



GF3003

Ciencias Atmosféricas

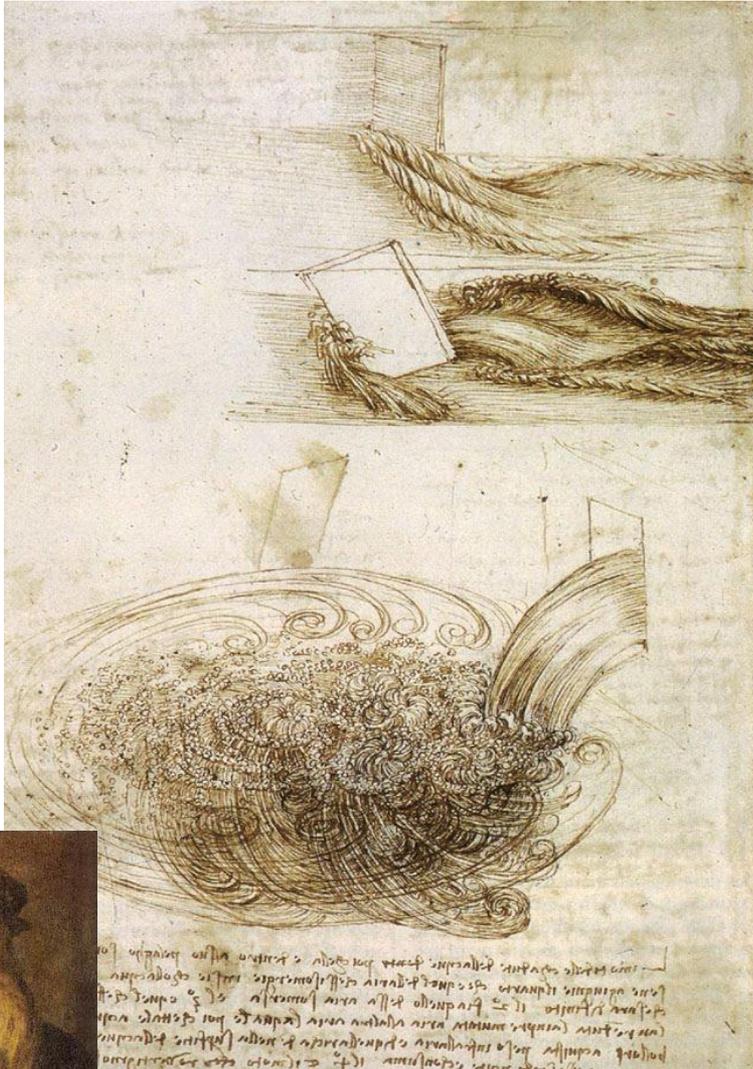
Laura Gallardo Klenner

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

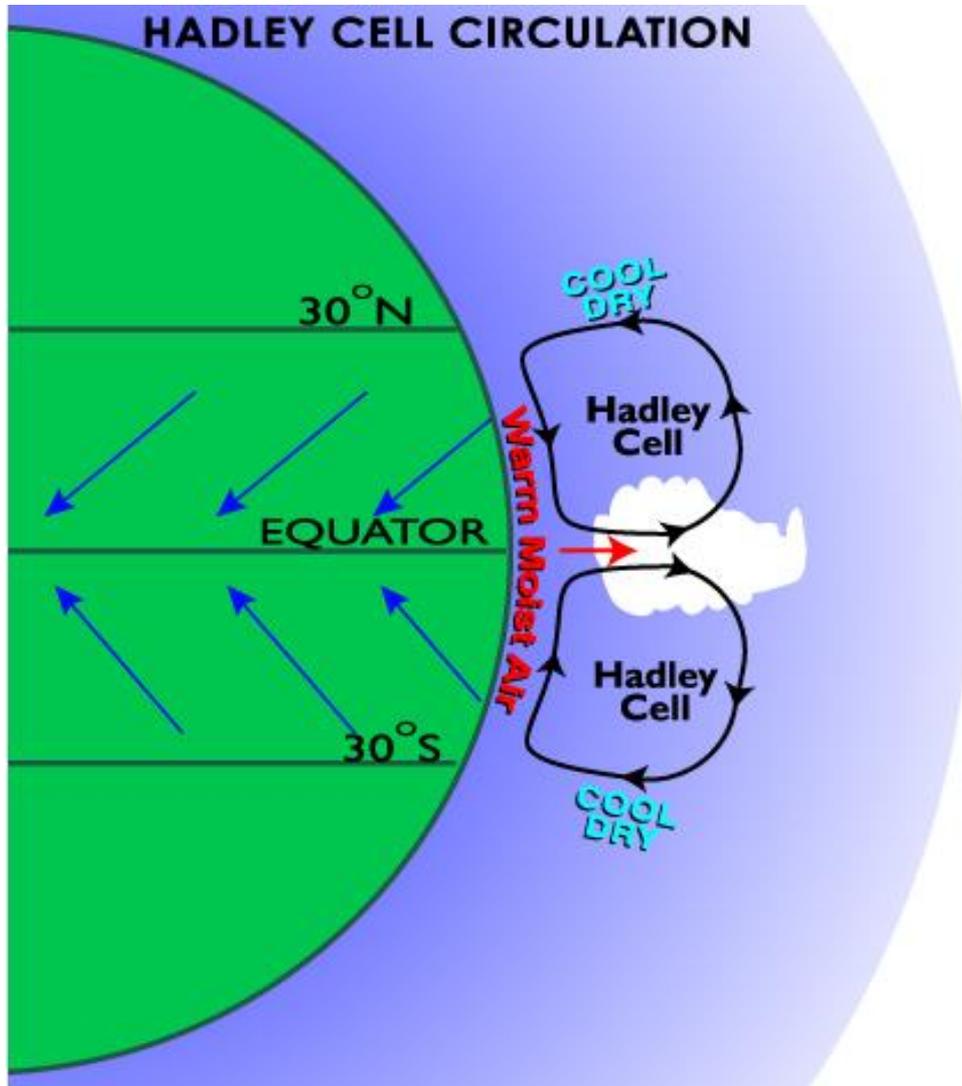


Más específicamente, el/la alumno/a será capaz de:

- 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

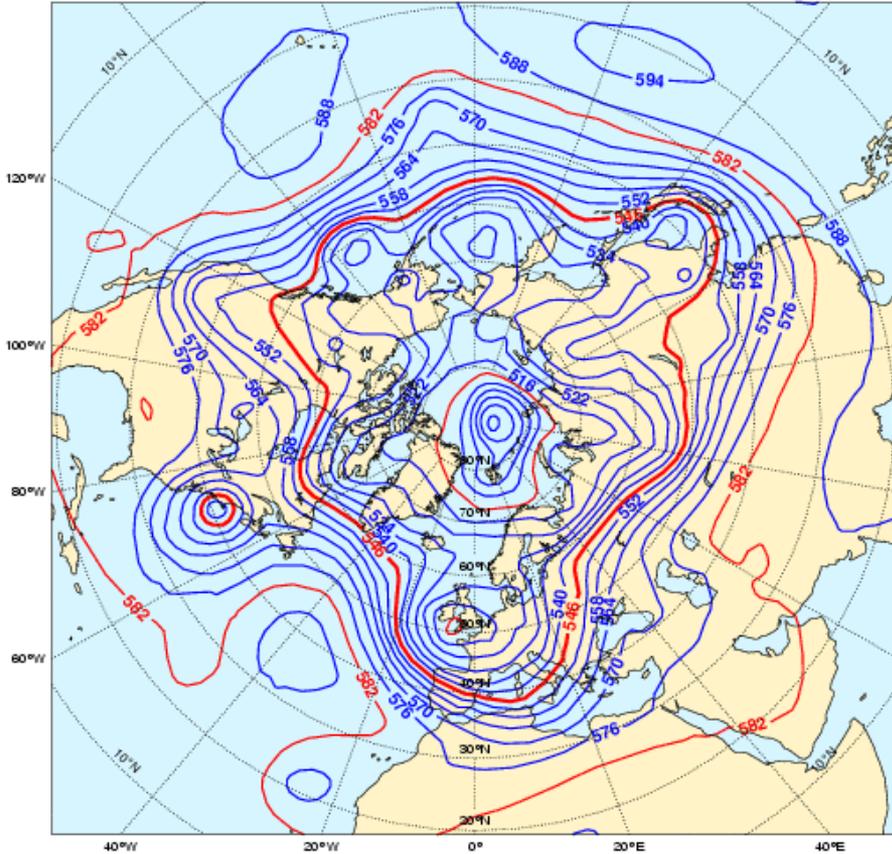


Circulación de Hadley...



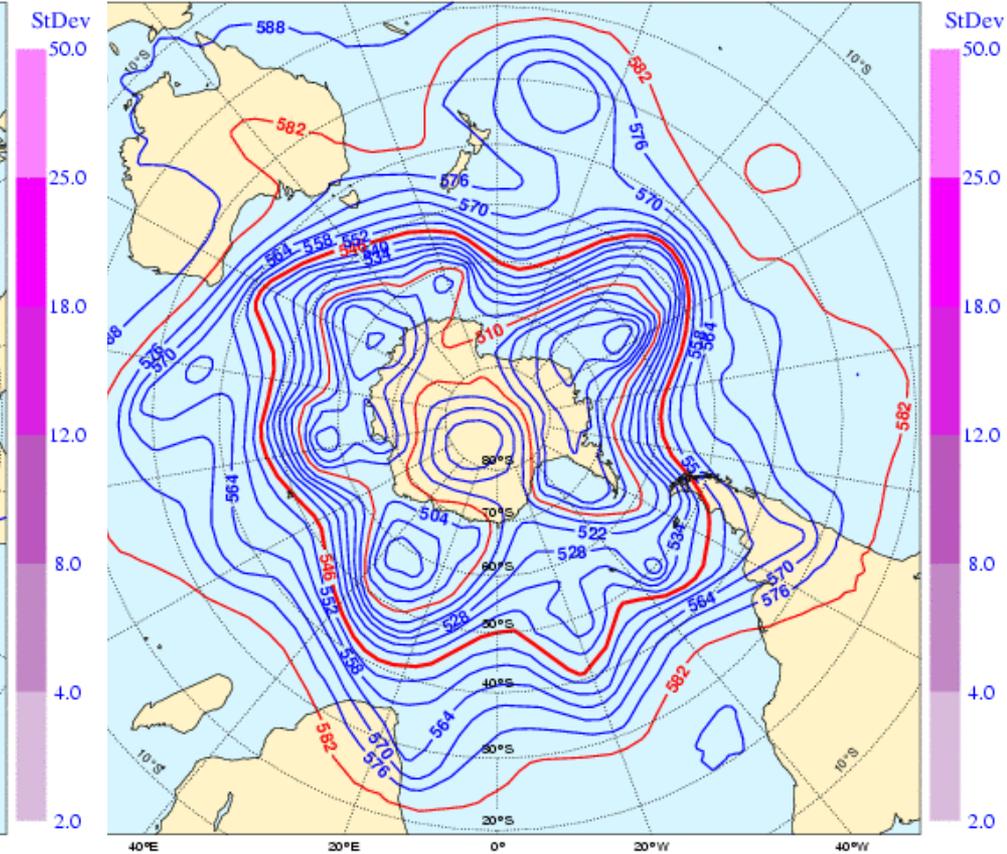
Circulación en latitudes medias y altas

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



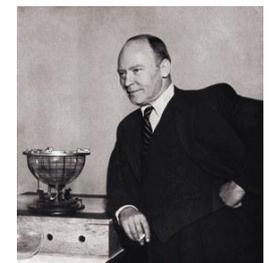
HN

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



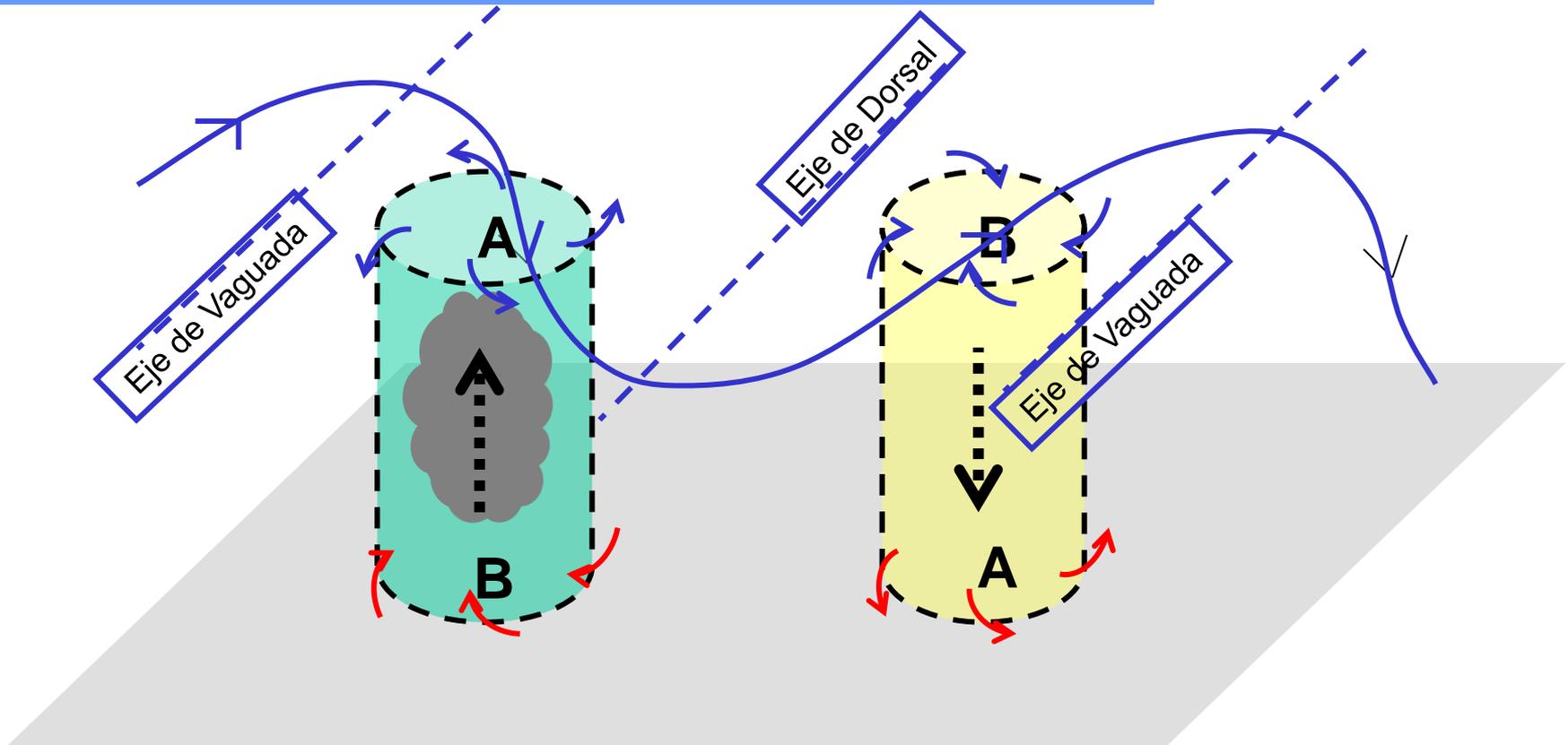
HS

LGK 2010



En latitudes medias...

Ondas de Rossby y forzamiento de gran escala



Roce y forzamiento de pequeña escala

Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ)

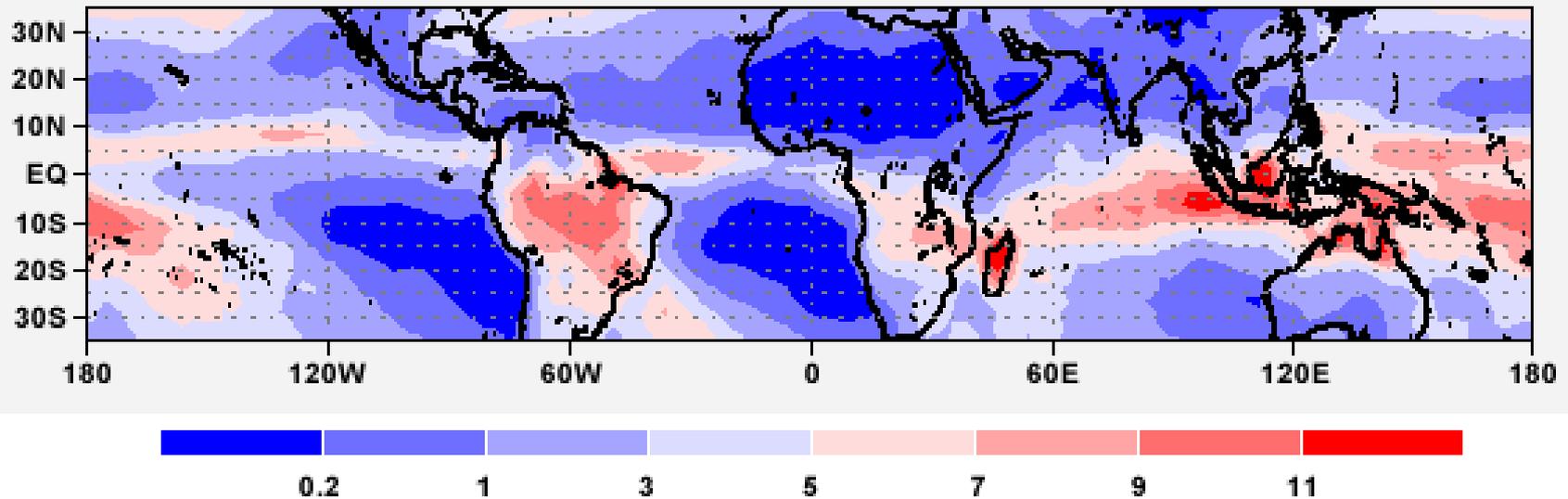


<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=703>

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

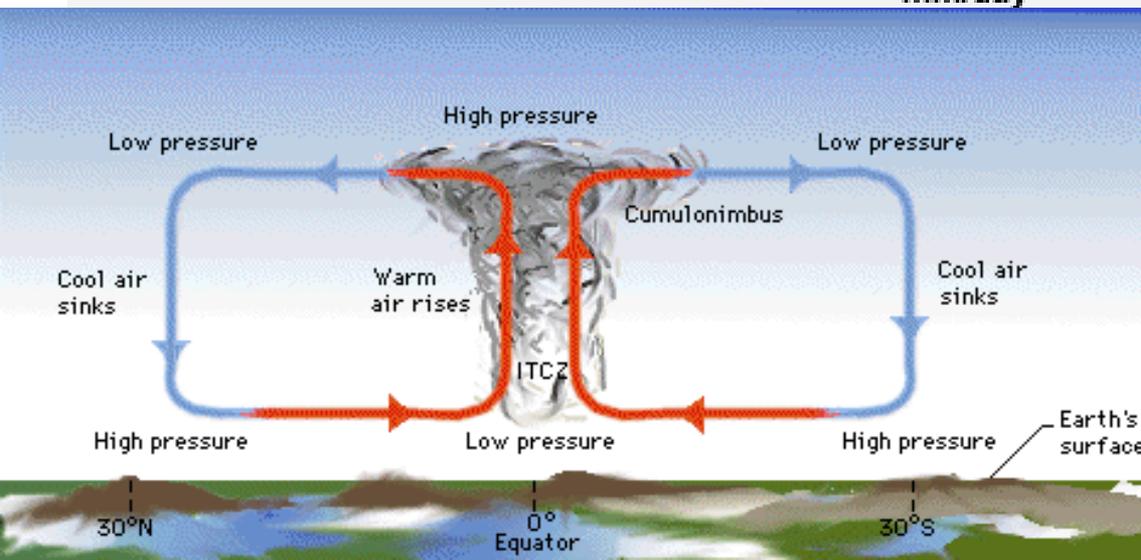
ITCZ...

Monthly Mean GPCP Precipitation Rate, Jan 1979 - 2006



mm/day

NOAA NESDIS/NASA

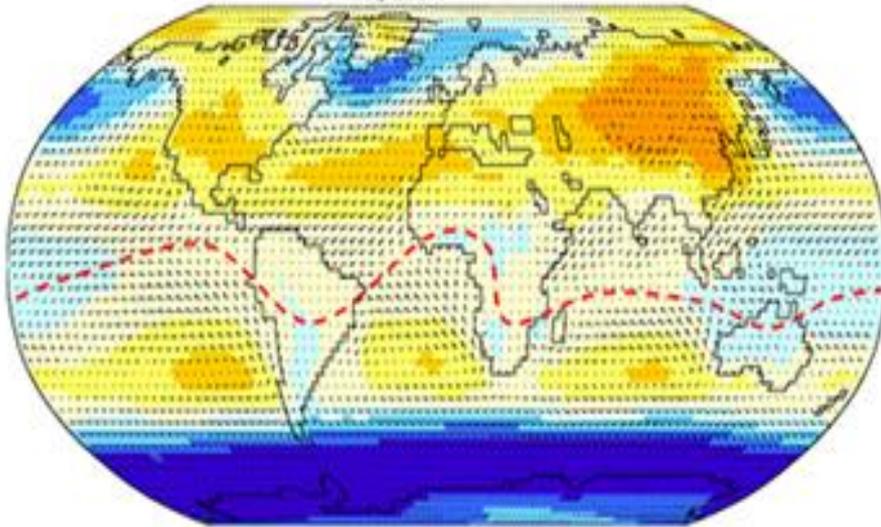


ITCZ...cambia según el sol...y el gradiente de T entre polo y ecuador

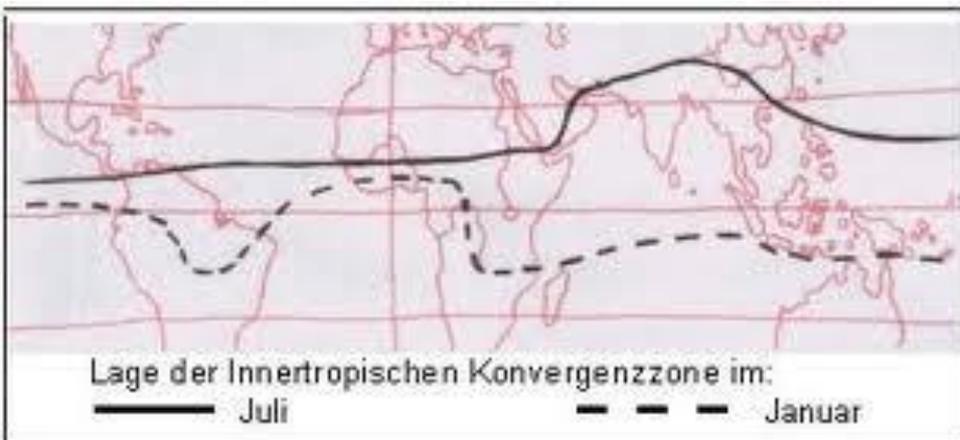
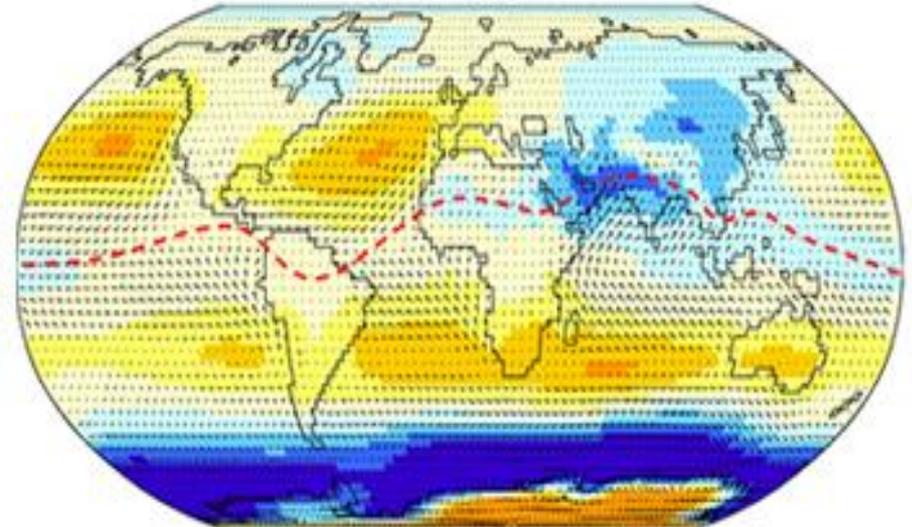
Repeat of Fig. 6.30

Monthly Composites: Sea Level Pressure and Surface Winds

Jan



Jul



015 1020 1025 mb



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

Vientos alisios/Trade winds

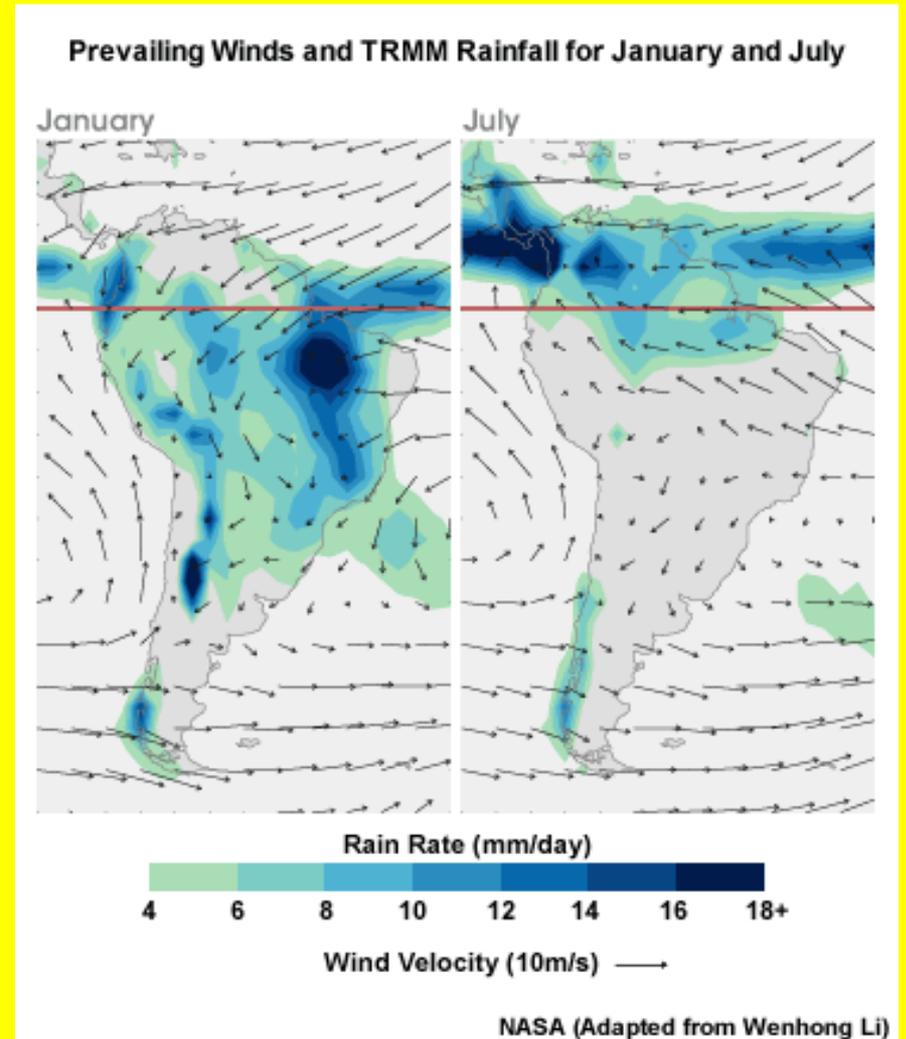
010

ZCIT

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

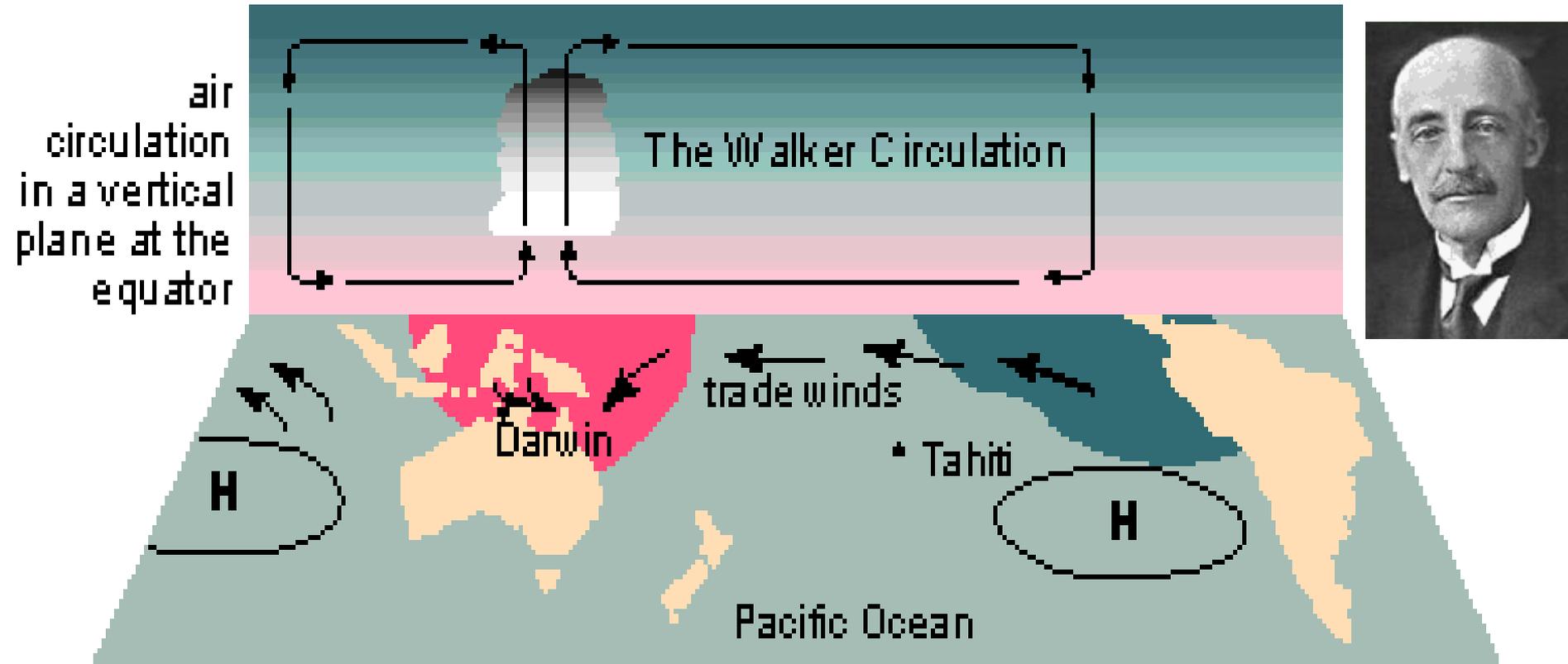
¿Cómo cambia la posición de la alta presión del Pacífico a lo largo del año?

¿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

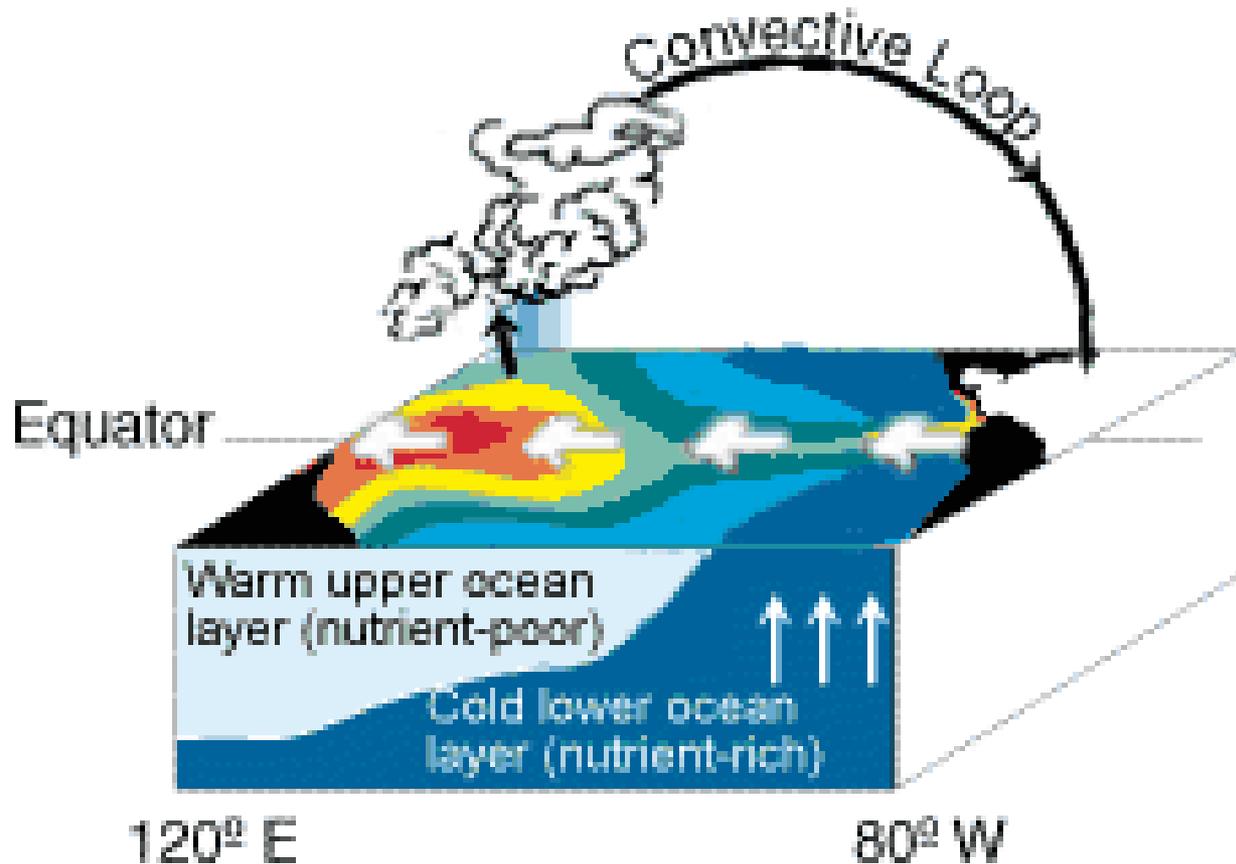


¡La circulación de Walker se superpone a la circulación de Hadley!

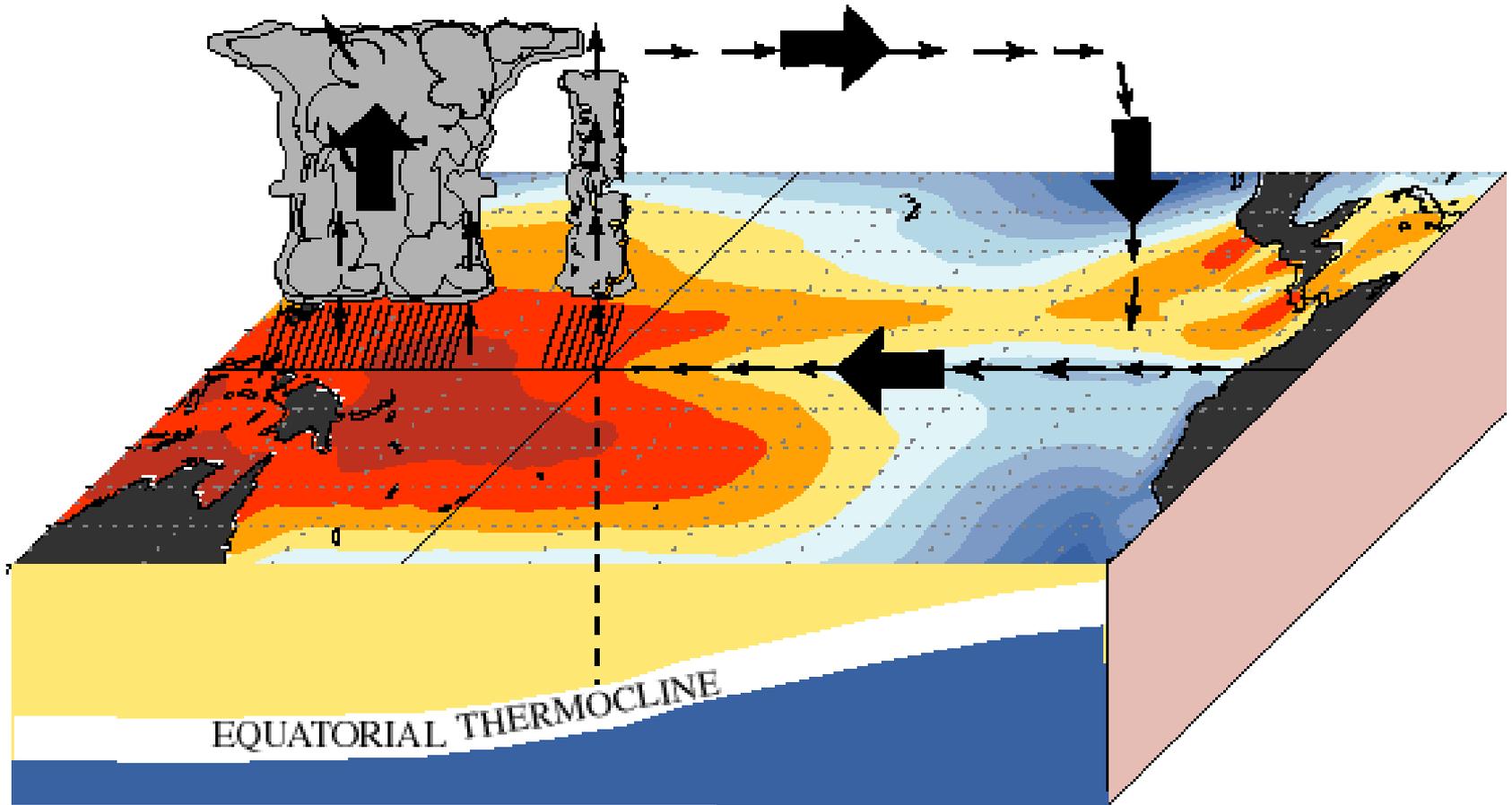
LGK 2010

http://www.bom.gov.au/lam/climate/levelthree/analclim/el_nino.htm#three

No sólo una cuestión atmosférica...



Circulación de Walker



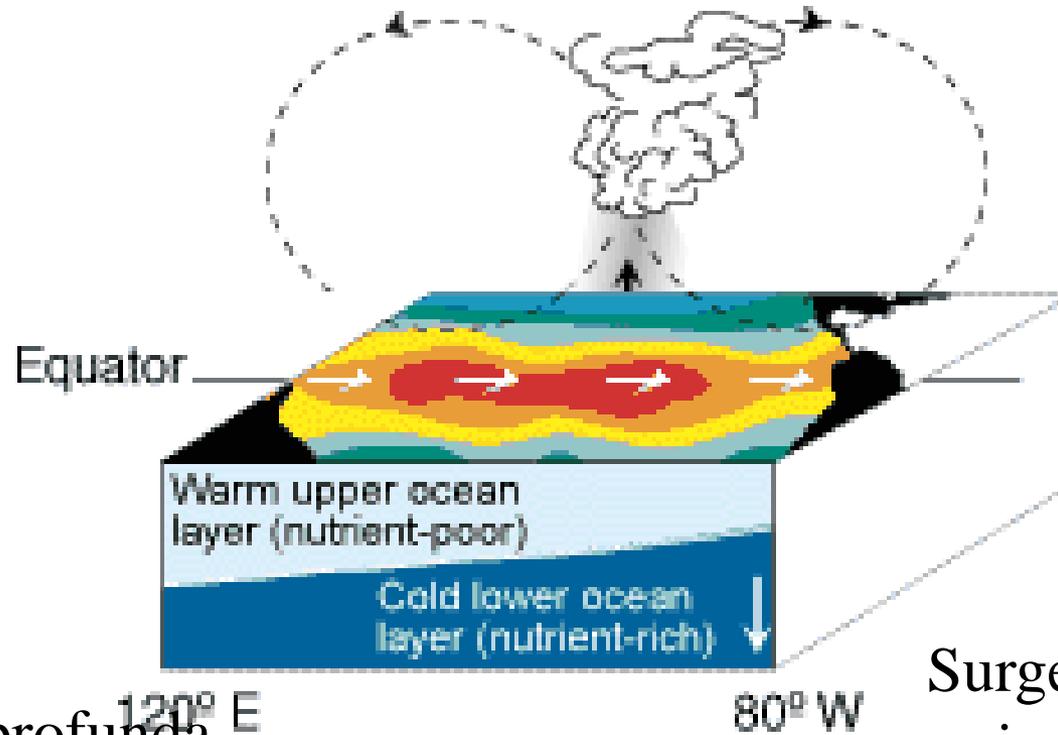
Convección profunda e
intensa

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...



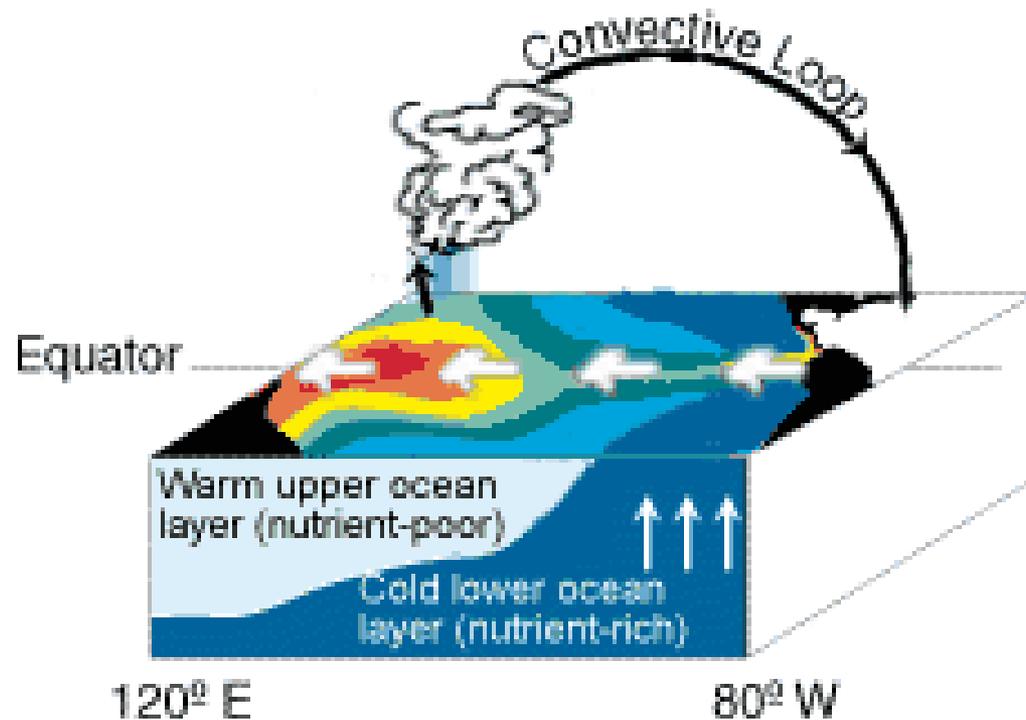
Convección profunda debilitada y corrida al este

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...



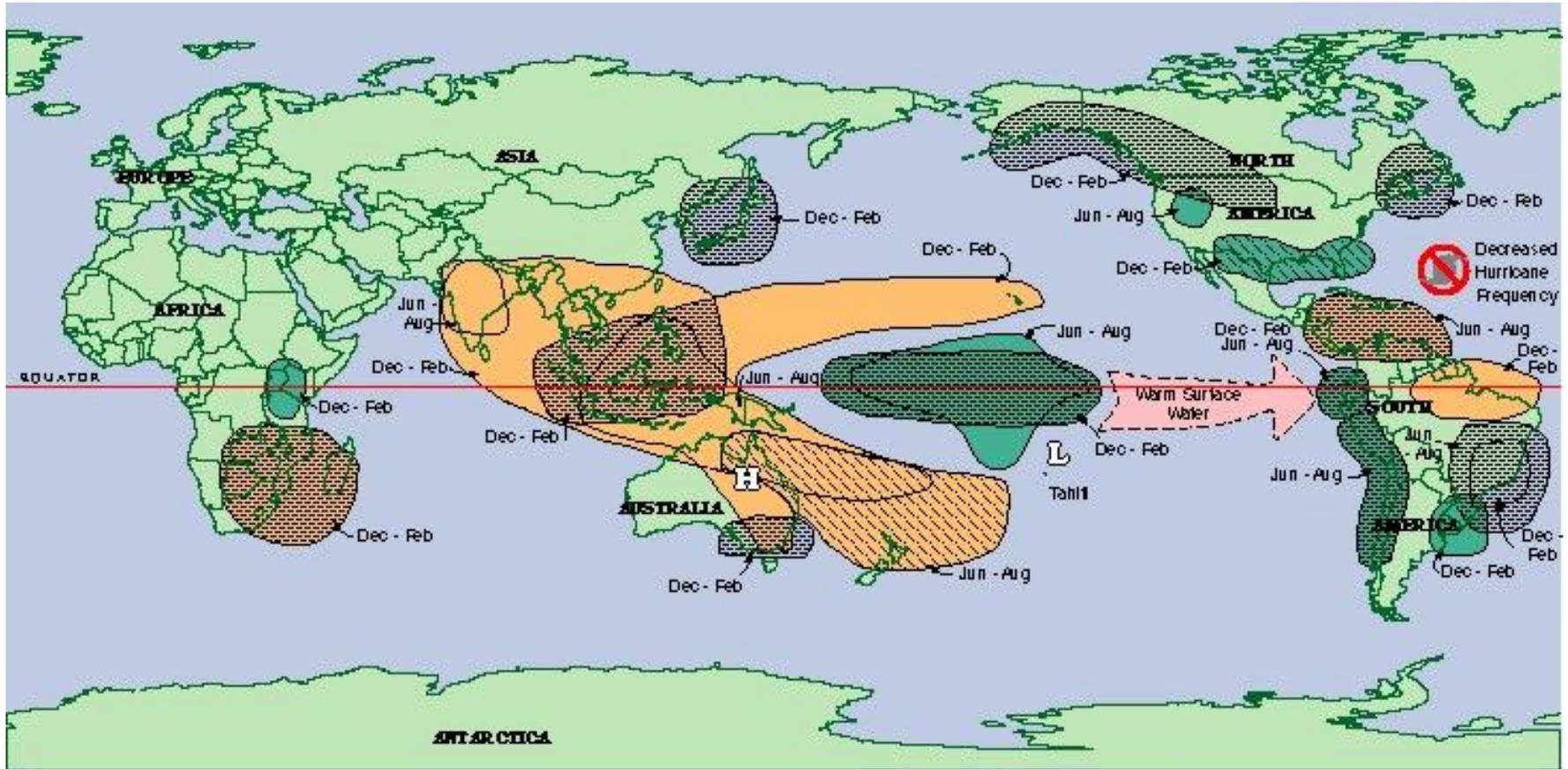
Convección profunda e intensa fortalecida

Surgencia de agua frías y ricas en nutrientes fortalecida

LGK 2010

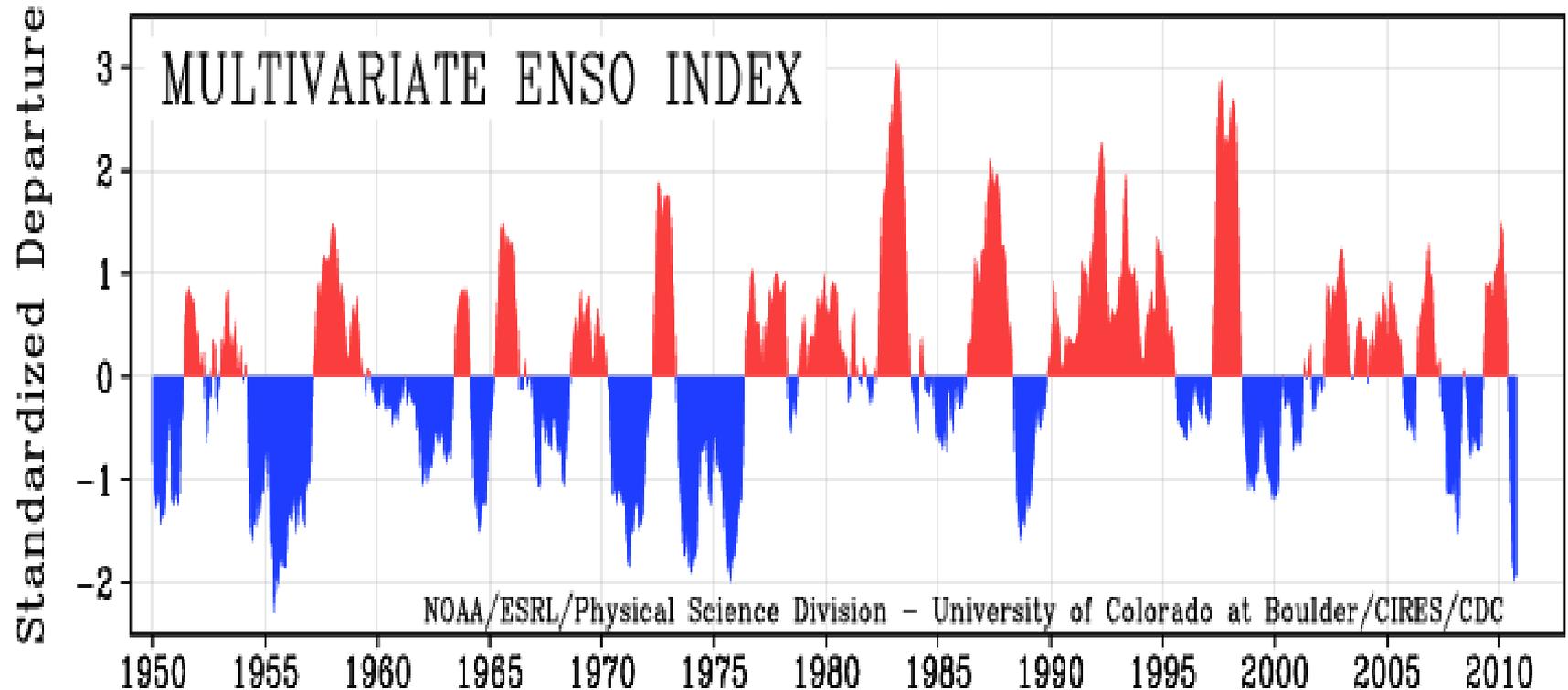
<http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

El océano más grande afecta al mundo entero...



LGK 2010

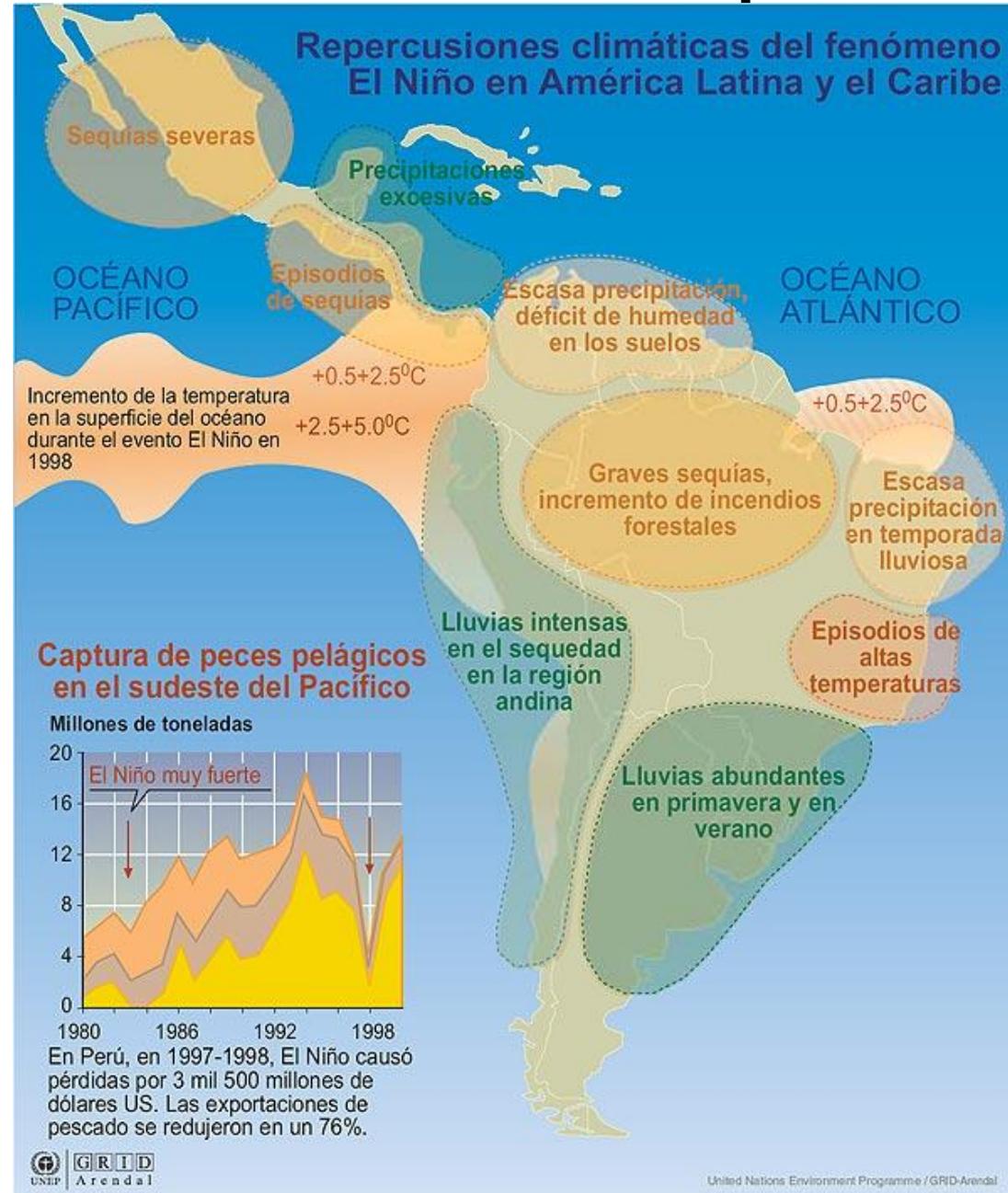
Ocurrencia y duración de ENOS



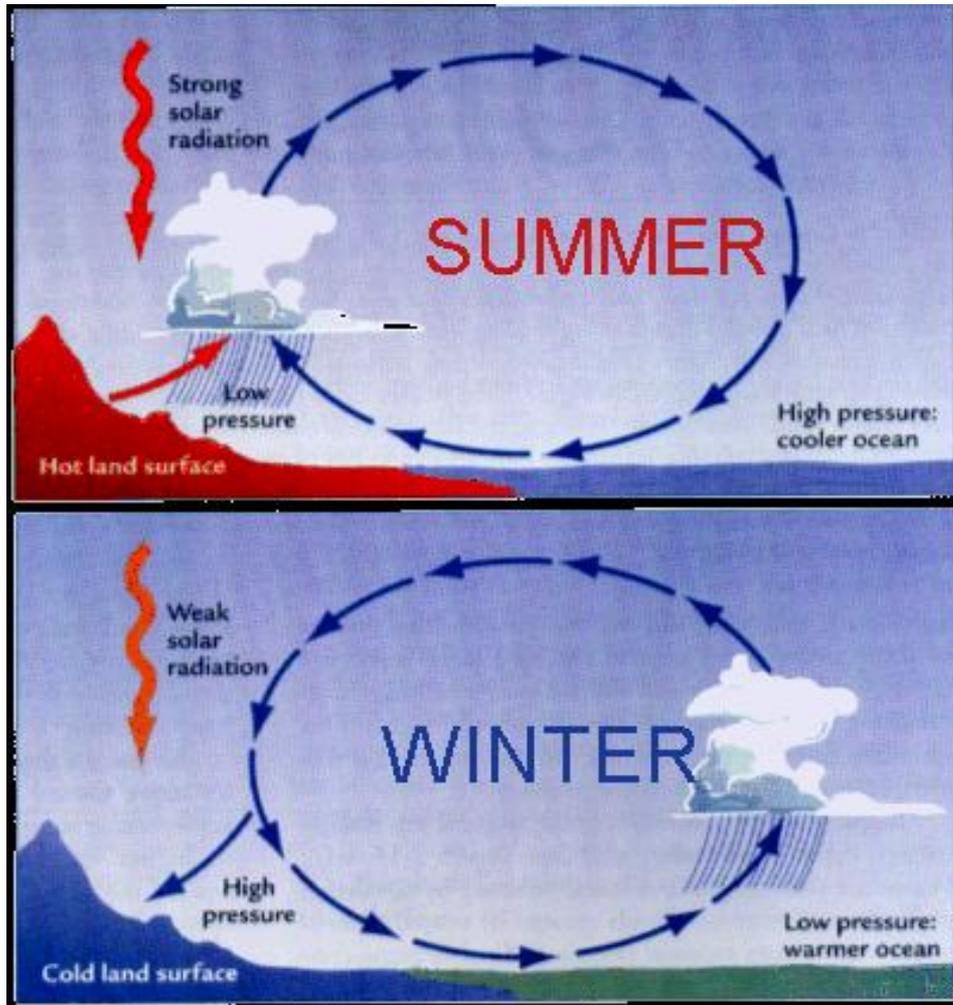
LGK 2010

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

La variabilidad y los extremos son parte de nosotr@s



Monsoones

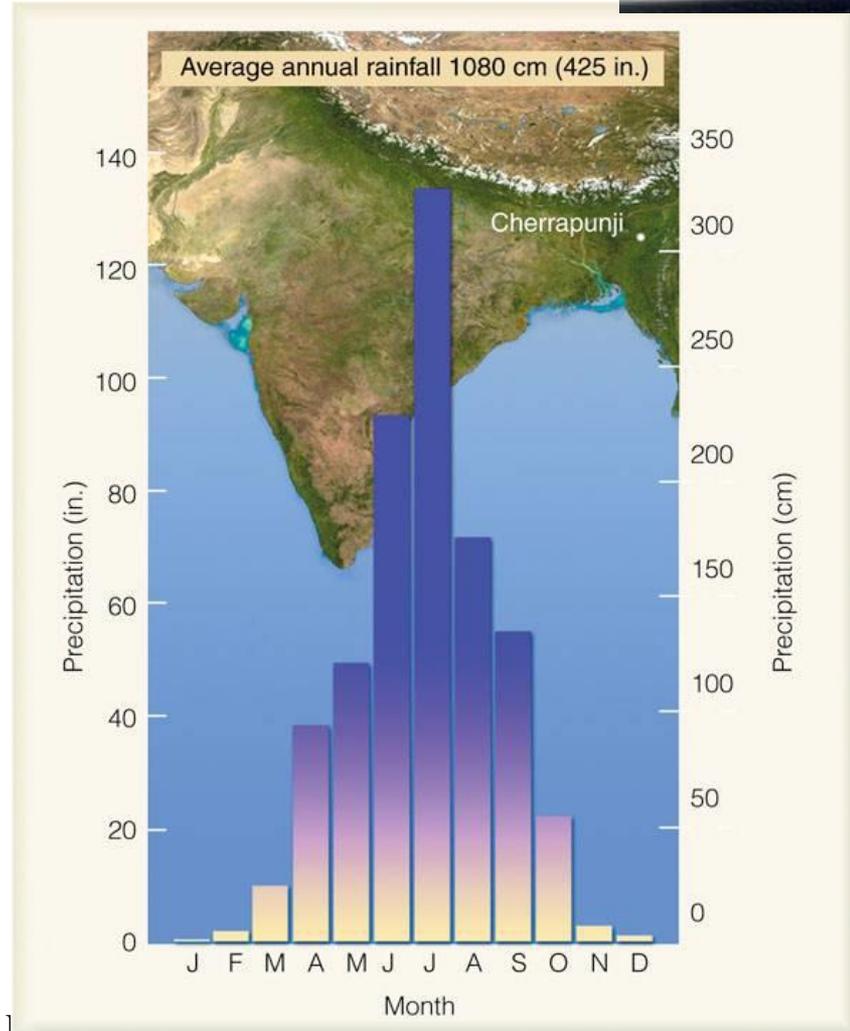
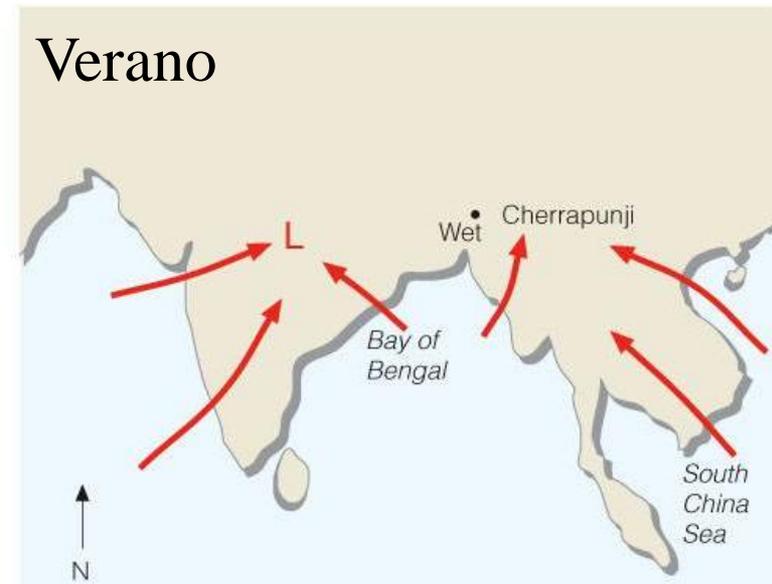
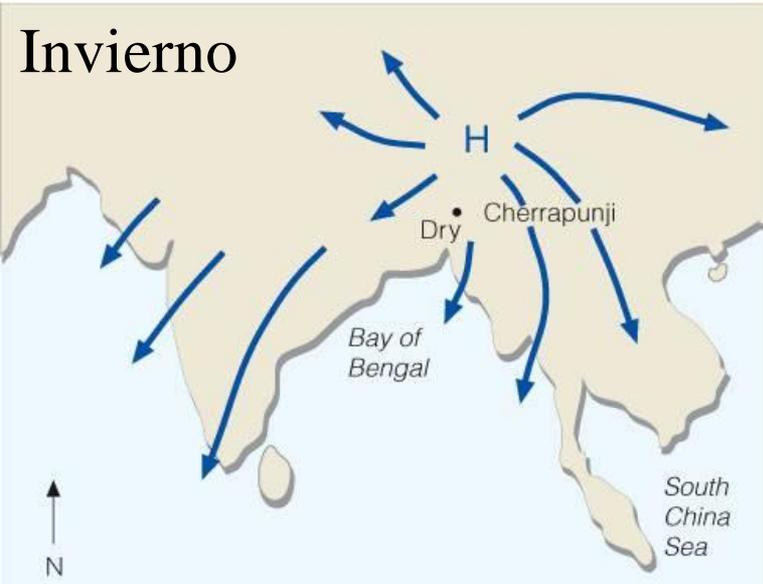


Vientos/precipitaciones estacionales asociados al contraste térmico entre océano y continentes

Zonas de monsoon

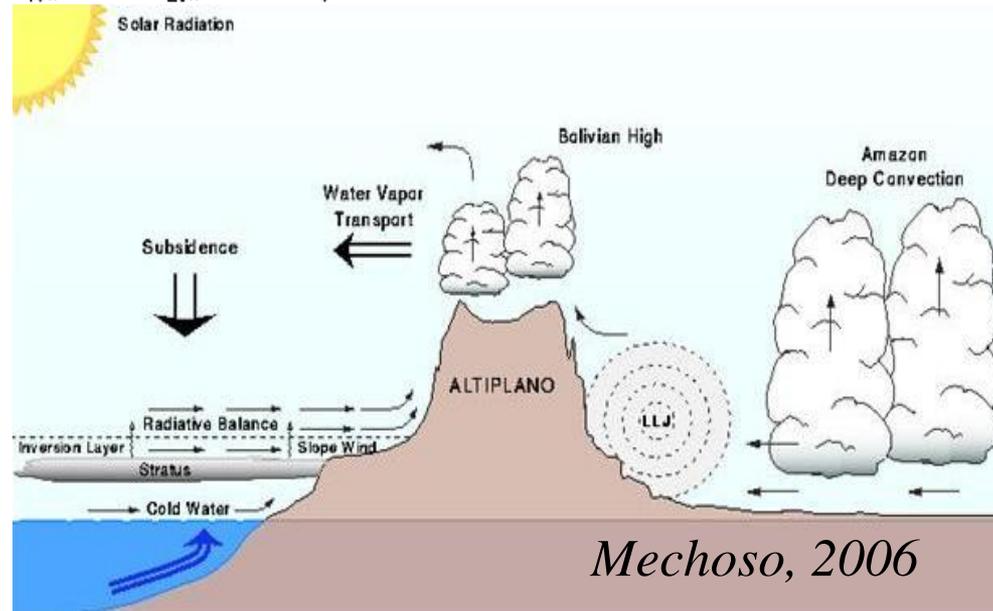
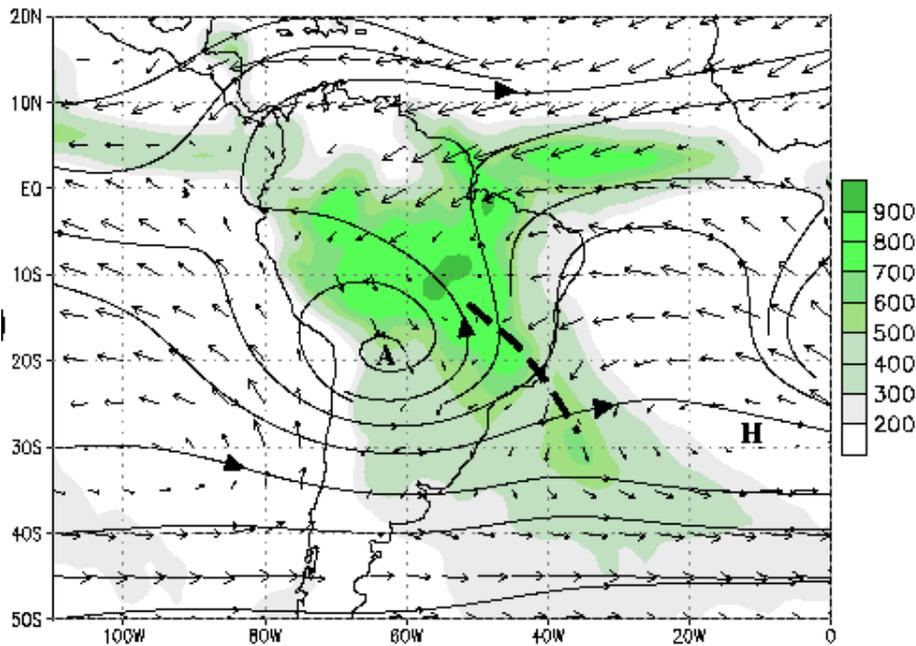
¿Dónde se dan circulaciones monsoonicas?

Monsón de la India



Monsoones de América

¡Monsón e ITCZ se acoplan!
El efecto es continental



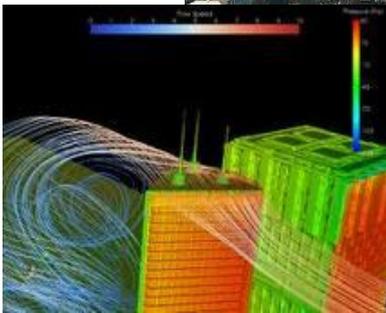
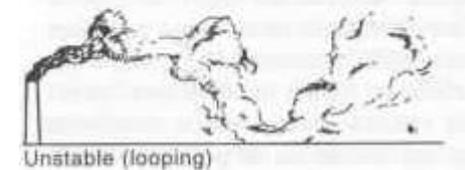
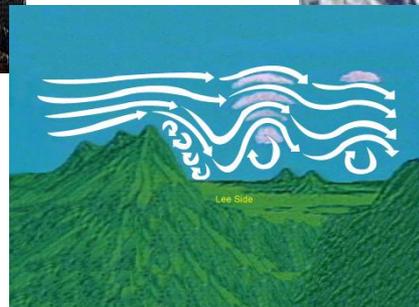
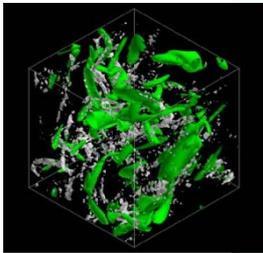
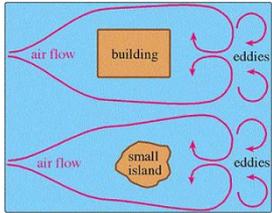
Pausa (10 minutos)



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



La atmósfera: un fluido turbulento

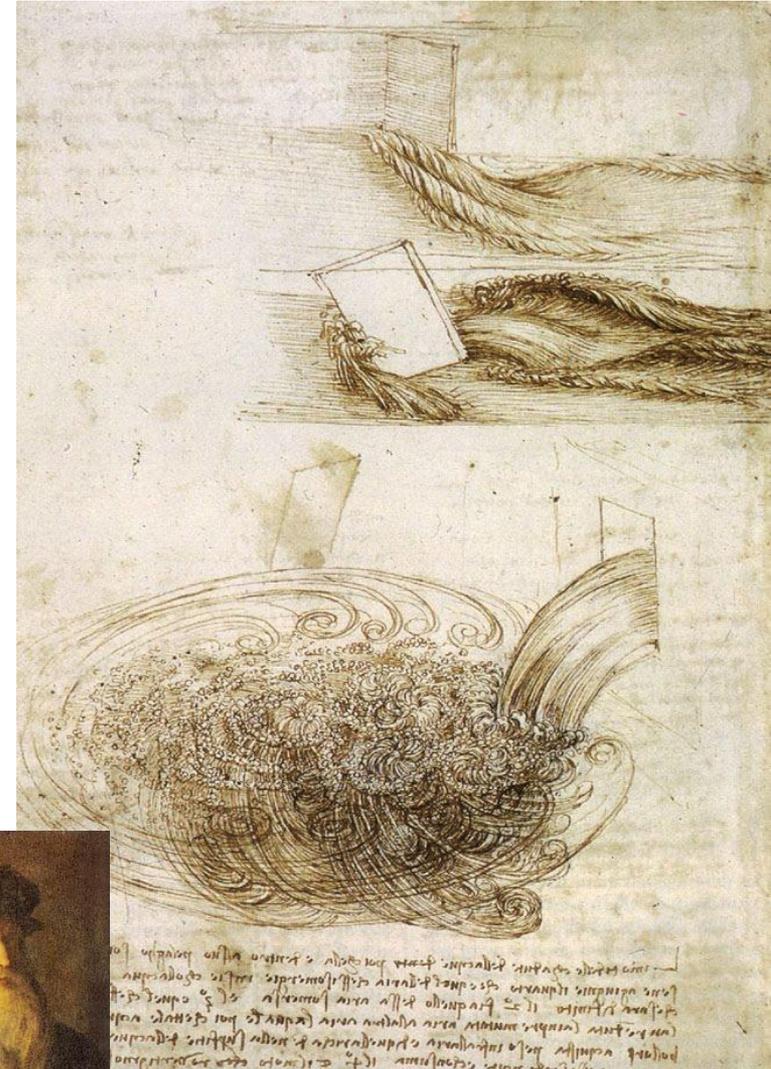


¿Qué es la turbulencia?

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)



¡ τ es arbitrario!...según el instrumento

...cómo aparece la turbulencia...

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



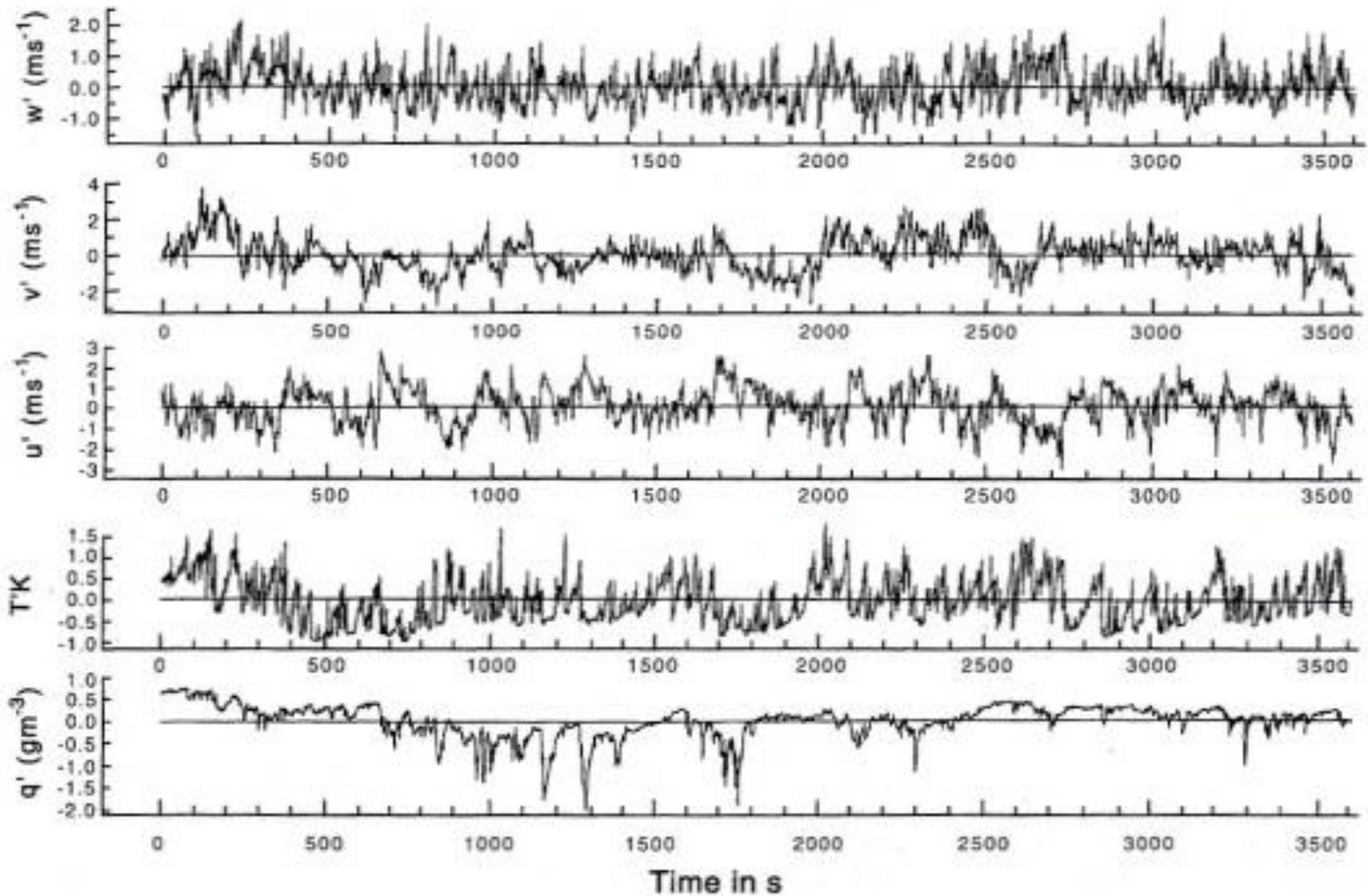
$$\psi = \langle \psi \rangle + \psi'$$
$$\langle \psi \rangle \equiv \bar{\psi} \equiv \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \psi dt$$

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

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

¡ τ es arbitrario!...según el instrumento

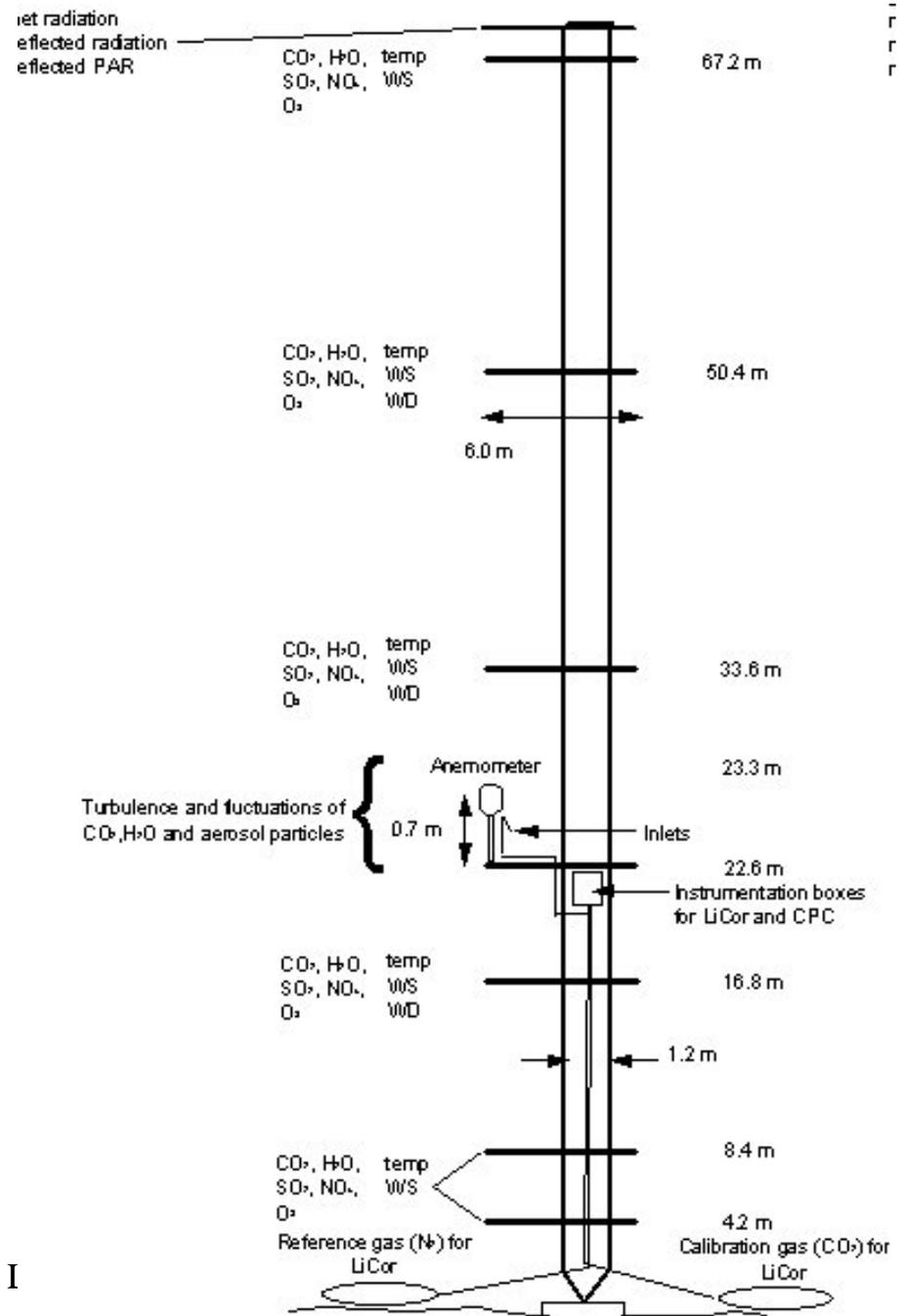
Turbulencia en la vida real



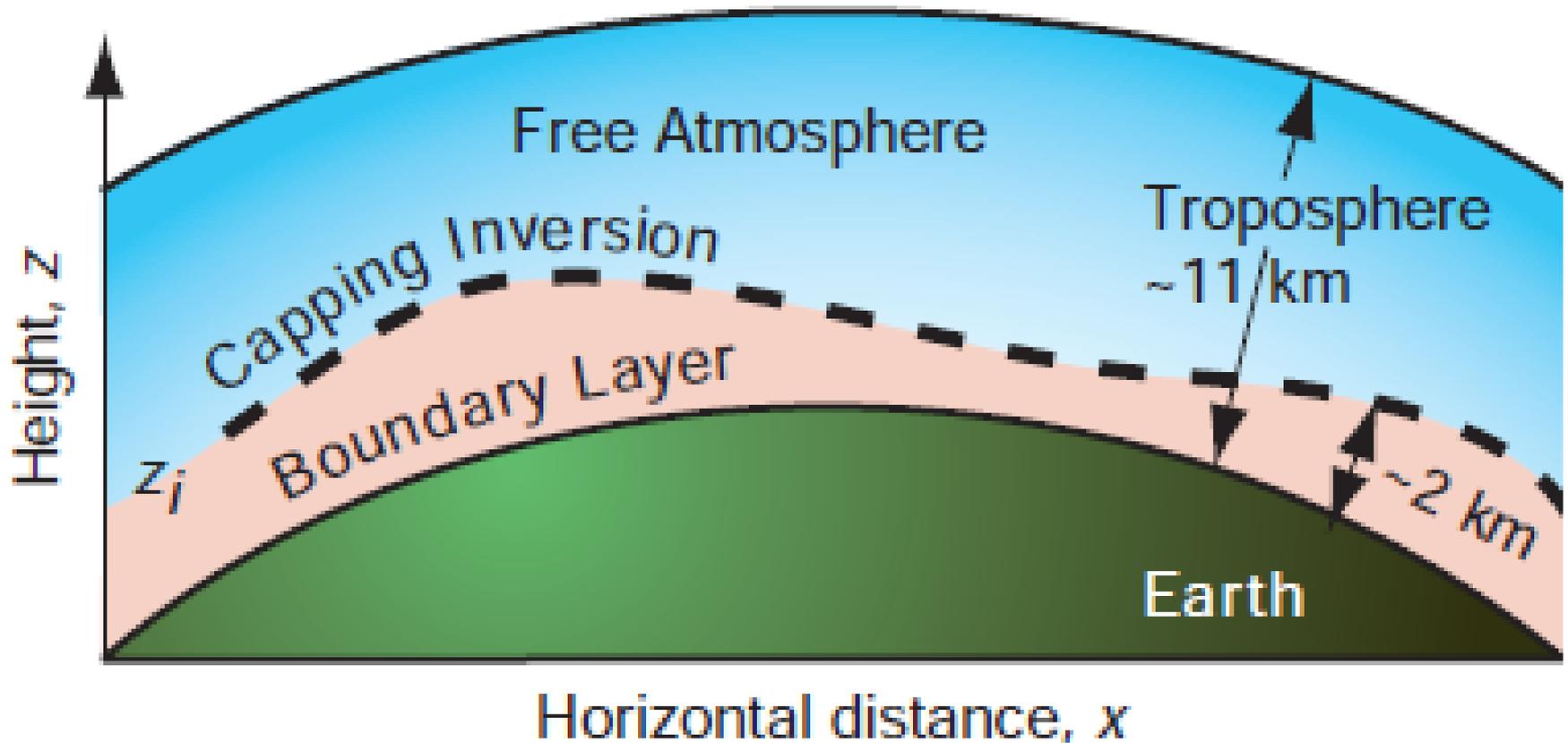
Mediciones de flujos turbulentos



GF 3022 I



Turbulencia en la capa límite



En esta capa se hace sentir la fricción terrestre

¿Cómo se generan los torbellinos?

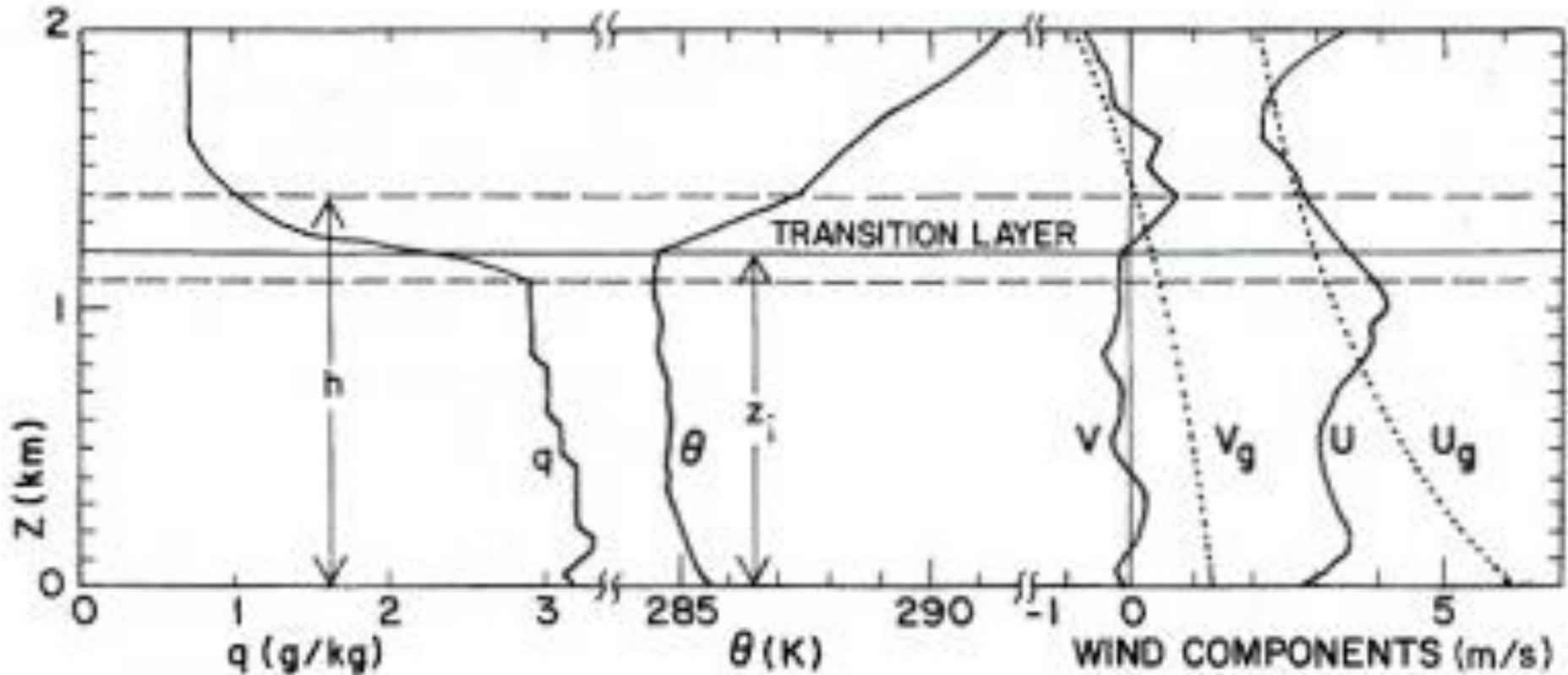
- Mecánicamente (gradiente *vertical* de viento) (Convección forzada)
- Térmicamente (gradiente *vertical* de temperatura) (Convección libre)
- Inercialmente (cascada turbulenta)

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

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

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

Turbulencia y mezcla: debe haber gradientes (verticales) forzados



Número de Richardson



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

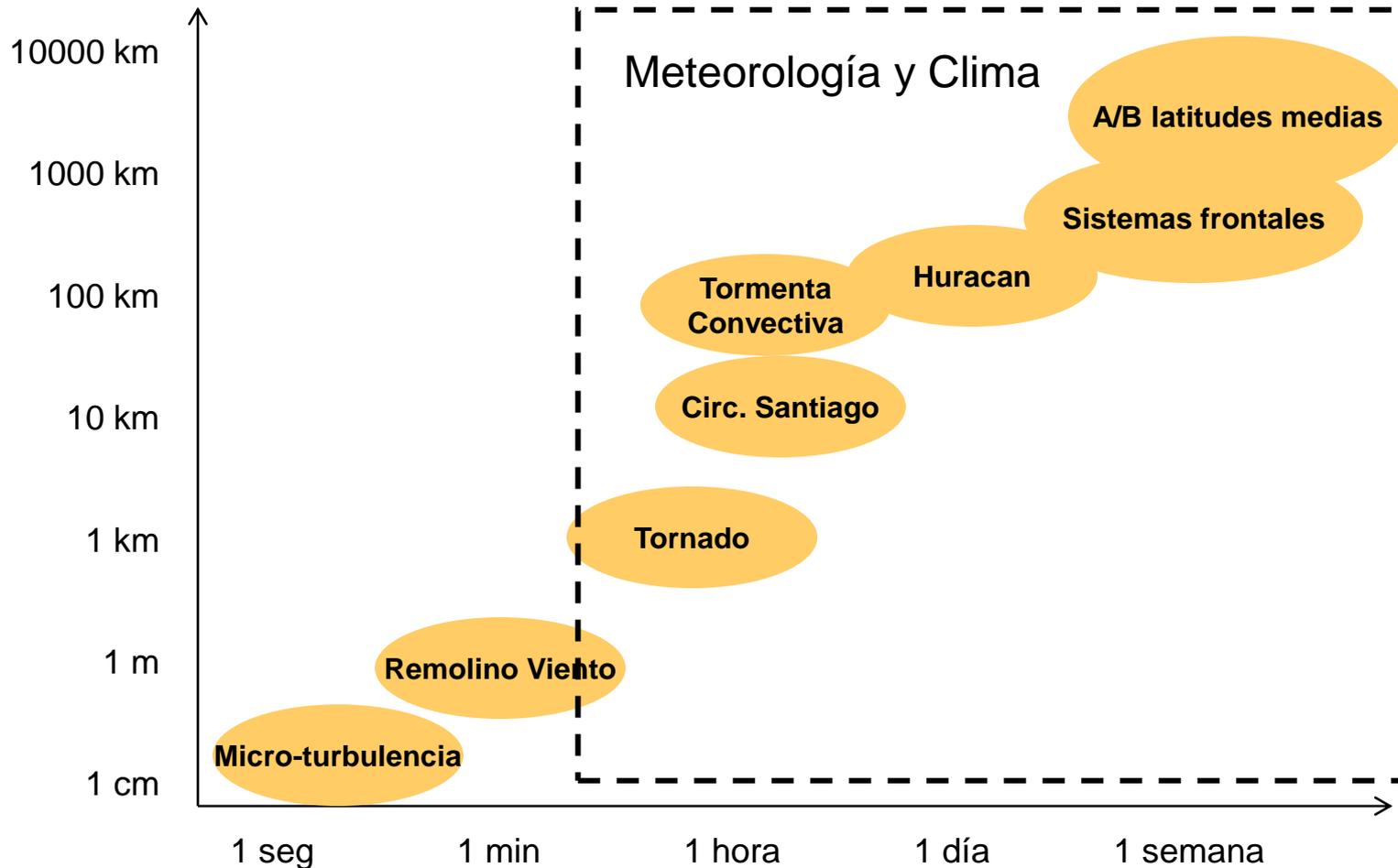
Un flujo laminar se vuelve turbulento cuando $Ri \sim 0.25$



Introducción a la Meteorología – Turbulencia

UCh/FCFM/DGF – R. Garreaud

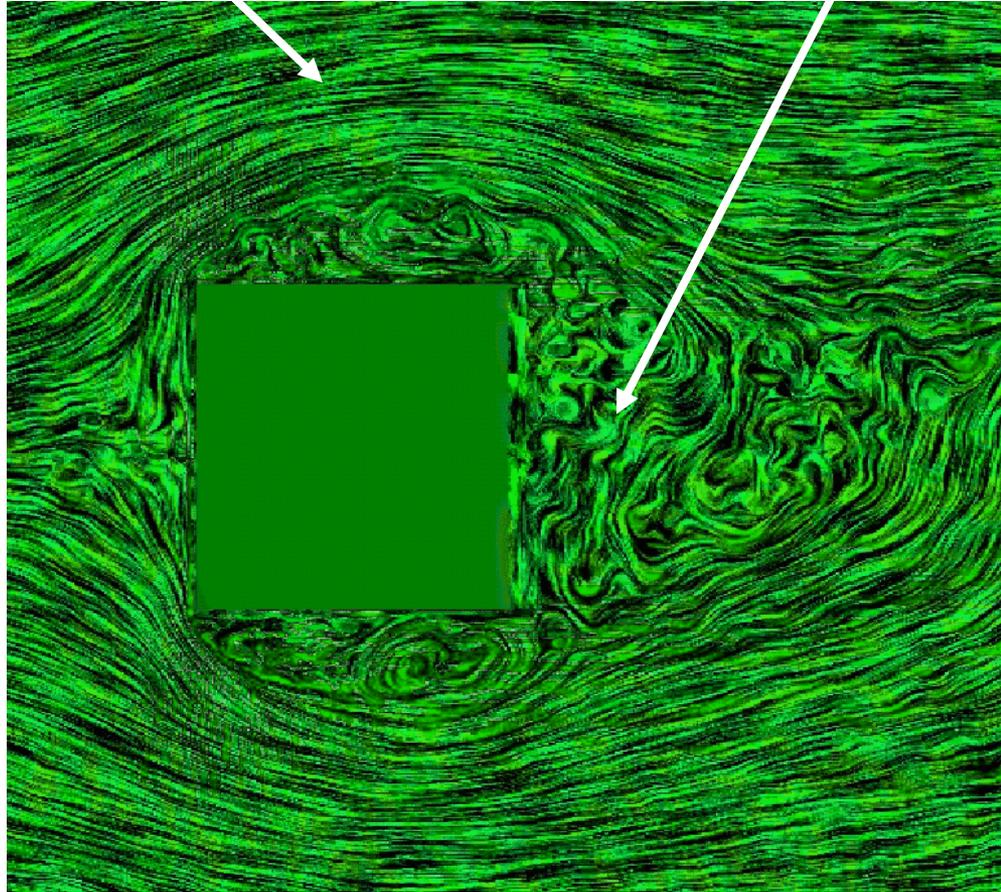
Escala temporal-espacial de fenómenos atmosféricos



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- α	} Mesoscale
20 km	Meso- β	
2 km	Meso- γ	
200 m	Micro- α	Boundary-layer turbulence
20 m	Micro- β	Surface-layer turbulence
2 m	Micro- γ	Inertial subrange turbulence
2 mm	Micro- δ	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)**

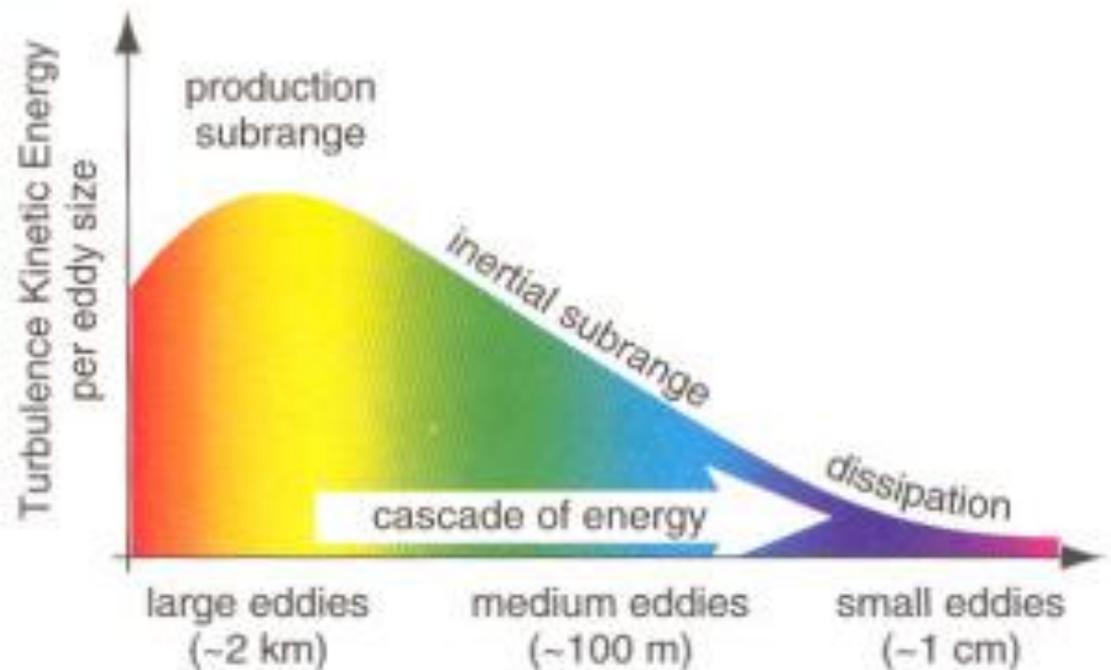
1 mm

**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)

