

Universidad de Chile  
Departamento de Geofísica

Introducción a la Meteorología y Oceanografía (2009)

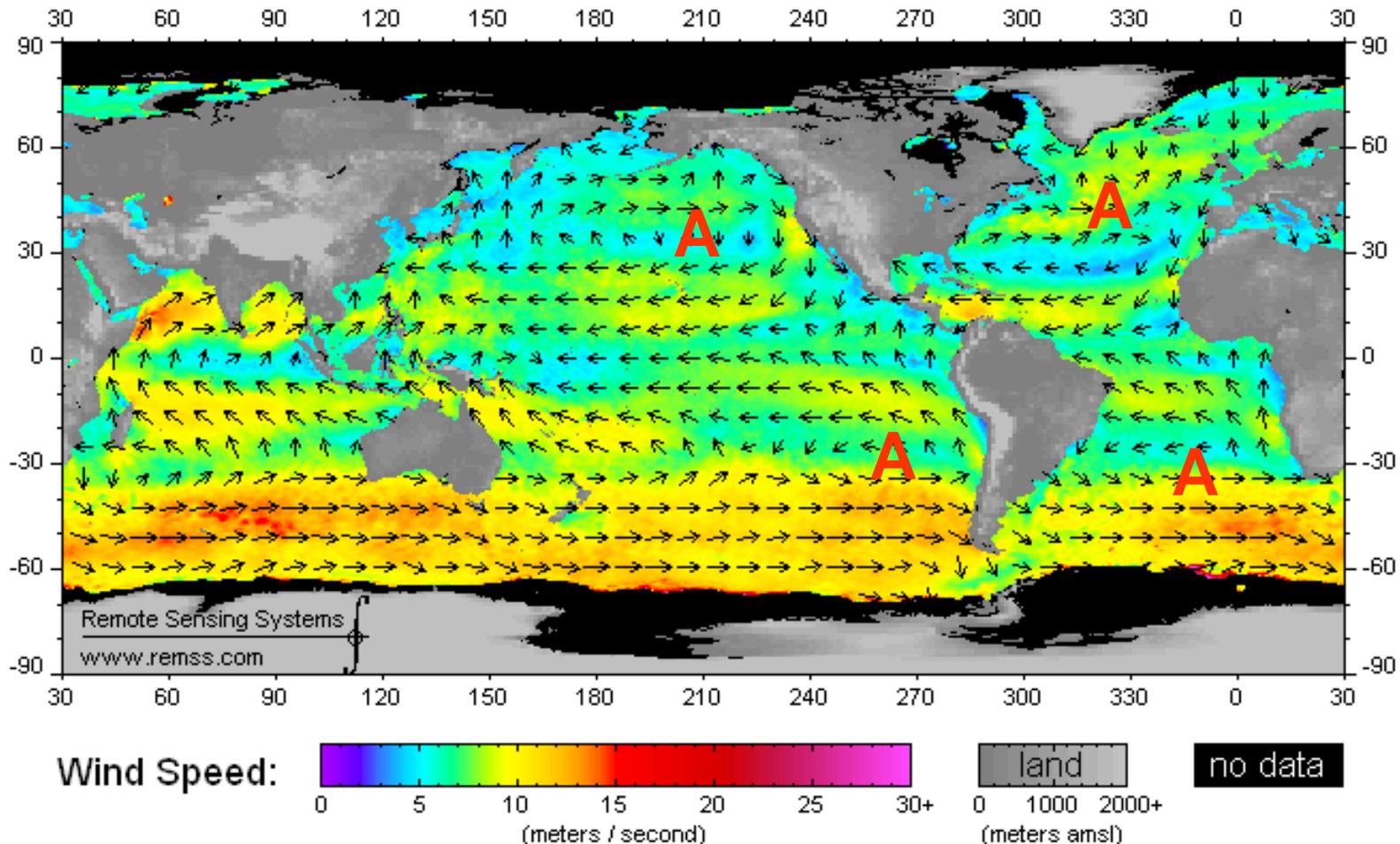
# El Niño – Oscilación del Sur (ENSO)

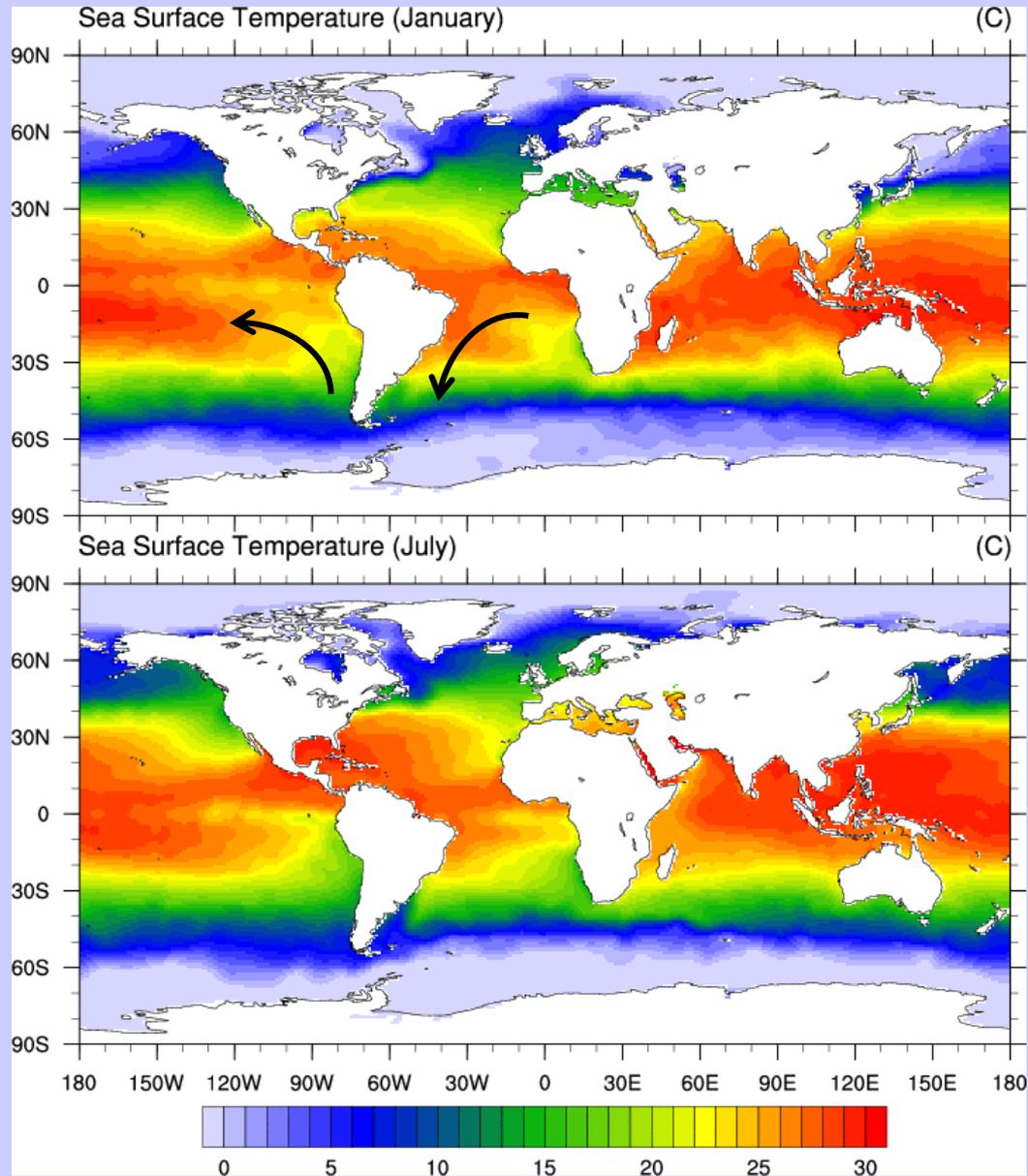
Prof. René Garreaud  
[www.dgf.uchile.cl/rene](http://www.dgf.uchile.cl/rene)

# Introducción a la Meteorología – ENOS

## UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

### QuikScat wind vectors: 2004/06 - monthly average - Global

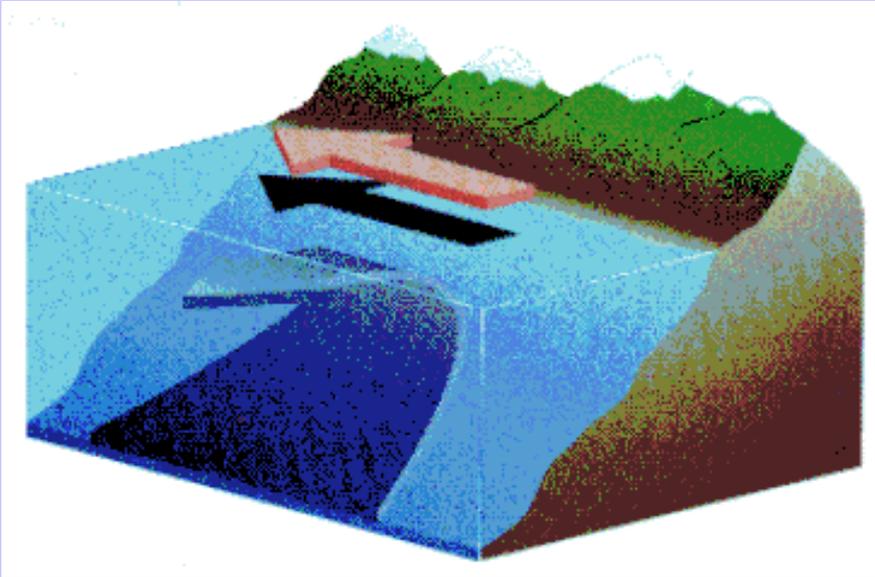




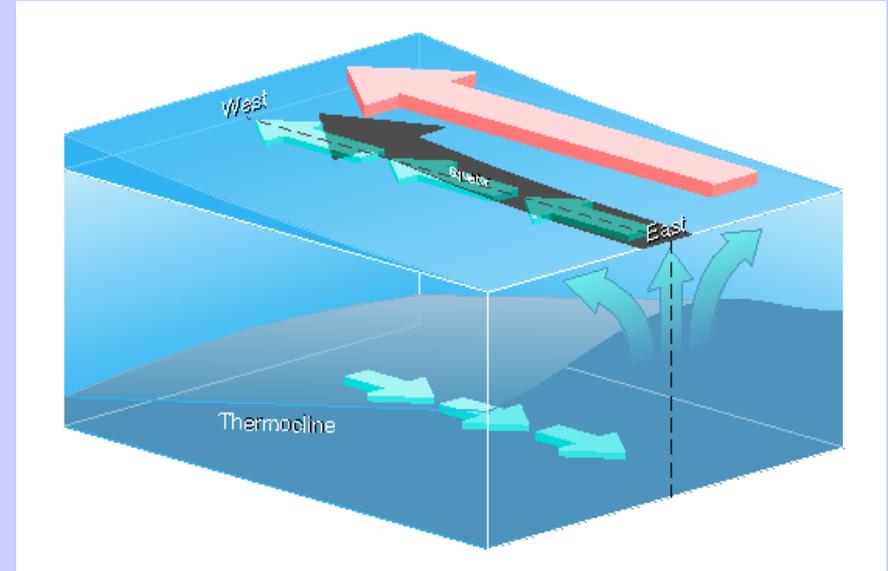
# Introducción a la Meteorología – ENOS

## UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

Surgencia: Afloramiento de aguas profundas (frías, ricas en  $O_2$  y nutrientes) por efecto del viento

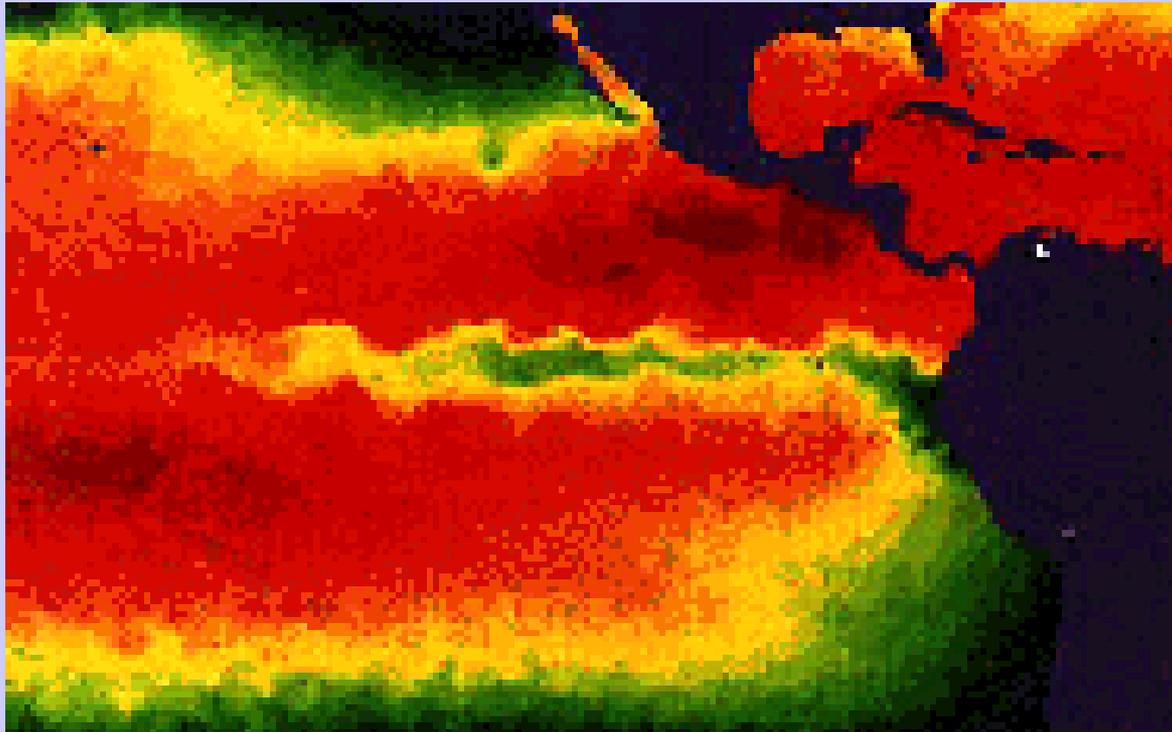


Surgencia costera



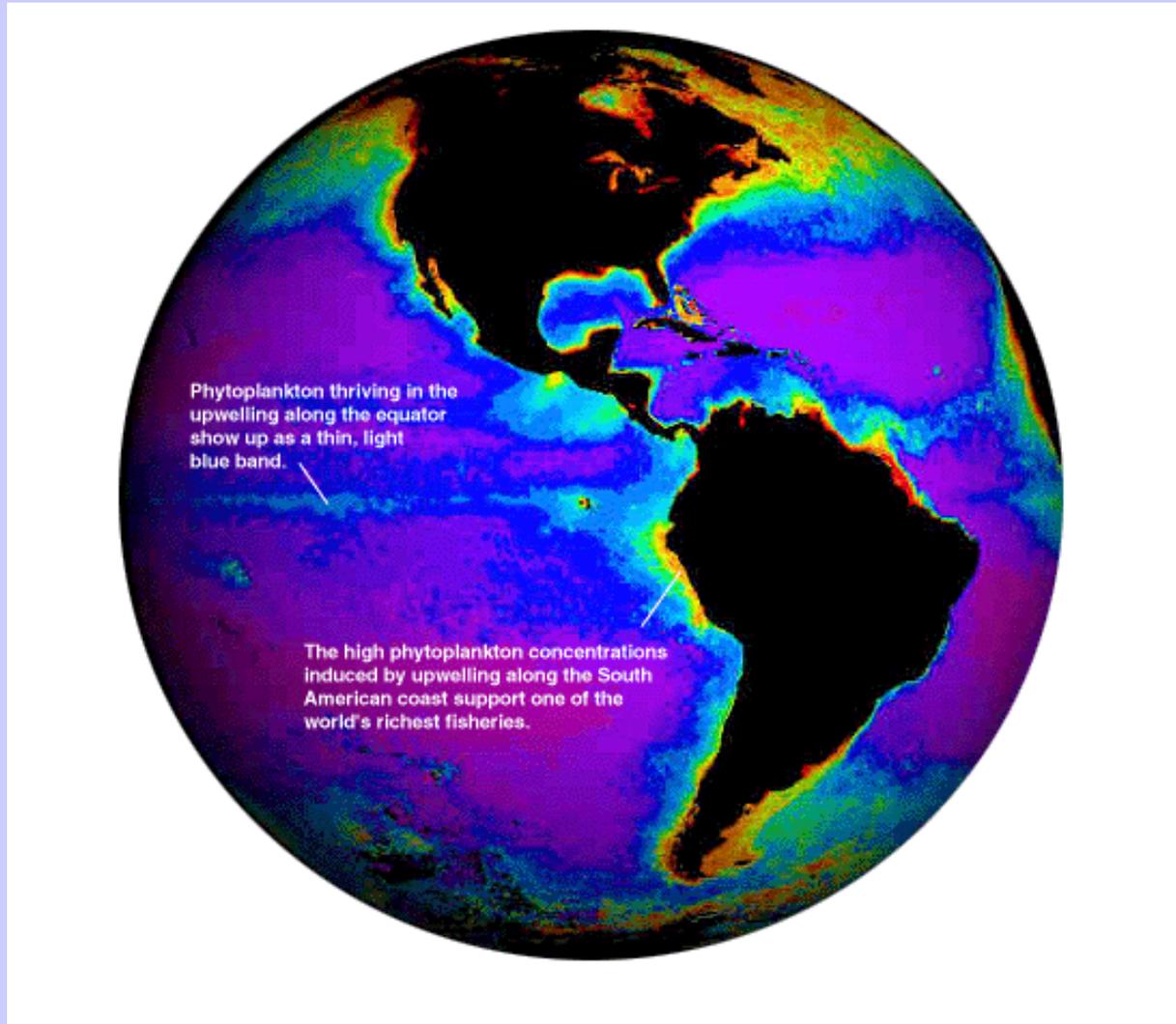
Surgencia ecuatorial

**TSM desde satelite para un día en particular**

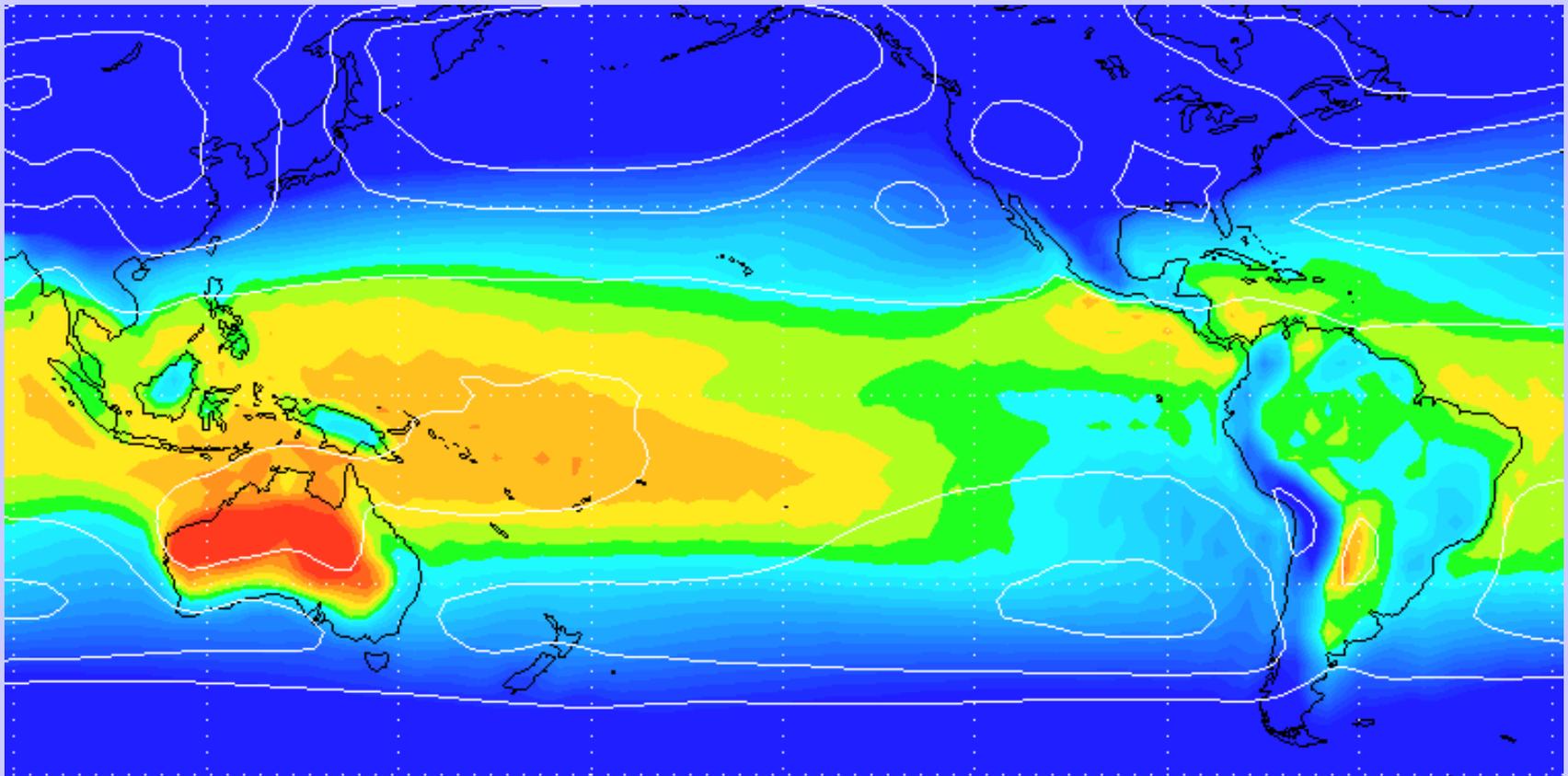


# Introducción a la Meteorología – ENOS UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

## Nutrientes (clorofila $\alpha$ )

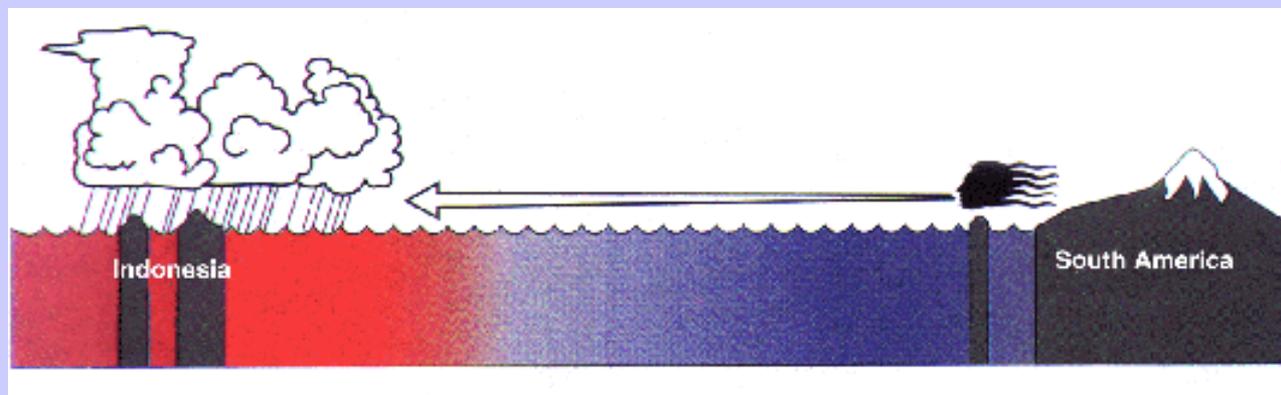
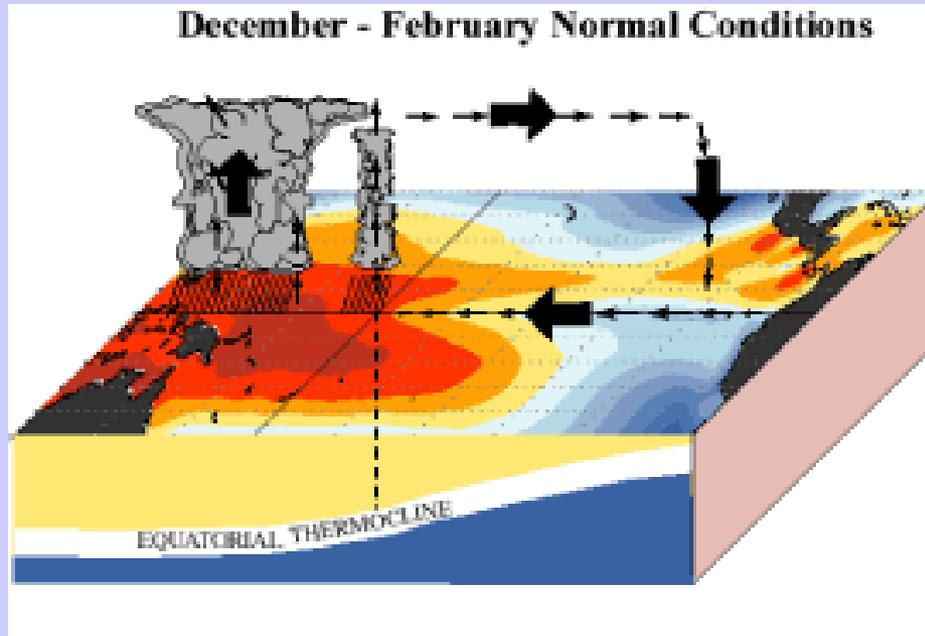


Condición Media: TSM (colores) y PNM (contornos)



# Introducción a la Meteorología – ENOS

UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

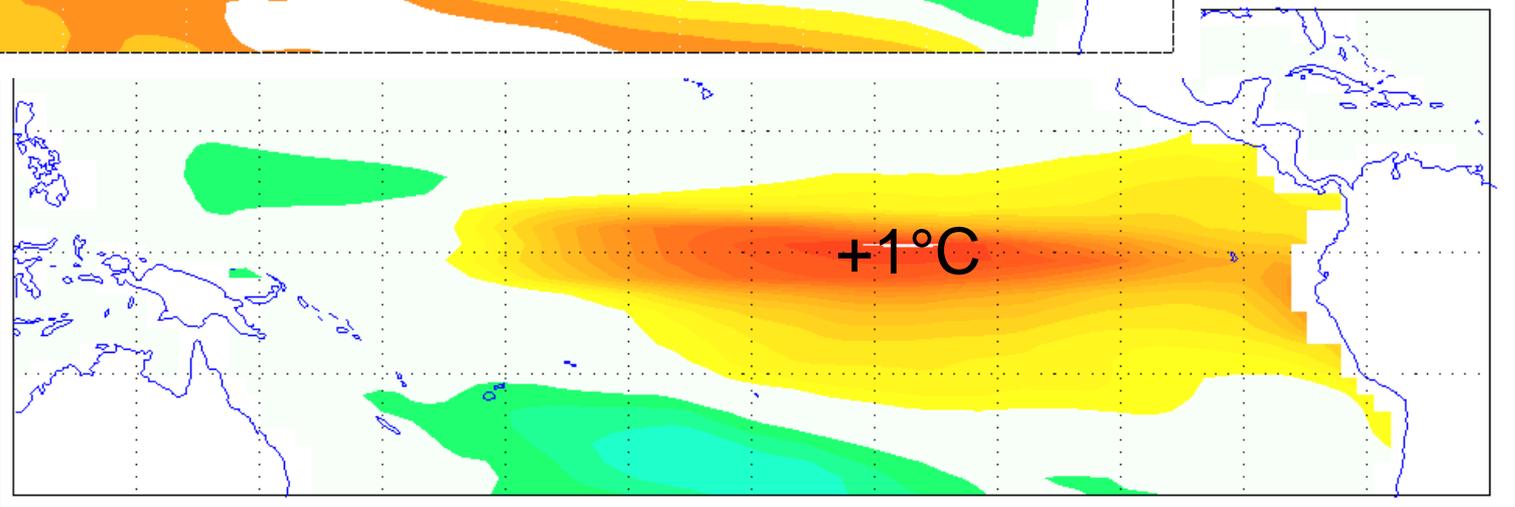
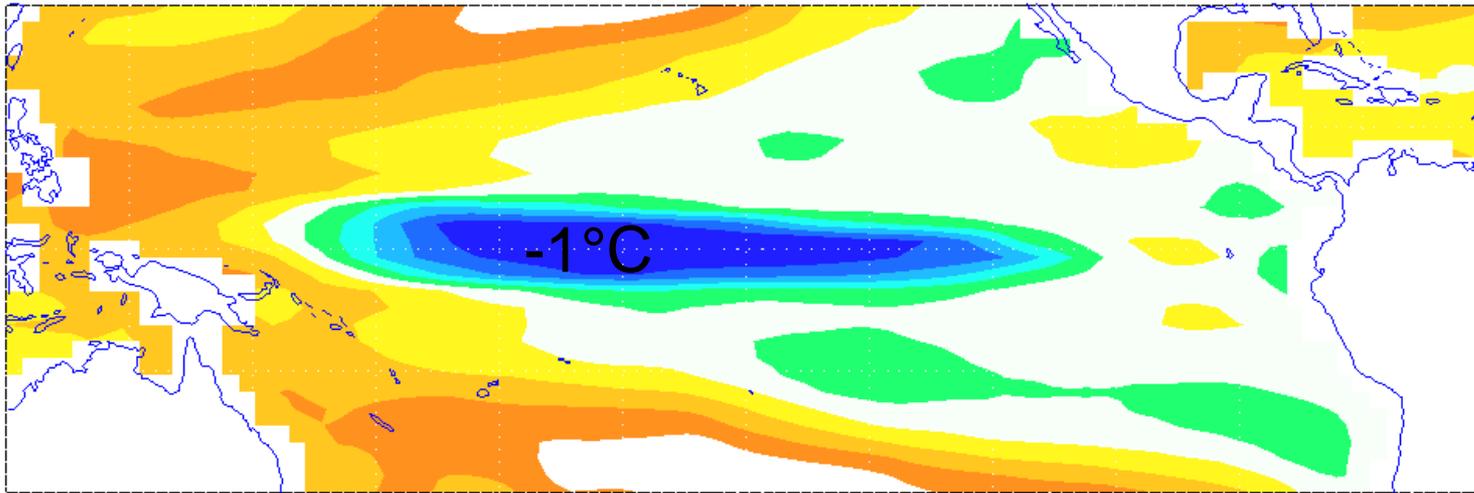


## **Acoplamiento océano-atmosfera es un elemento clave en el funcionamiento del sistema**

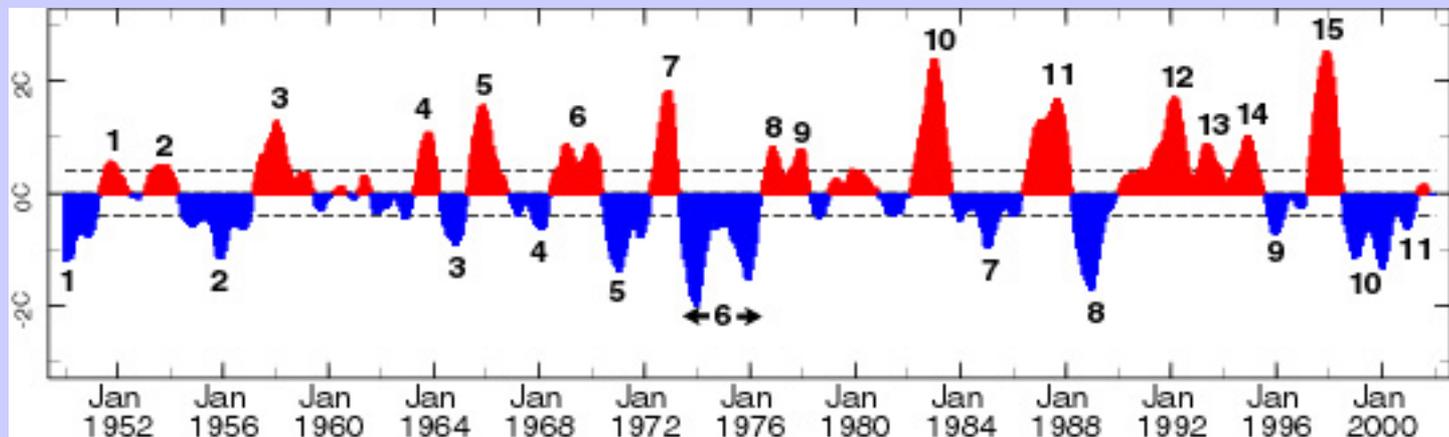
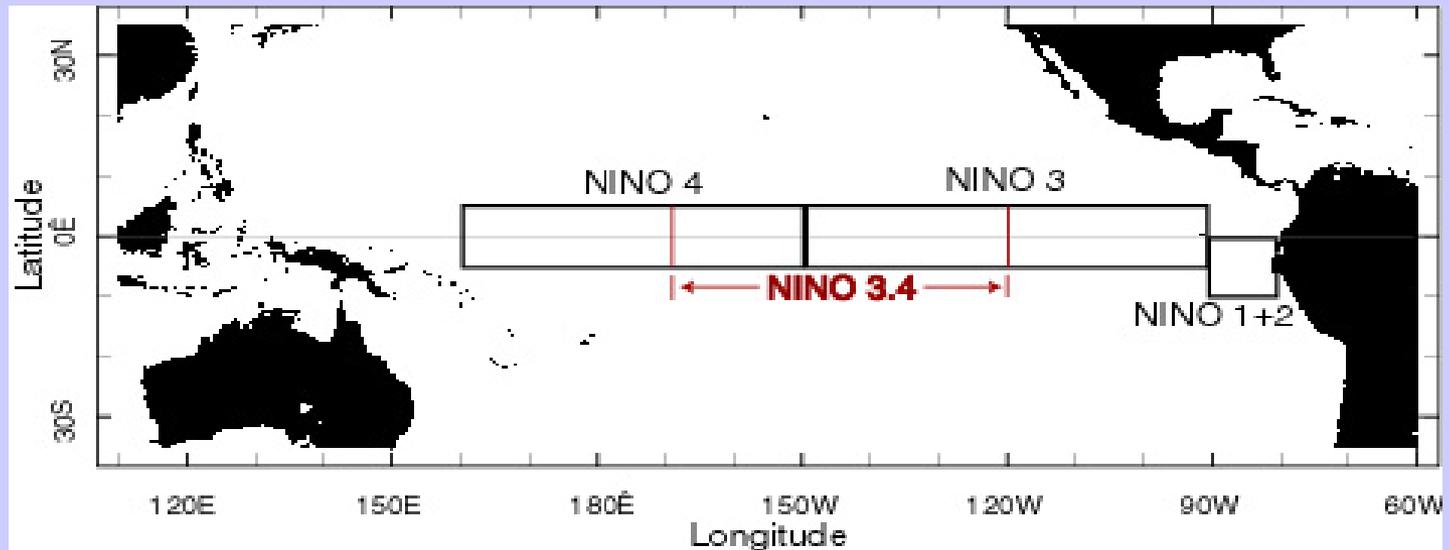
- El gradiente térmico E-W (caliente en el W y frío en el E) condiciona un gradiente bórico (baja en el W y alta en el E)
- El gradiente E-W de presión condiciona una circulación persistente de E a W (vientos alisios)
- Los vientos alisios hacen aumentar el nivel del mar en Oceanía y favorecen el desarrollo de surgencia.
- La surgencia de aguas relativamente fría a lo largo del Pacífico Ecuatorial tiende a mantener el contraste térmico y por esta vía, el gradiente de presión.

Sin embargo, condición normal no siempre esta presente. TSM aumenta y disminuye, especialmente en el Pacifico ecuatorial, dando origen a los años de El Niño (cálido) y La Niña (fríos)

Anomalías de TSM (valor mensual – promedio)



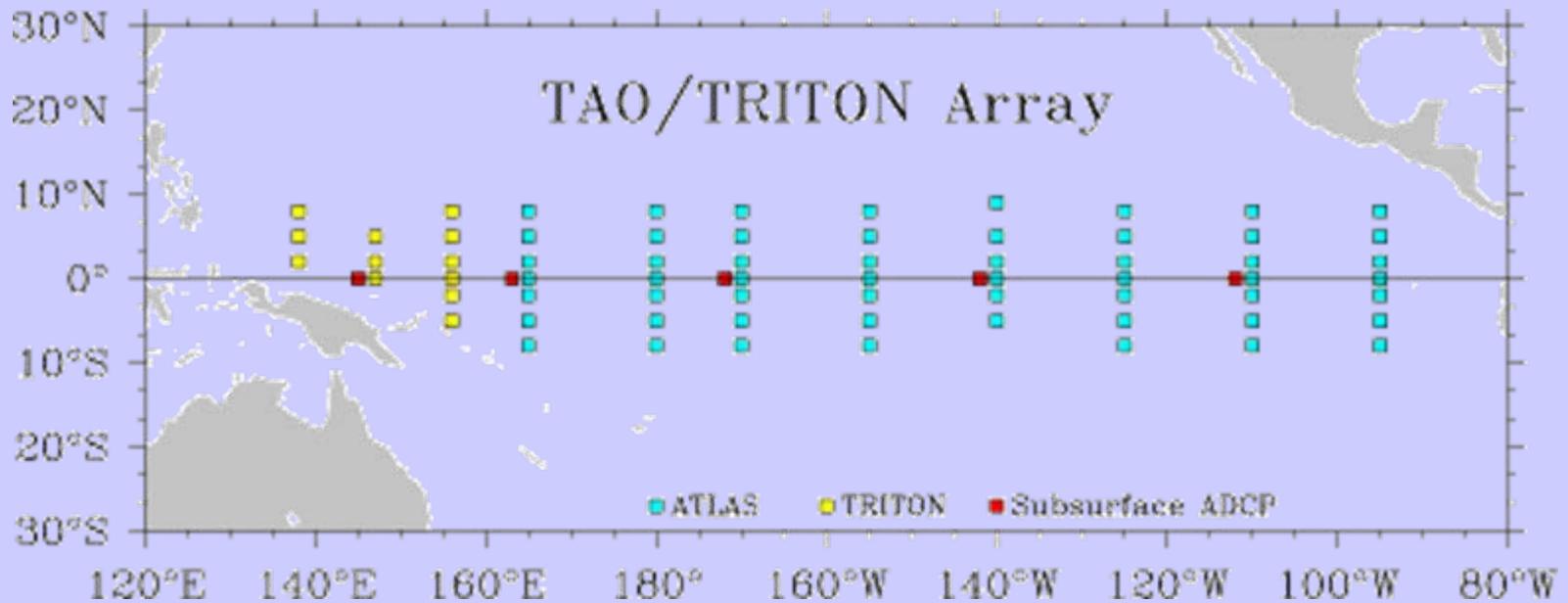
Periodicidad: 3-7 años, duración: 1-2 años, Amplitud  $\sim 1-2^{\circ}\text{C}$



# Introducción a la Meteorología – ENOS

## UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

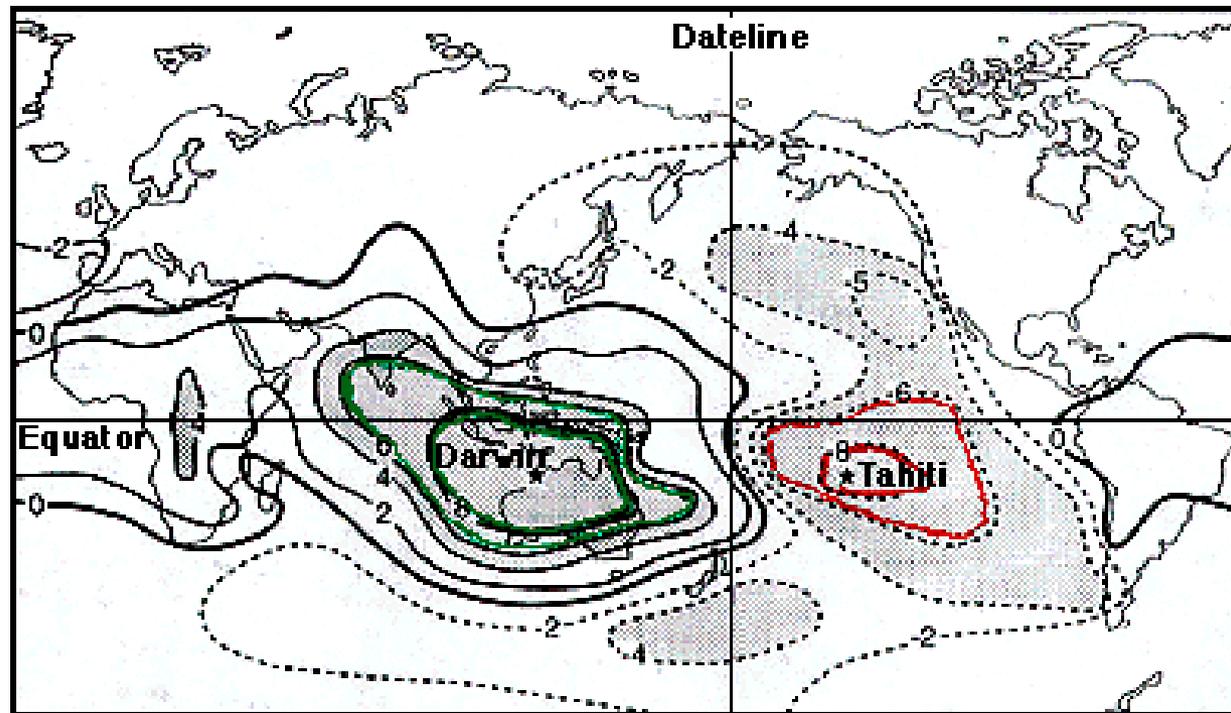
Complejo sistema de monitoreo: boyas + barcos + satelites



# Introducción a la Meteorología – ENOS

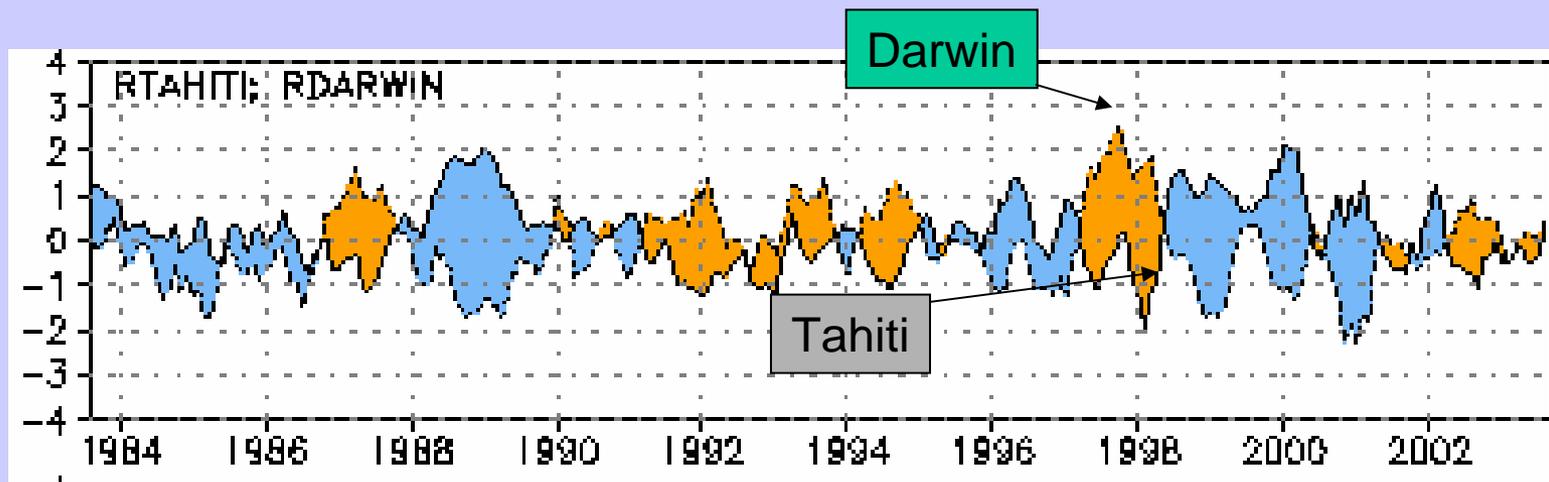
## UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

SOI: Tahiti and Darwin as "centers of action",  
mslp correlations between two locations

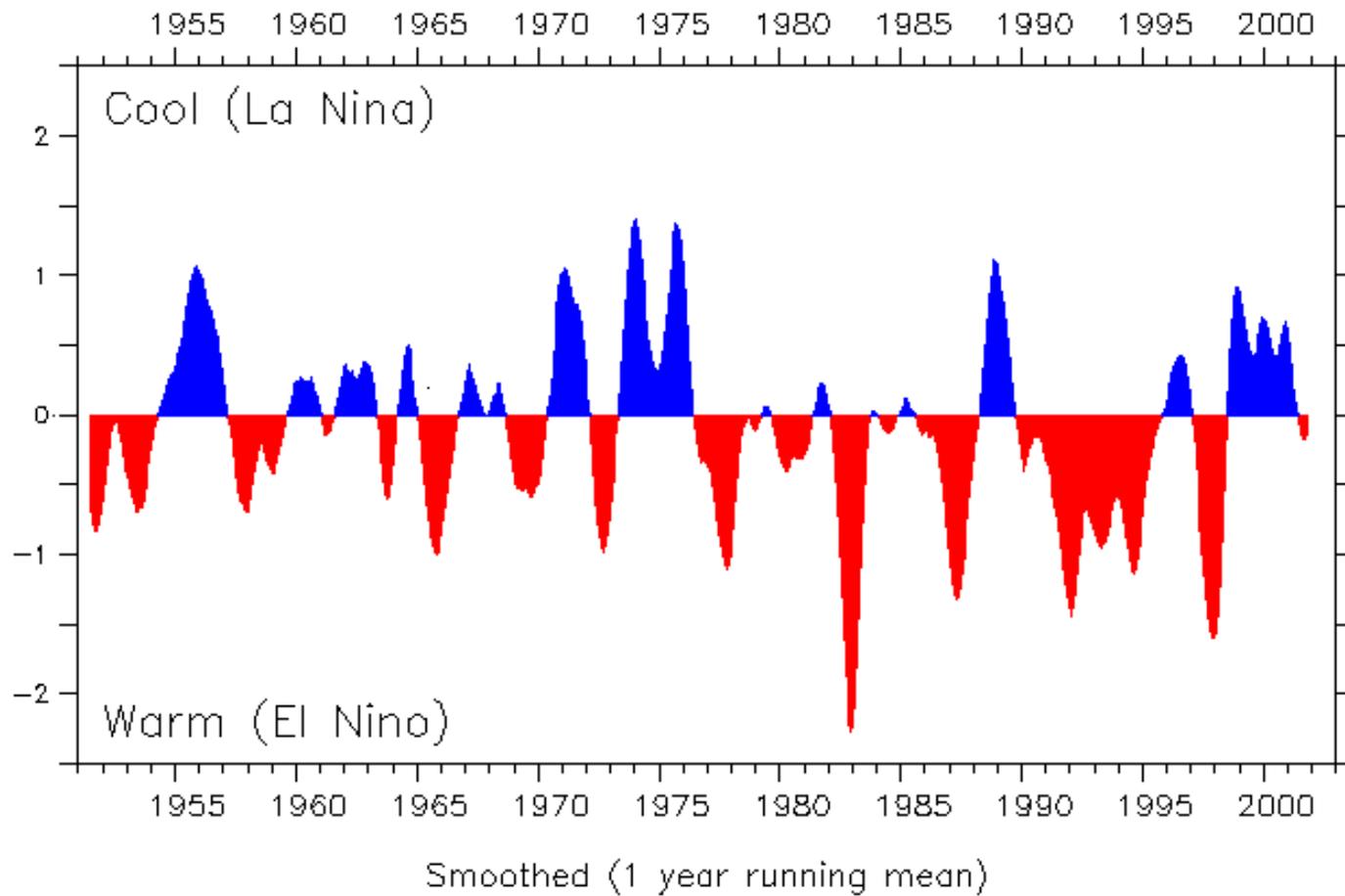


Tahiti and Darwin are at opposite ends of the Southern Oscillation's seesaw, and so the difference in pressure between them is used to measure the Southern Oscillation. The numbers represent a statistical measure called the correlation coefficient. The figure shows that the pressure variation at Tahiti is as closely related to Darwin as are locations near to Darwin, but with the opposite sign (i.e., if the Pressure is high at Darwin, it is low at Tahiti and vice versa). (After Rasmusson, 1984.)

**Oscilación del Sur:** *Balancin* de presiones entre sector oriental y occidental del oceano Pacífico



# Southern Oscillation Index

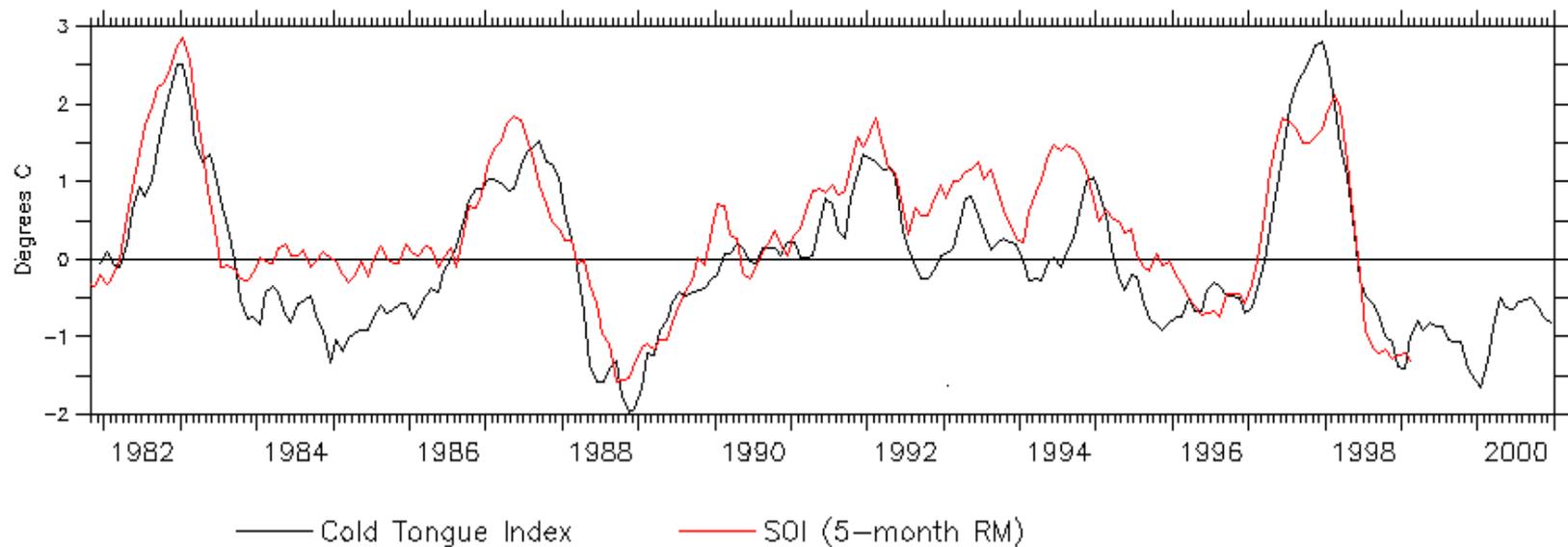


# Introducción a la Meteorología – ENOS UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

**Estan la OS y EN asociados? SI.....**

## Cold Tongue Index and SOI

CTI is Reynolds SST (6°S–6°N, 180°–90°W) anomalies (°C). SOI is inverted (non-dimensional)



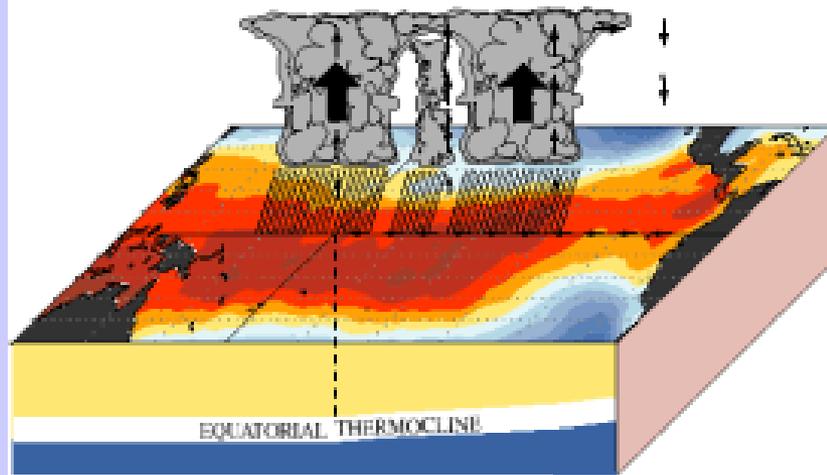
**El Niño (TSM sobre el promedio) ⇔ Anticiclón del Pacífico relativamente bajo**

**La Niña (TSM bajo el promedio) ⇔ Anticiclón del Pacífico relativamente alto**

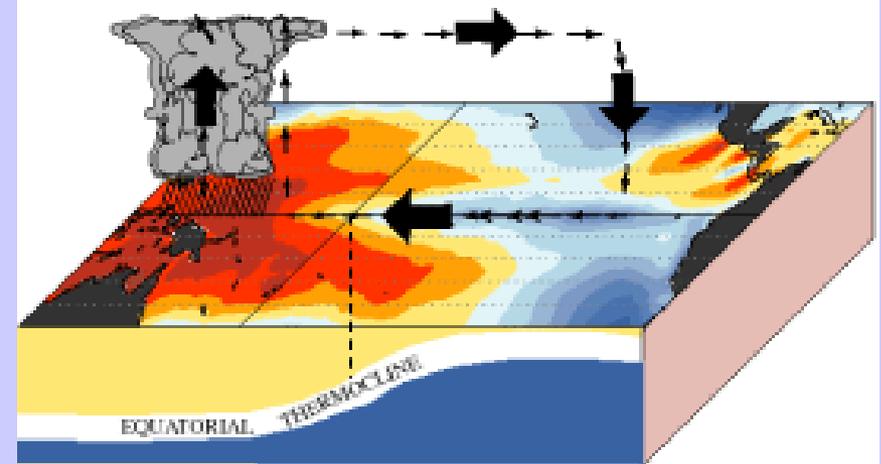
# Introducción a la Meteorología – ENOS

## UCH/FCFM/DGF – R. Garreaud

December - February El Niño Conditions



December - February La Niña Conditions



# FENOMENO EL NIÑO

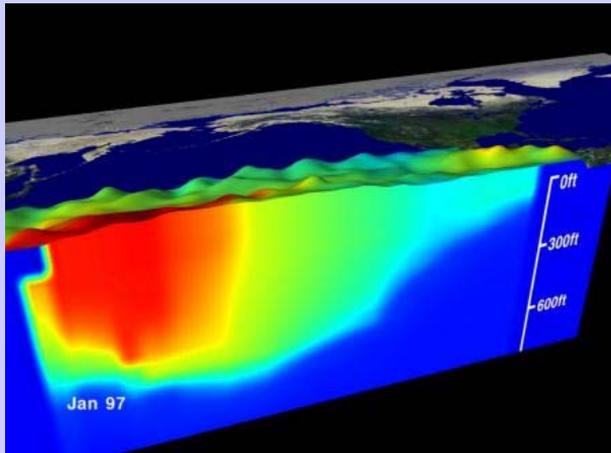
- Disminuye la presión frente a la costa de Ecuador, Perú y norte de Chile, y aumenta en el Pacífico occidental (fase negativa de la OS)
- Los vientos alisios se debilitan por menor gradiente de presión.
- Se debilita la surgencia a lo largo del Pacífico ecuatorial, como resultado del debilitamiento de los alisios
- Aumenta la temperatura superficial del mar debido a la menor surgencia. La zona de ascenso de la celda de Walker se mueve hacia el Este.
- Aumenta el nivel del mar en la costa de América del Sur, y disminuye en Oceanía.
- El contraste térmico E-W disminuye a lo largo del Pacífico ecuatorial
- Lo anterior favorece un reforzamiento de las anomalías de presión y de los efectos asociados.
- El fenómeno persiste !!

# FENOMENO LA NIÑA

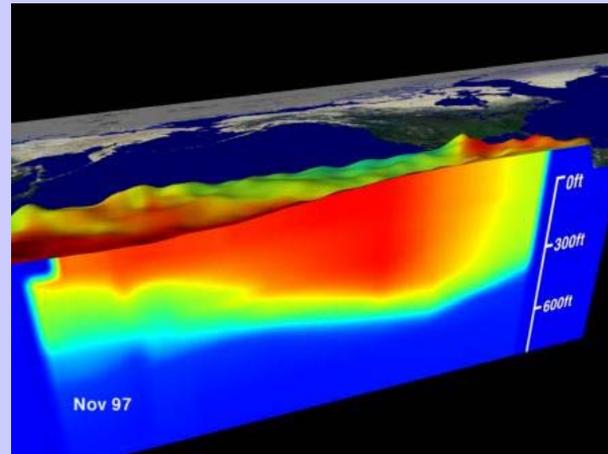
- Aumenta la presión frente a la costa de Ecuador, Perú y norte de Chile, y disminuye en el Pacífico occidental (fase positiva de la OS)
- Los vientos alisios se intensifican por el mayor gradiente de presión.
- Se fortalece la surgencia a lo largo del Pacífico ecuatorial, como resultado de la intensificación de los alisios.
- Disminuye la temperatura superficial del mar debido a la menor surgencia. La zona de ascenso de la celda de Walker se mueve hacia el Oeste.
- Disminuye el nivel del mar en la costa de América del Sur, y aumenta en Oceanía.
- El contraste térmico E-W aumenta a lo largo del Pacífico ecuatorial
- Lo anterior favorece un reforzamiento de las anomalías de presión y de los efectos asociados.
- El fenómeno persiste !!

## Thermocline and Sea Surface Temperature during El nino and La Nina

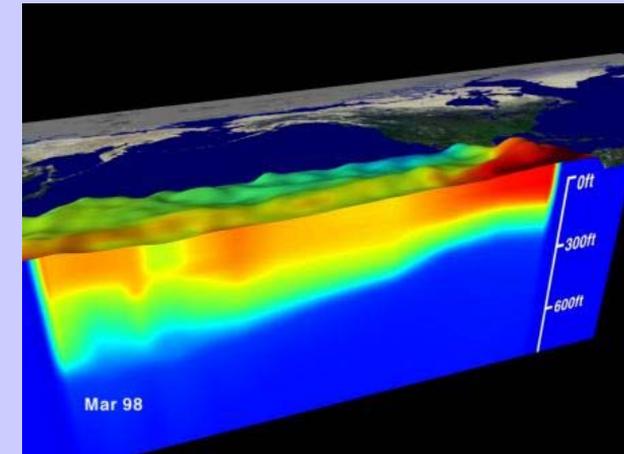
Jan 1997 (La Nina)



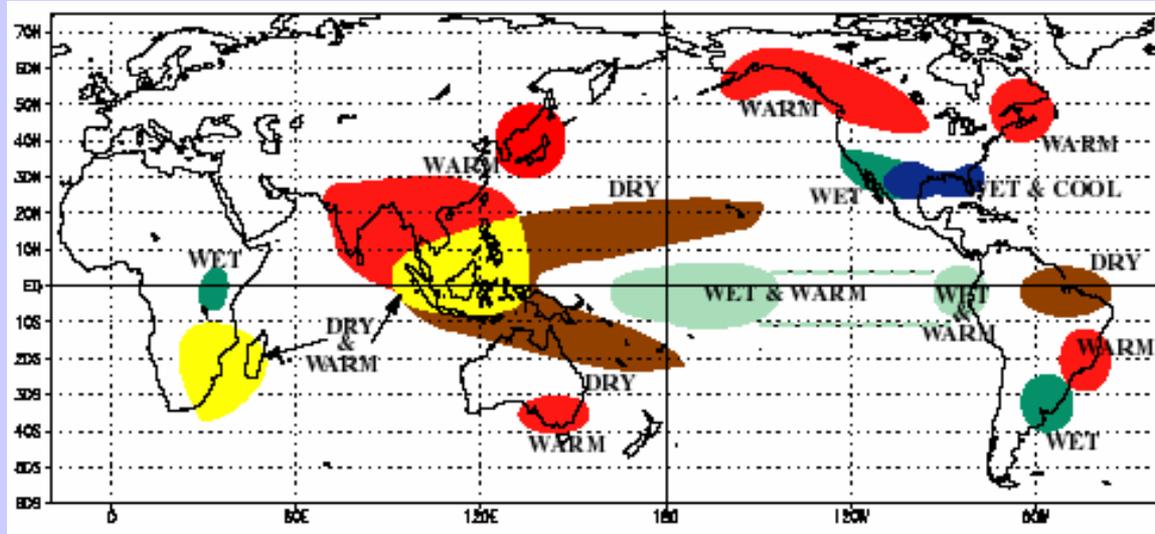
Nov 1997 (El Nino)



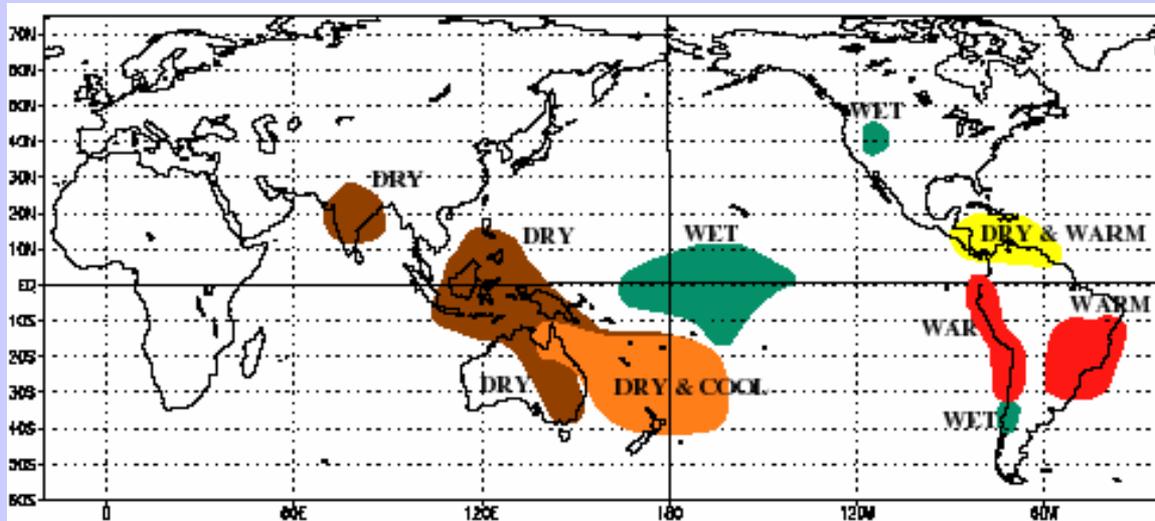
Mar 1998 (El Nino ends)



# Impactos climáticos de El Niño



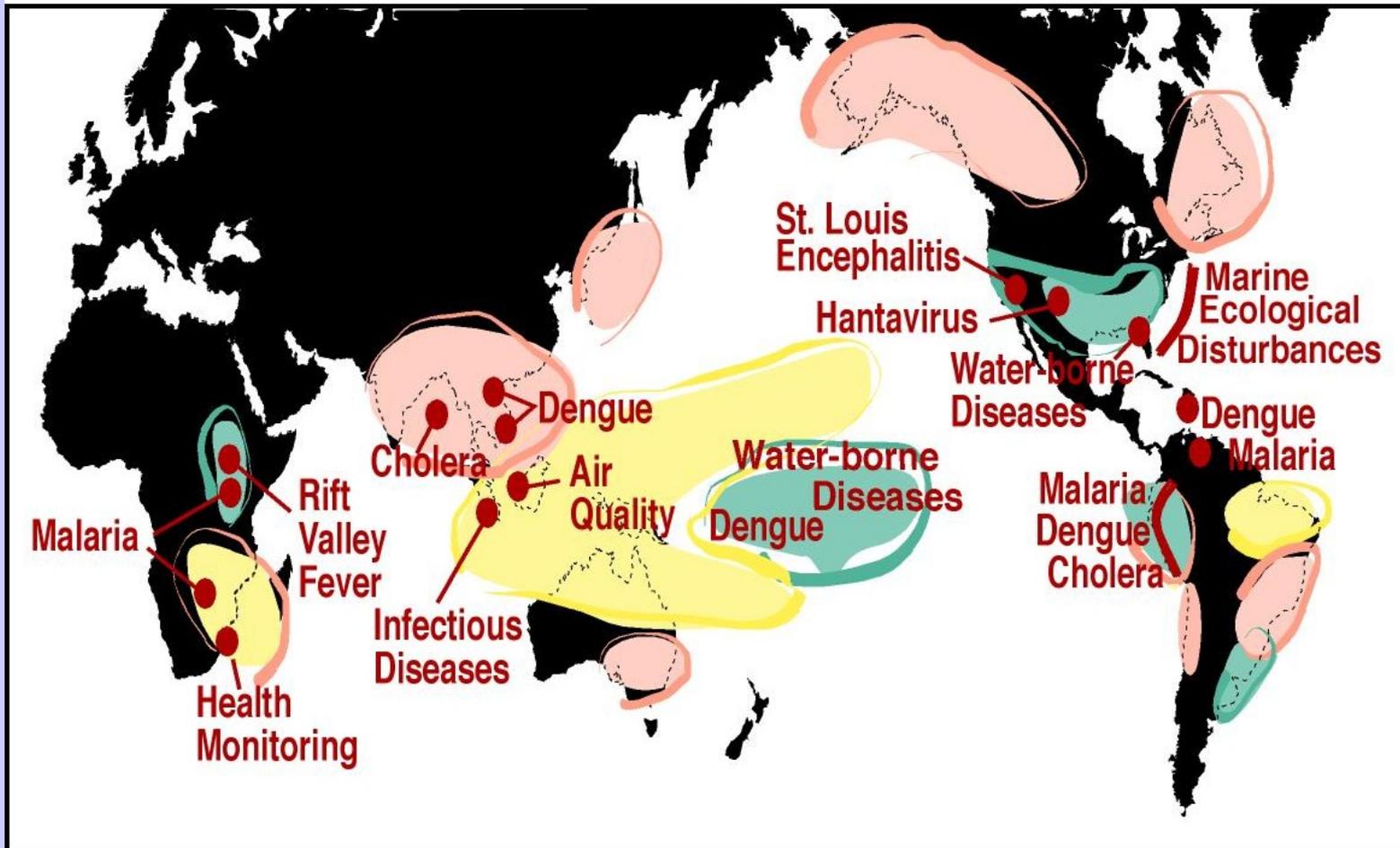
verano



invierno

Ref: CPC/NCEP/NOAA

# Exploring the Linkages between the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and Human Health



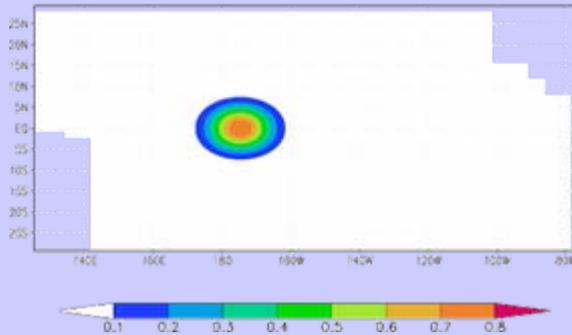
## Generalized El Niño-Southern Oscillation (ENSO) Impacts

- |   |   |
|---|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> = DRY  | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> = DRY & WARM     |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> = WET   | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> = WET & WARM      |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> = WARM | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span> = WET & COOL |

# How does El Nino End?

A growing El Nino contains the seeds of its own destruction.

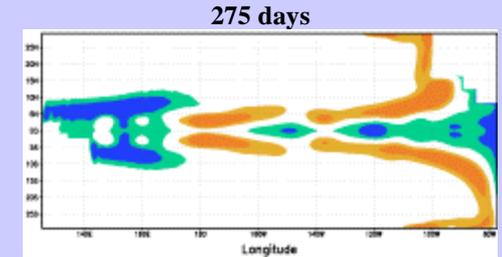
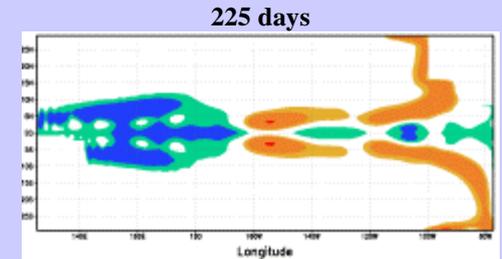
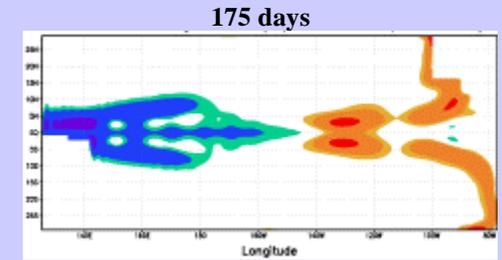
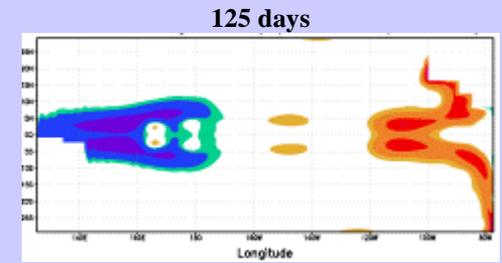
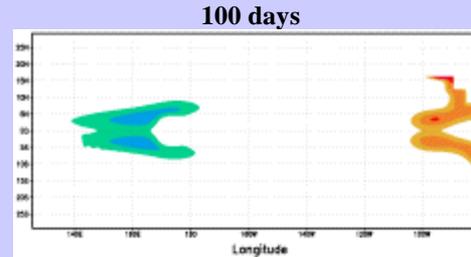
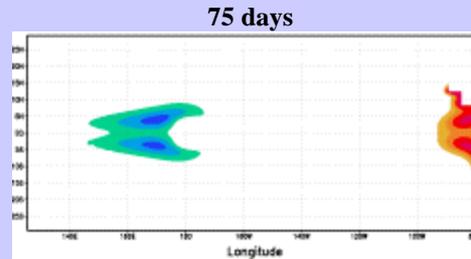
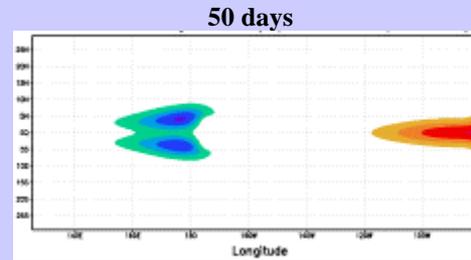
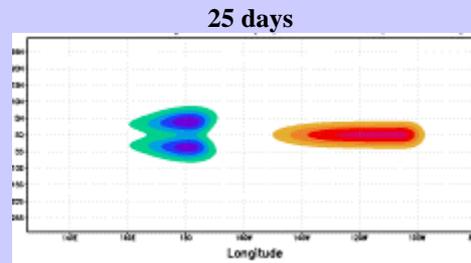
1. Hit ocean with a westerly wind stress pulse



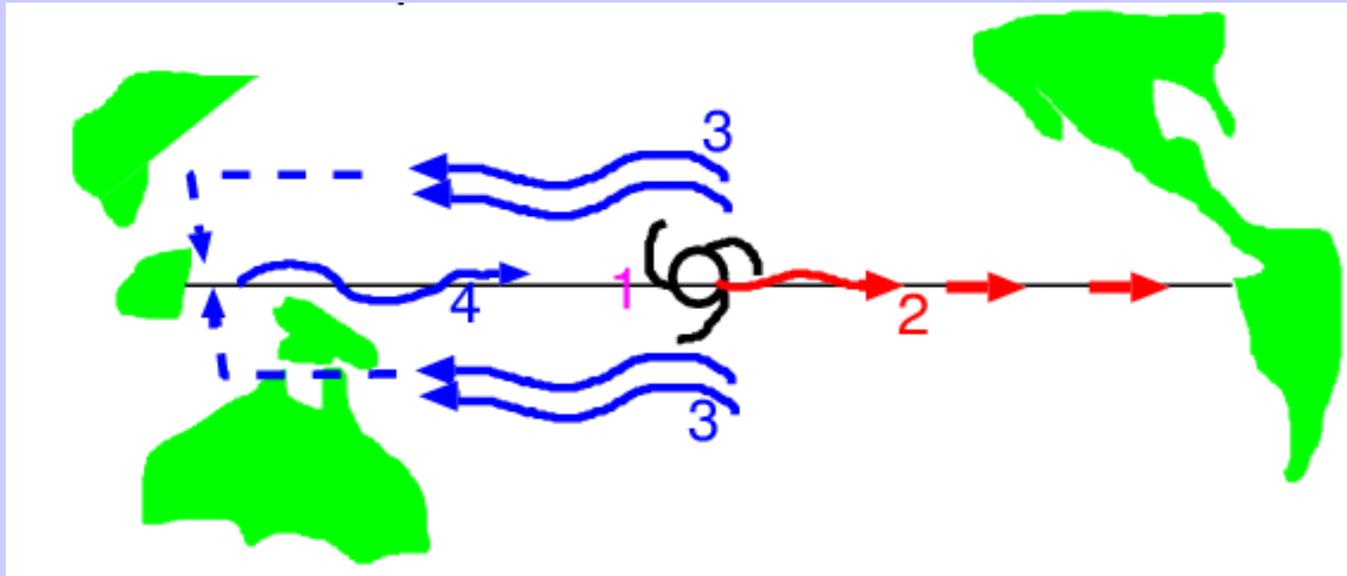
2. Warm Kelvin waves propagate east along equator

→ Event starts!

3. Cold Rossby waves propagate west at higher lat and reflect back eastward as Kelvin waves → Event ends

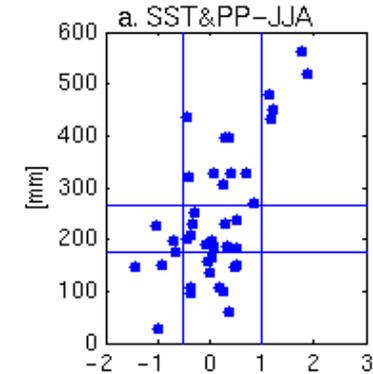
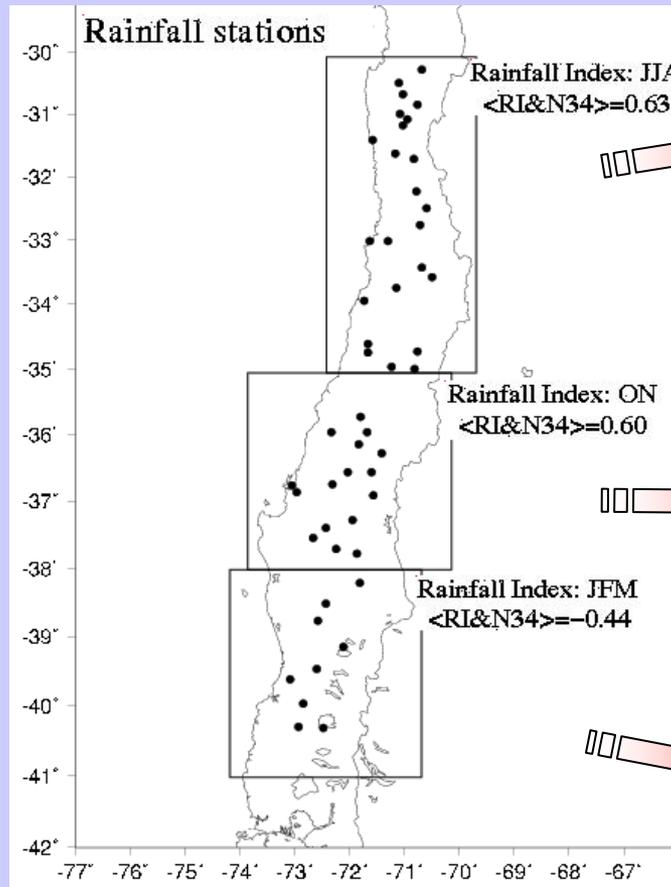


# Kelvin and Rossby waves, and the delayed oscillator mechanism (1988)

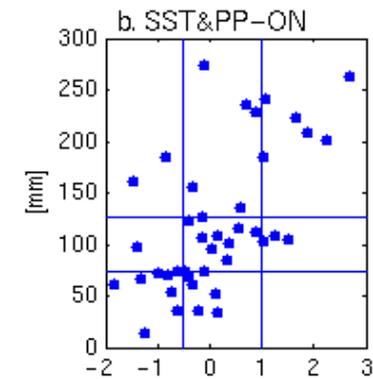


1. An initial weakening of trades
2. Warm kelvin wave, positive feedback, El Nino peaks
3. Cold Rossby waves making their way to the west pacific
4. Reflecting from western boundary and ending the event, starting a La Nina event.
5. All repeats with opposite signs...

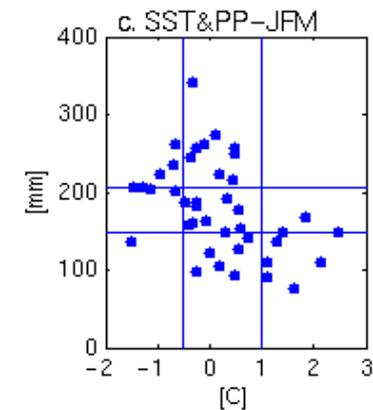
# IMPACTO DE ENSO SOBRE LA LLUVIA EN CHILE CENTRAL



JJA

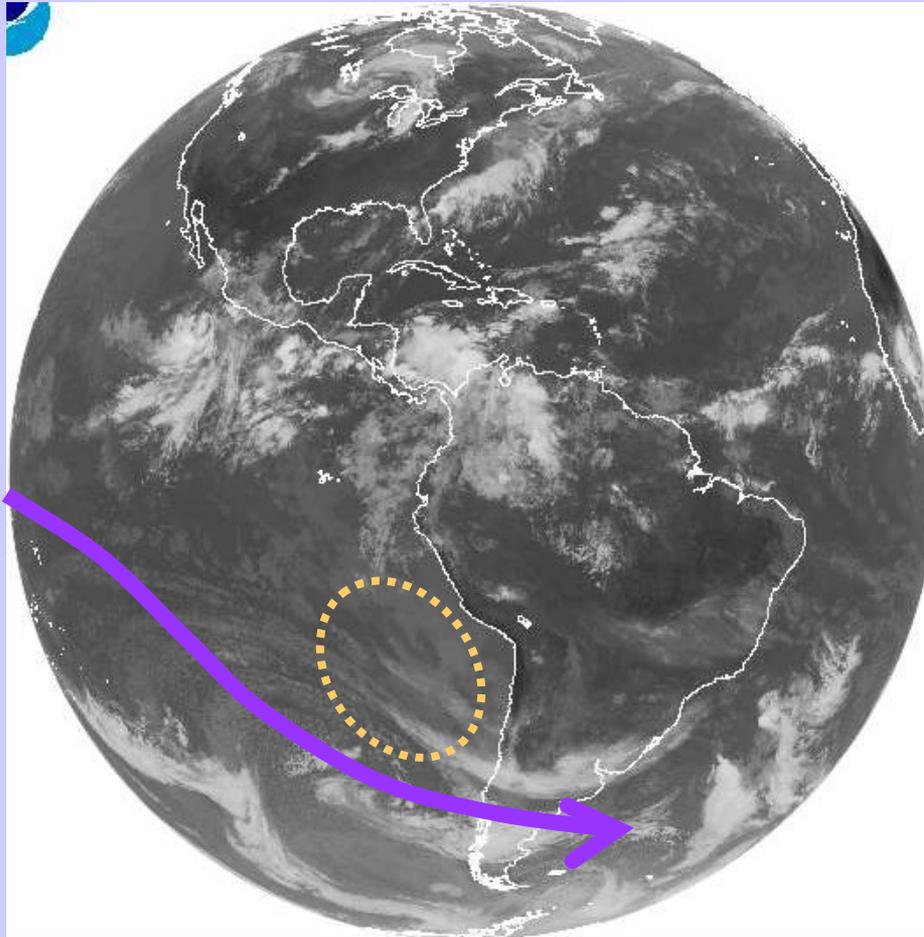


ON



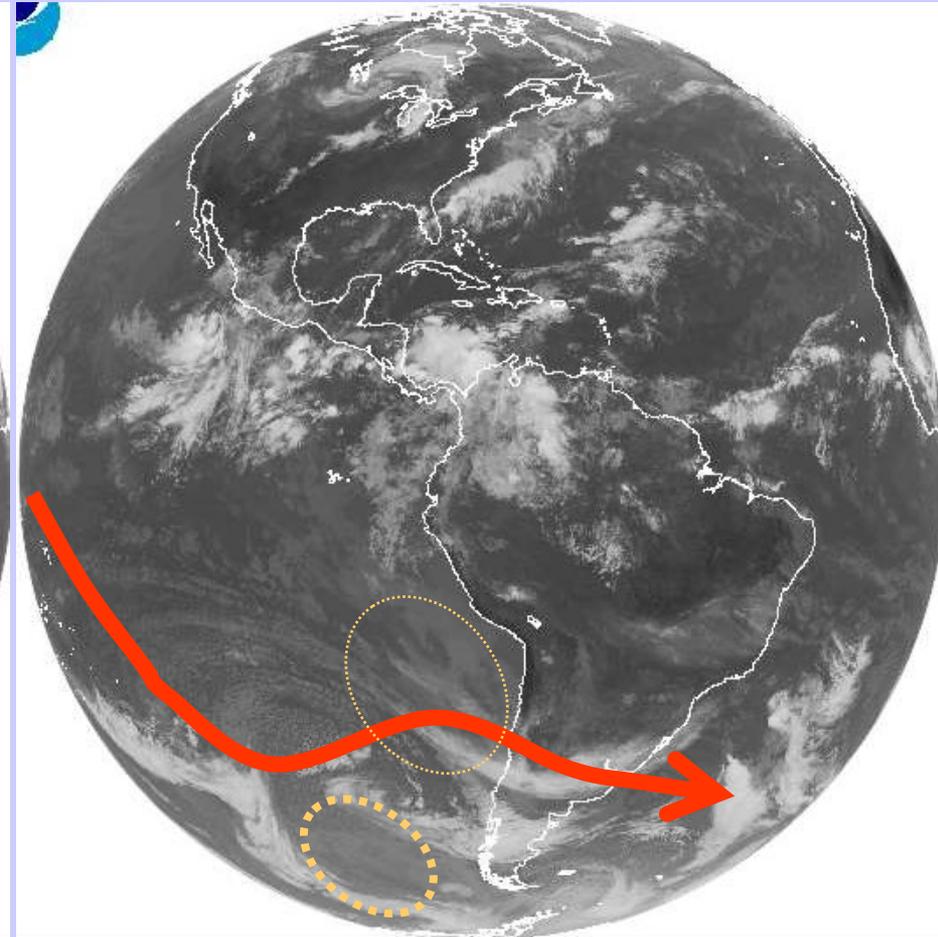
JFM

## Condición Normal

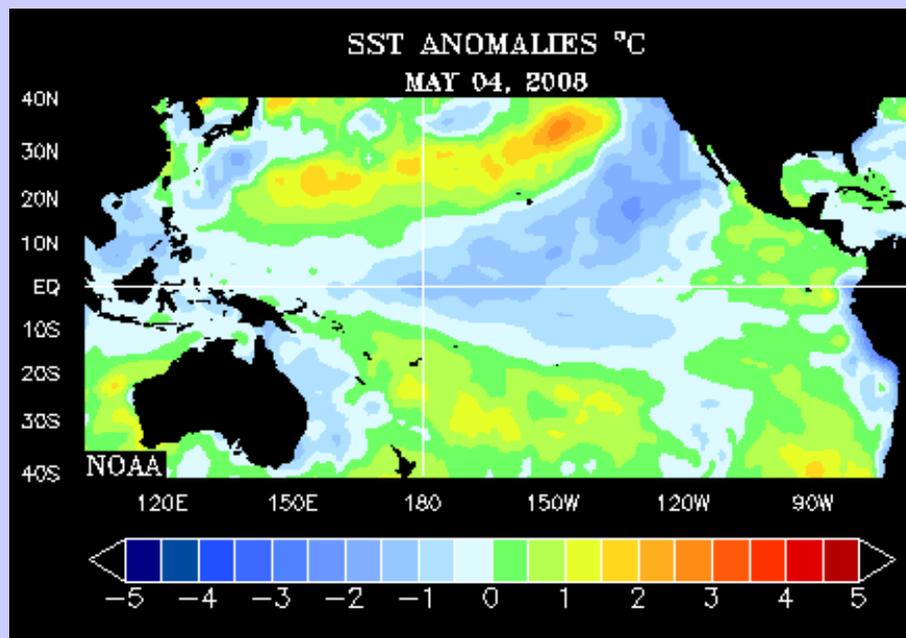
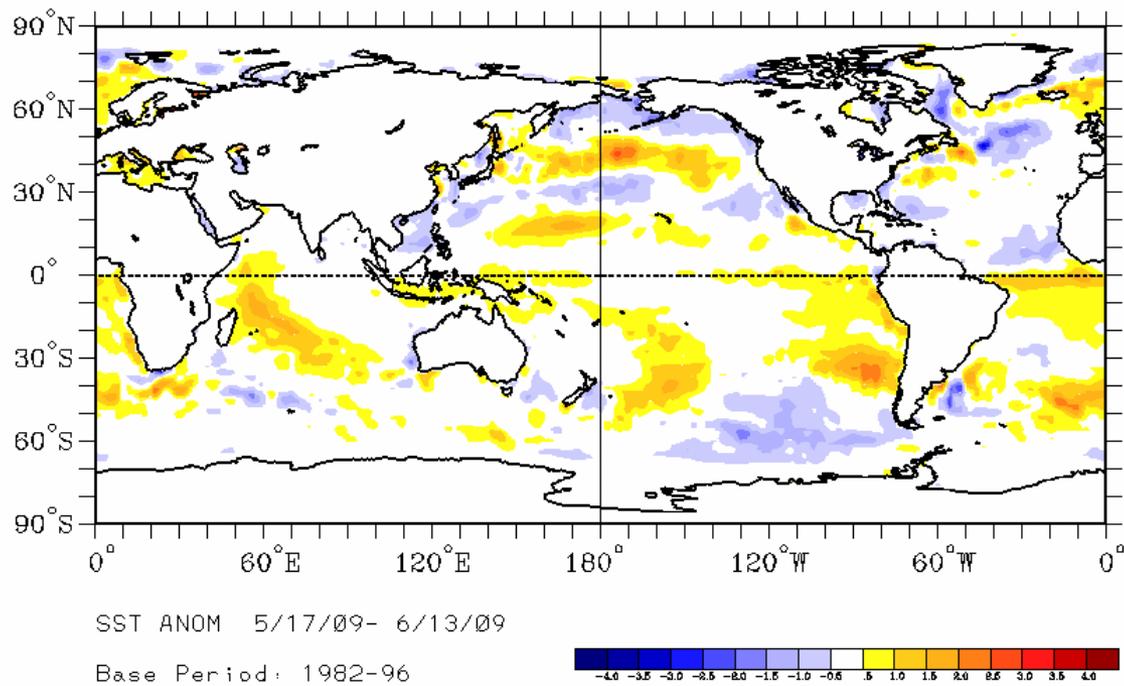


Trayectoria de Tormentas

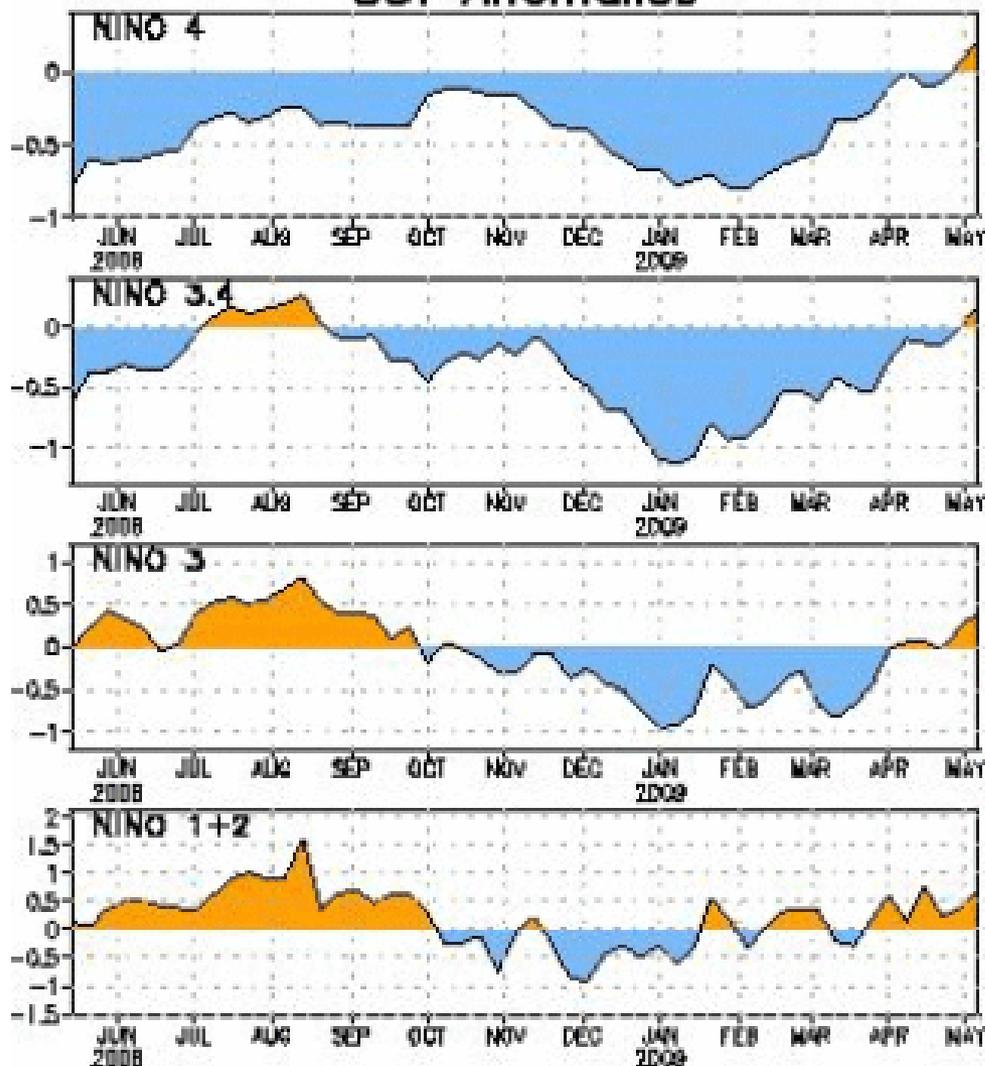
## Condición El Niño



Anticiclón subtropical debil  
+ Alta de bloqueo en el Pacifico SE  
= **trayectoria de tormentas** desviada al norte



# SST Anomalies



### Model Forecasts of ENSO from Apr 2009

