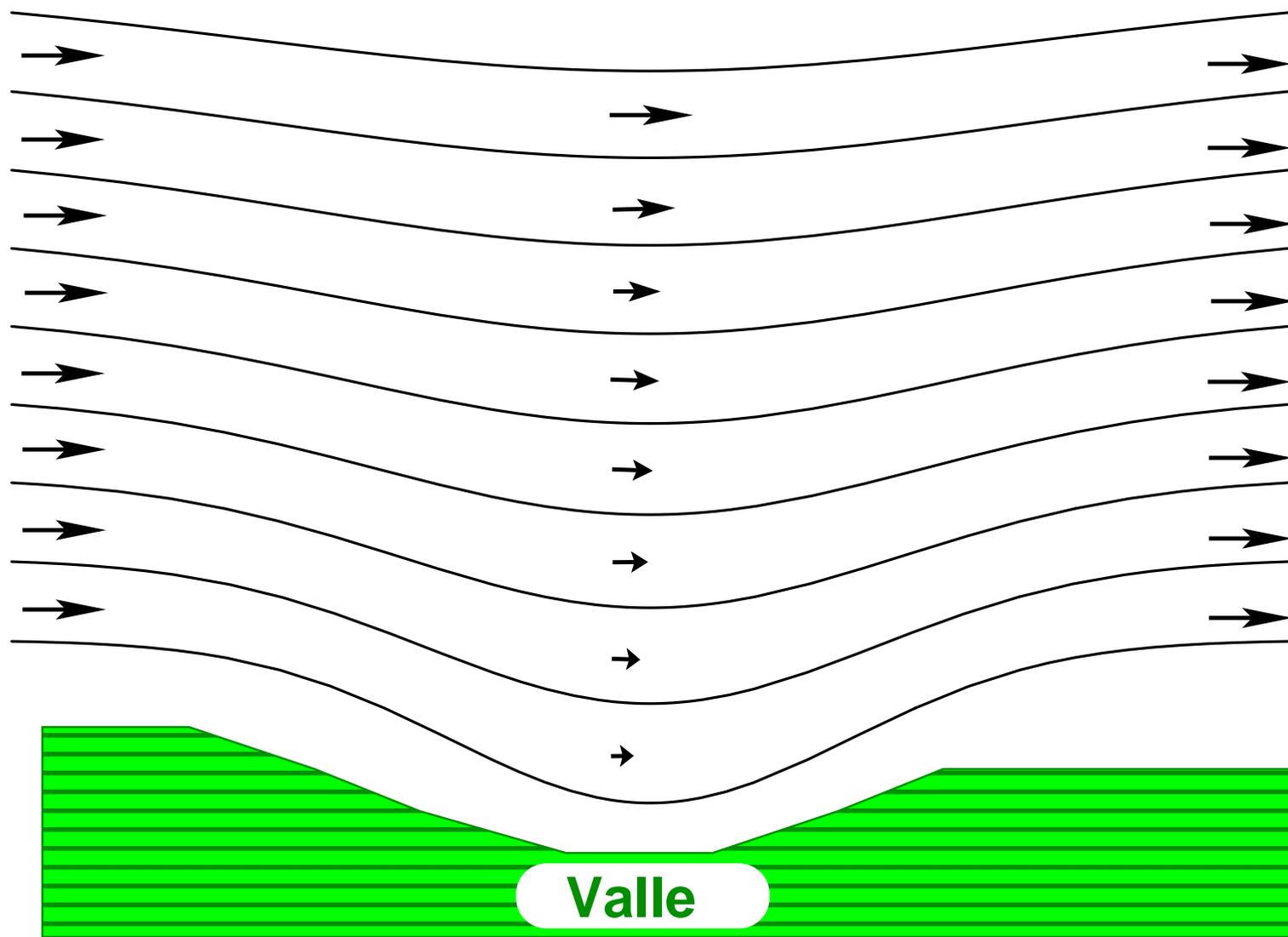
**Hemisferio Sur**



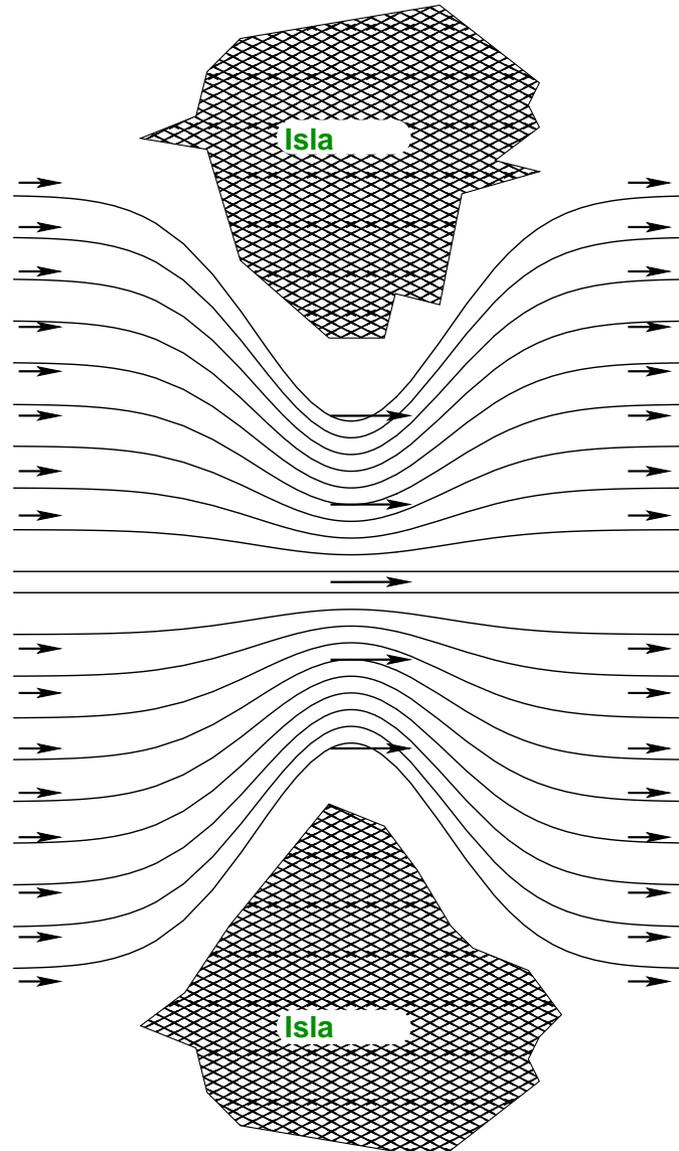
# Efectos del viento local. Efecto Bern



# Efectos del viento local. Efecto Bern



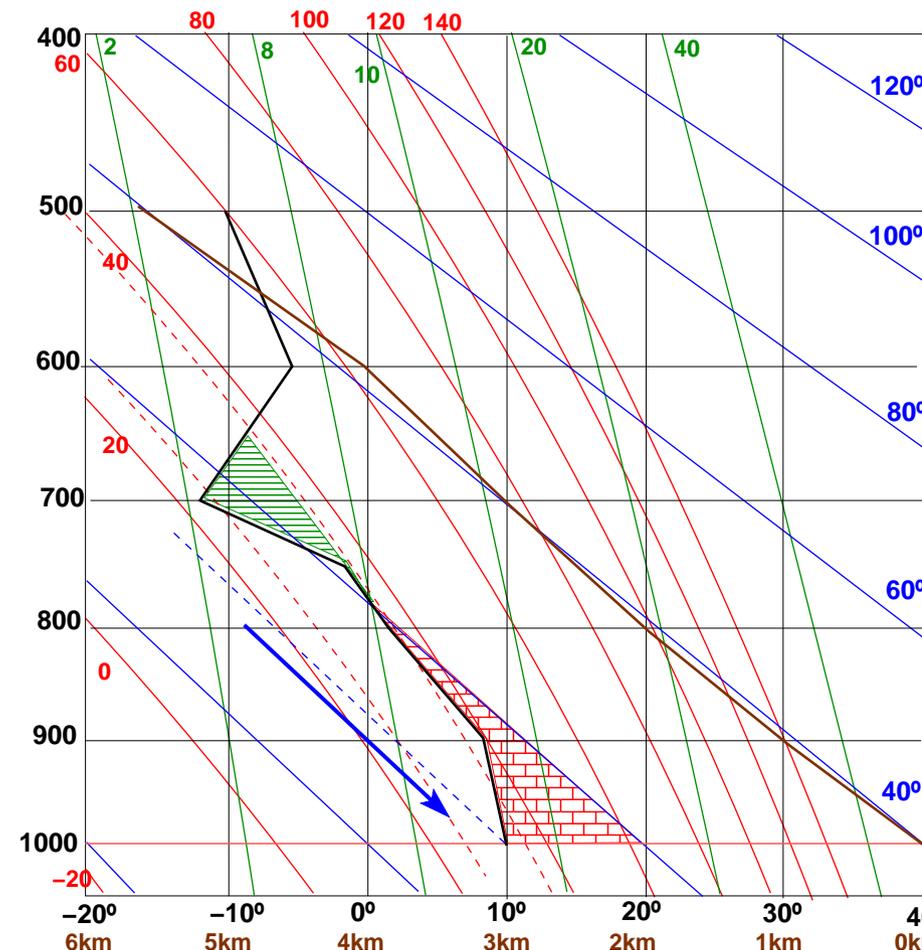
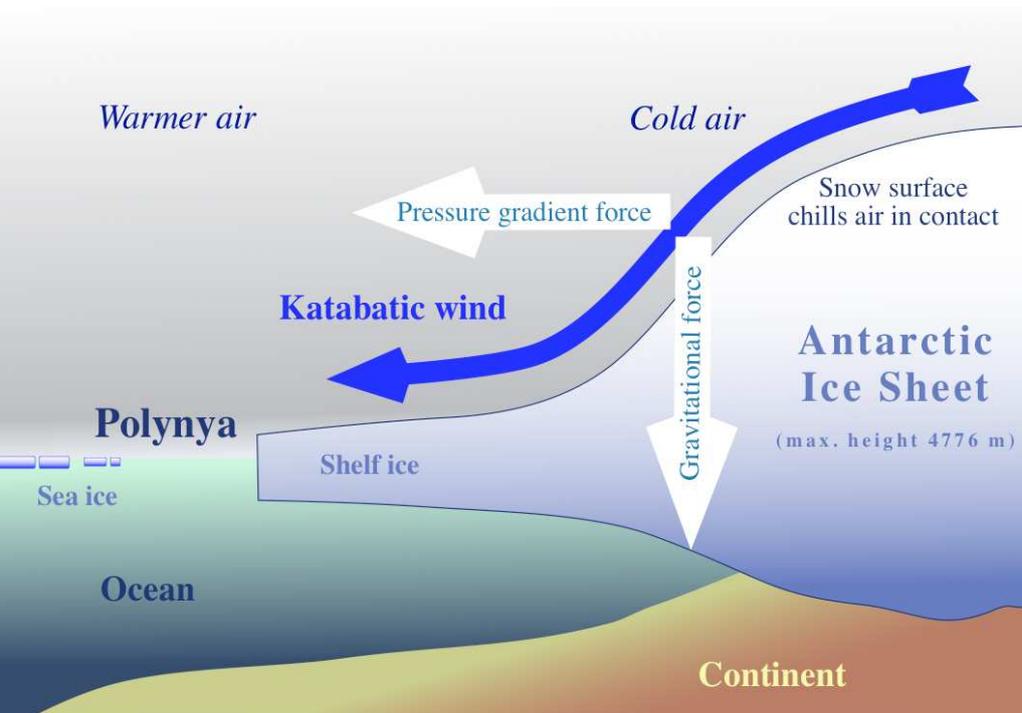
# Efectos del viento local. Efecto Bern



3. y O. del transporte Aereo

# Catabático frío.

Debido a una masa de aire seca y fría.



Grado en G. y O. del transporte Aereo

# Catabático frío. Viento Bora

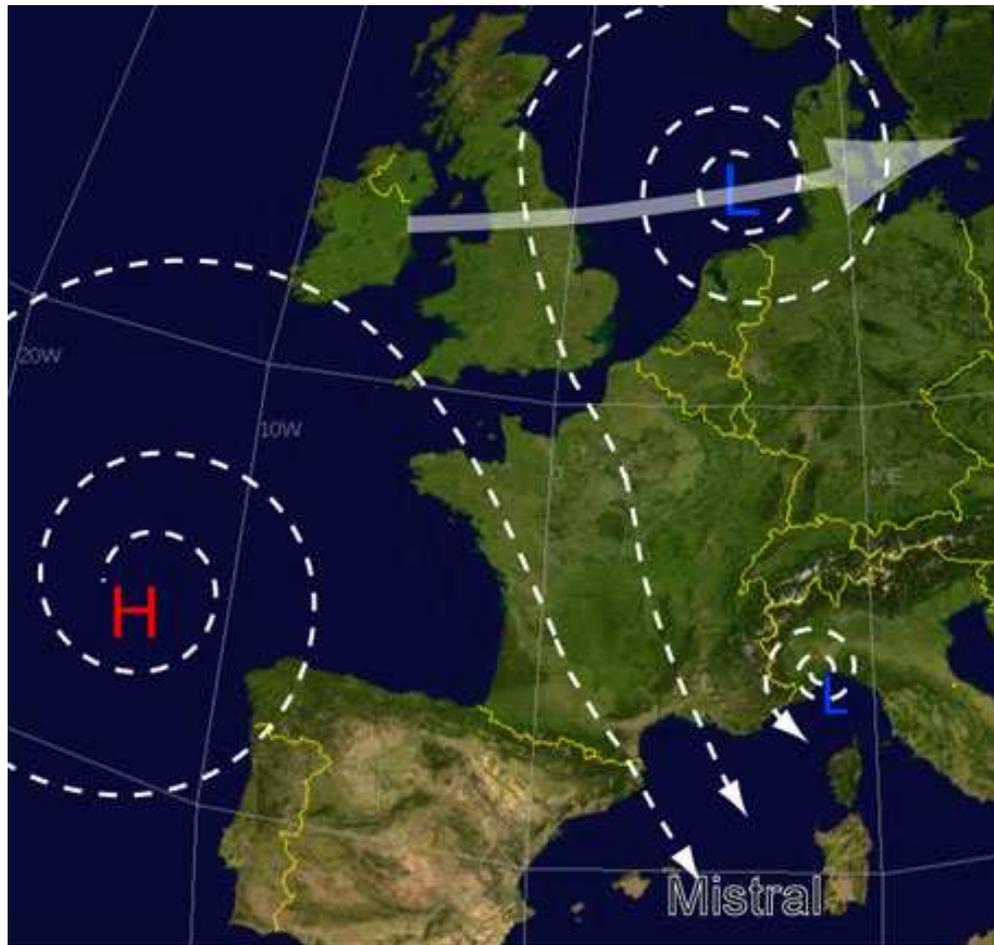
Catabático: descendente



Grado en G. y O. del transporte Aereo

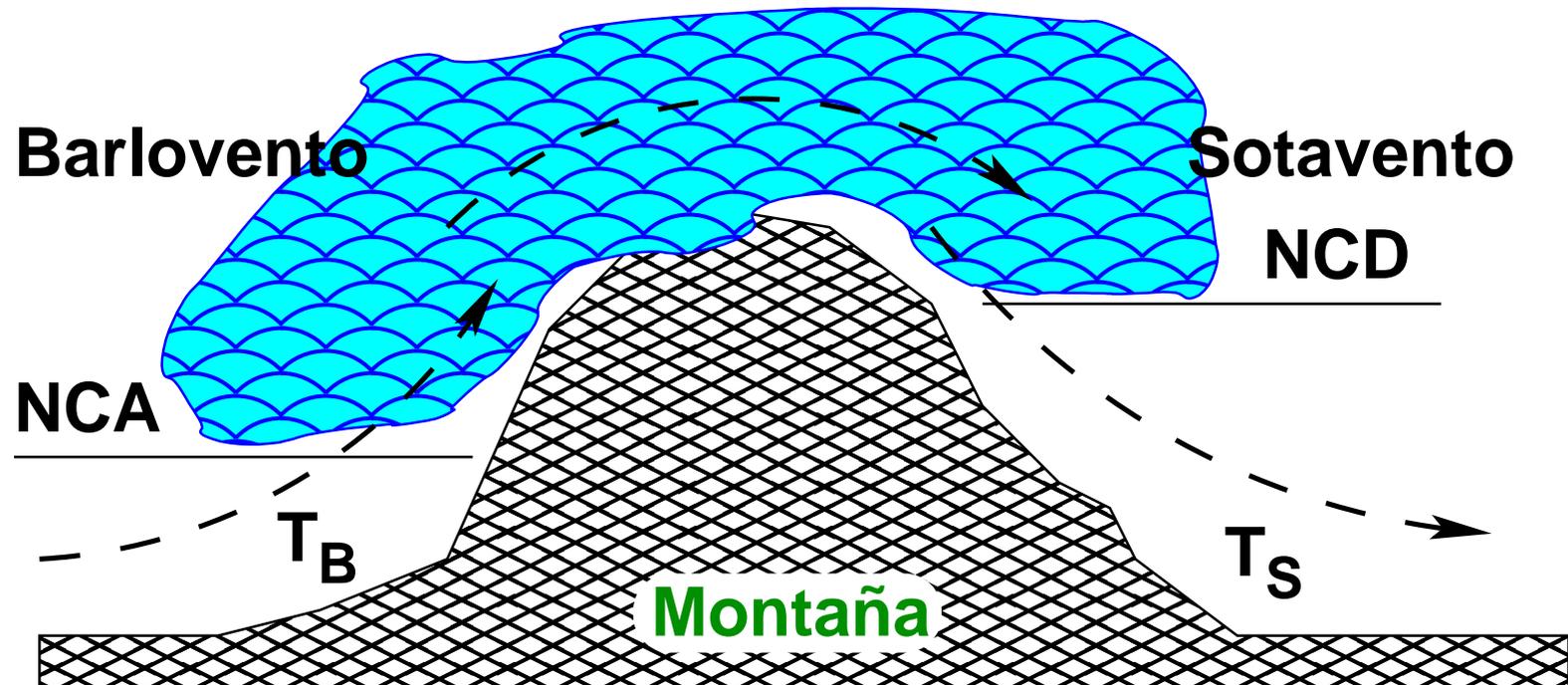
# Catabático frío. Viento Mistral

Catabático: descendente



Grado en G. y O. del transporte Aéreo

# Catabático caliente. Viento Föhn



$$T_B < T_S$$