

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

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

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

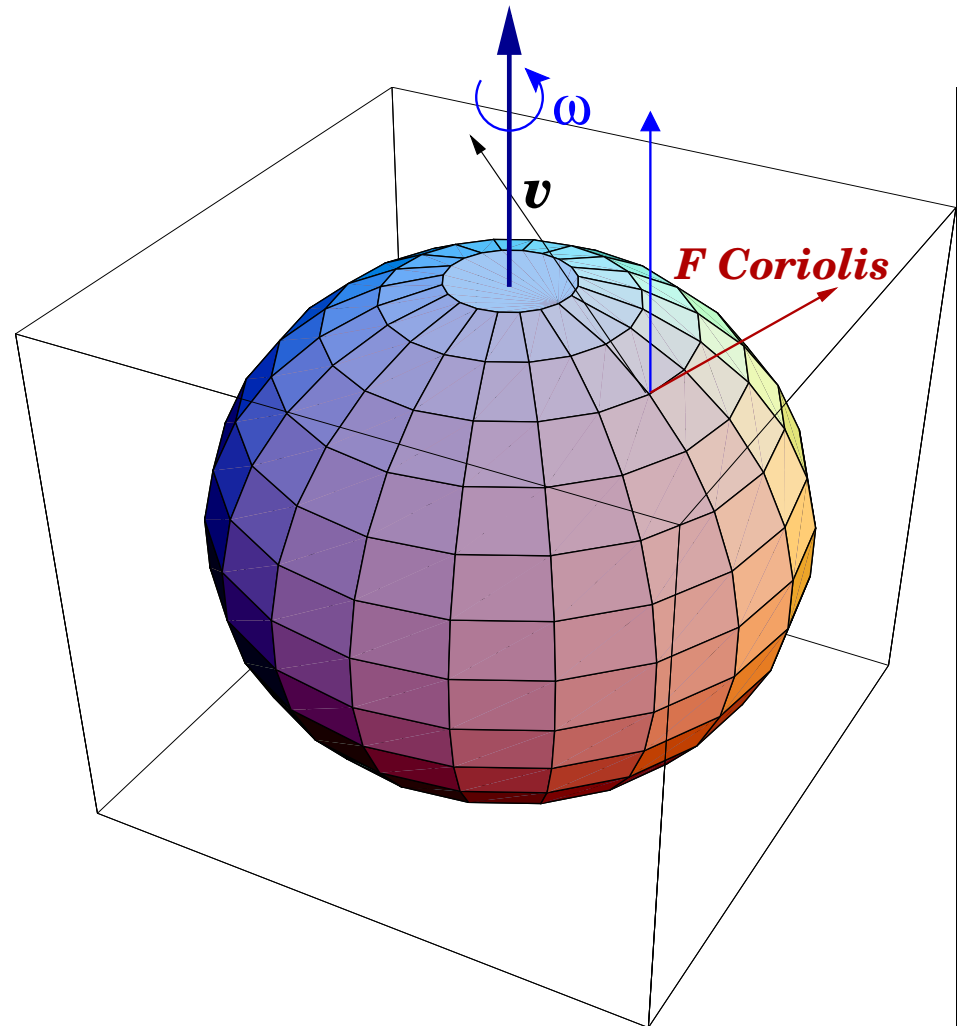
Parámetro de Coriolis:

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

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

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:

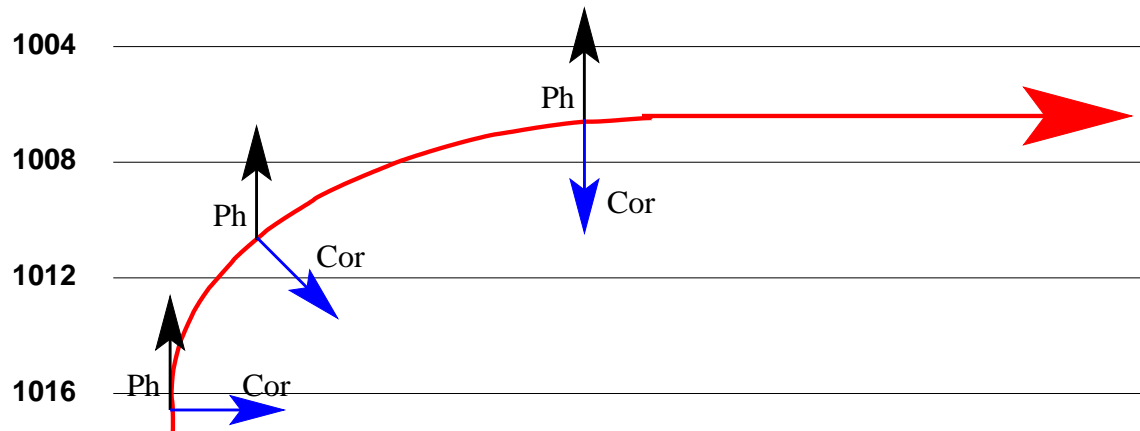
$$\underbrace{\vec{a}'_p}_{\approx 0} = \vec{F}_{cor} - \frac{1}{\rho} \nabla_h P + \underbrace{\vec{F}_r}_{\approx 0}$$

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

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

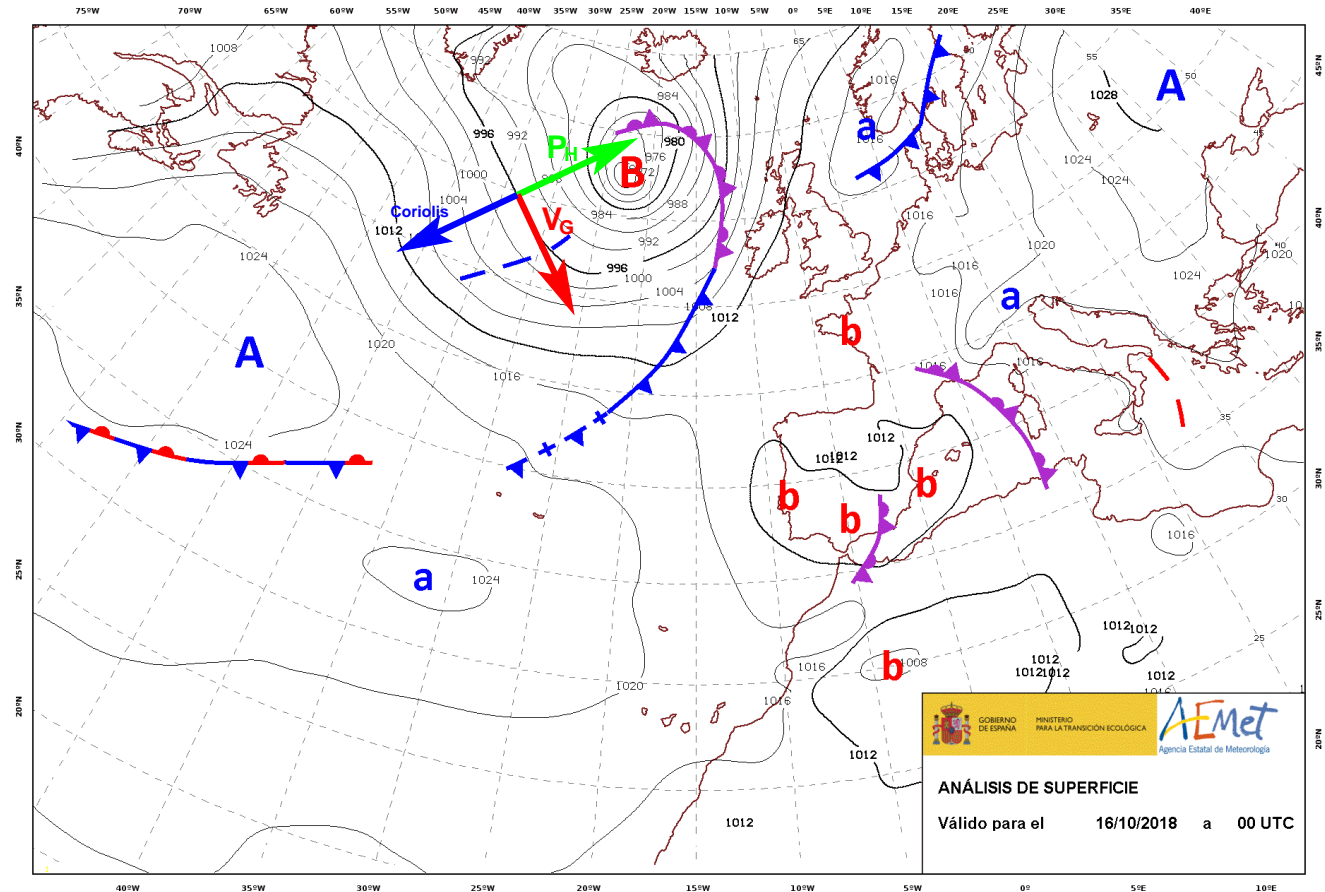


Paradoja geodinámica

Viento geostrófico

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

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



Viento del gradiente

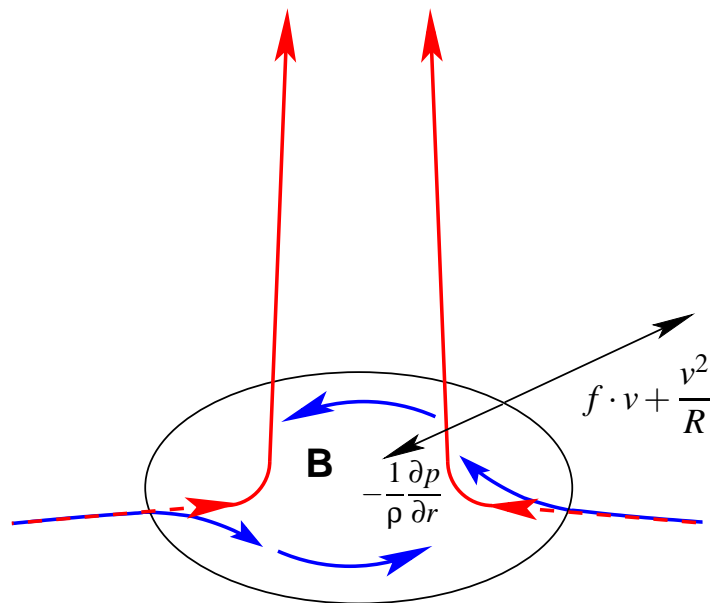
Ecuación horizontal:

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

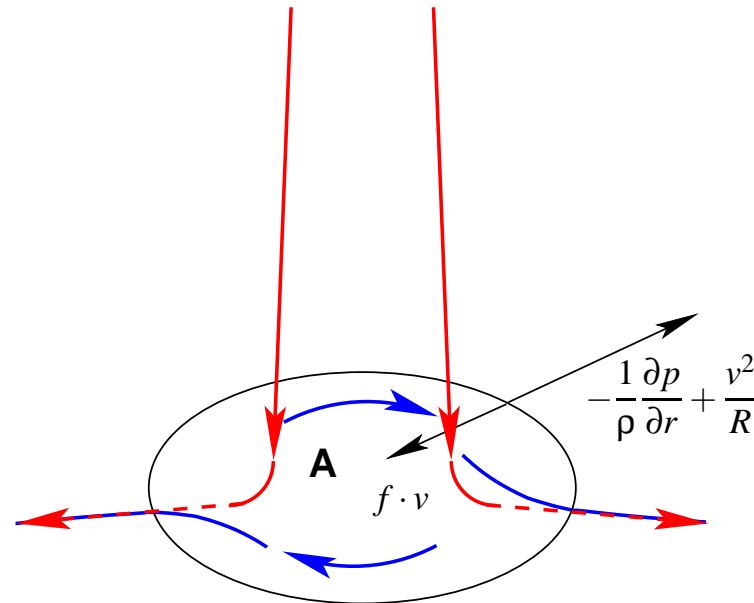
Curvatura y poca aceleración tangencial. No hay rozamiento.

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

Viento del gradiente



Giro Ciclonico



Giro Anticiclonico

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

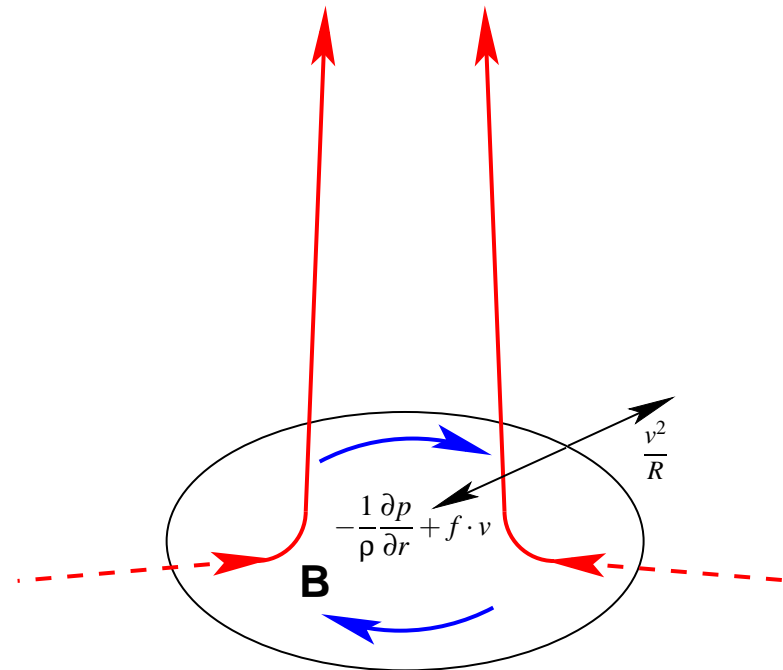
$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{v^2}{R} = f \cdot v$$

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

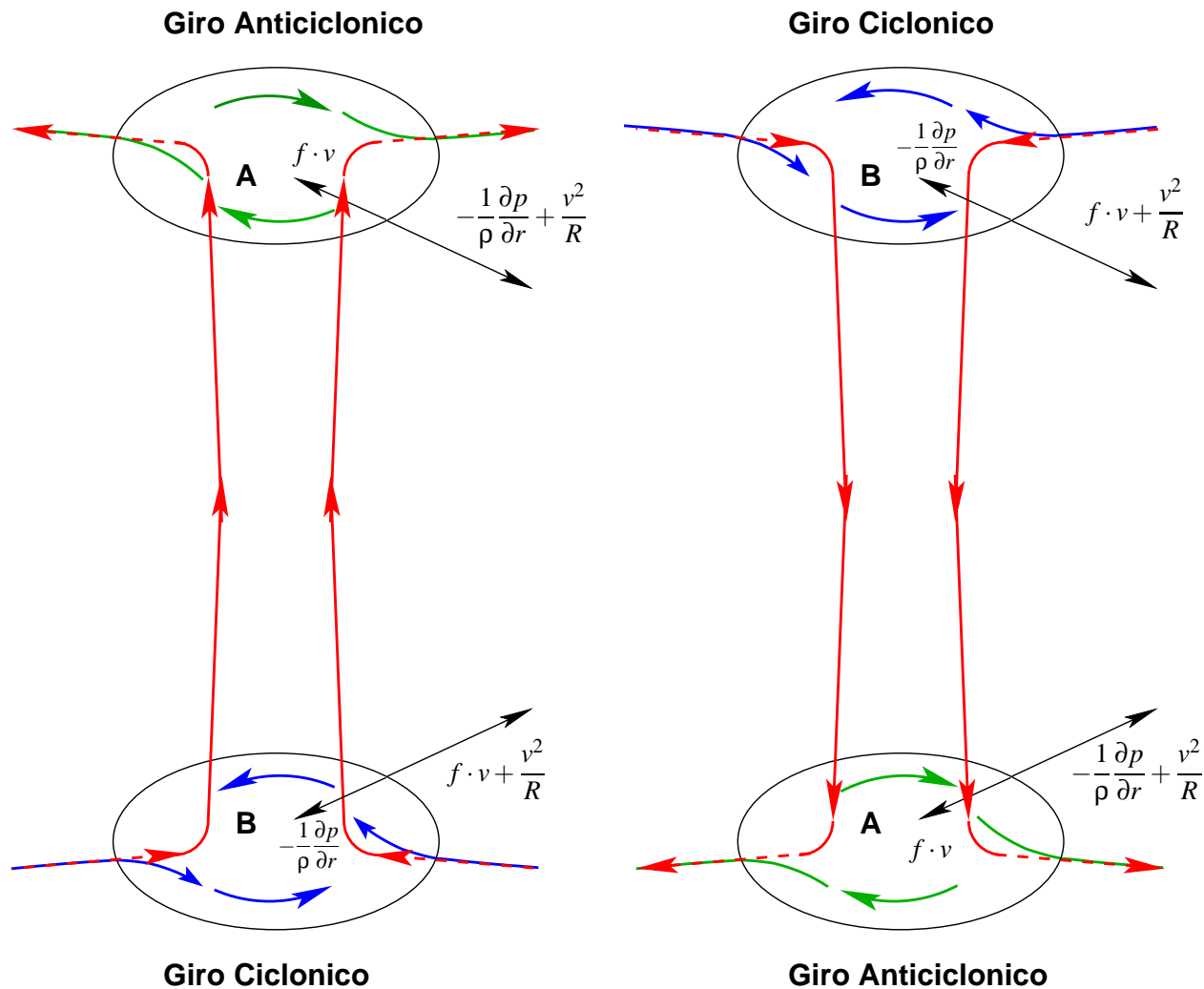
$R < 0$ Circulación anticiclónica

Tenemos para v :

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

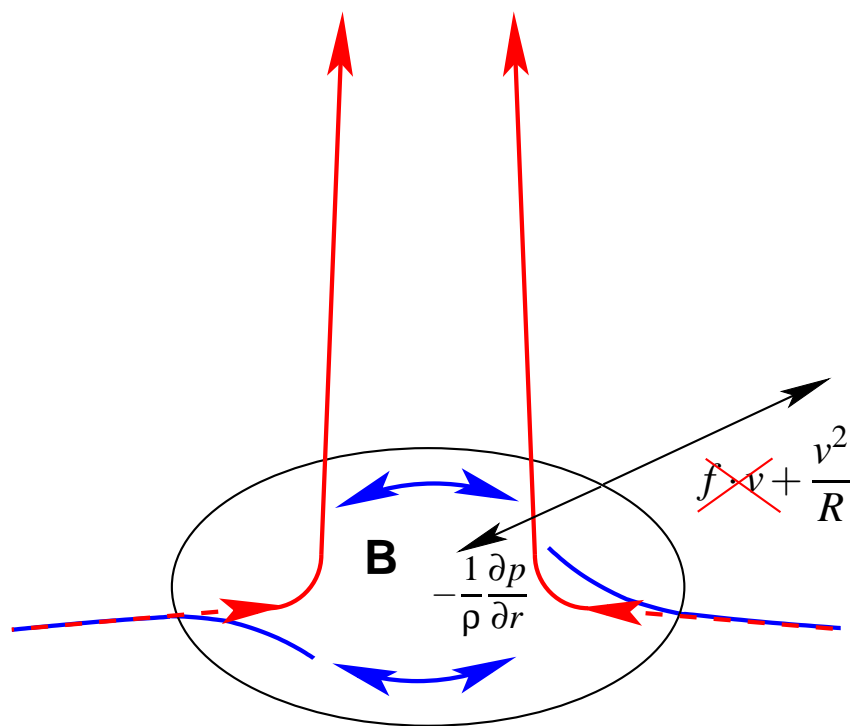
Viento del gradiente

Estructura de ciclones y anticiclones

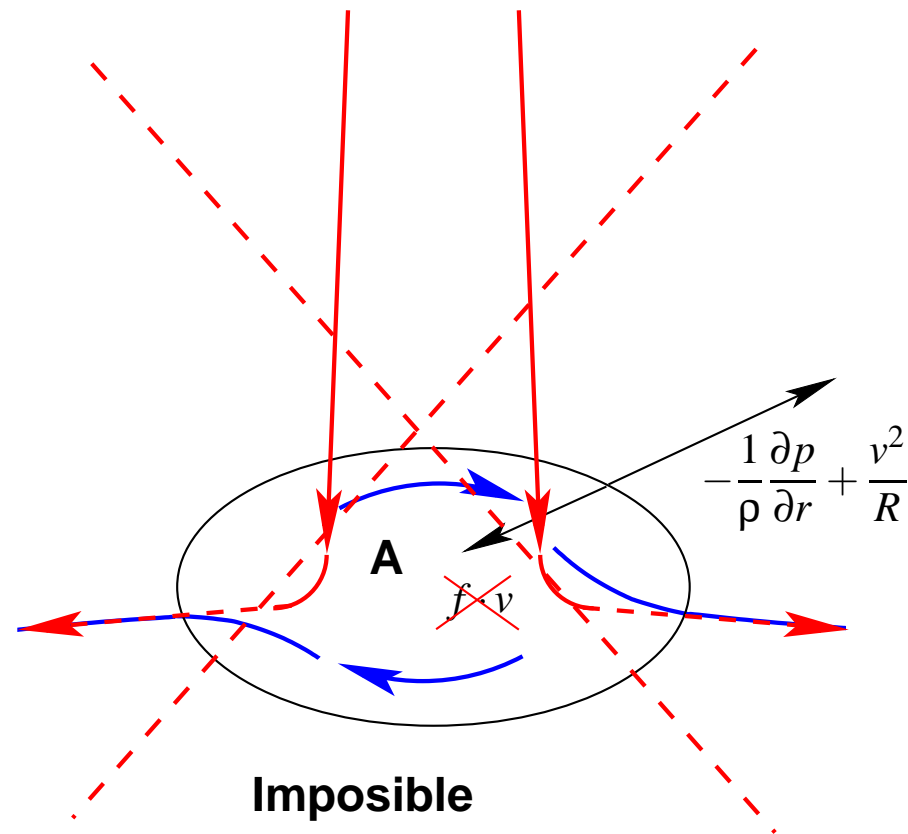


Viento del ciclostrófico

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

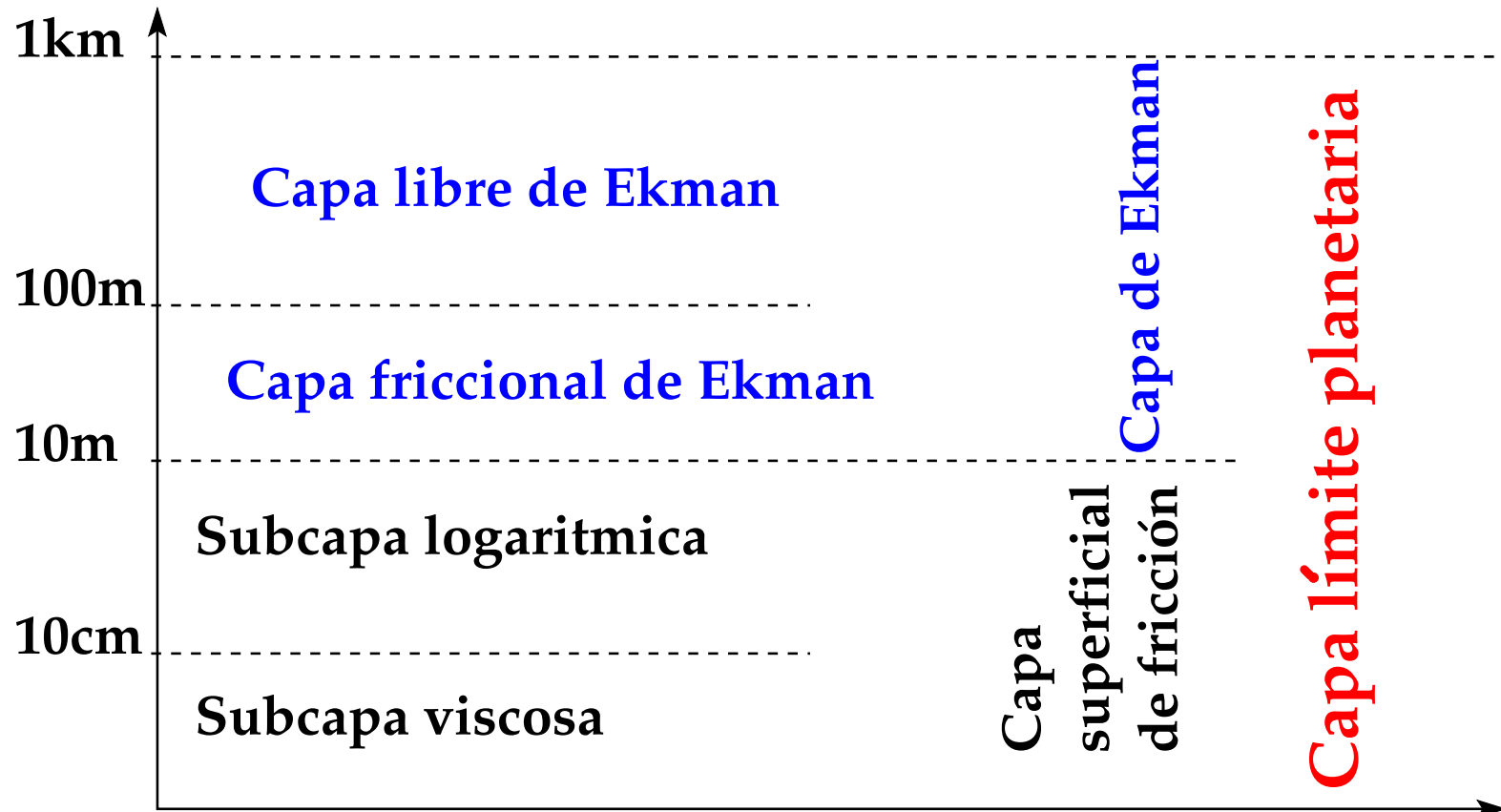


Giro Ciclónico
Giro Anticiclónico

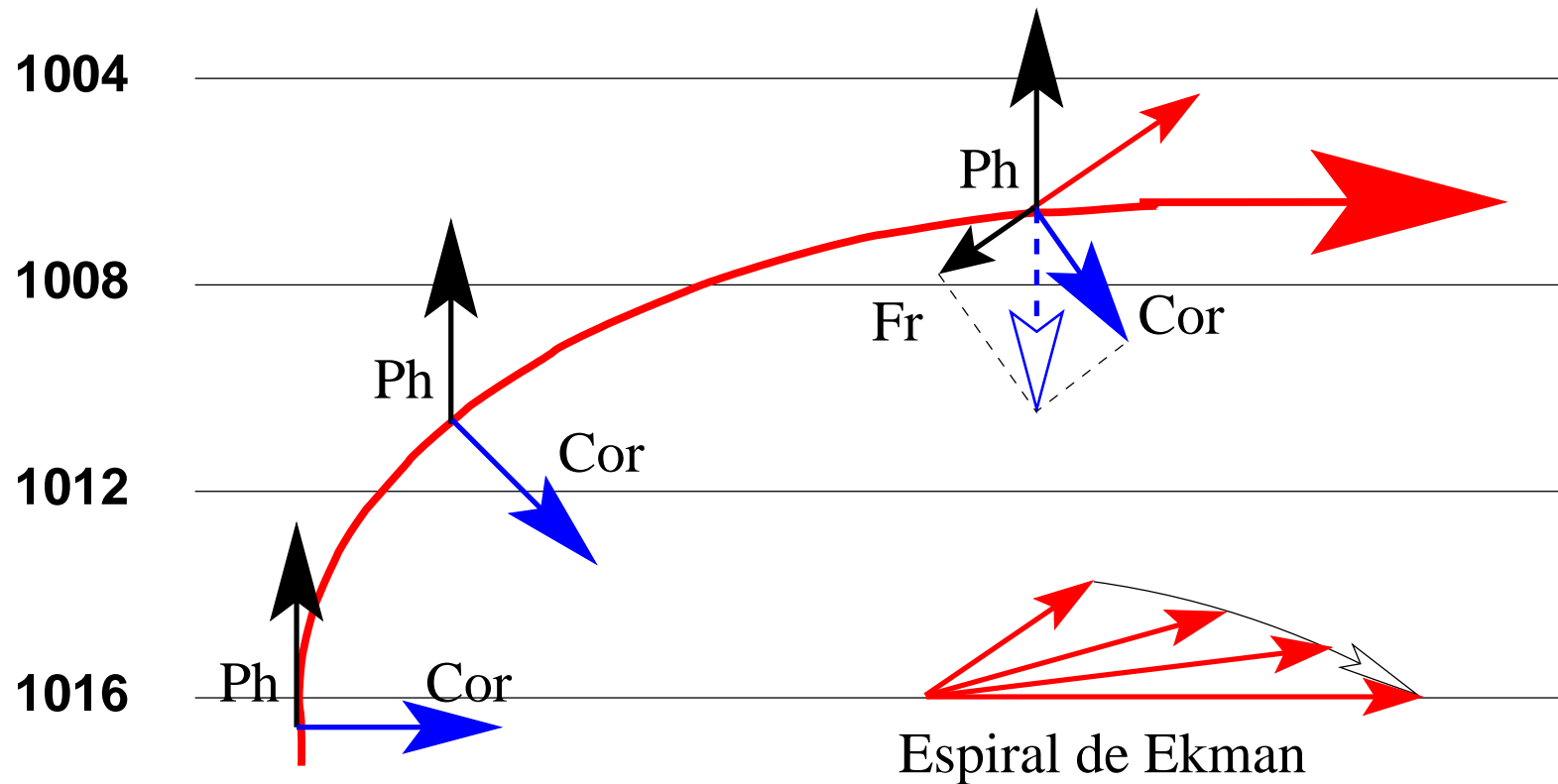


Imposible

Efecto del rozamiento

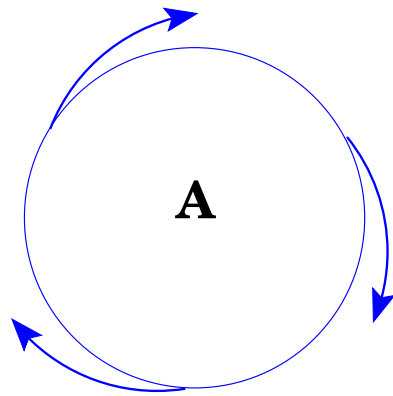
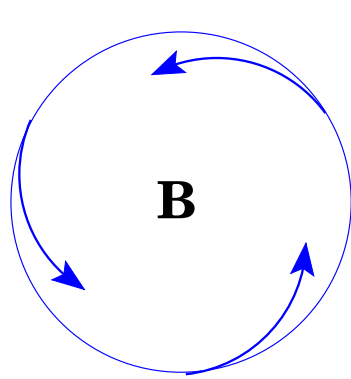


Efecto del rozamiento

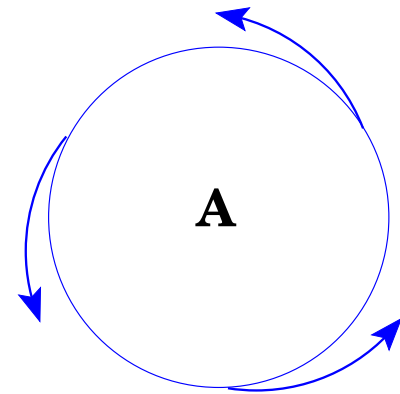
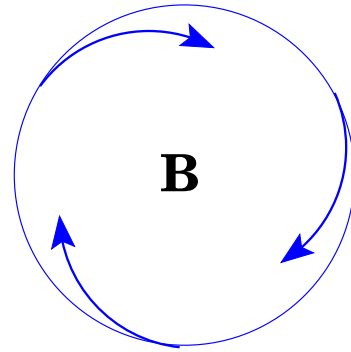


Efecto del rozamiento

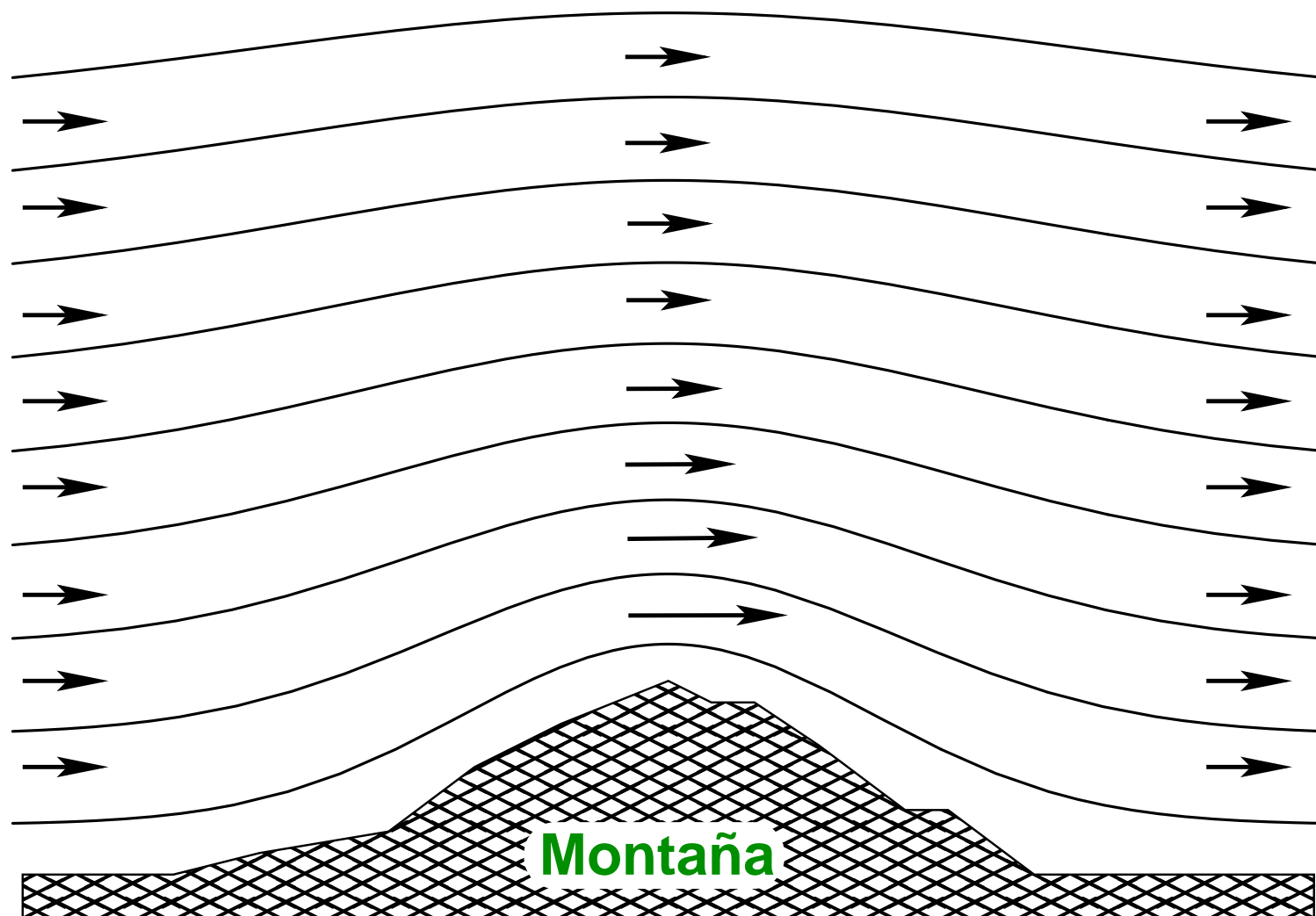
Hemisferio Norte



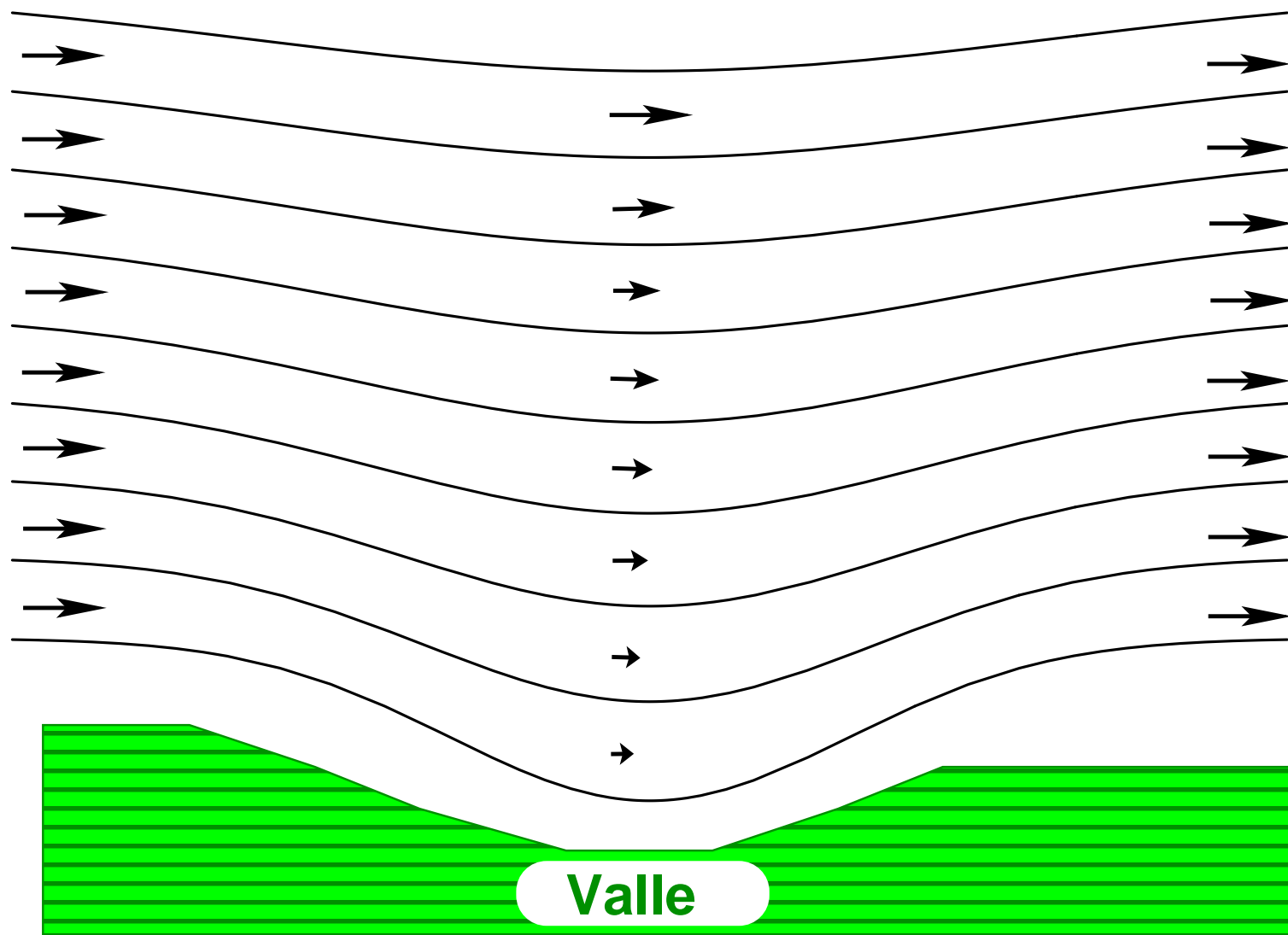
Hemisferio Sur



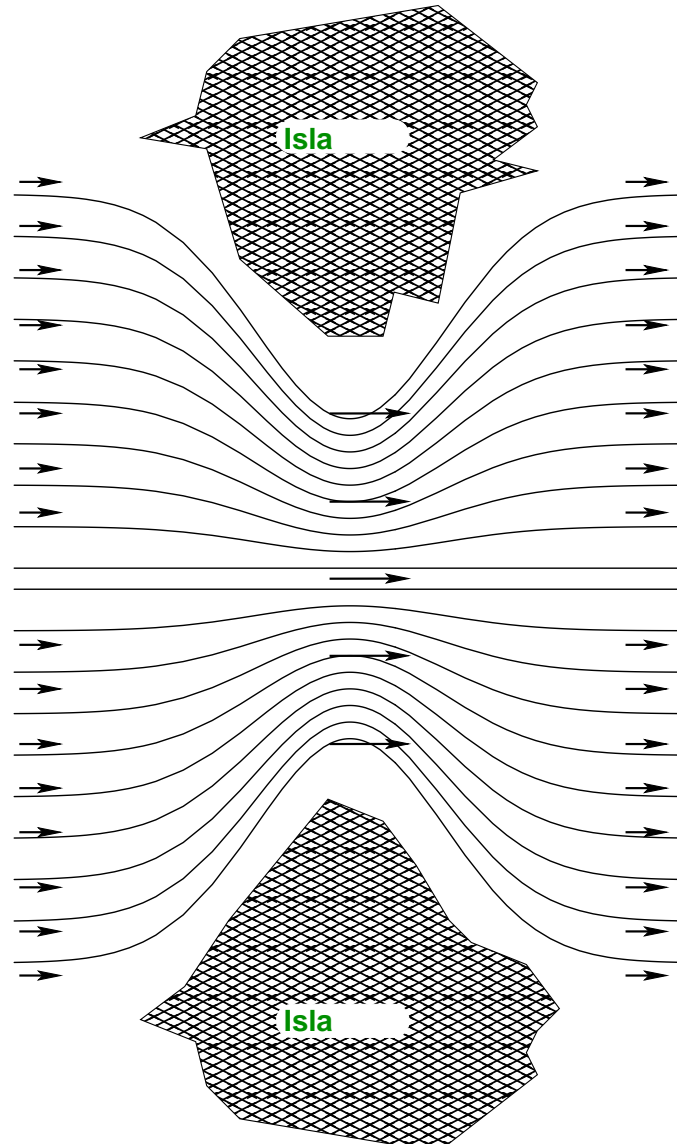
Efectos del viento local. Efecto Bern



Efectos del viento local. Efecto Bern



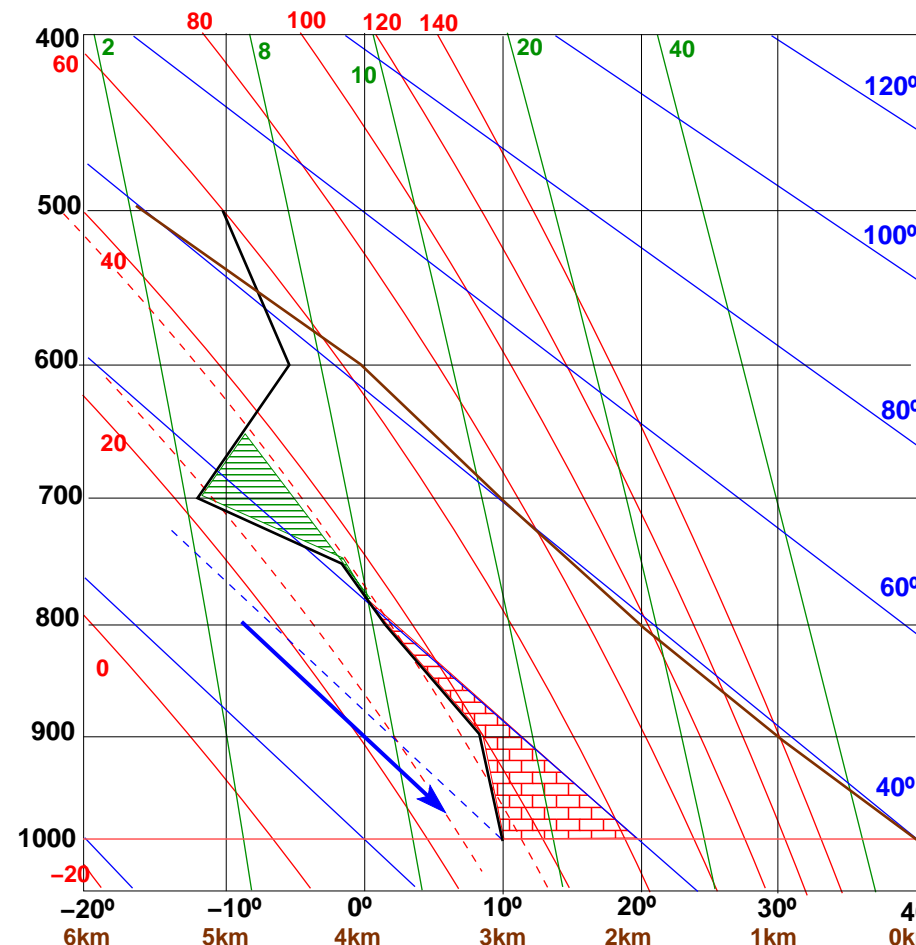
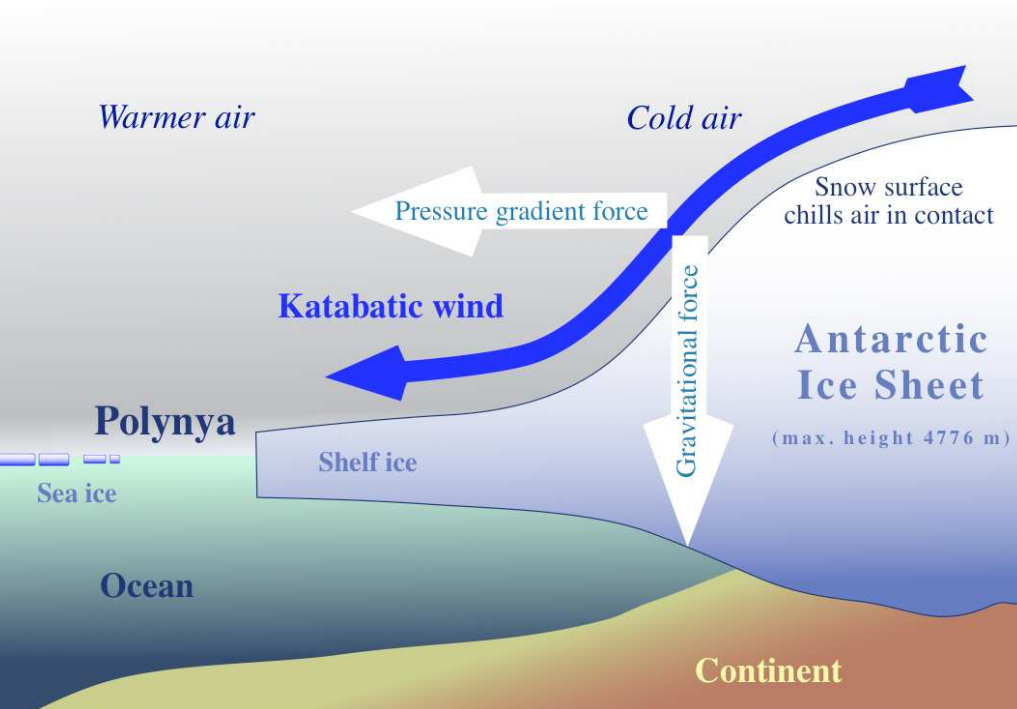
Efectos del viento local. Efecto Bern



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

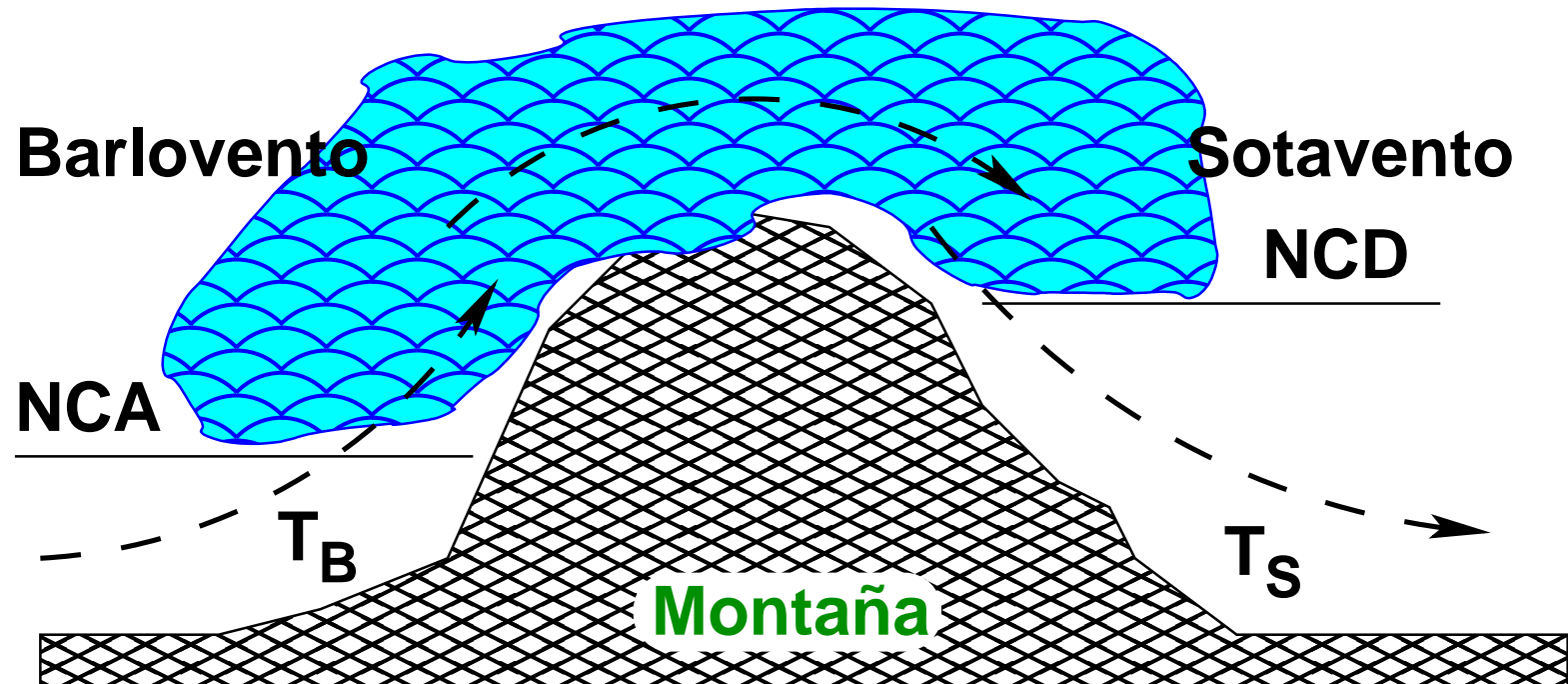
Catabático frío. Viento Mistral

Catabático: descendente



Grado en G. y O. del transporte Aéreo

Catabático caliente. Viento Föhn



$$T_B < T_S$$