



# GF3003

# Ciencias Atmosféricas

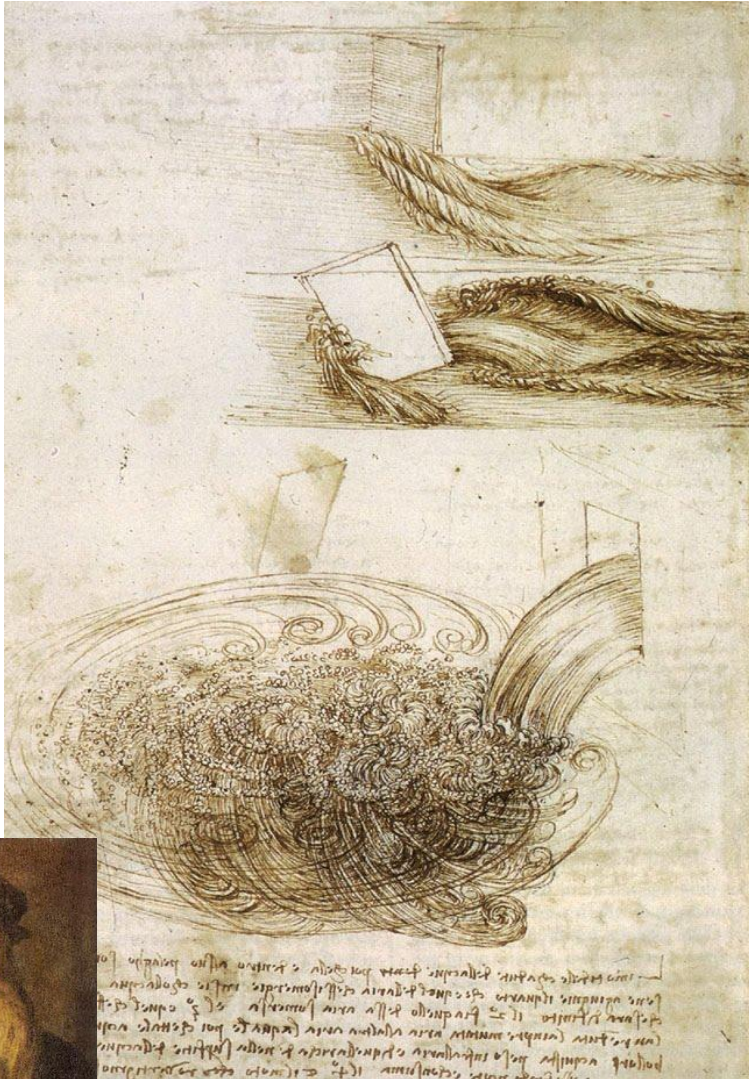
Laura Gallardo Klenner

Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile

Primavera 2010

LGK 2010

# HOY: Circulación y turbulencia



- Circulación:
  - Zona de convergencia intertropical
  - Circulación de Walker & ENOS
  - Monsoones
- Turbulencia
  - Capa límite
  - Número de Richardson

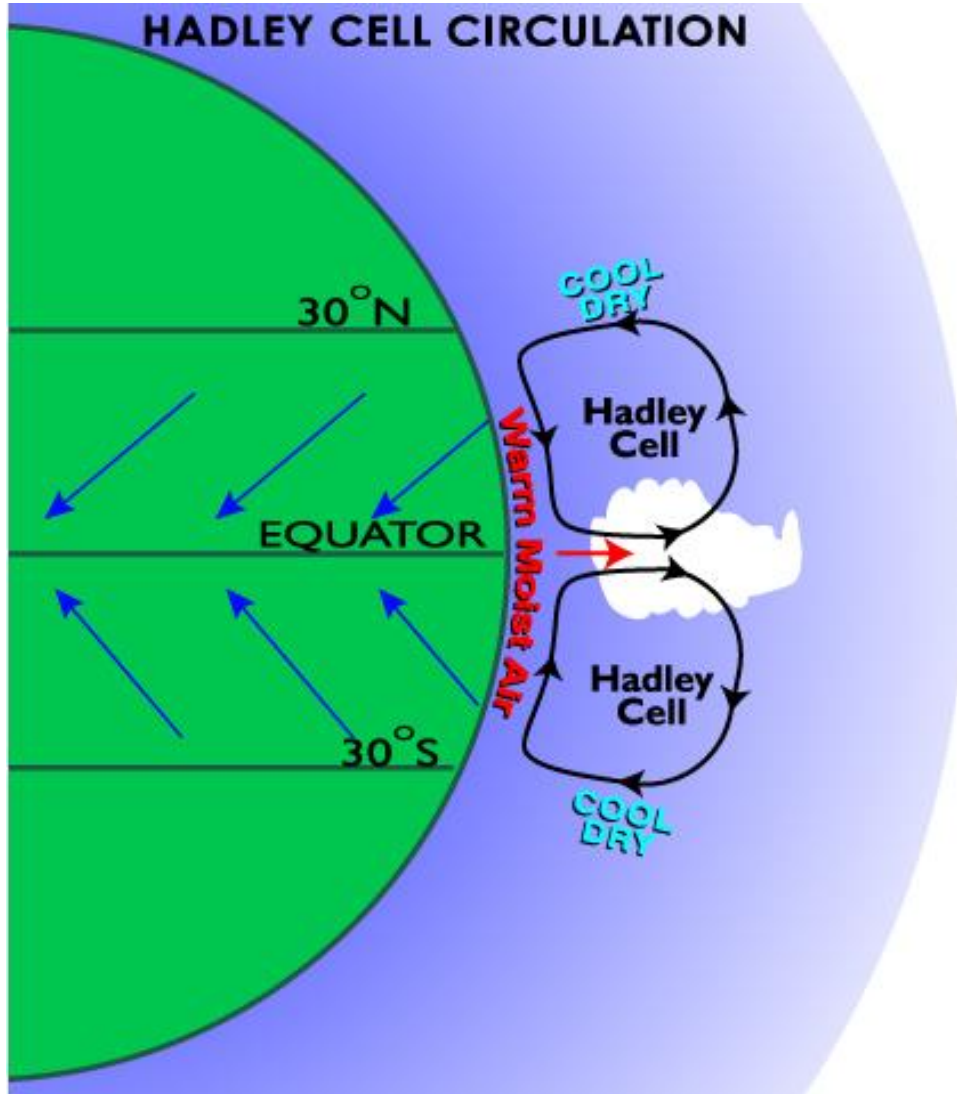


# Más específicamente, el/la alumno/a será capaz de:

- Describir la zona de interconvergencia tropical y su variabilidad anual
- Reconocer y describir la circulación de Walker, incluyendo las fases de El Niño y La Niña de la oscilación del sur
- Identificar las regiones donde se observan circulaciones monsonicas y sus características
- Reconocer la fenomenología de turbulencia atmosférica
- Definir capa límite atmosférica

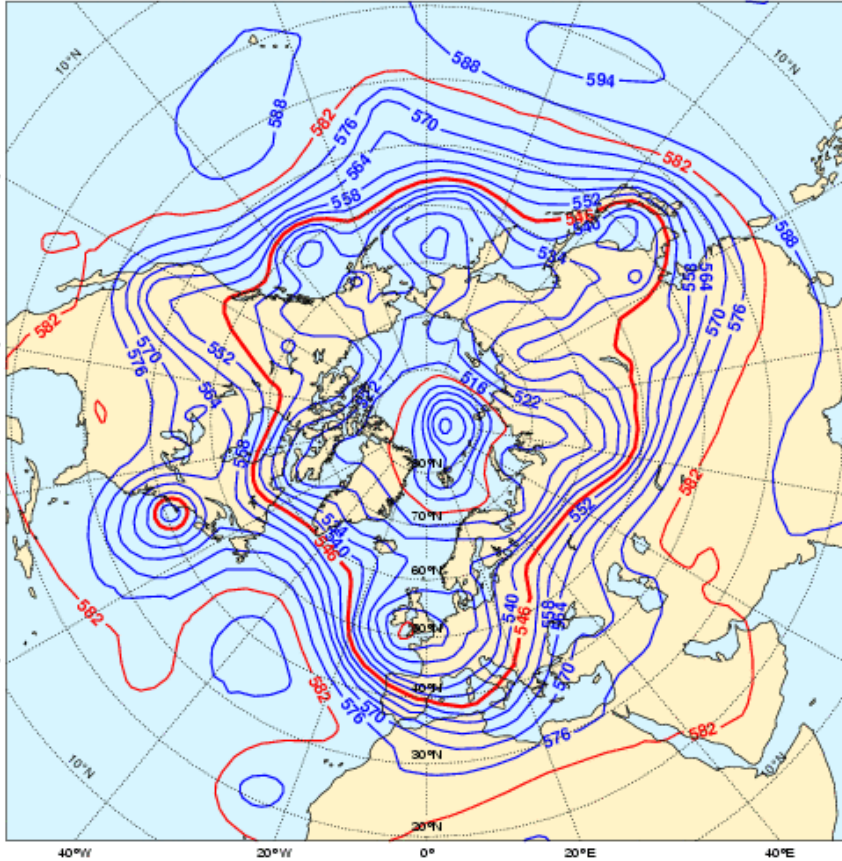


# Circulación de Hadley...



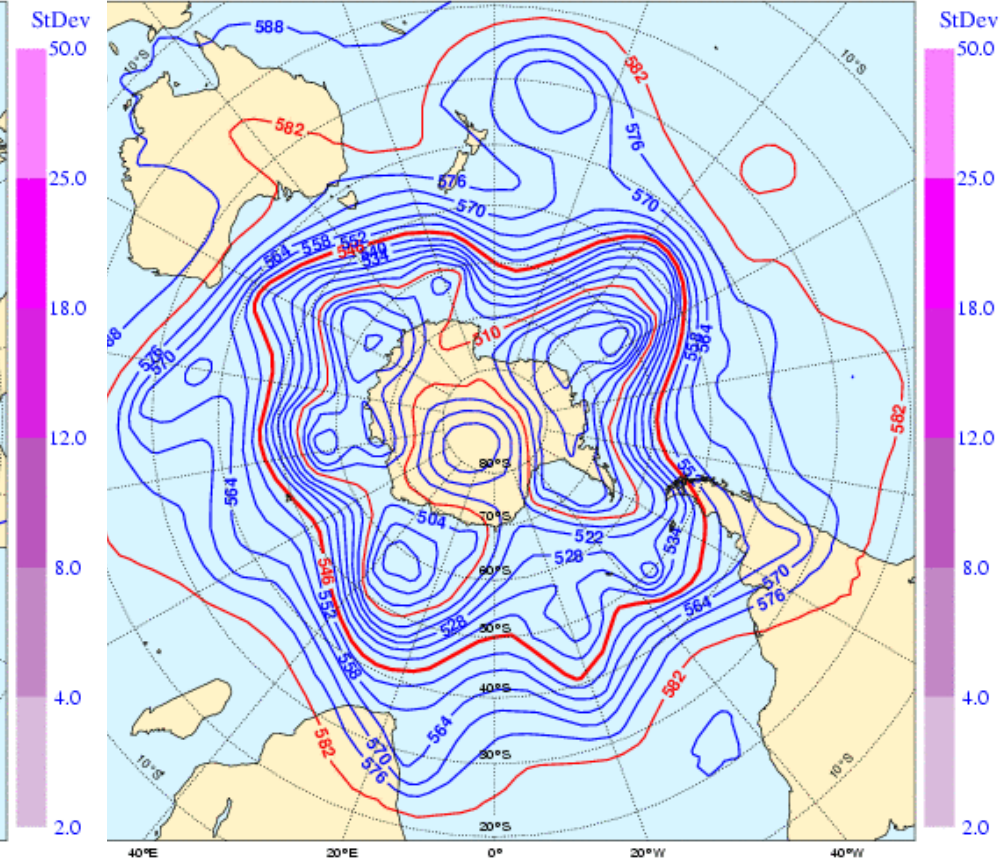
# Circulación en latitudes medias y altas

Tuesday 9 November 2010 00UTC ECMWF Forecast t+0 VT: Tuesday 9 November 2010 00UTC  
500hPa Geopotential Deterministic Forecast and Standard Deviation (shaded)



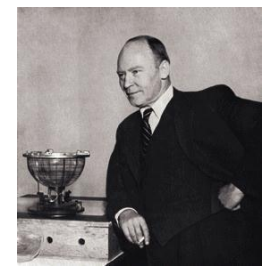
HN

Tuesday 9 November 2010 00UTC ECMWF Forecast t+0 VT: Tuesday 9 November 2010 00UTC  
500hPa Geopotential Deterministic Forecast and Standard Deviation (shaded)



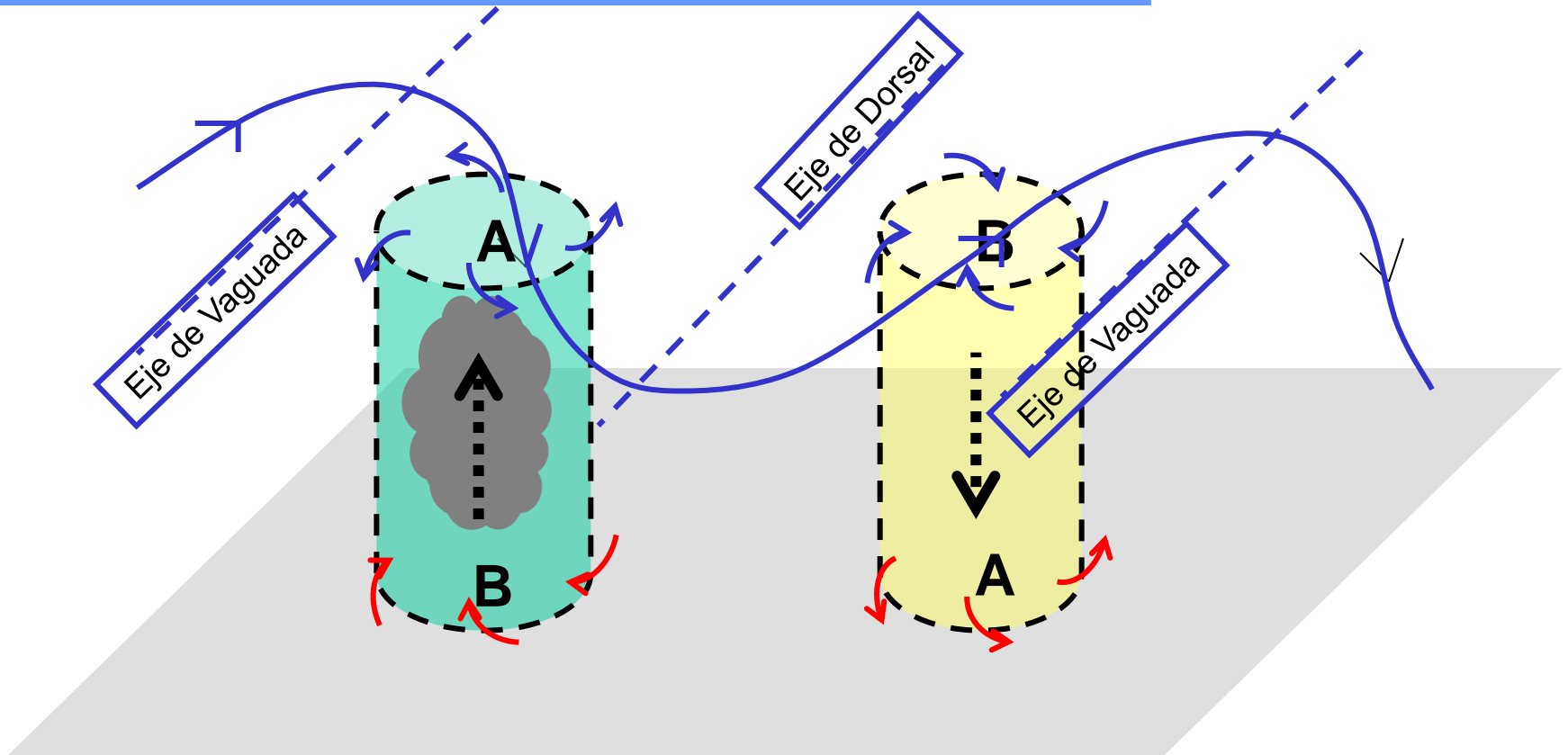
HS

LGK 2010



# En latitudes medias...

## Ondas de Rossby y forzamiento de gran escala



Roce y forzamiento de pequeña escala

# Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ)

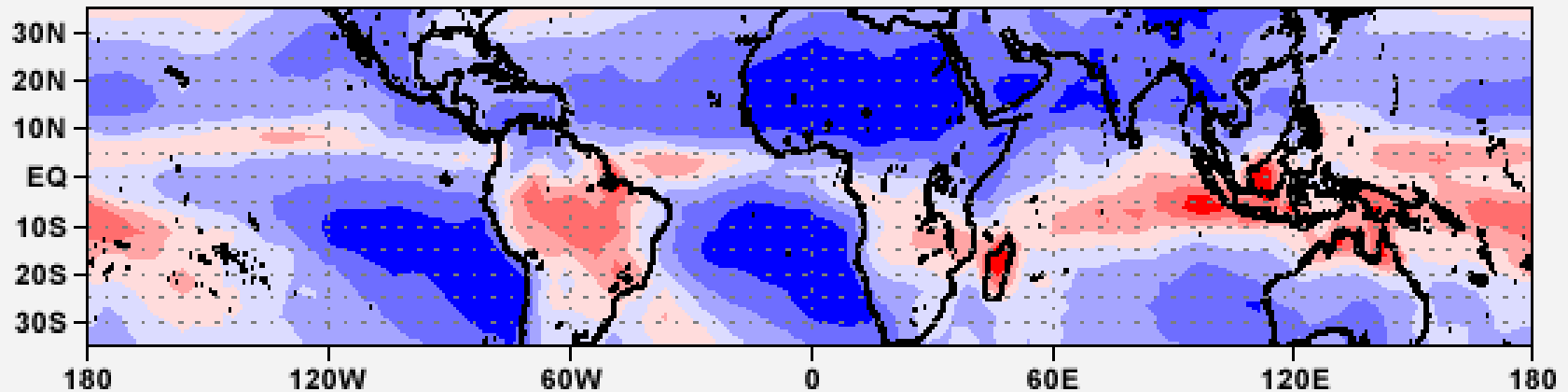


<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=703>

<http://www.soest.hawaii.edu/HIGEAR/>

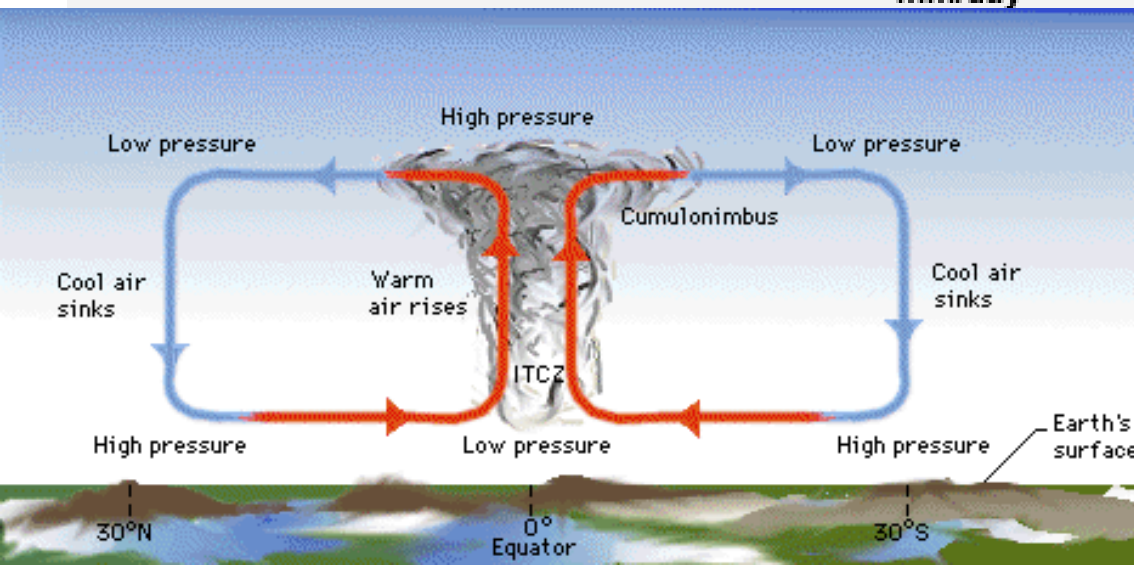
# ITCZ...

Monthly Mean GPCP Precipitation Rate, Jan 1979 - 2006



mm/day

NOAA NESDIS/NASA

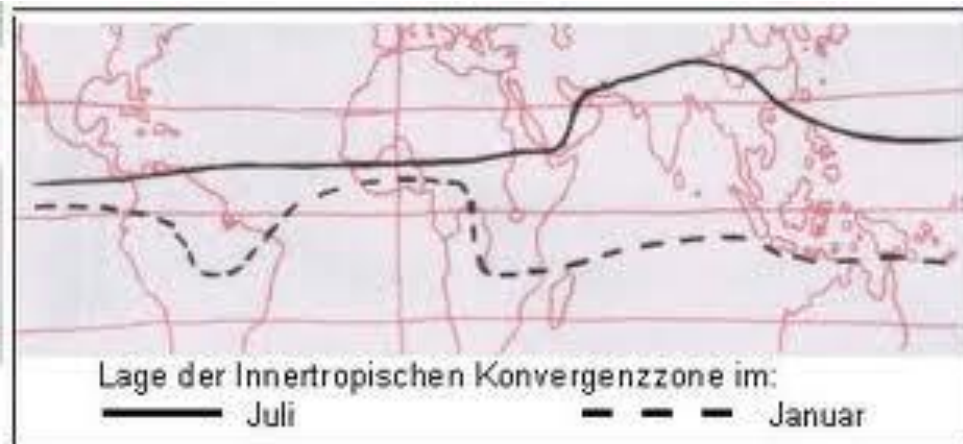
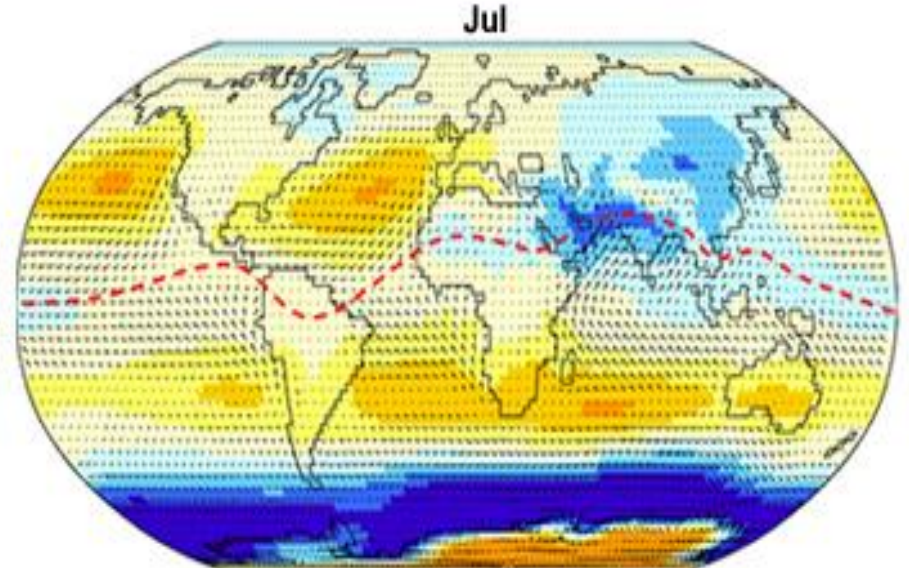
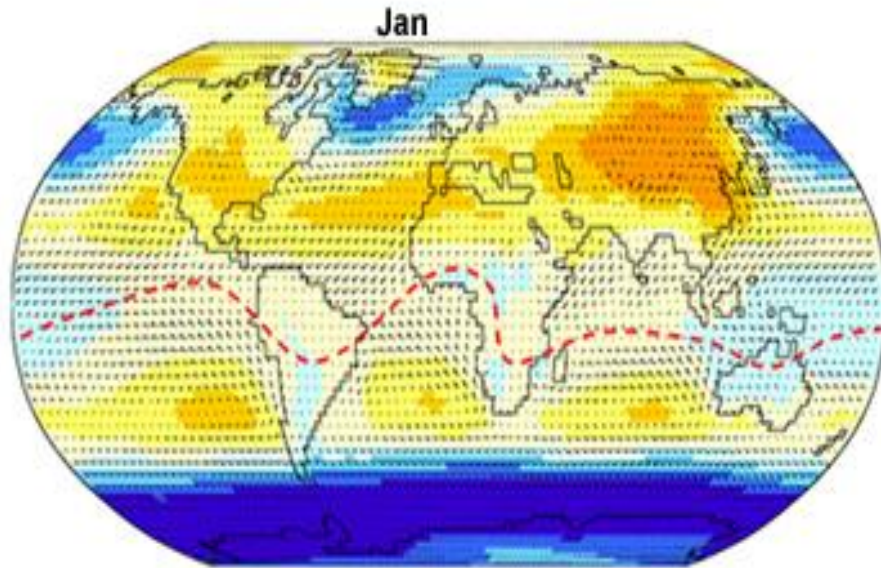




# ITCZ...cambia según el sol...y el gradiente de T entre polo y ecuador

Repeat of Fig. 6.30

Monthly Composites: Sea Level Pressure and Surface Winds



015 1020 1025 mb



ect, 1959-1997 Climatologies  
 sity of Oregon, March 2000

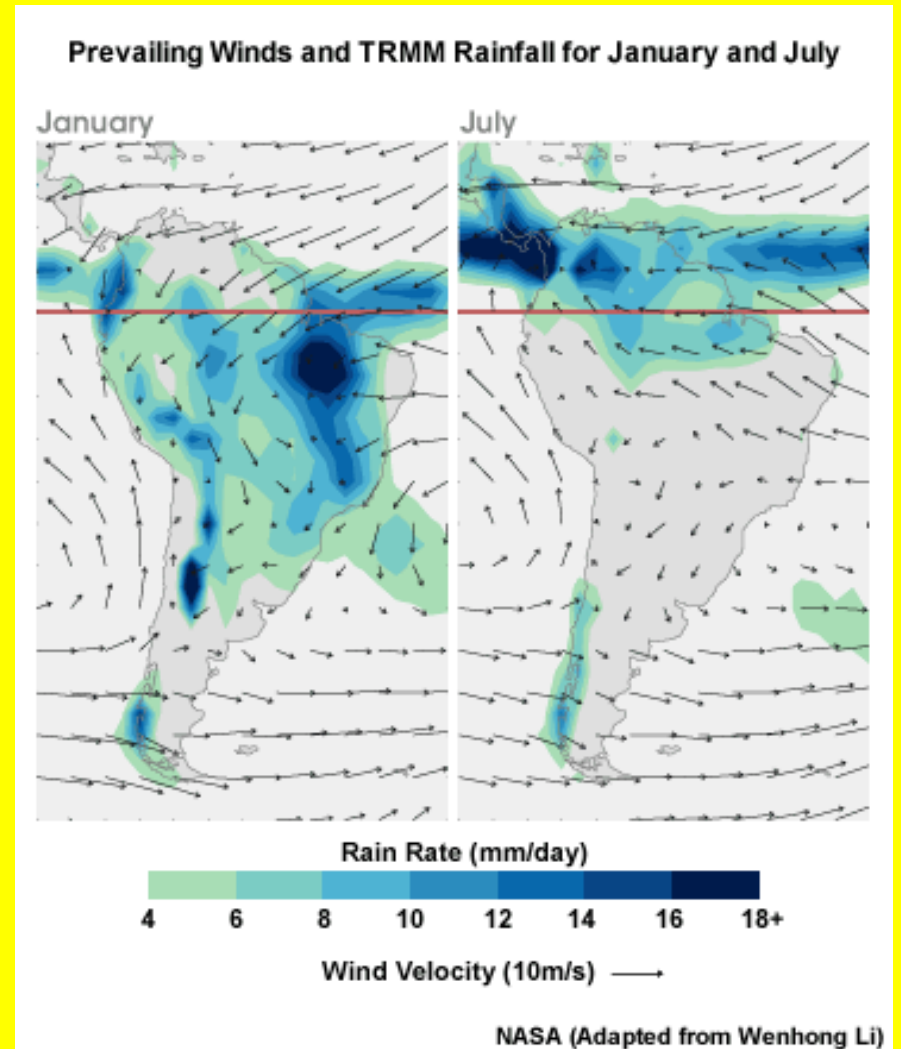
*Vientos alisios/Trade winds*

# ZCIT

De acuerdo a la climatología de la circulación de Hadley, ¿cuándo es más intensa la inversión de subsidencia sobre Santiago?

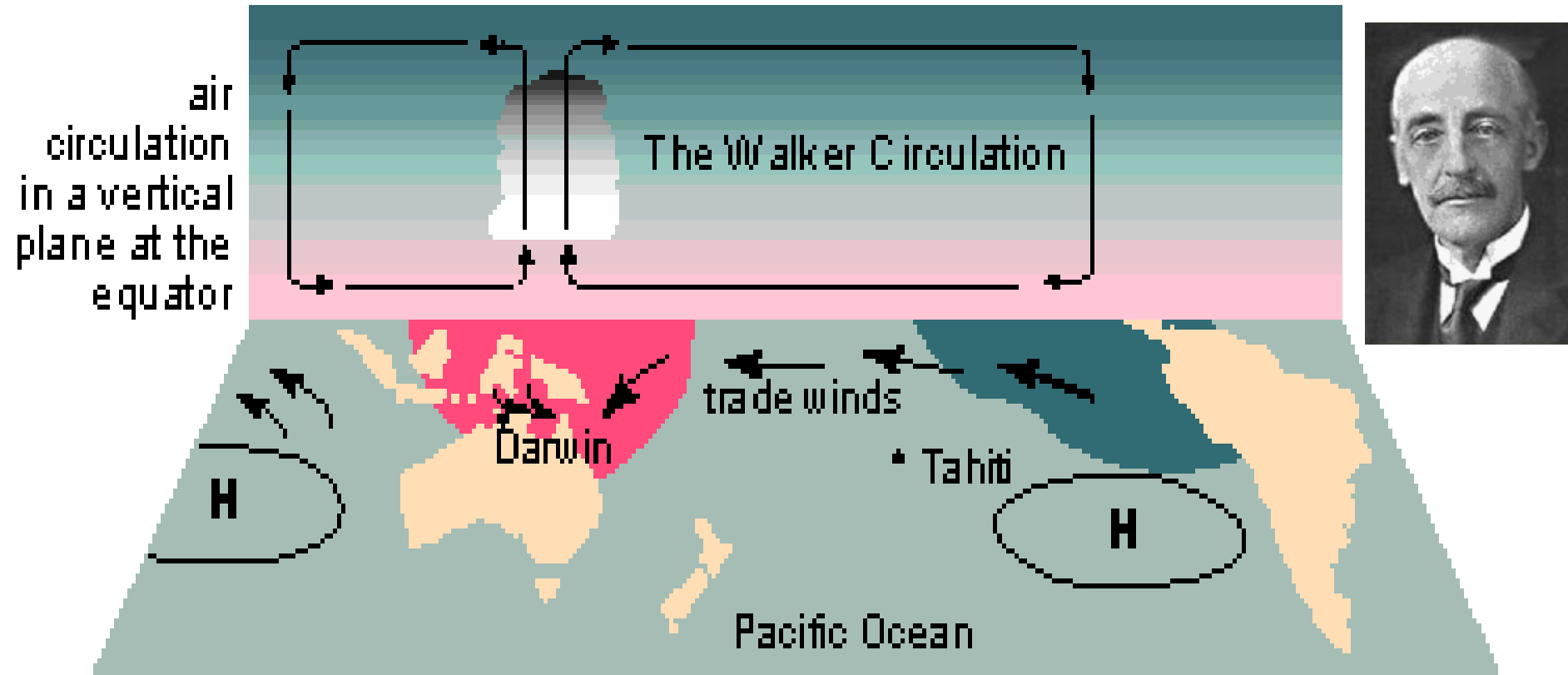
¿Cómo cambia la posición de la alta presión del Pacífico a lo largo del año?

¿Cuándo ocurre la temporada seca en la sabana tropical de América del sur? ¿Cuándo la húmeda?



# Circulación de Walker

## & El Niño/La Niña Oscilación del Sur

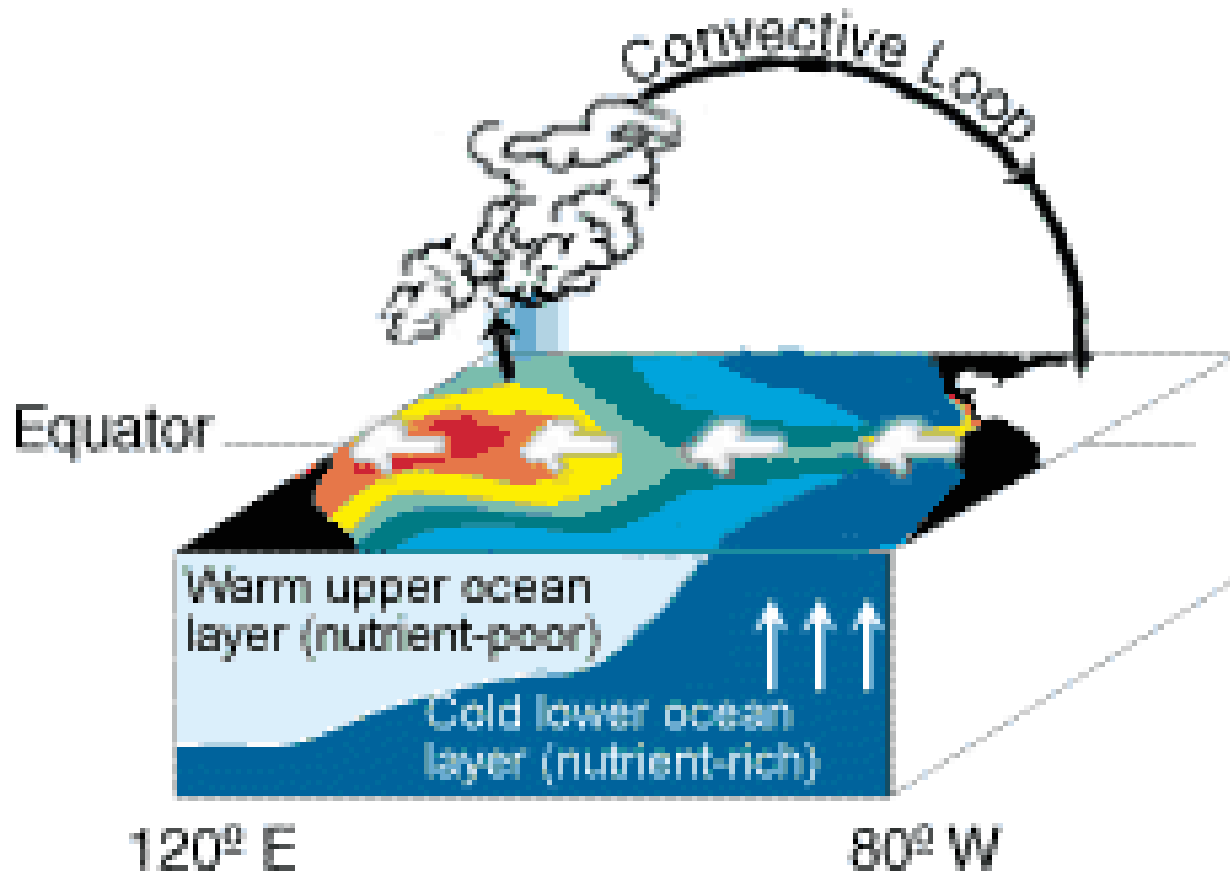


¡La circulación de Walker se superpone a la circulación de Hadley!

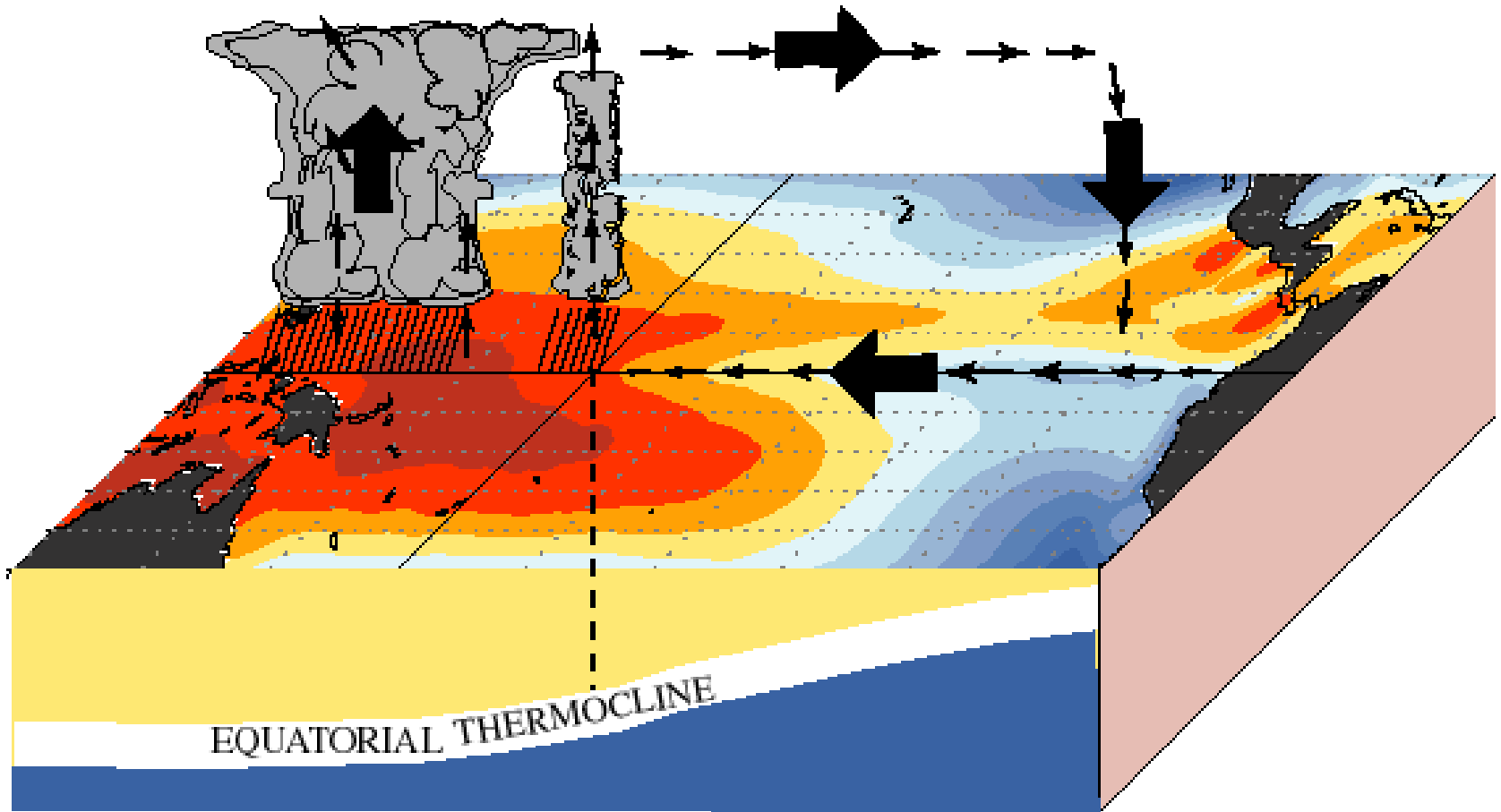
LGK 2010

[http://www.bom.gov.au/lam/climate/levelthree/analclim/el\\_nino.htm#three](http://www.bom.gov.au/lam/climate/levelthree/analclim/el_nino.htm#three)

# No sólo una cuestión atmosférica...



# Circulación de Walker



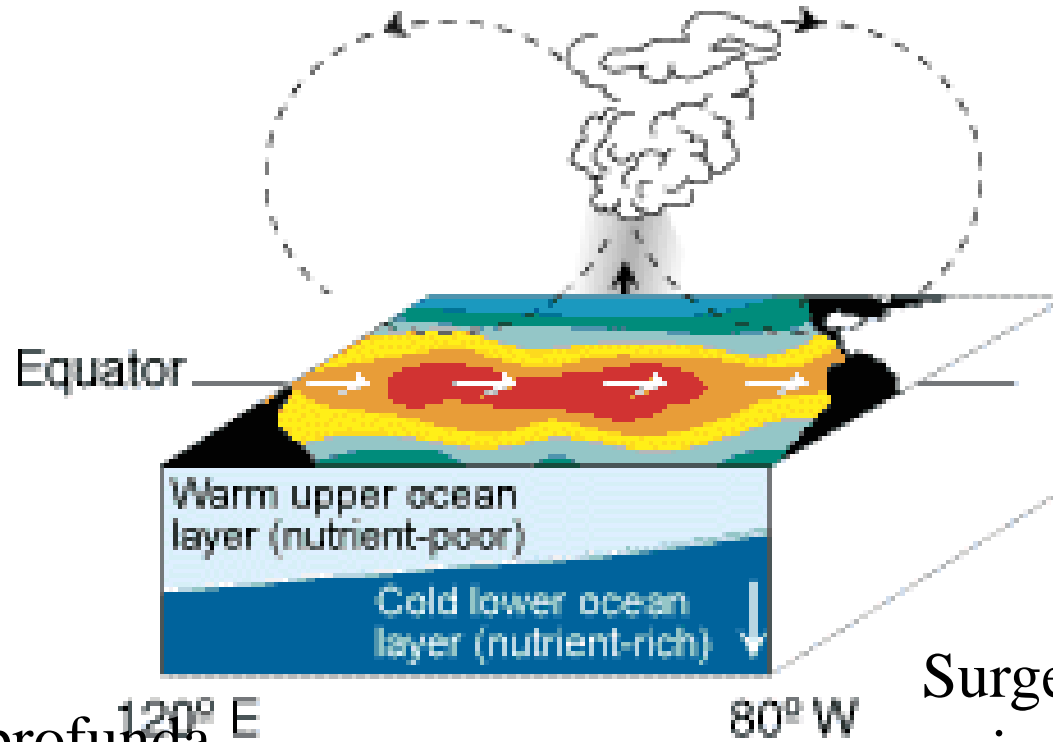
Convección profunda e  
intensa

Surgencia de agua frías  
y ricas en nutrientes

LGK 2010

<http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

# Pero cada 2,3, 7 años...El Niño: la circulación de Walker se debilita y...



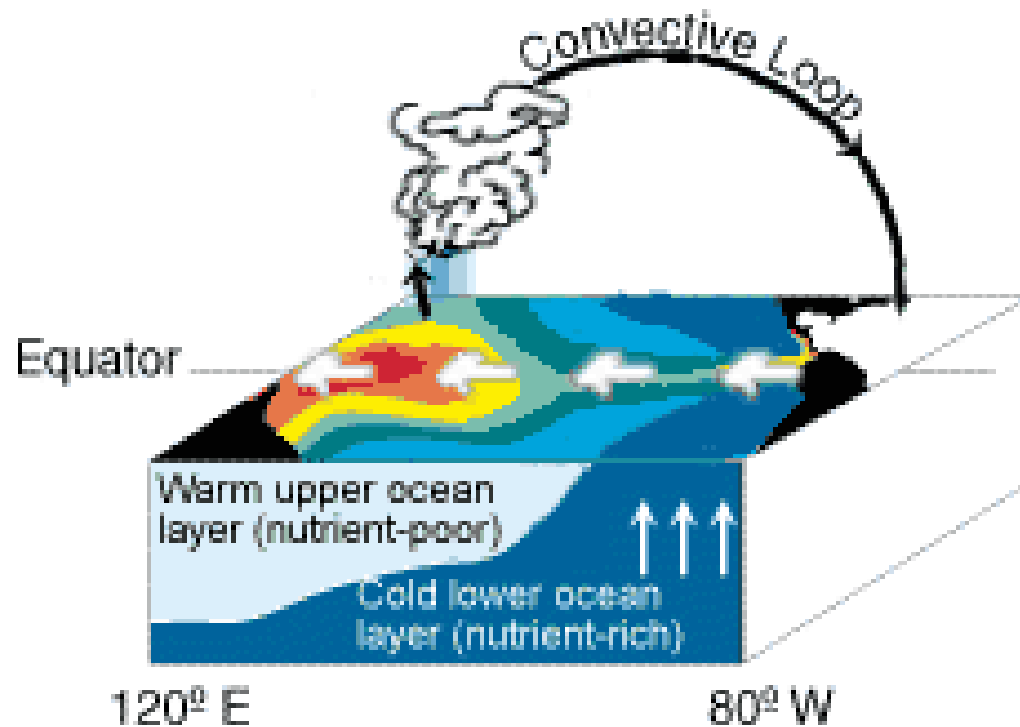
Convección profunda debilitada y corrida al este

Surgencia de agua frías y ricas en nutrientes debilitada...aguas más cálidas y pobres

LGK 2010

<http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

Pero cada 2,3, 7 años...La Niña: la circulación de Walker se refuerza...



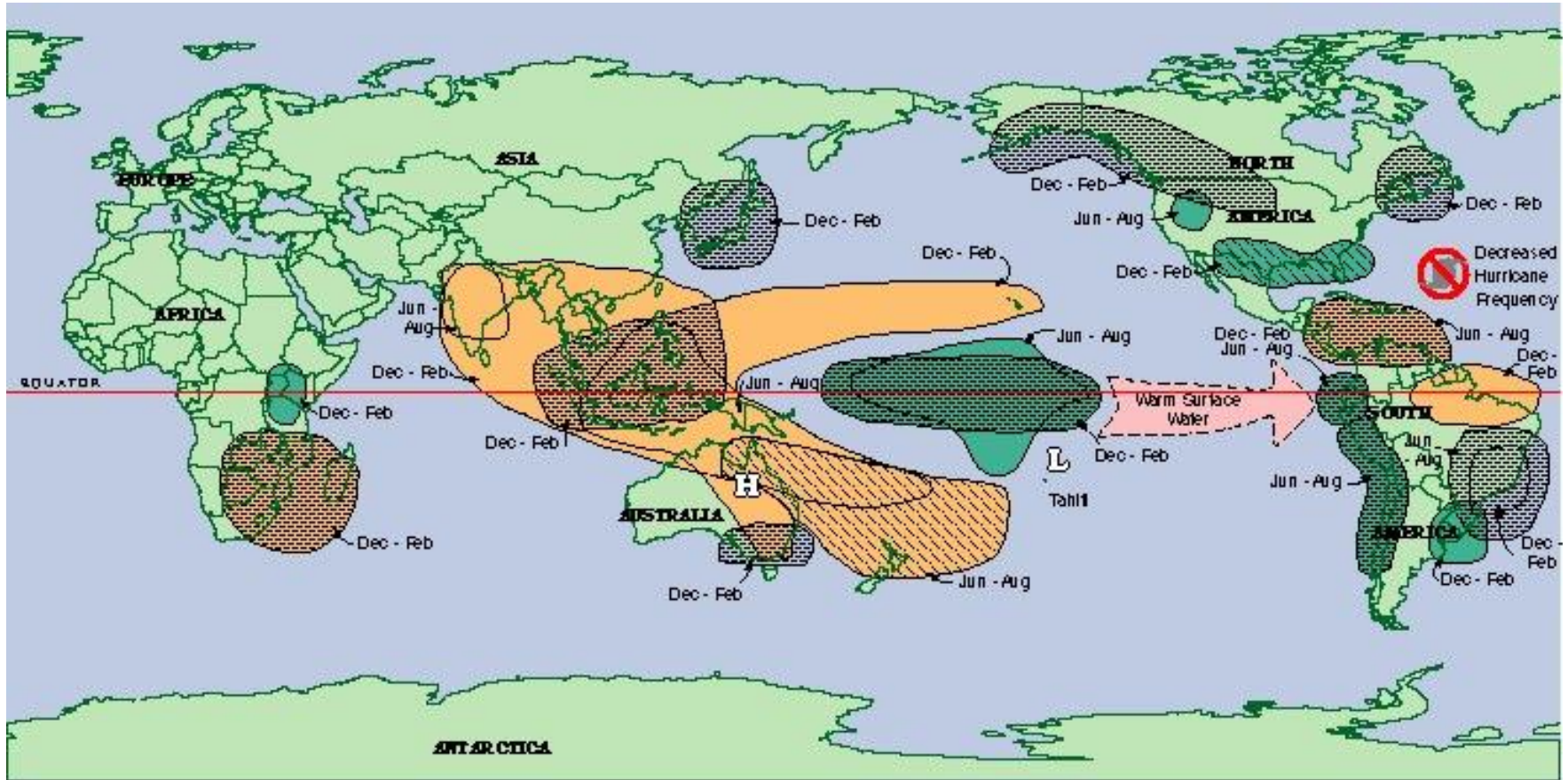
Convección profunda e intensa fortalecida

Surgencia de agua frías y ricas en nutrientes fortalecida

LGK 2010

<http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

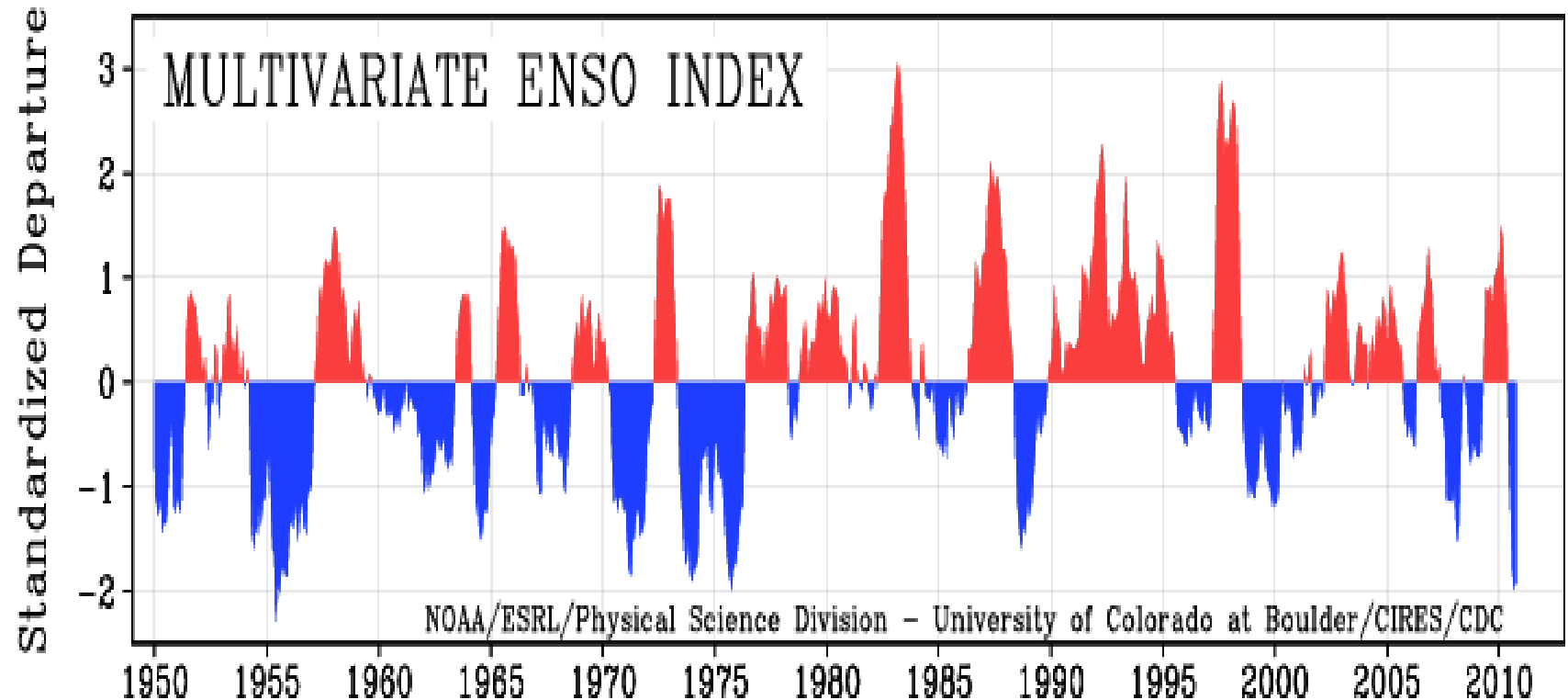
# El océano más grande afecta al mundo entero...



LGK 2010



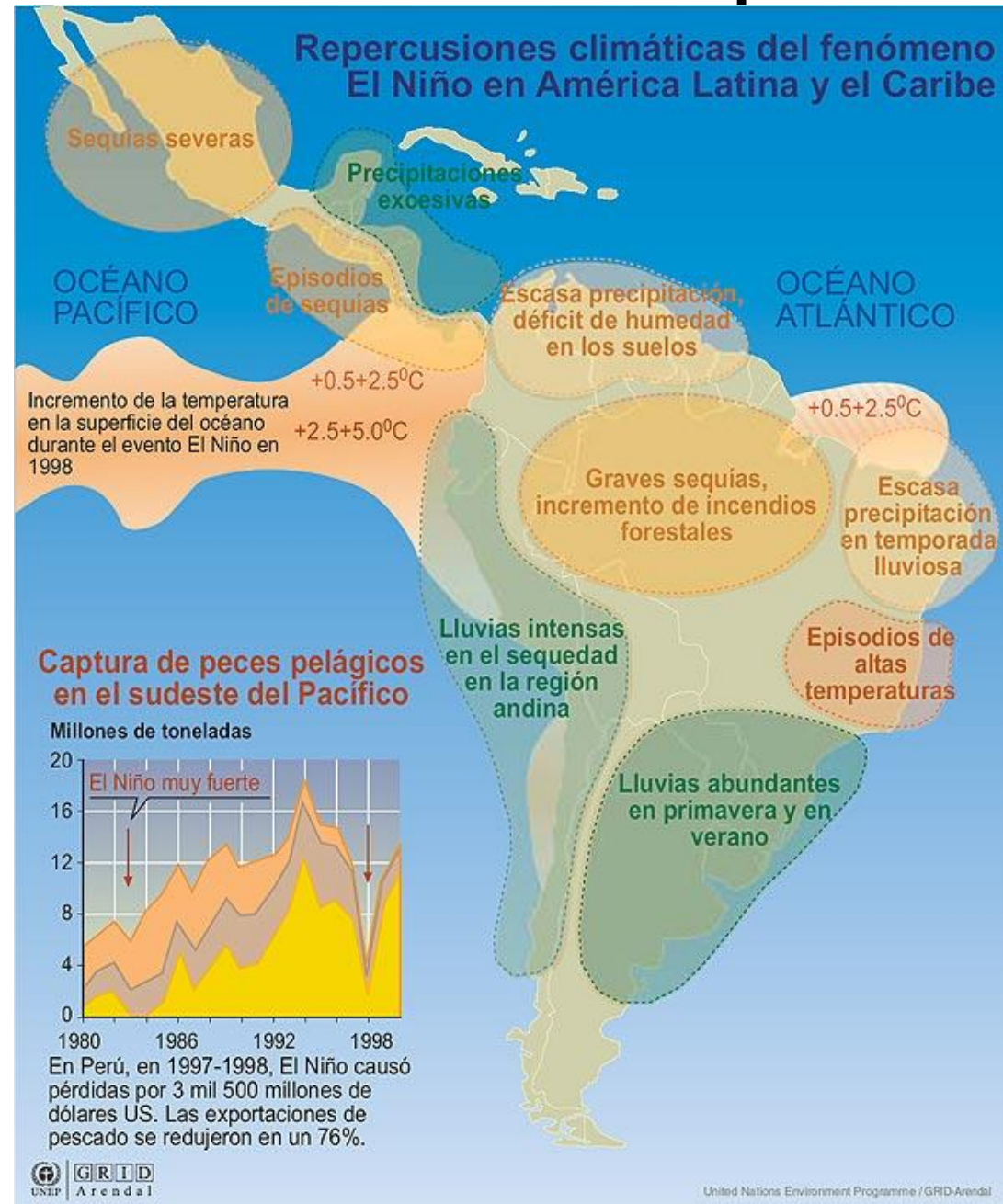
# Ocurrencia y duración de ENOS



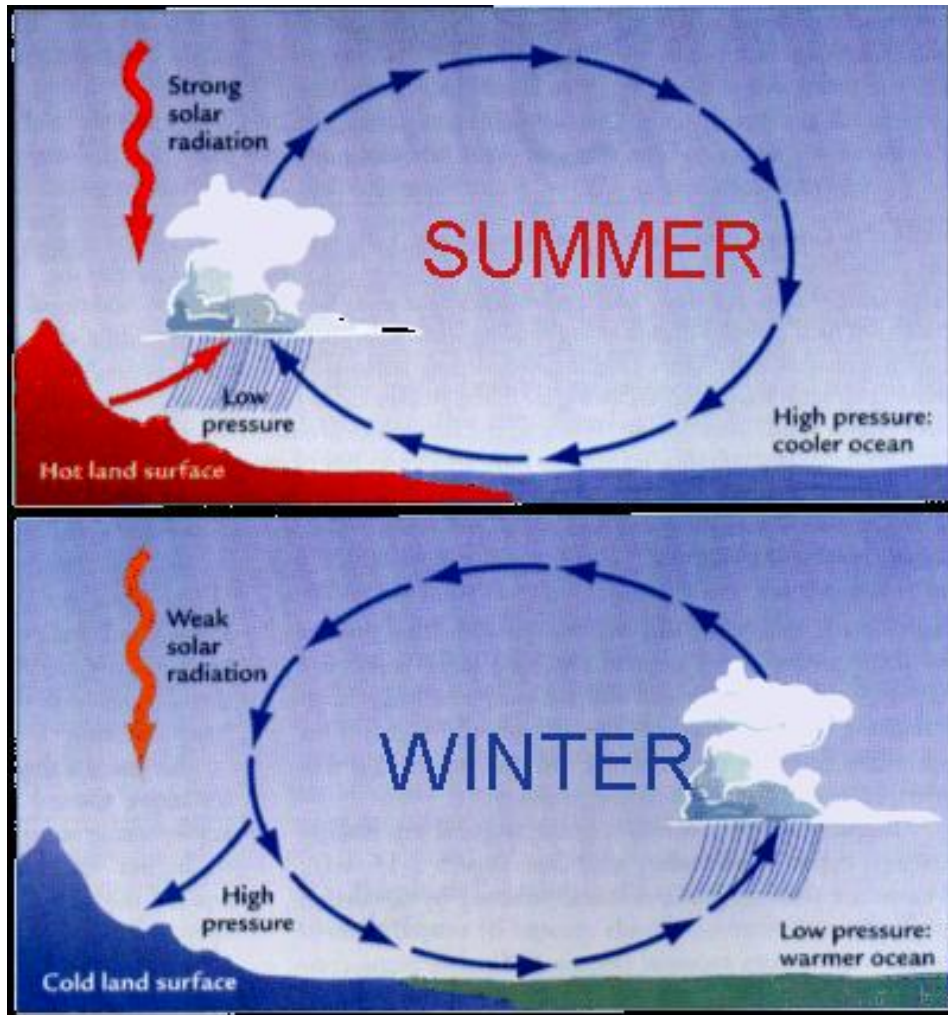
LGK 2010

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/people/klaus.wolter/MEI/>

# La variabilidad y los extremos son parte de nosotr@s



# Monsoones

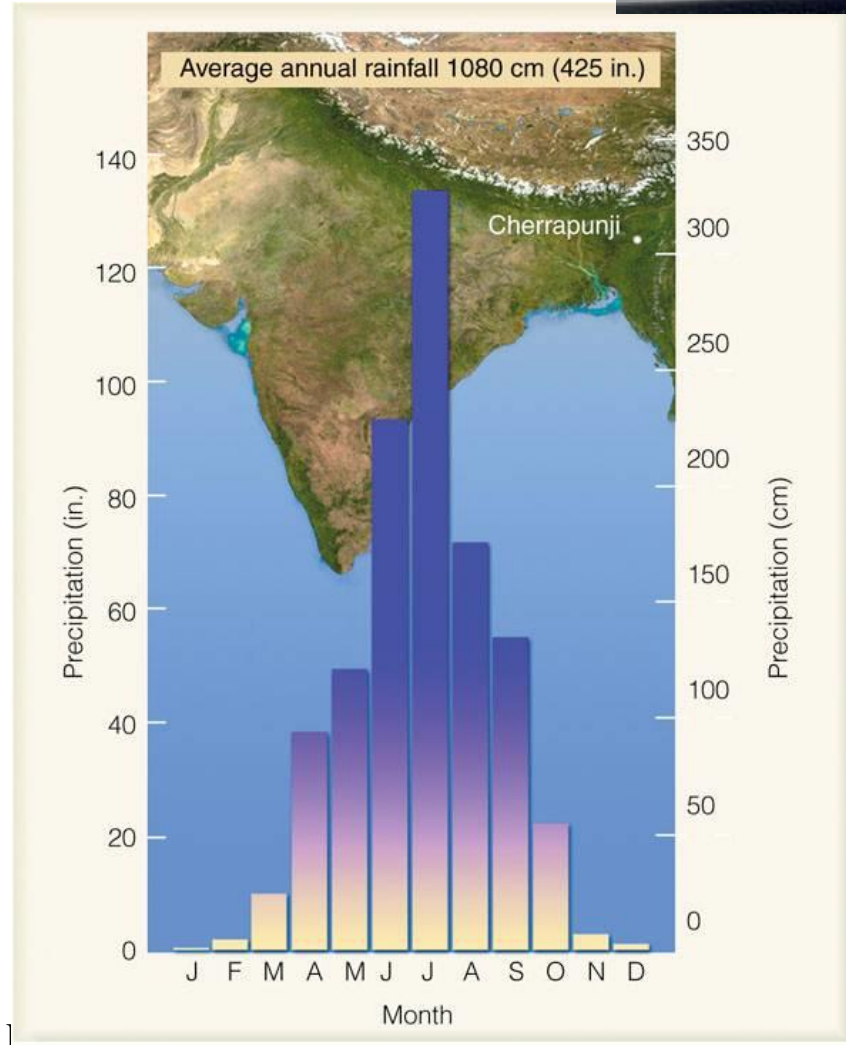
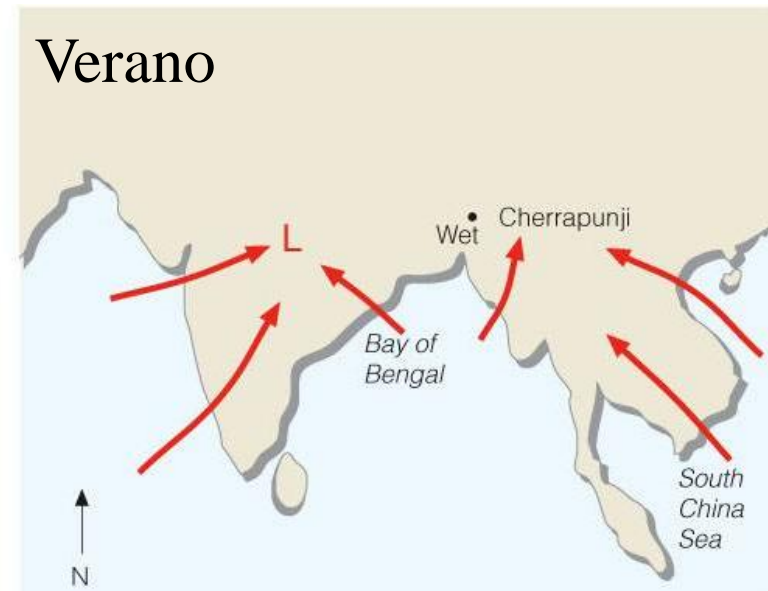
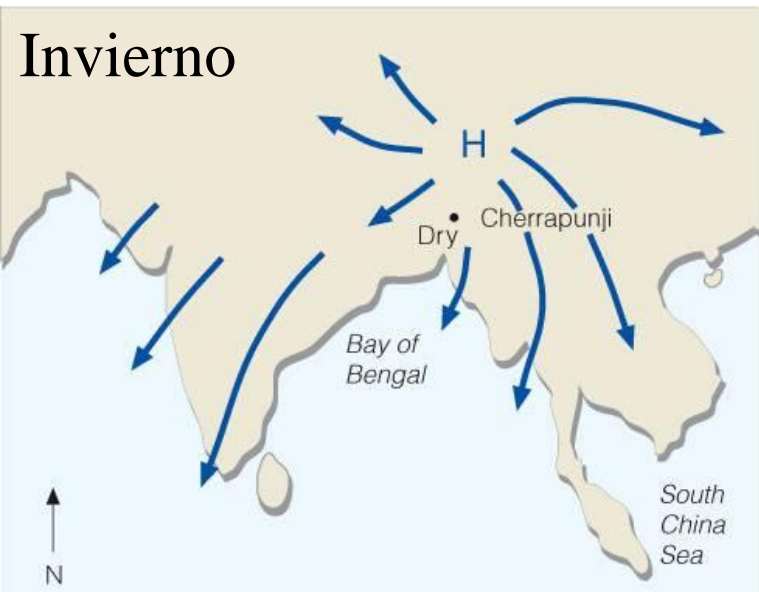


Vientos/precipitaciones estacionales asociados al contraste térmico entre océano y continentes

# Zonas de monsoon

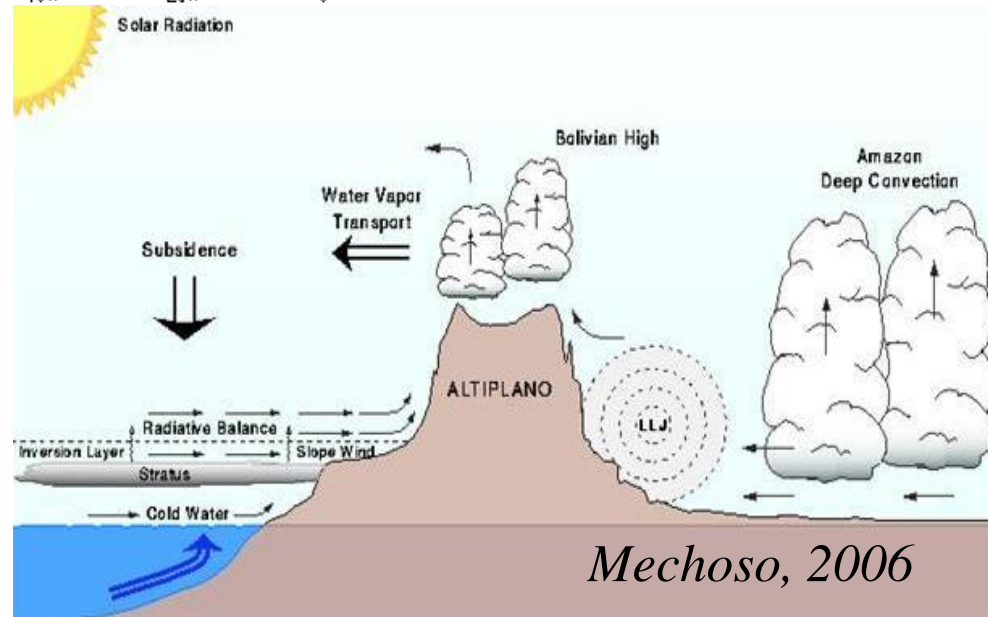
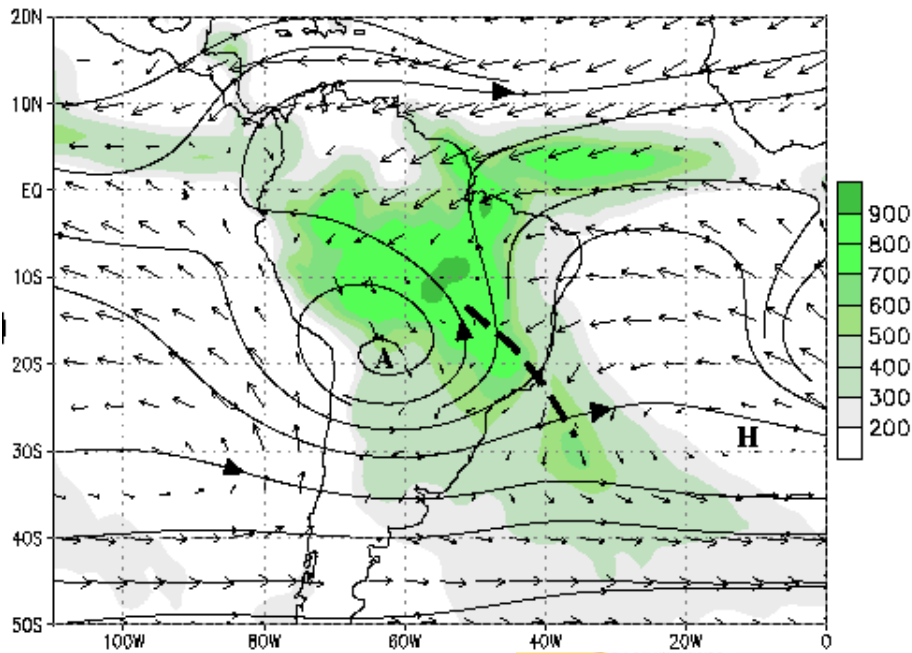
¿Dónde se dan circulaciones monsoonicas?

# Monsón de la India



# Monsoones de América

¡Monsón e ITCZ se acoplan!  
El efecto es continental



# Pausa (10 minutos)

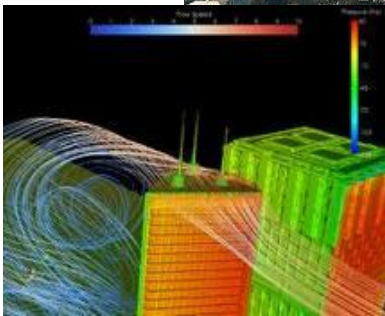
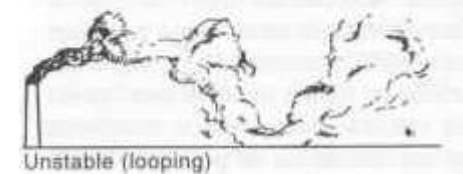
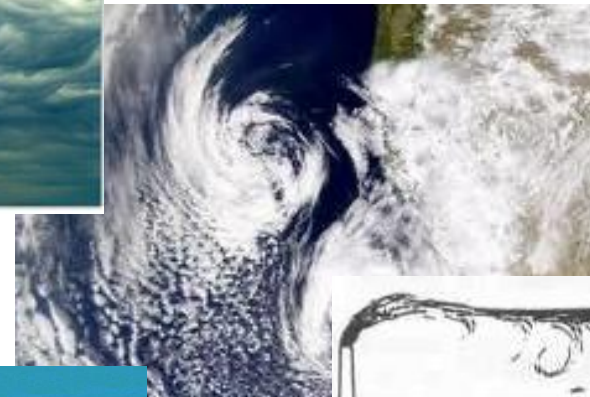
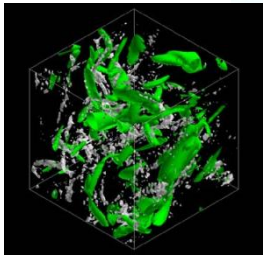
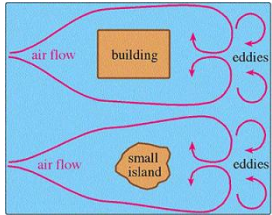


I help you, reach out! Stretch your tiny paw...!



now it's a good stretch w  
s like a bowl of Rice Kris

# La atmósfera: un fluido turbulento



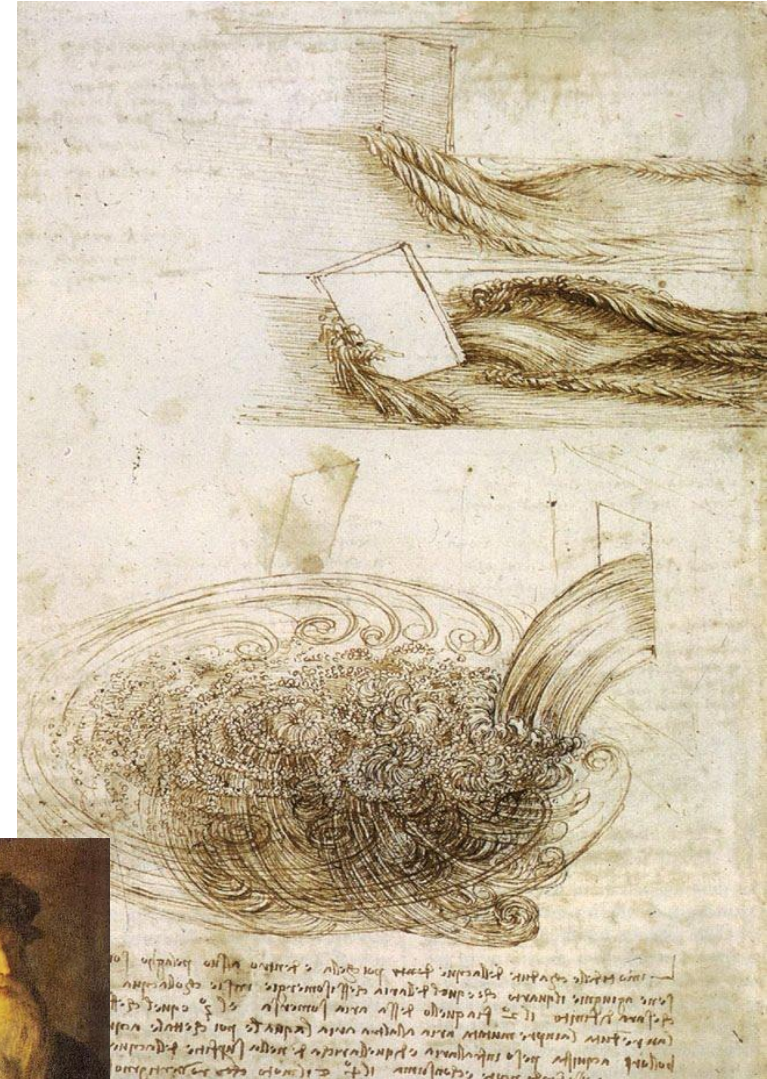


# ¿Qué es la turbulencia?

**Turbulencia**..movimientos del aire a pequeña escala...caracterizados por vientos irregulares....torbellinos

**Importante** porque mezcla y redistribuye energía, momentum,

¿Cuánto es pequeña escala?



# ¿Cómo aparece la “turbulencia”?

Consideremos la advección de algo (c ) en la vertical

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -u \frac{\partial c}{\partial z}$$

Pero NUNCA conocemos completamente las variables...sólo medias y fluctuaciones en torno a esa media

$$\psi = \langle \psi \rangle + \psi'$$
$$\langle \psi \rangle \equiv \bar{\psi} \equiv \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \psi dt$$

(Partición de Reynolds)



¡ $\tau$  es arbitrario!...según el instrumento

# ...cómo aparece la turbulencia...

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -u \frac{\partial c}{\partial z}$$



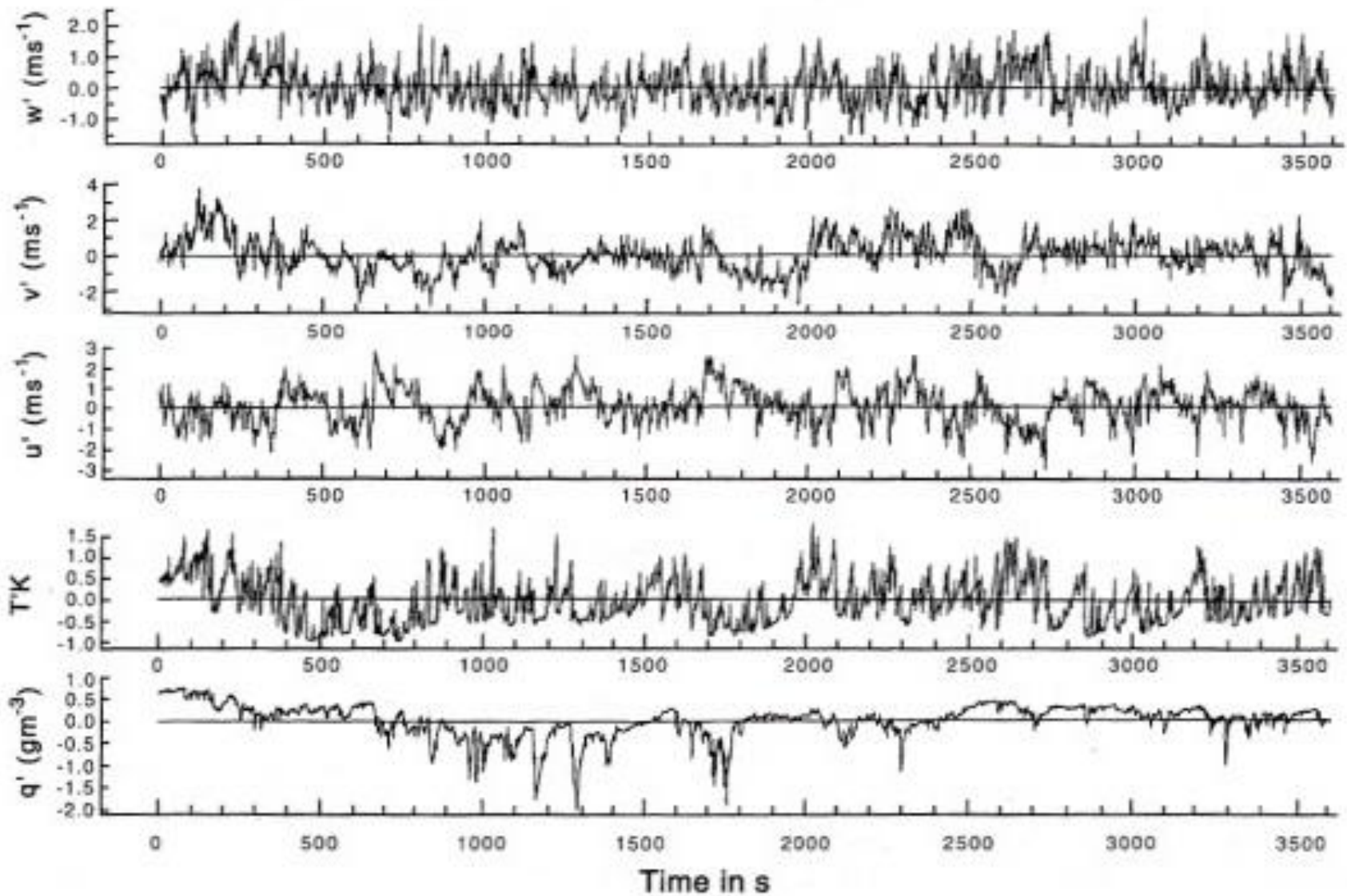
$$\psi = \langle \psi \rangle + \psi'$$
$$\langle \psi \rangle \equiv \bar{\psi} \equiv \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \psi dt$$

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} = -\bar{w} \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} - \langle w' \frac{\partial c'}{\partial z} \rangle$$

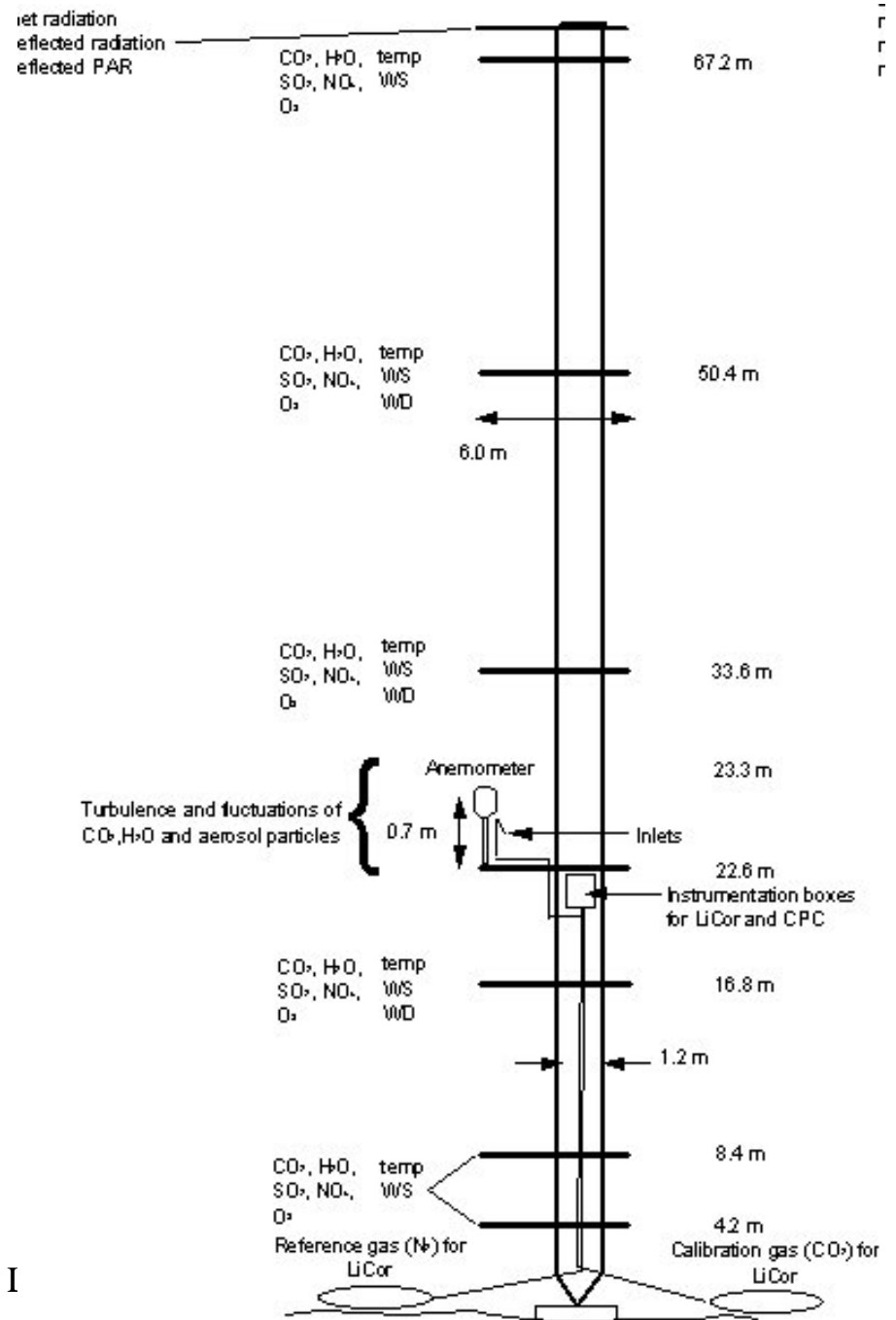
Como no se conocen las variables completamente aparecen términos extras que tienen que ver con las co-fluctuaciones

¡ $\tau$  es arbitrario!...según el instrumento

# Turbulencia en la vida real

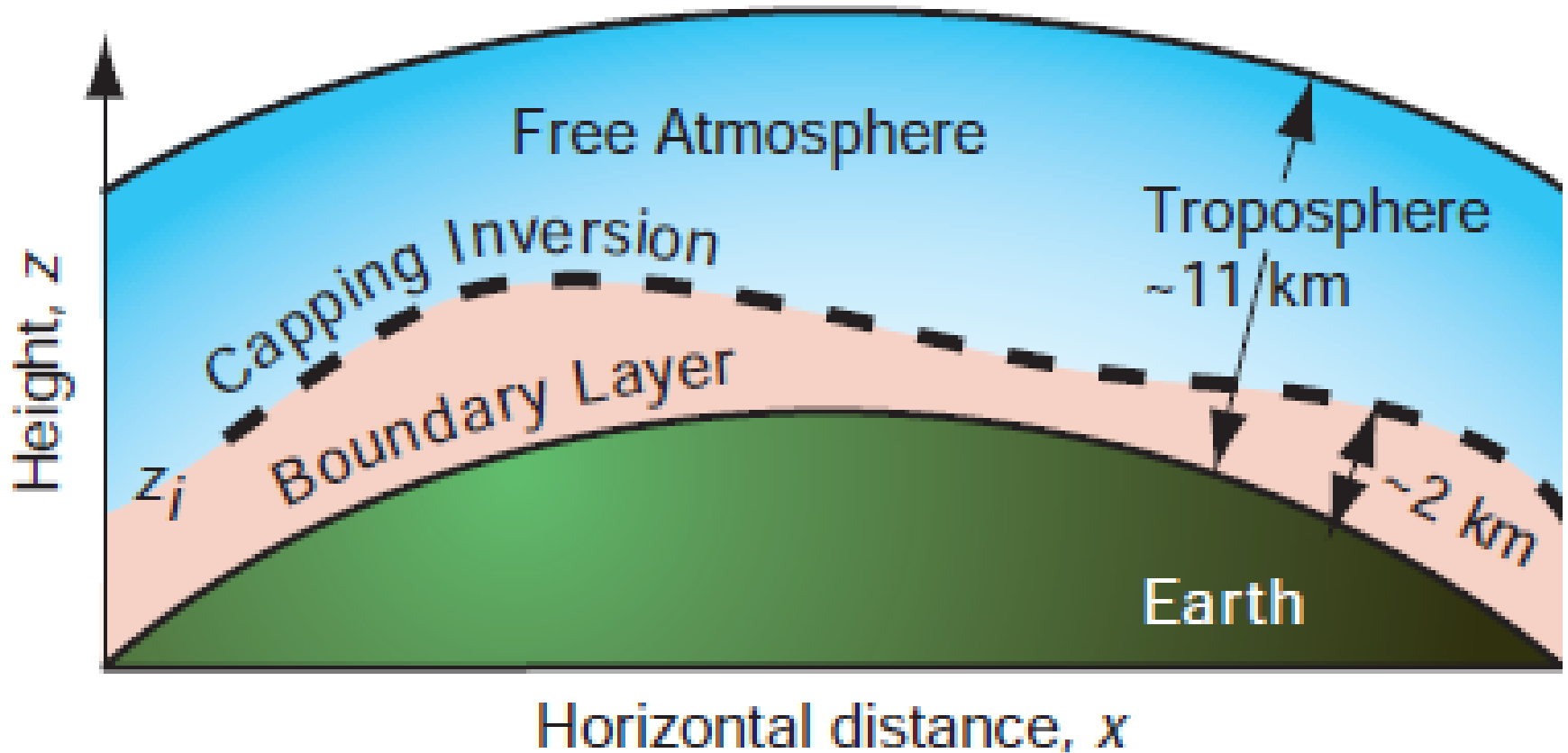


# Mediciones de flujos turbulentos



GF 3022 I

# Turbulencia en la capa límite



**En esta capa se hace sentir la fricción terrestre**

# ¿Cómo se generan los torbellinos?

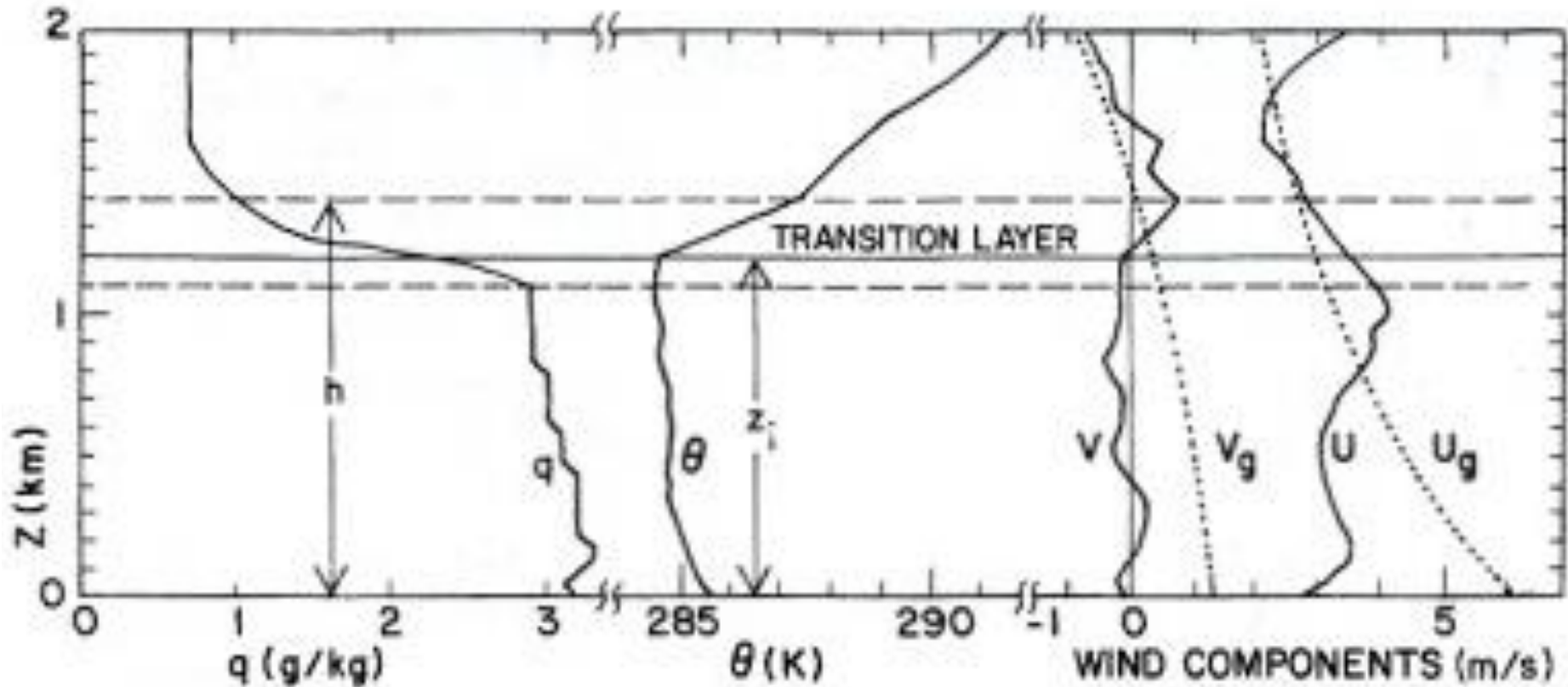
- Mecánicamente (gradiente *vertical* de viento) (Convección forzada)
- Térmicamente (gradiente *vertical* de temperatura) (Convección libre)
- Inercialmente (cascada turbulenta)

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial z}$$

$$\frac{\partial T}{\partial z}$$

$$\frac{\partial z}{\partial z}$$

# Turbulencia y mezcla: debe haber gradientes (verticales) forzados





# Número de Richardson



$$R_i = \frac{g}{T_v} \frac{\partial \theta_v}{\partial z} \frac{\partial z}{\left| \frac{\partial v_H}{\partial z} \right|^2}$$

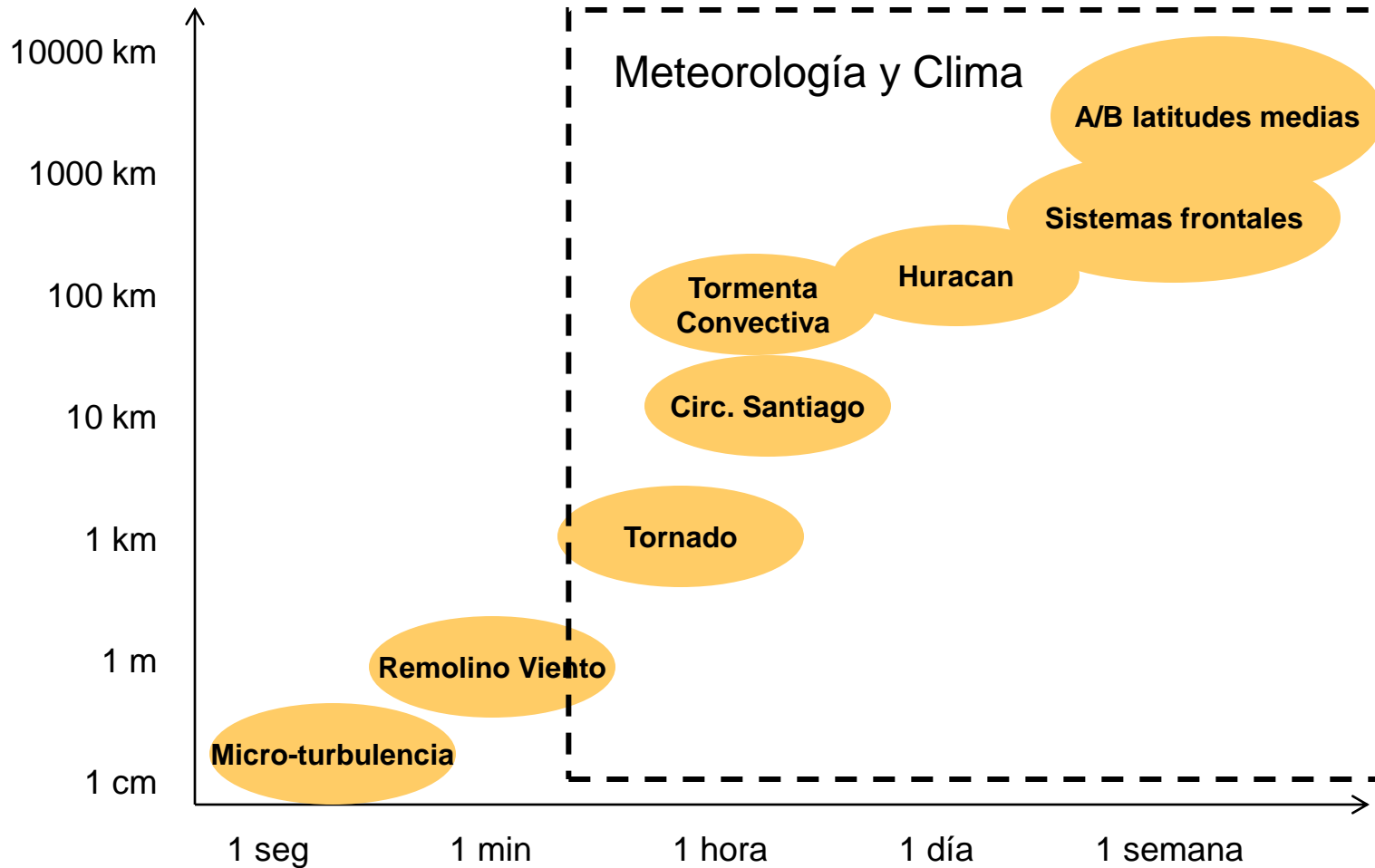
Un flujo laminar se vuelve turbulento cuando  $Ri \sim 0.25$



# Introducción a la Meteorología – Turbulencia

## UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

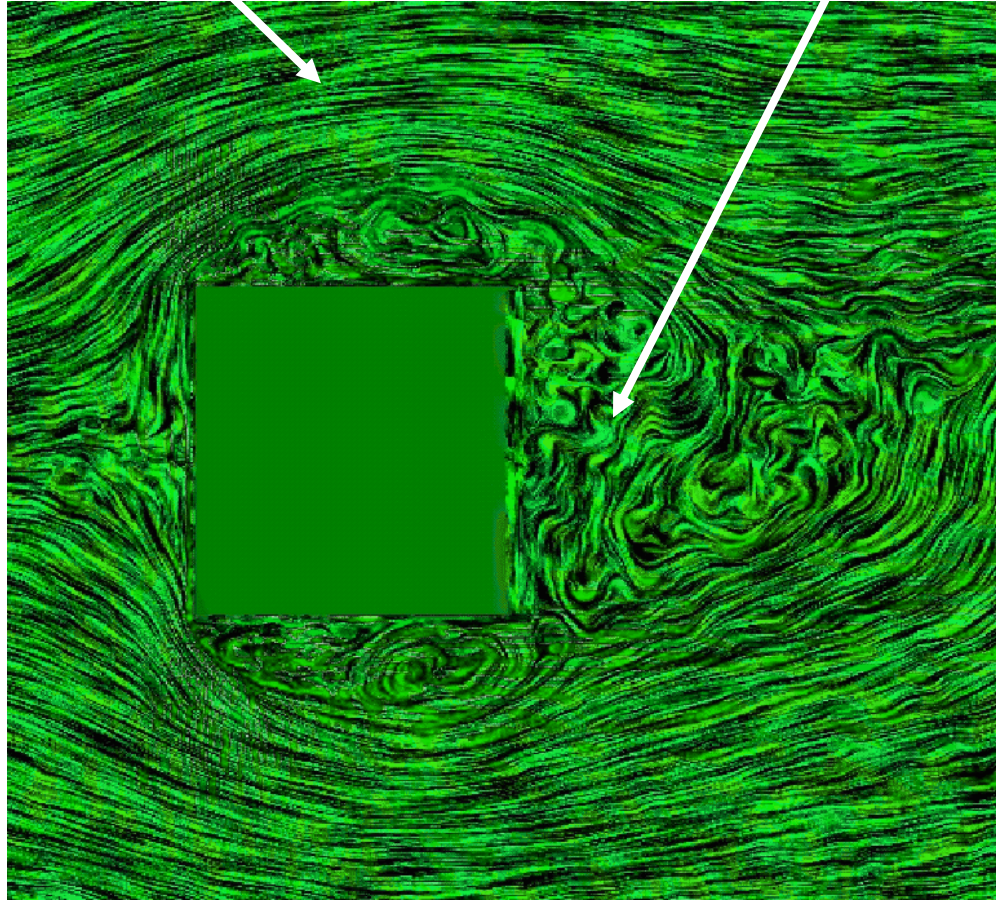
### Escala temporal-espacial de fenómenos atmosféricos



Introducción a la Meteorología – Turbulencia  
UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

Flujo Laminar

Flujo Turbulento



# Escalas de movimientos horizontales

**Table 9.1** Scales of horizontal motion in the atmosphere

Larger than	Scale	Name
20,000 km		Planetary scale
2,000 km		Synoptic scale
200 km	Meso- $\alpha$	} Mesoscale
20 km	Meso- $\beta$	
2 km	Meso- $\gamma$	
200 m	Micro- $\alpha$	Boundary-layer turbulence
20 m	Micro- $\beta$	Surface-layer turbulence
2 m	Micro- $\gamma$	Inertial subrange turbulence
2 mm	Micro- $\delta$	Fine-scale turbulence
Air molecules	Molecular	Viscous dissipation subrange

**Tropósfera Libre**

**1 km**

**Capa turbulenta  
(Torbellinos distintos)**

**1 m**

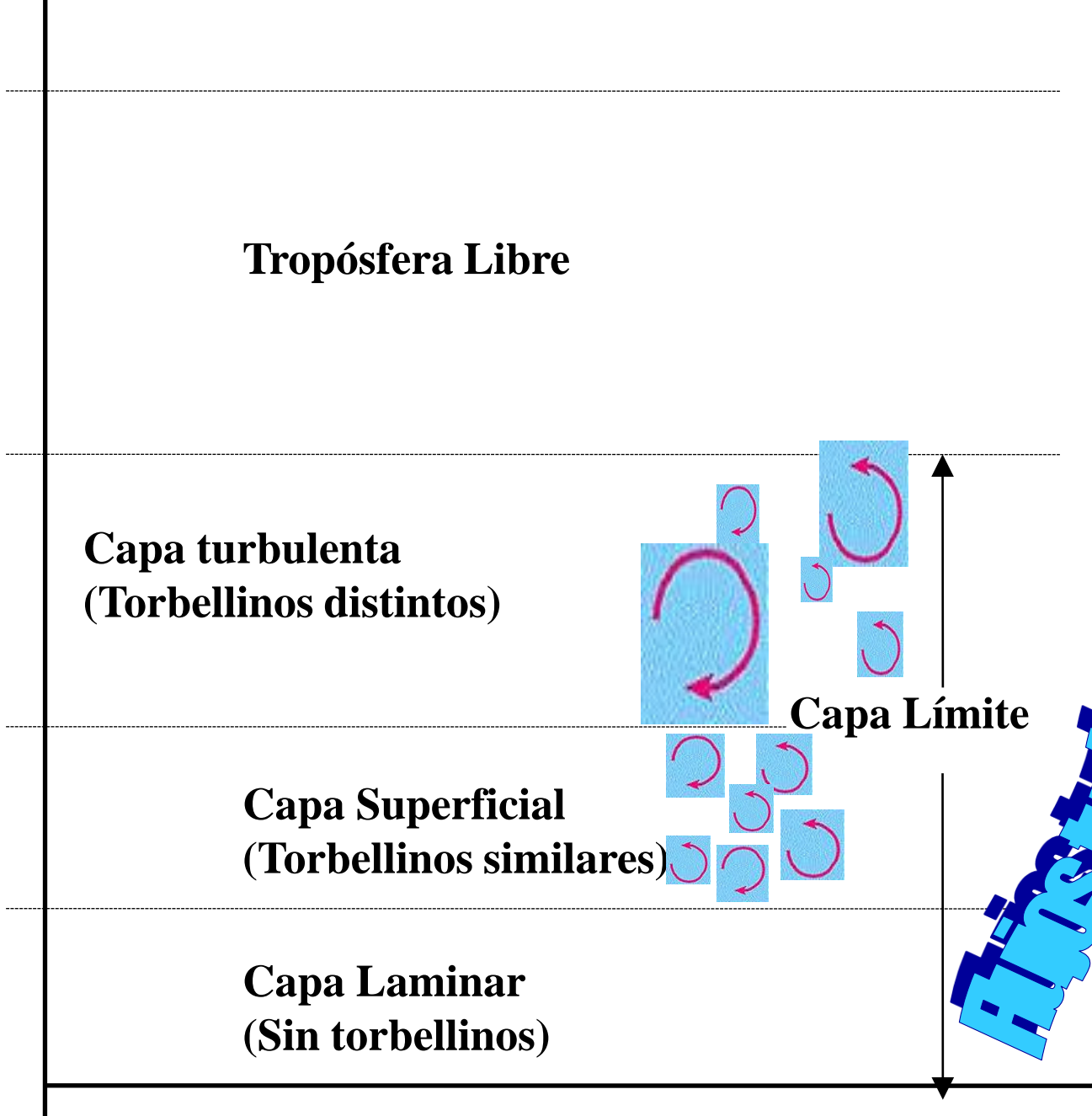
**Capa Límite**

**Capa Superficial  
(Torbellinos similares)**

**1 mm**

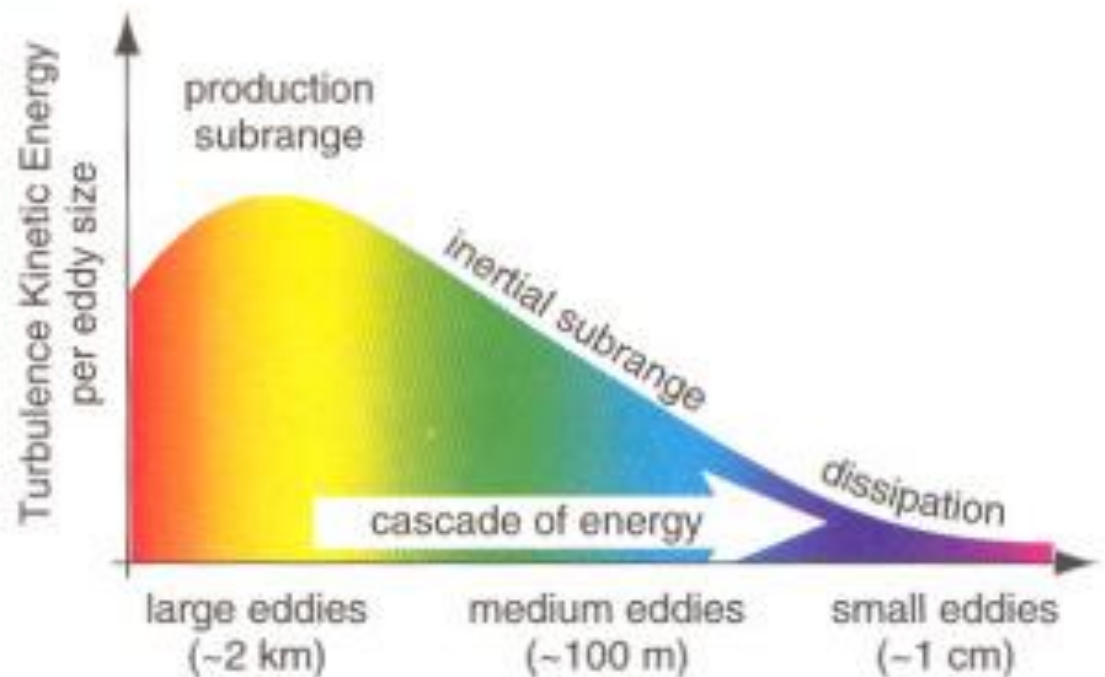
**Capa Laminar  
(Sin torbellinos)**

**Turbulencia**



# Richardson's poem

*Big whirls have little whirls what feed on their velocity, little whirls have smaller whirls, and so on to viscosity.*



# Lecturas de hoy

- Obligatoria
  - Wallace and Hobbs, Atmospheric Science (Ch. ~9)
- Más sobre dinámica
  - GF501 (Dinámica)
- Complementarias
  - ENOS & Circulación de Walker

<http://www.meted.ucar.edu/climate/enso/dnld.htm>

<http://www.atmosfera.cl/HTML/temas/nino3.htm>

**Próximamente...**

**Evolución de capa límite**

**Tiempo y clima de Chile**

**(The end)**

