

# CAPITULO 8.

## Fenómenos Meteorológicos



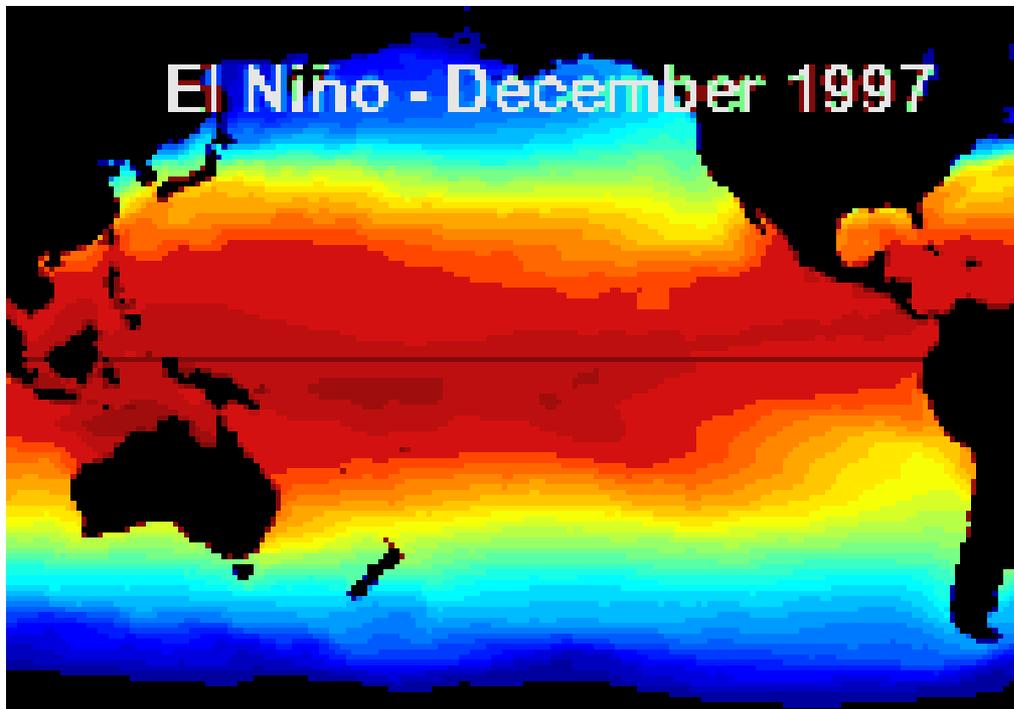
M.C. ALBA LUCINA MARTÍNEZ HAROS

# FENOMENOS METEOROLOGICOS

- ▶ El Niño
- ▶ La Niña
- ▶ Huracanes-Tifones-Ciclones

# FENÓMENO EL NIÑO

- ▶ Es un fenómeno climático cíclico que provoca estragos a nivel mundial, siendo las más afectadas América del Sur y las zonas entre Indonesia y Australia, provocando con ello el calentamiento de las aguas sud-Americanas.



## ¿Cuál es el origen del fenómeno de El Niño?

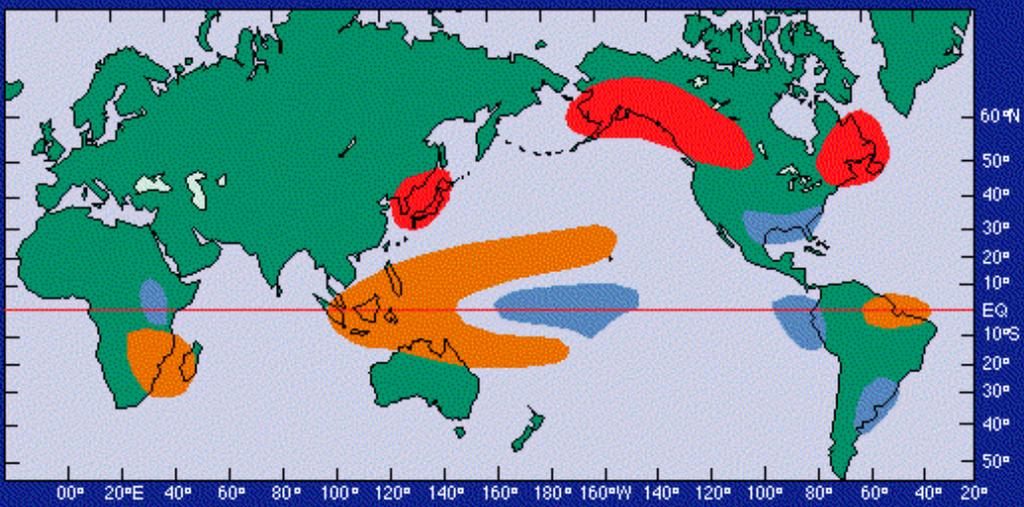
Su nombre se refiere al niño Jesús, porque el fenómeno ocurre aproximadamente en el tiempo de Navidad en el Océano Pacífico, por la costa este del Sur de América. El nombre del fenómeno es Oscilación del Sur El Niño, ENSO por sus siglas en inglés. Es un síndrome con más de 7 milenios de ocurrencia.

## ¿Cómo se detecta el fenómeno de El Niño?

- ▶ En el océano Pacífico tropical "El Niño" es detectado mediante diferentes métodos, que van desde satélites y boyas flotantes hasta análisis del nivel del mar, obteniendo importantes datos sobre las condiciones en la superficie del océano. Por ejemplo, las boyas miden la temperatura, las corrientes y los vientos en la banda ecuatorial, toda esta información la transmiten a los investigadores de todo el mundo.

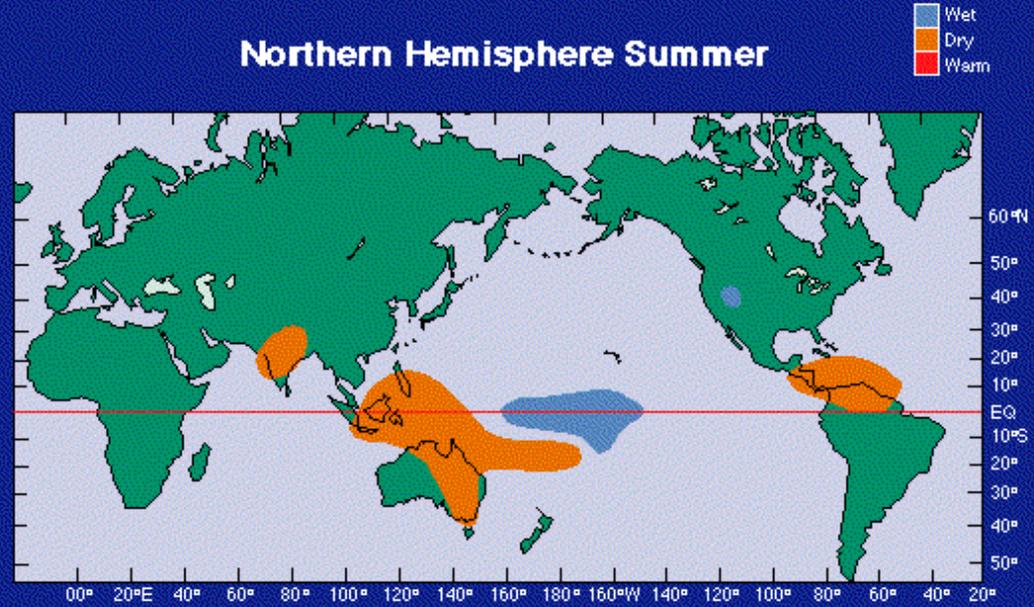
# ¿Cómo se desarrolla el fenómeno de El Niño?

Northern Hemisphere Winter



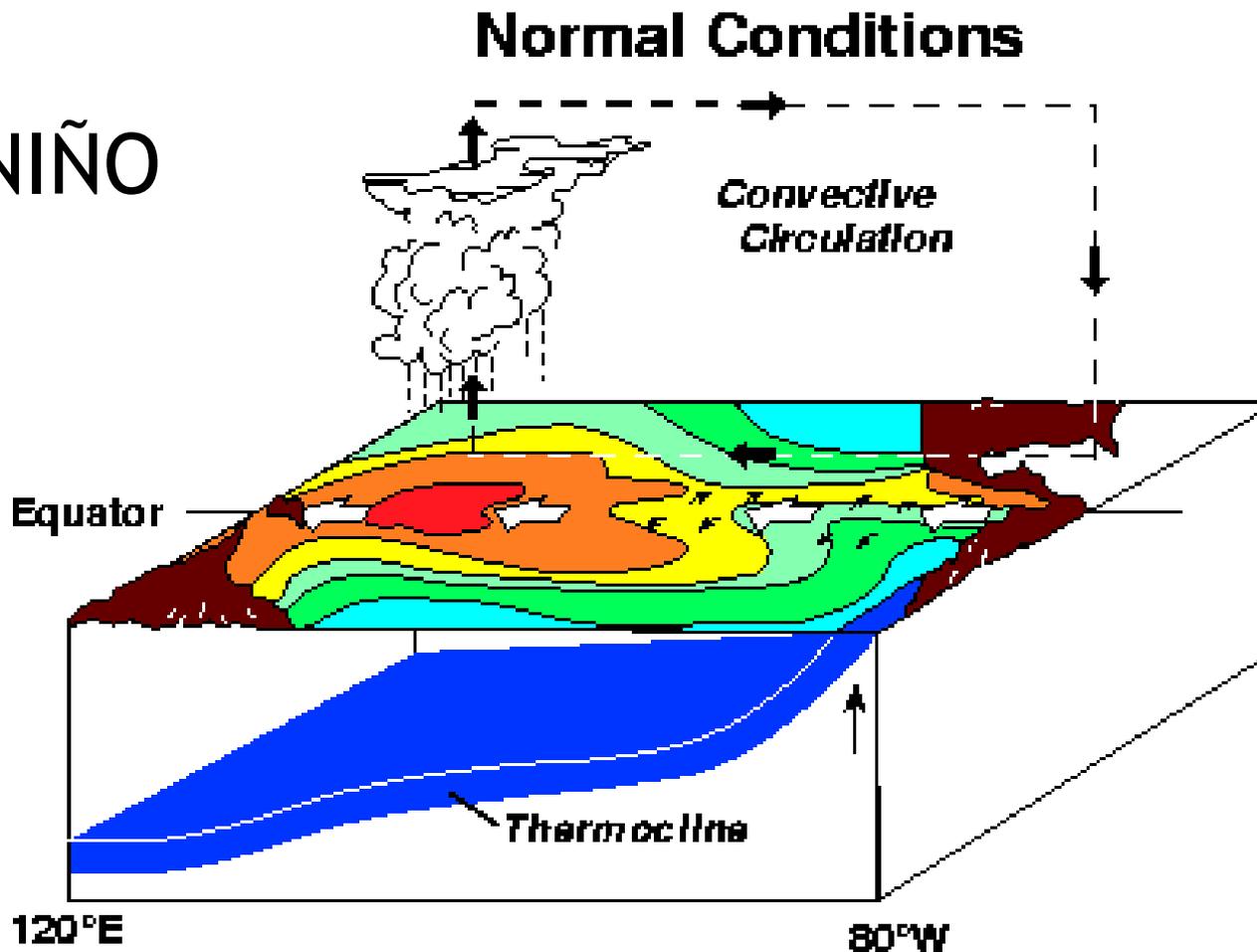
Oceano Pacífico tropical:  
Australia e Indonesia

Northern Hemisphere Summer



- Modificaciones en presión atmosférica:
- dirección y velocidad de los vientos
  - desplazamiento de las zonas de lluvia a la región tropical

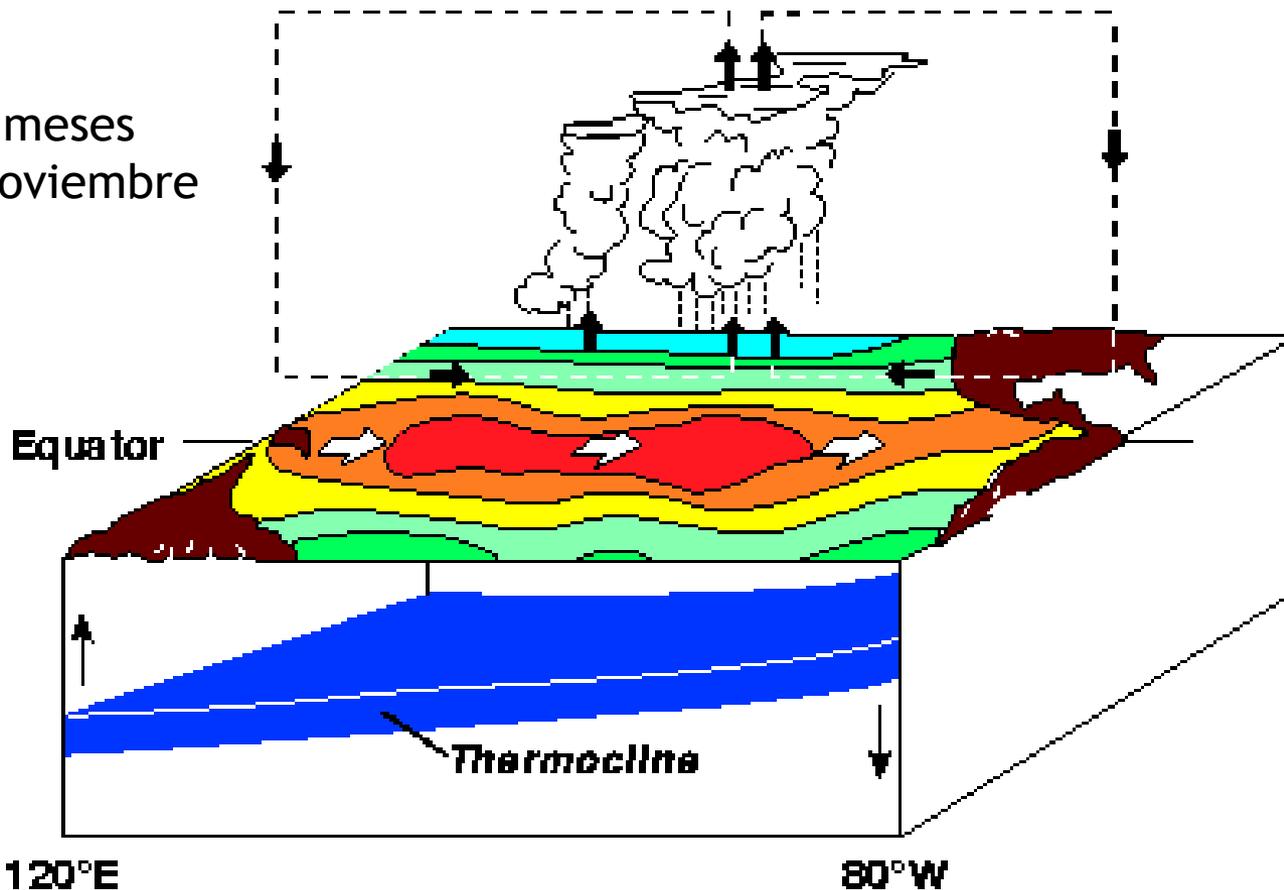
# NO NIÑO



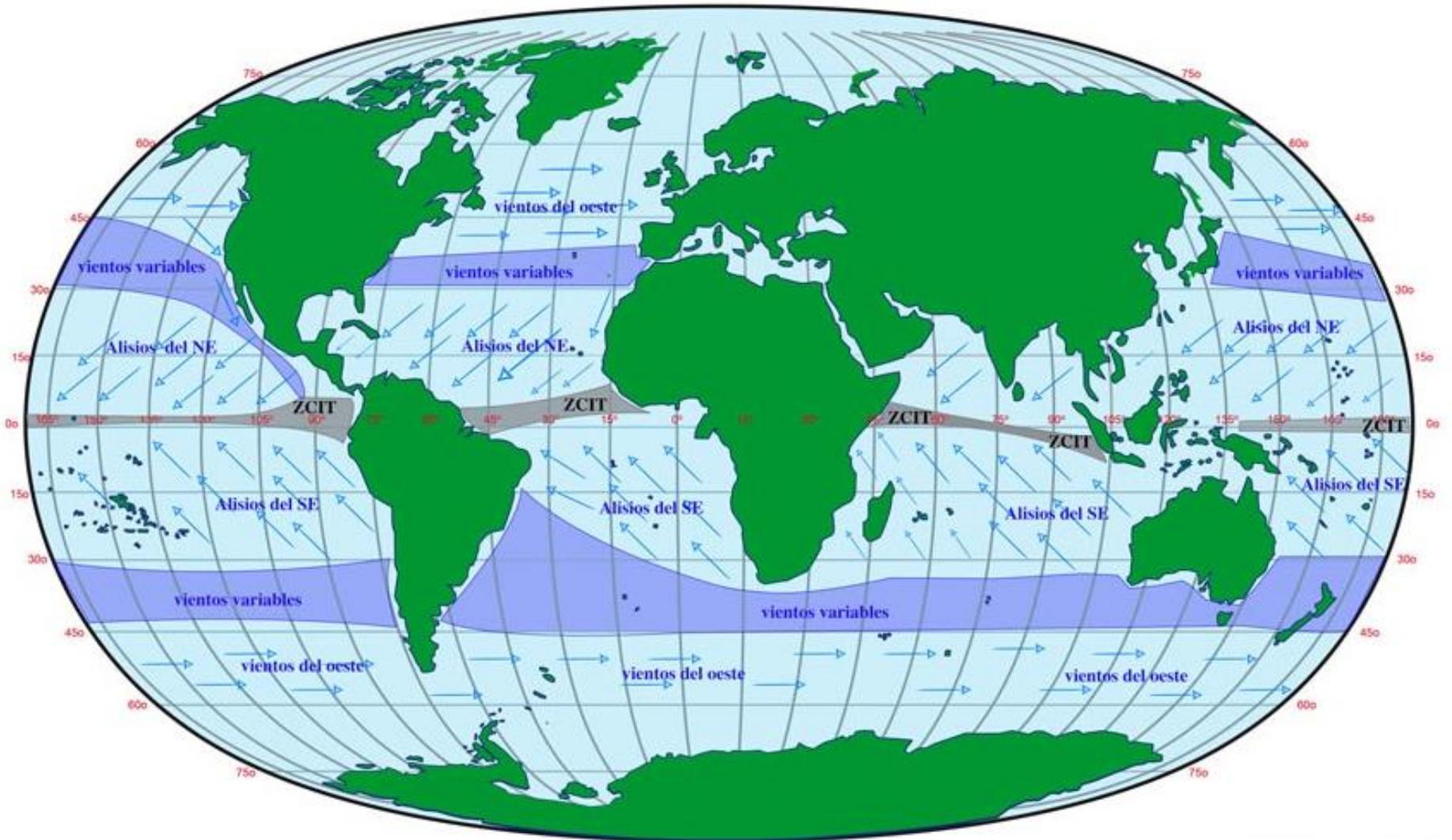
- Vientos Alisios (E-W).
- Nivel de la superficie del mar es medio metro mas alto en Indonesia que frente a las costas de Perú ó Ecuador.
- Tempertatura superficial del mar es de 8°C en el Pacífico.
- Las temperaturas frias en America del Sur porque suben las aguas profundas (ricas en nutrientes). En condiciones normales las zonas relativamente húmedas y lluviosas se localizan en el suroeste Asático y en America del Sur es relativamente mas seco.

# El Niño Conditions

En 6 meses  
Junio- Noviembre



- Los Vientos Alisios (E-W) se debilitan
- La temperatura máxima marina se desplaza hacia las corrientes de Perú (relativamente fría) y la mínima temperatura marina se desplaza hacia el SE Asiático.
- Aumentando la presión atmosférica en SE Asiático y la disminución en América del Sur.



### Celda de Ferrel

Una parte del viento generado en la celda de Hadley continúa su camino hacia los polos hasta los 60° tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur,

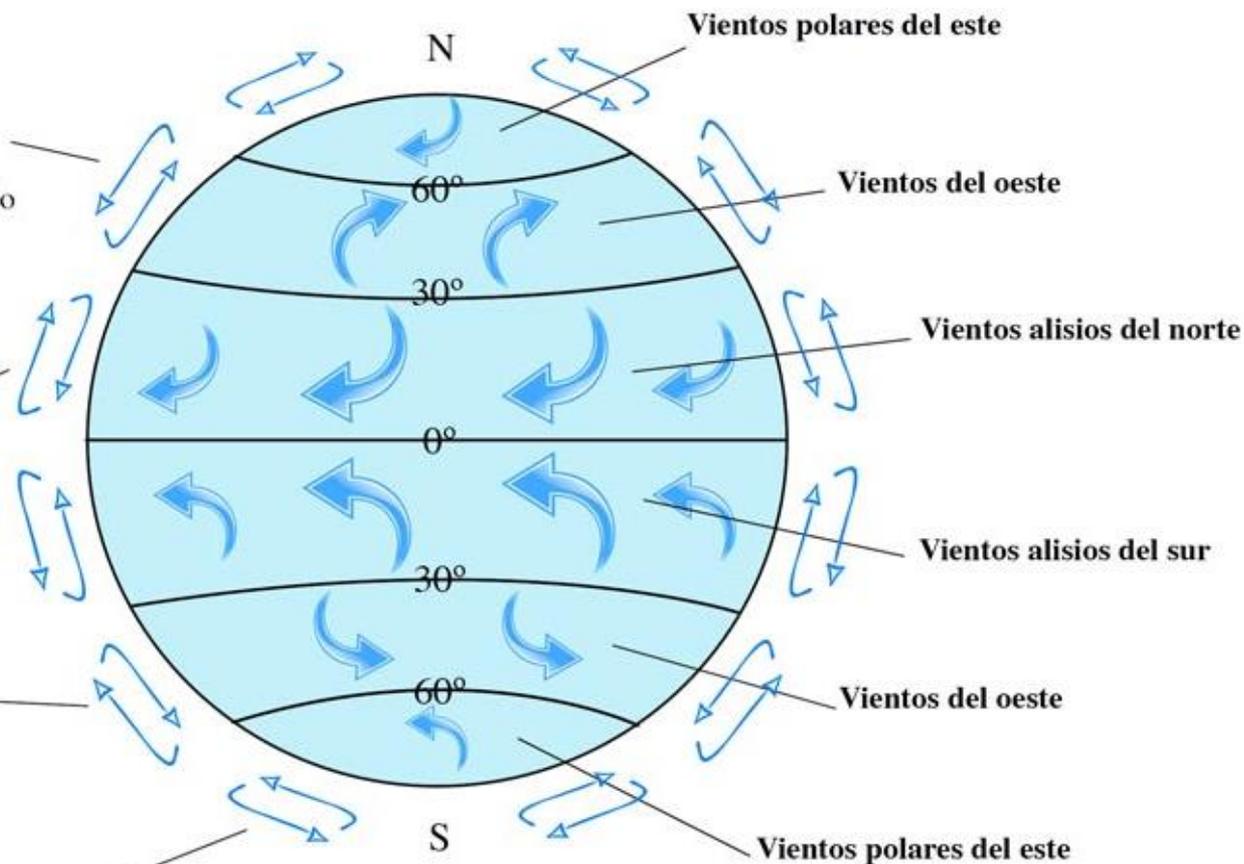
### Celda de Hadley

El aire cálido asciende desde el ecuador y se desplaza hacia los polos antes de descender a aproximadamente 30° de latitud norte y sur.

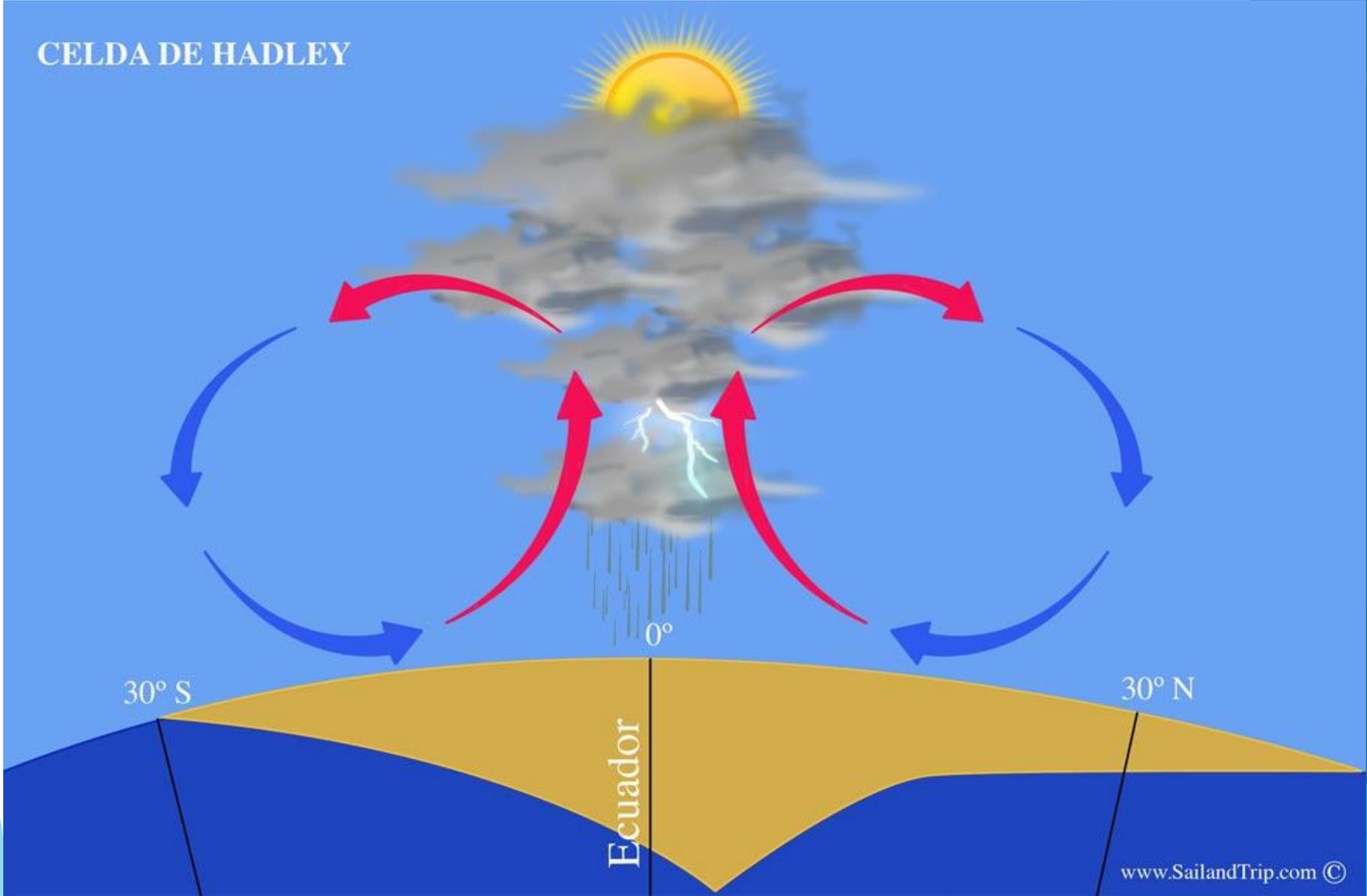
### Celda de Ferrel

### Celda polar

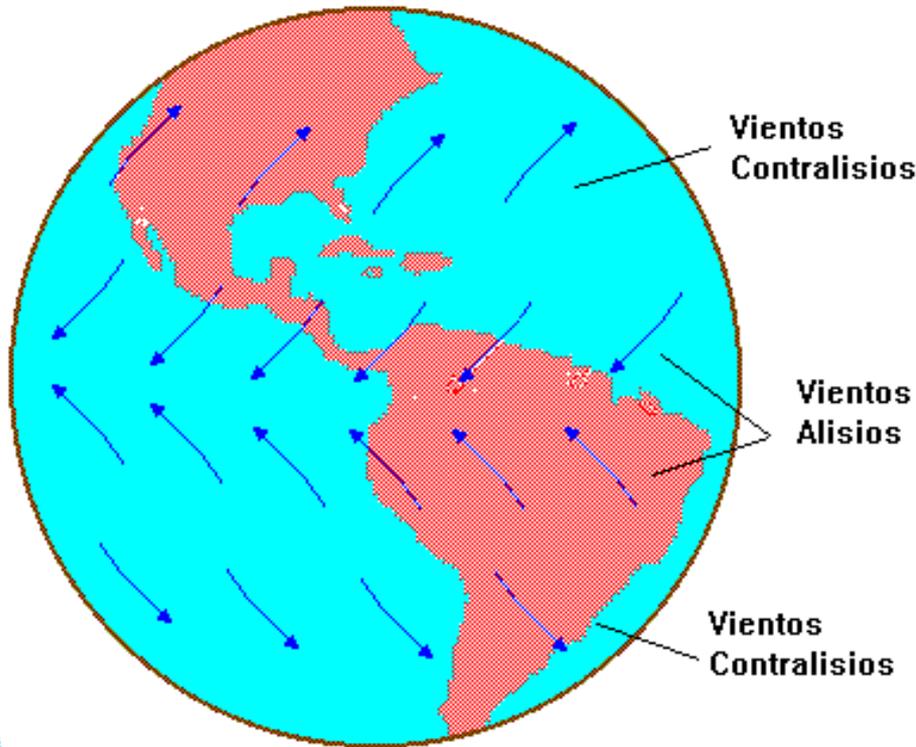
El aire frío de los polos desciende y se desplaza hacia el ecuador ascendiendo frente a la célula de ferrel



# CELDA DE HADLEY



# Vientos Planetarios



- ▶ Son aquellos que circulan por todo el planeta y mantienen su dirección durante todo el año:
- ▶ a) Vientos Alisios: soplan desde los Trópicos hacia el Ecuador. En el hemisferio sur son vientos del sudeste y en el hemisferio norte son vientos del noreste.
- ▶ b) Contralisios: soplan desde los Trópicos (altas tropicales) hacia los Círculos Polares (bajas circumpolares).
- ▶ c) Circumpolares: soplan desde los polos geográficos hacia los Círculos Polares. Soplan en la misma dirección que los alisios.

# Termoclina

- ▶ Línea imaginaria que separa dos masas de agua de temperatura diferente.
- ▶ Es una región marina subsuperficial (por debajo de la superficie) que tiene el mayor gradiente (cambio) de temperatura, que separa las aguas superficiales, comparativamente más cálidas, de las aguas más profundas y más frías. la profundidad de la termoclina puede cambiar dependiendo del fenómeno climática que ocurra (Fenómeno de la Niña o fenómeno de Niño).

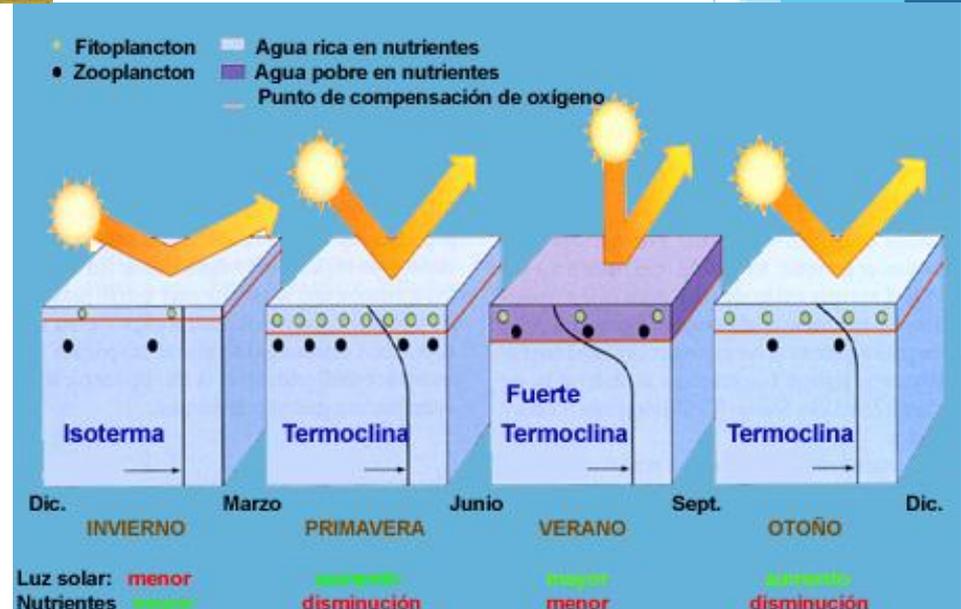


# Termoclina



En aguas tropicales, esta disminución de nutrientes en aguas superficiales es más acusada, donde existe permanentemente una capa de agua caliente y menos densa sobre agua profunda más fría y más densa, evitándose así el intercambio de nutrientes entre la superficie y el fondo, a pesar de la elevada intensidad luminosa y temperaturas cálidas.

En cambio en los océanos templados la termoclina no es permanente por lo que son más productivos. A principios de primavera y otoño, los mares templados, al igual que los lagos templados, experimentan una circulación vertical y mezcla de las aguas que conlleva una subida de nutrientes, proliferando el fitoplancton.



# Consecuencias

- ▶ Cambio de la circulación atmosférica.
- ▶ Calentamiento global del planeta y aumento en la temperatura de las aguas costeras durante las últimas décadas.
- ▶ Existen especies que no sobreviven al cambio de temperatura y mueren, generando pérdida económica en actividades primarias
- ▶ Surgen enfermedades como el cólera, que en ocasiones se transforman en epidemias muy difíciles de erradicar.

# Consecuencias para el sureste asiático

- ▶ Lluvias escasas.
- ▶ Enfriamiento del océano.
- ▶ Baja formación de nubes.
- ▶ Periodos muy secos.
- ▶ Alta presión atmosférica

# Consecuencias del fenómeno del niño para América del Sur

- ▶ Lluvias intensas.
- ▶ Calentamiento de la Corriente de Humboldt o Corriente del Perú.
- ▶ Pérdidas pesqueras.
- ▶ Intensa formación de nubes.
- ▶ Periodos muy húmedos.
- ▶ Baja presión atmosférica.

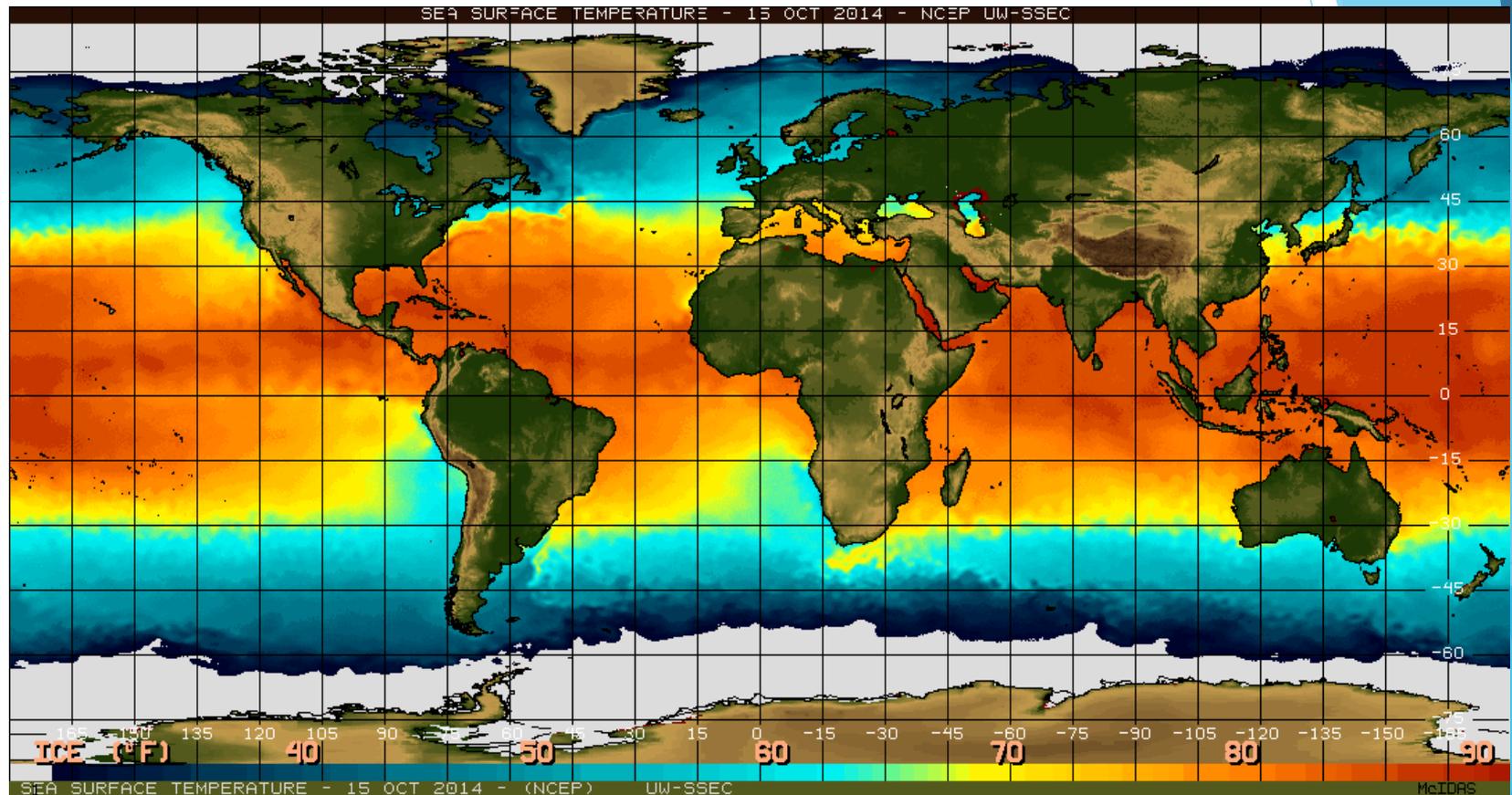
# México

- ▶ Cambios en el clima
- ▶ Calentamiento del mar
- ▶ Condiciones de sequía (centro del país)
- ▶ Lluvias intensas en secciones del país
- ▶ Inviernos generalmente húmedos

# Portal de NOAA El Niño

Next ENSO Update: November 6

*NOAA's National Weather Service says El Niño is favored to start by year's end and last into spring 2015. Forecasters favor a weak event. For information on what an El Niño event might mean for your region, follow our [ENSO blog](#) and connect with us on [social media](#).*



**NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration: <http://www.elnino.noaa.gov/>**

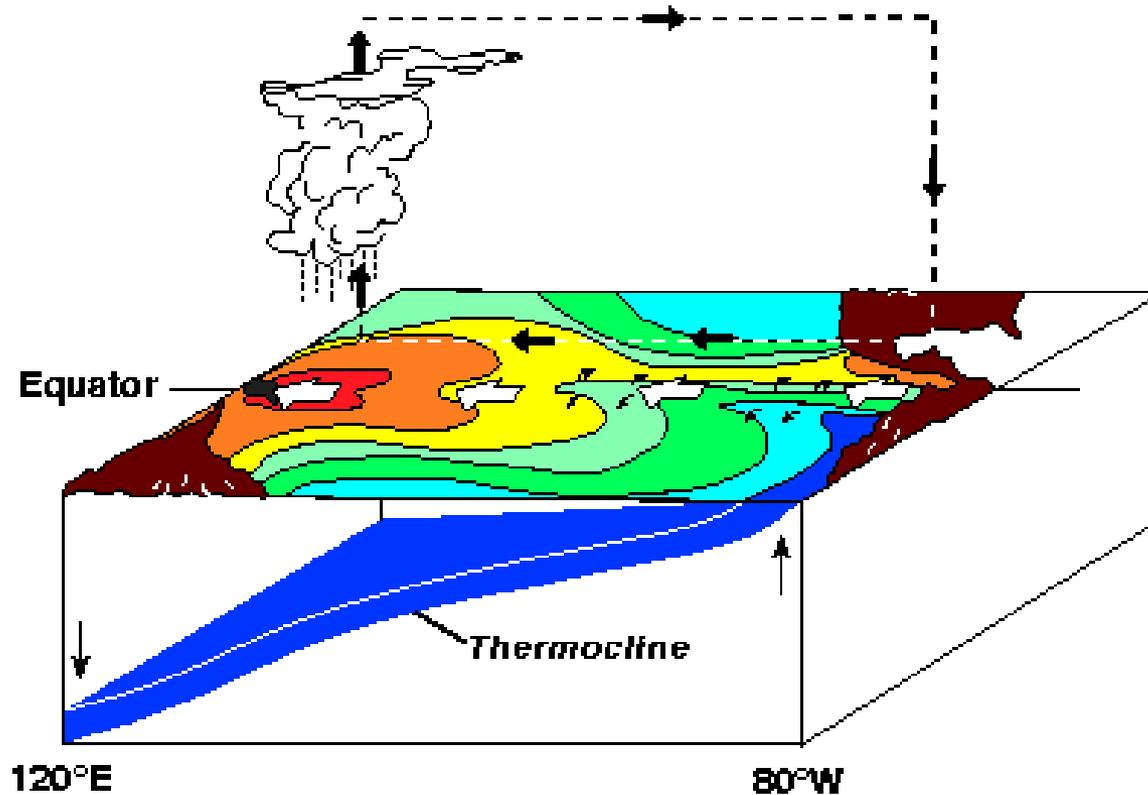
*El-Niño*



*La-Niña*



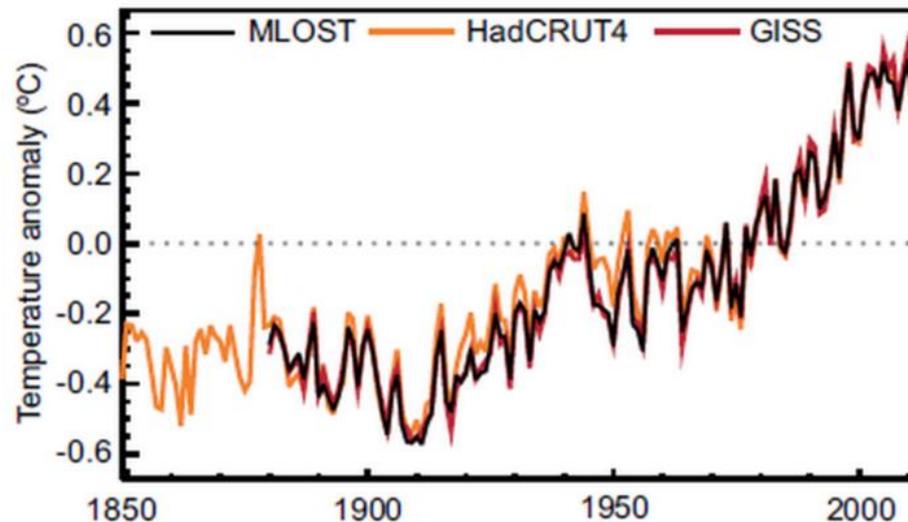
# La Niña Conditions



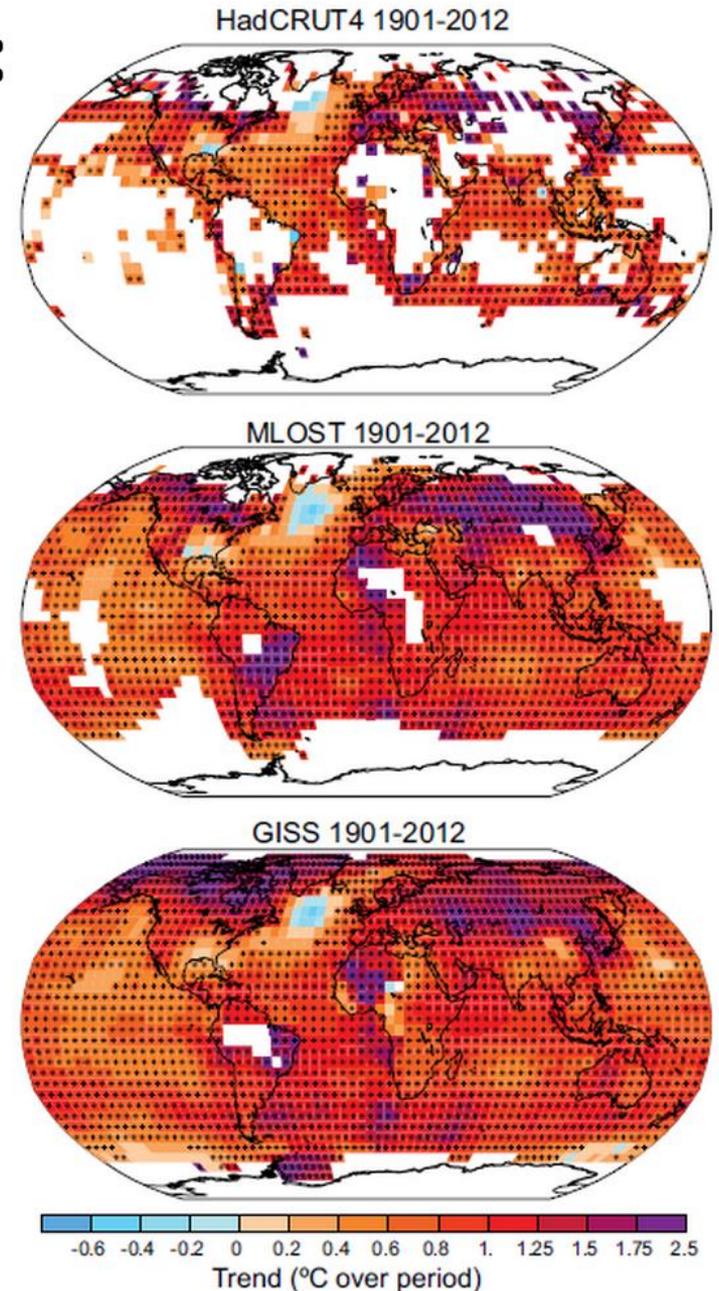
- ▶ "El Viejo" o "El Anti-niño". Suele ir acompañado del descenso de las temperaturas y provoca fuertes sequías en las zonas costeras del Pacífico.
- ▶ "La Niña" comenzó en 1903, y siguió en 1906, 1909, 1916, 1924, 1928, 1938, 1950, 1954, 1964, 1970, 1973, 1975, 1988, y en 1995.
- ▶ Siendo el más intenso el de 1988/1989.

# CALENTAMIENTO GLOBAL: 5to INFORME DEL IPCC (2013)

## TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LA ATMÓSFERA 1850-2010



**Figure 2.21** | Trends in surface temperature from the three data sets of Figure 2.20 for 1901–2012. White areas indicate incomplete or missing data. Trends have been calculated only for those grid boxes with greater than 70% complete records and more than 20% data availability in first and last decile of the period. Black plus signs (+) indicate grid boxes where trends are significant (i.e., a trend of zero lies outside the 90% confidence interval). Differences in coverage primarily reflect the degree of interpolation to account for data void regions undertaken by the data set providers ranging from none beyond grid box averaging (HadCRUT4) to substantial (GISS).

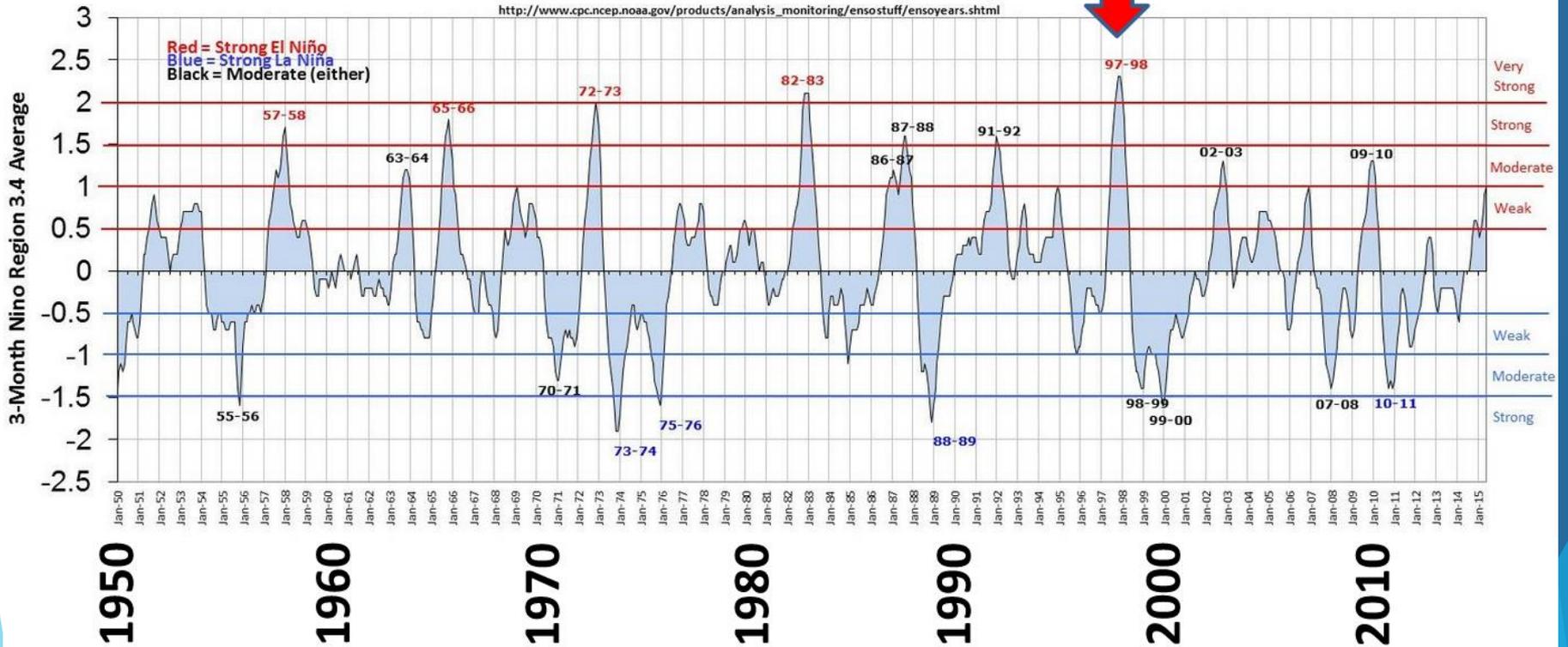


# El Niño: Temperatura Superficial del Océano Pacífico Ecuatorial

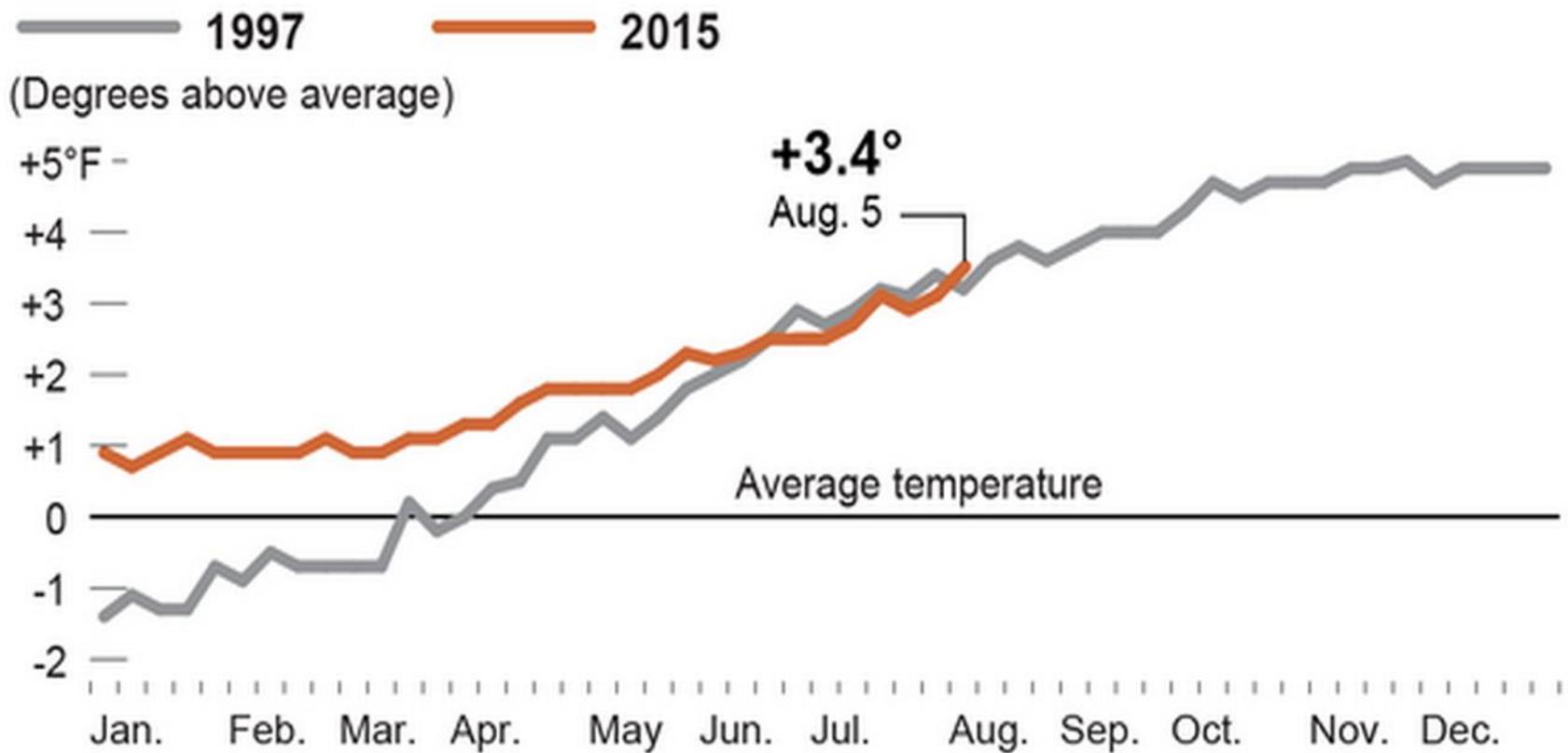
# 1997

## Oceanic Niño Index (ONI)

[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)



# How recent increases in ocean temperatures compare to strongest El Niño on record



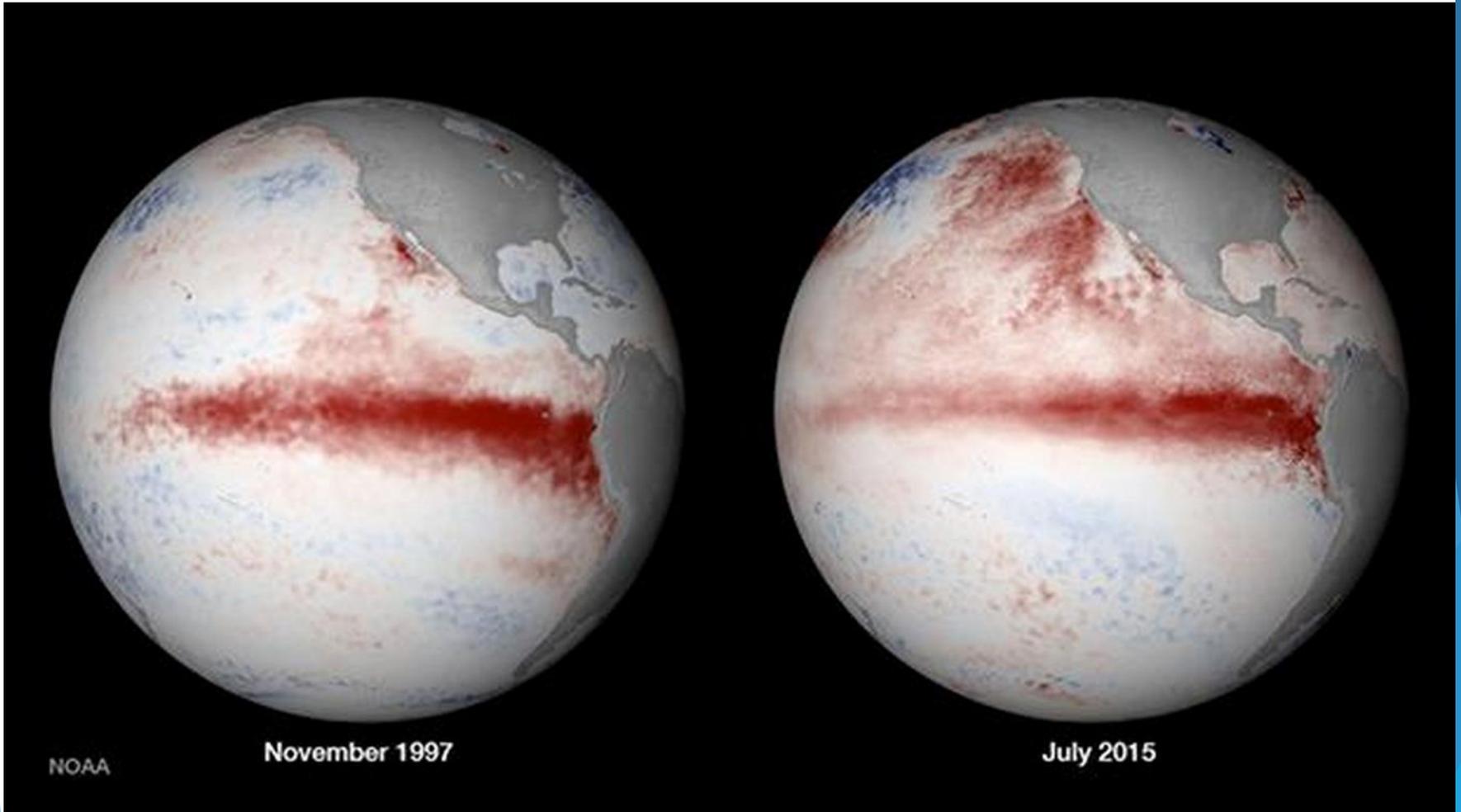
Source: NOAA Climate Prediction Center

@latimesgraphics

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

1997

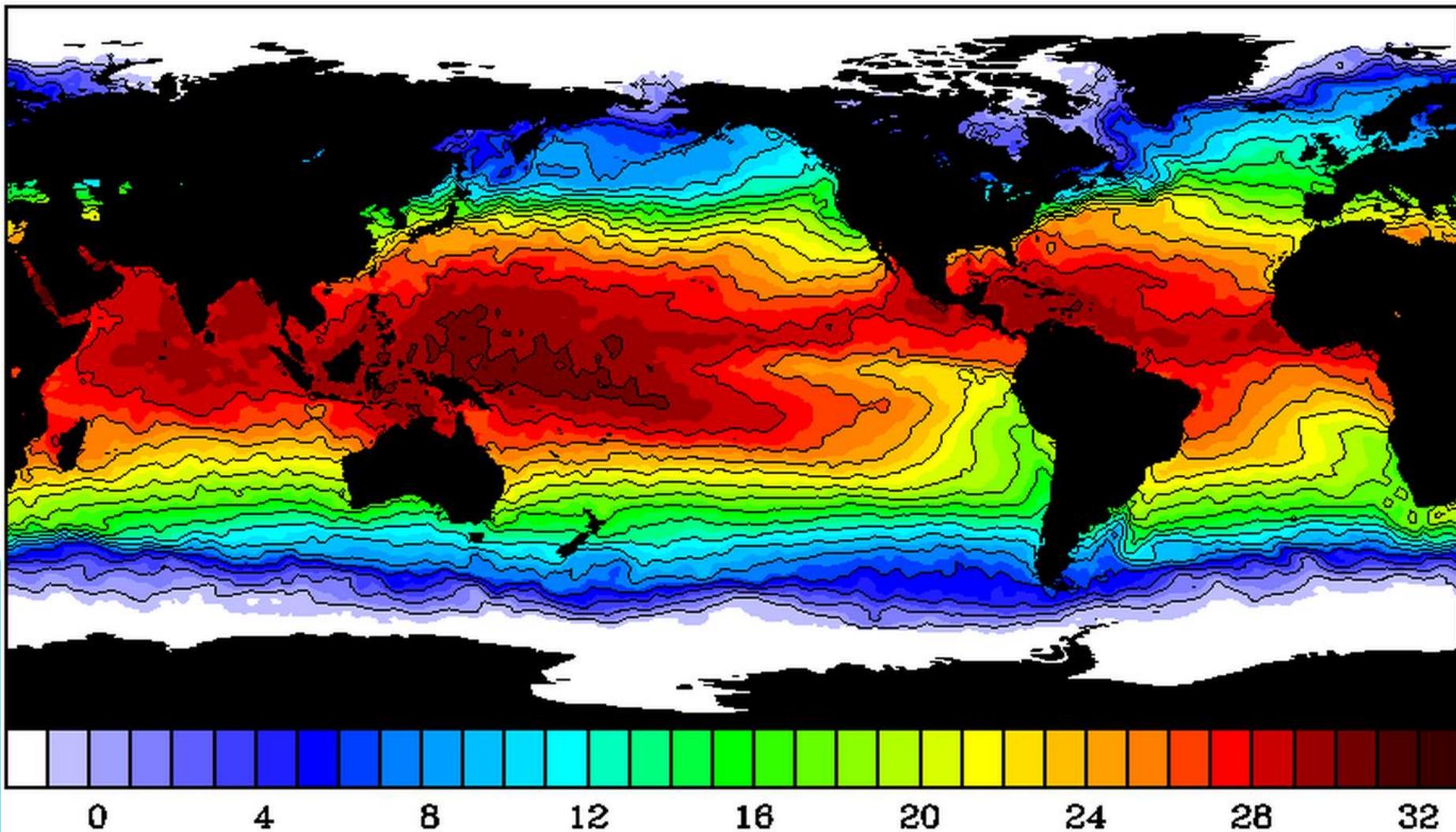
2015



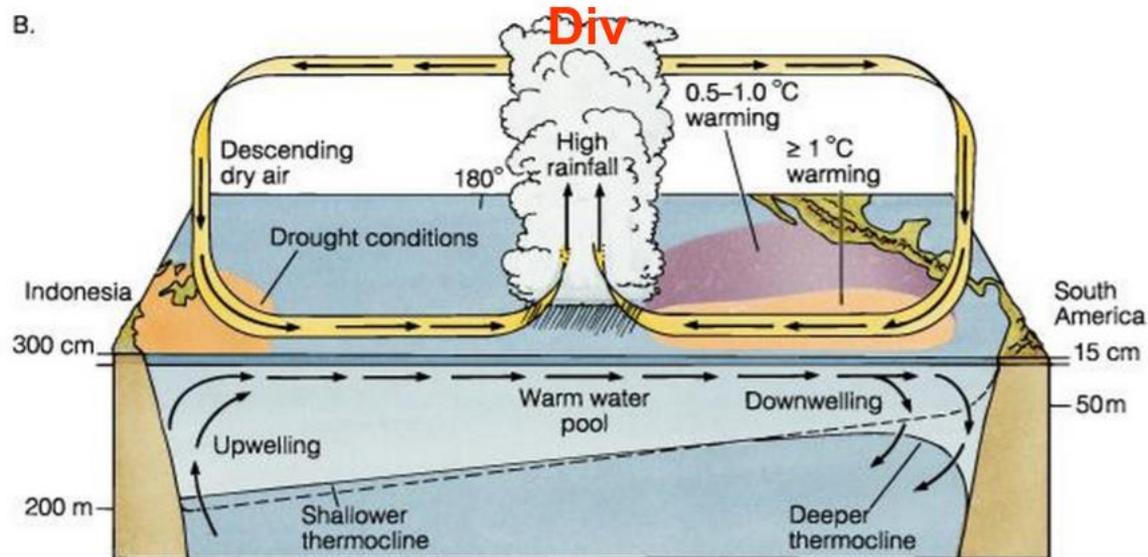
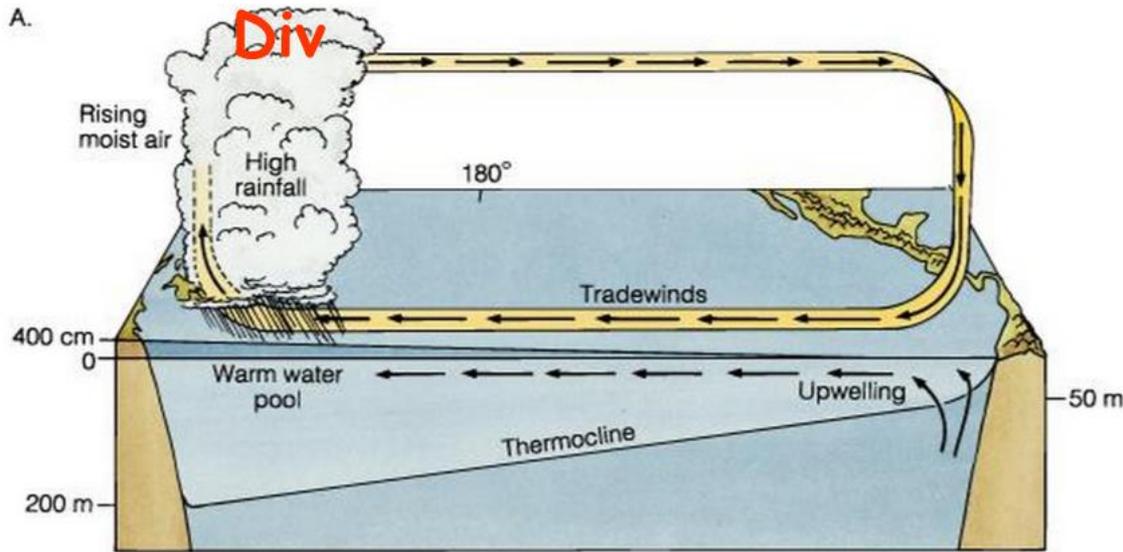
# TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

BMRC/NMC Global SST Analysis

Week Ending 2 Nov 2003



# Condiciones normales / La Niña



# El Niño

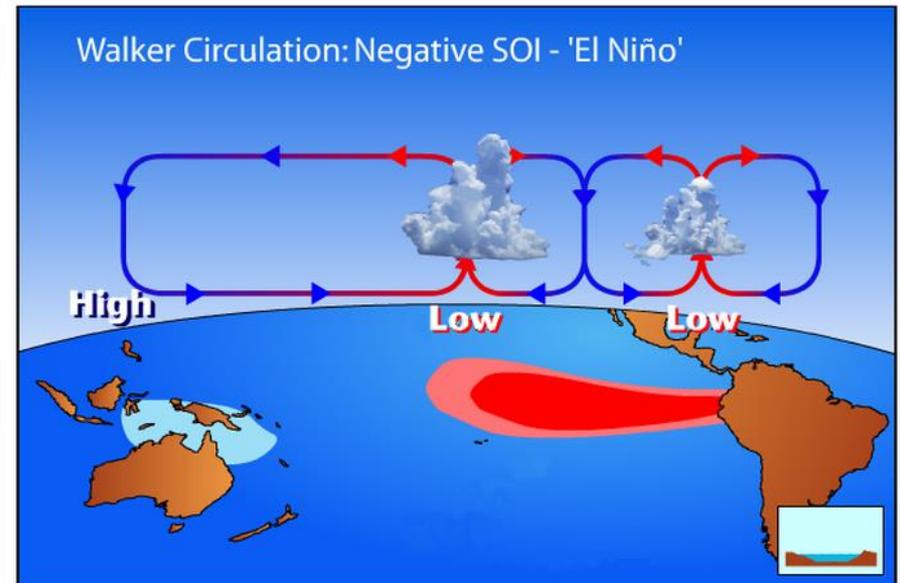
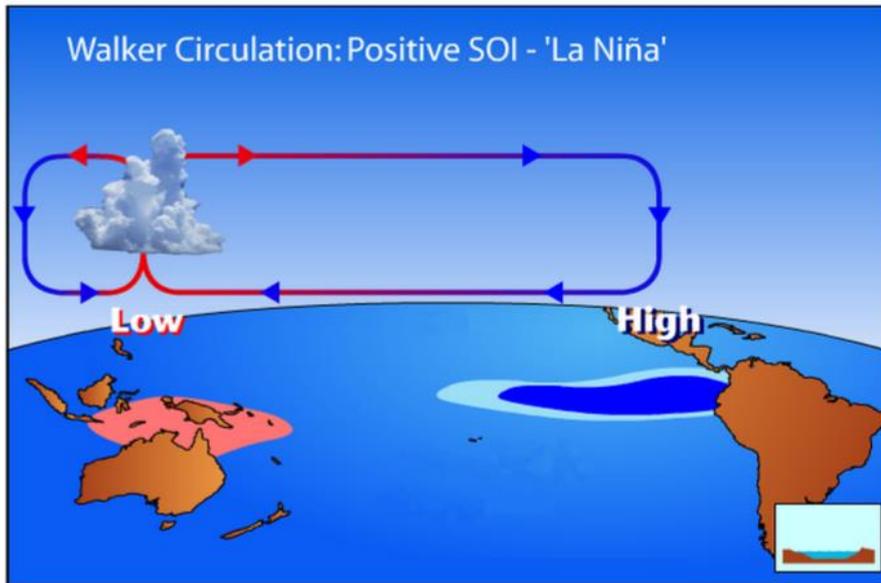
**E**  
**Niño**

componente  
oceánica

**O**  
**scilación**

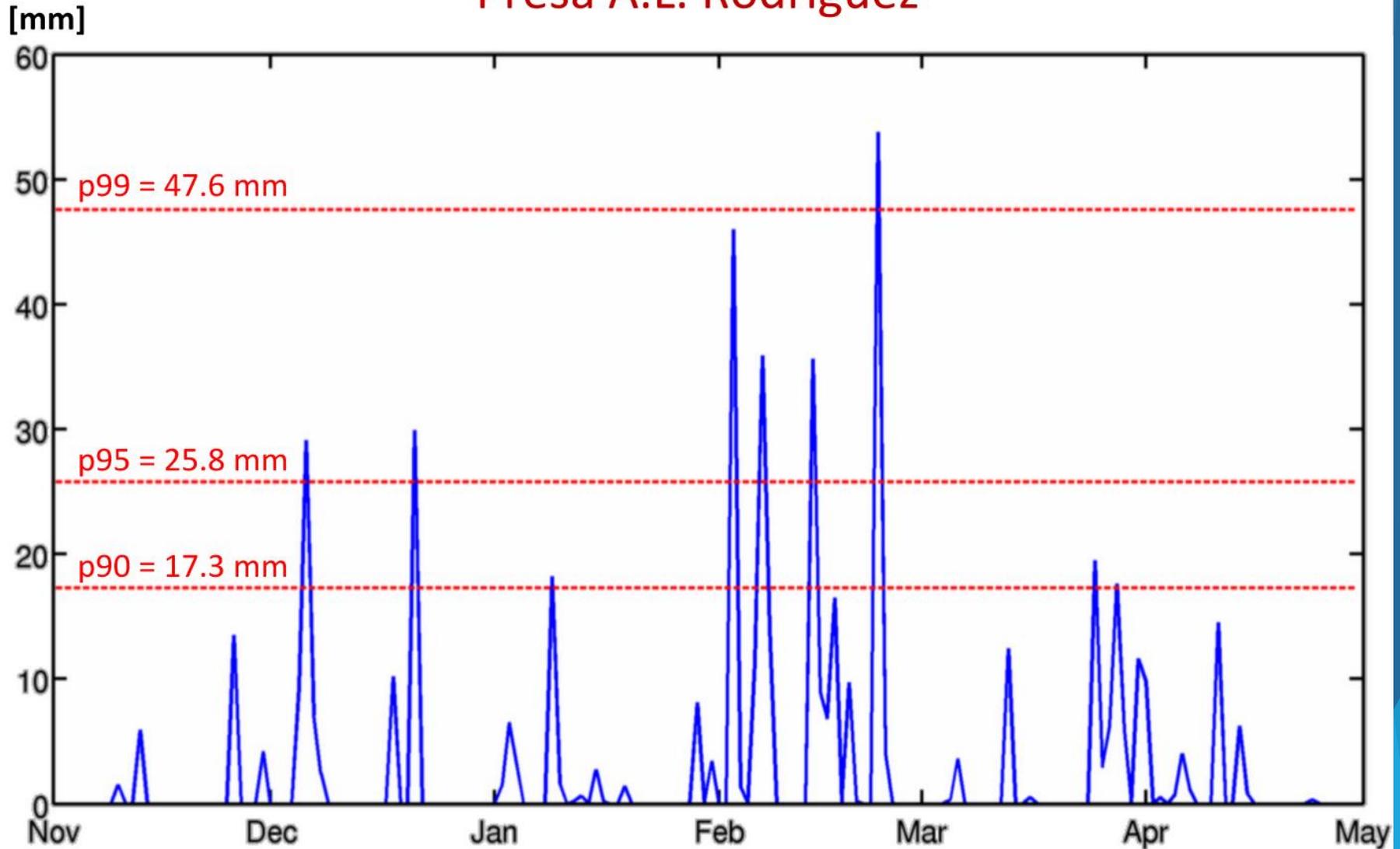
componente  
atmosférica

**S**  
**ur**



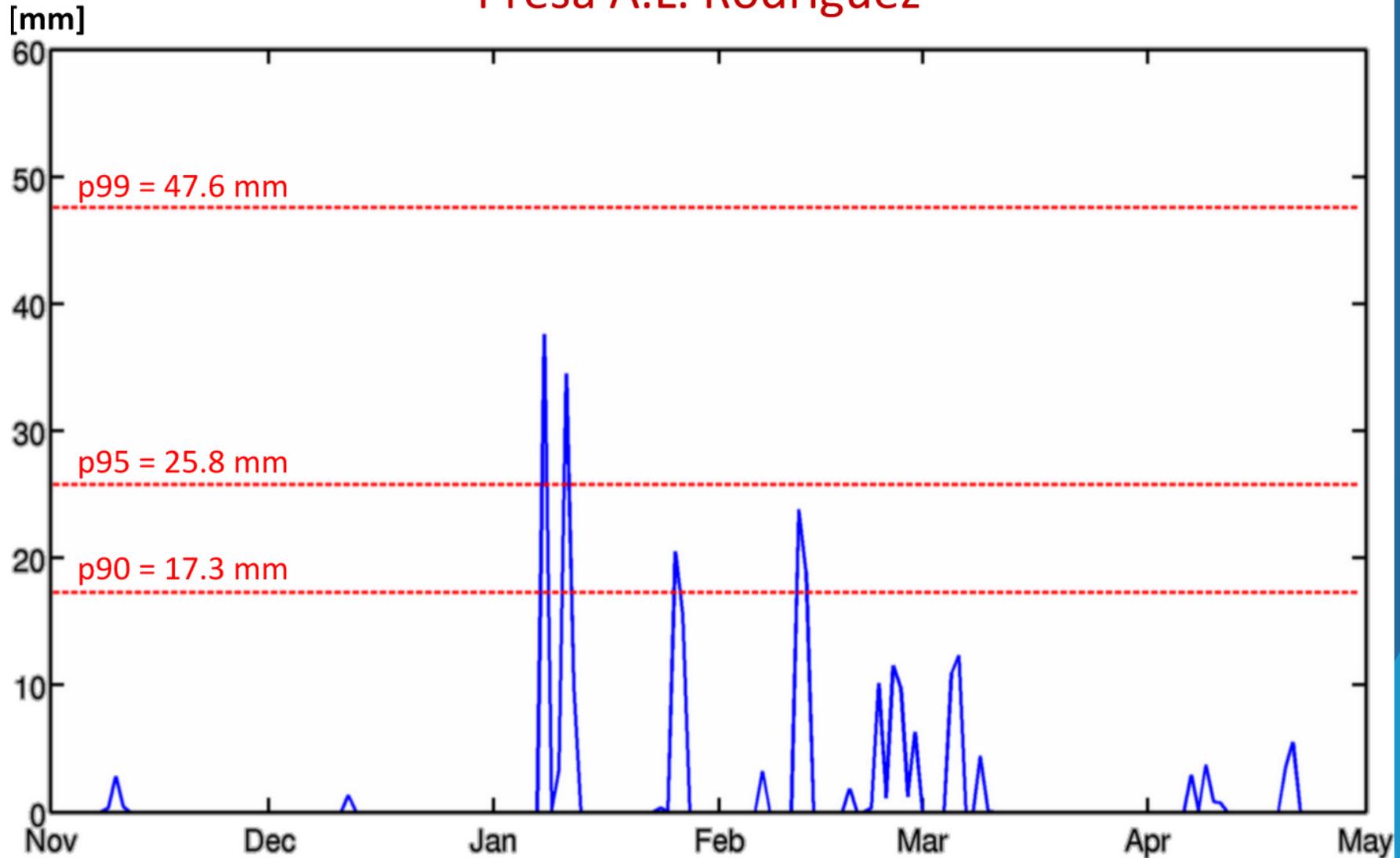
# PRECIPITACIÓN 1997-98 - AÑO NIÑO

Presa A.L. Rodríguez



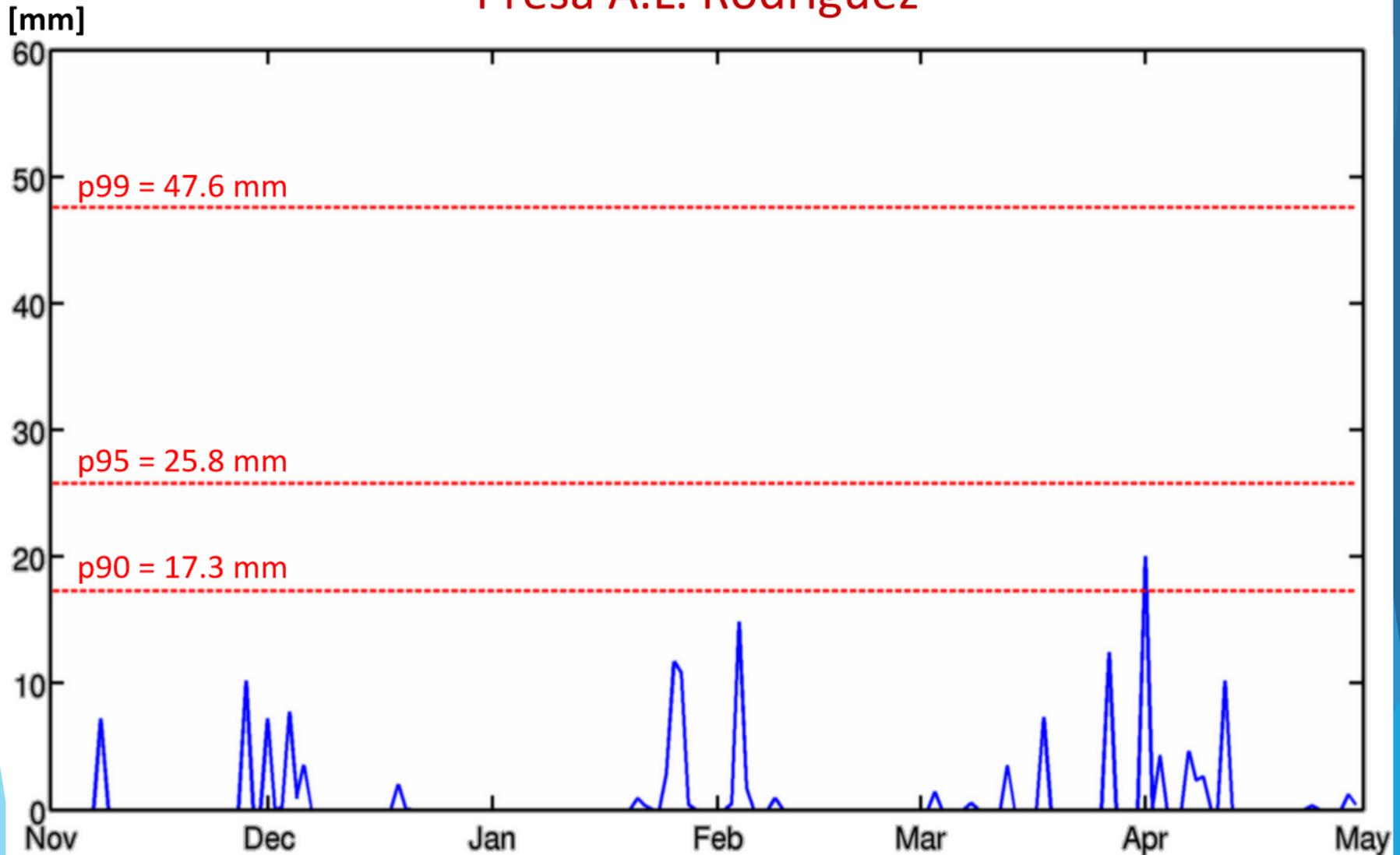
# PRECIPITACIÓN 2000-01 - AÑO NORMAL

Presa A.L. Rodríguez

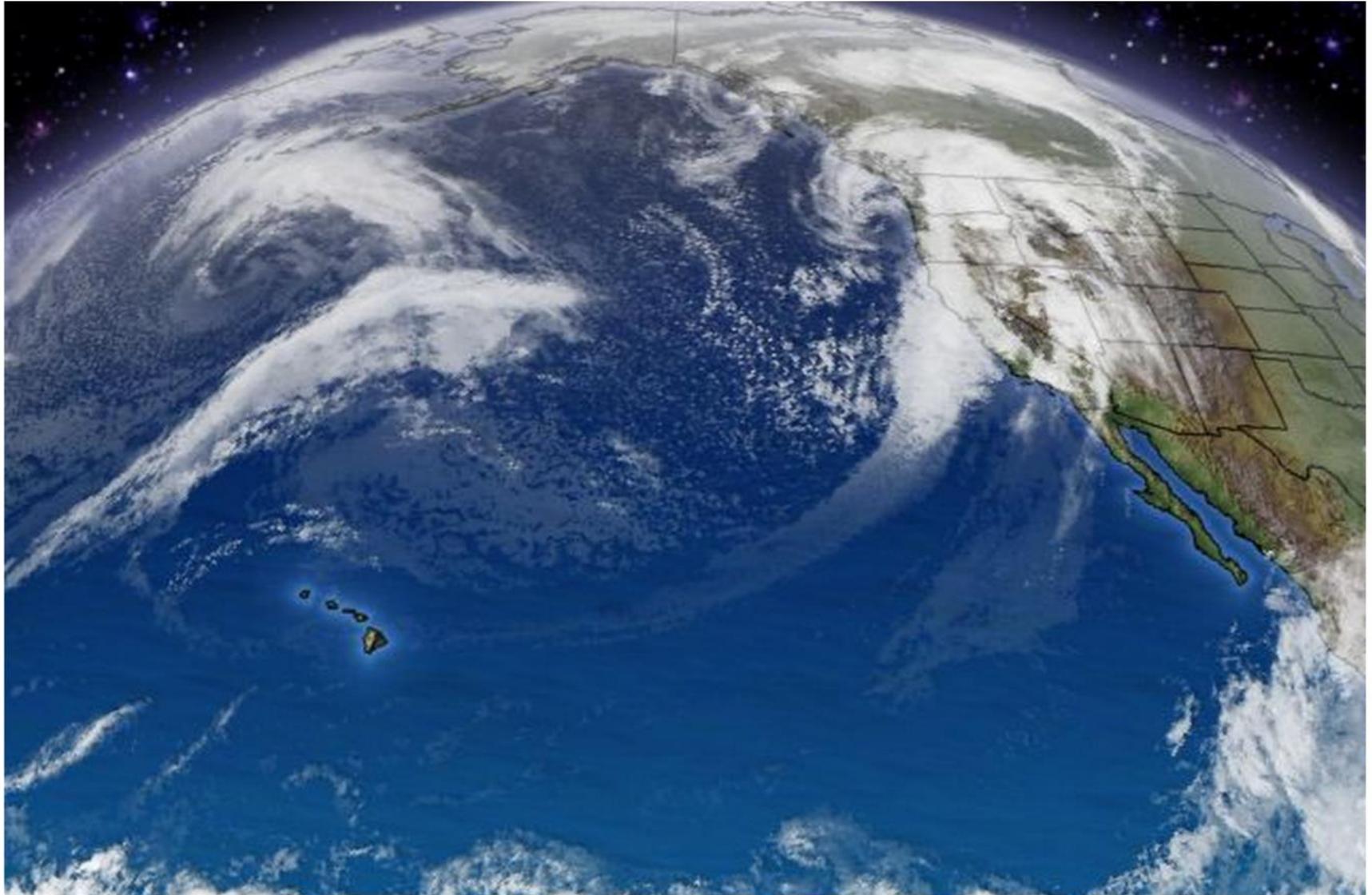


# PRECIPITACIÓN 1998-99 - AÑO NIÑA

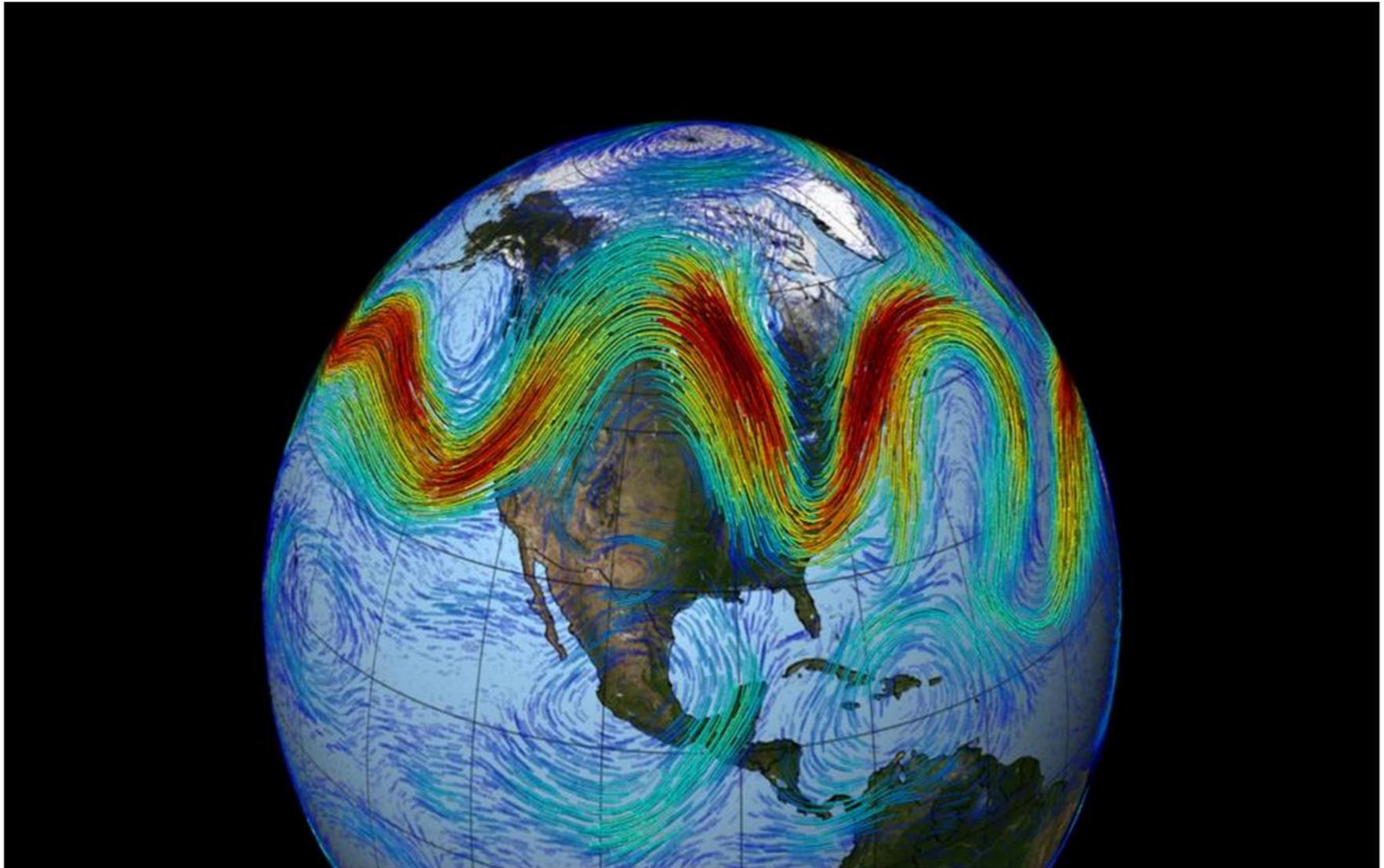
Presa A.L. Rodríguez



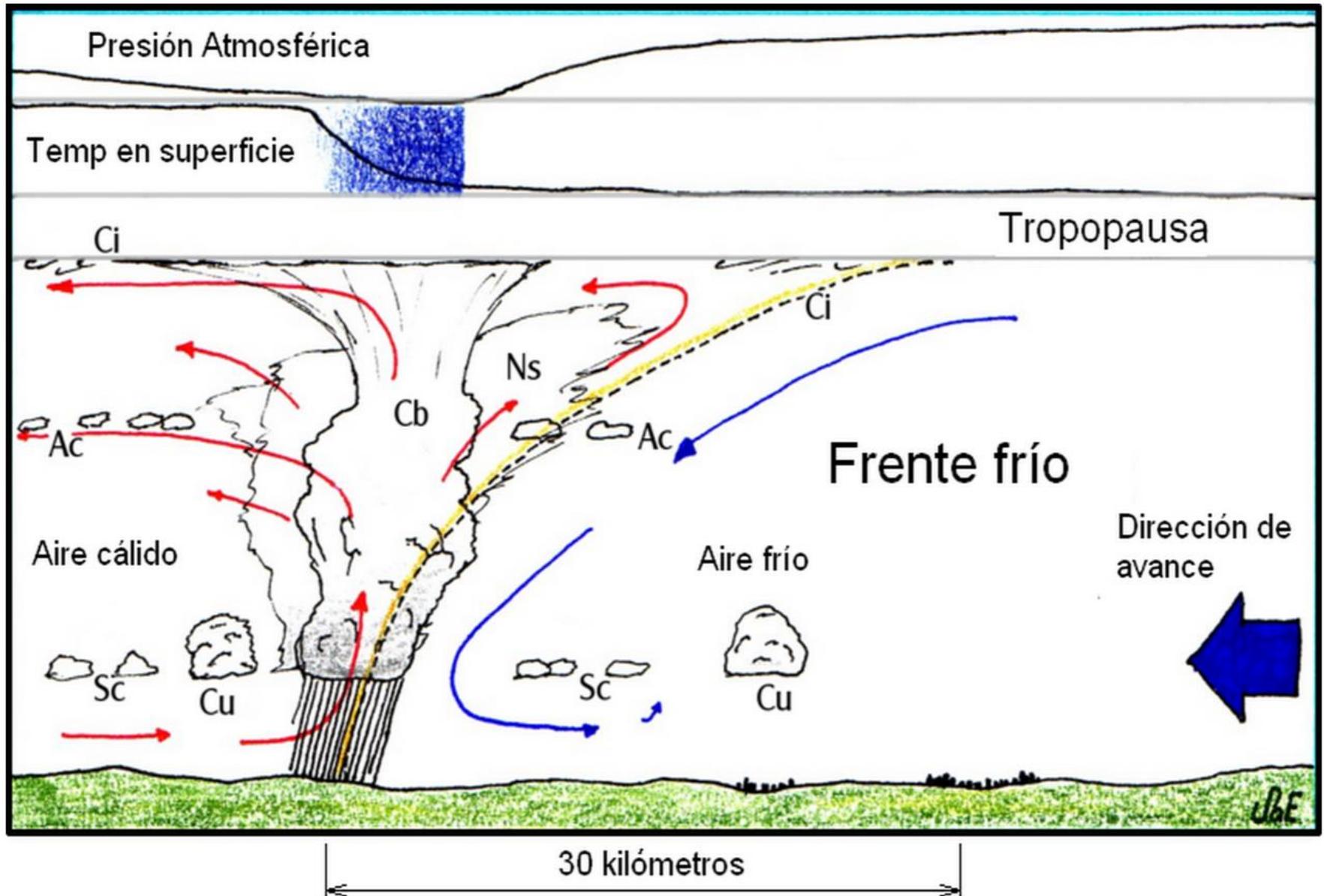
# Sistemas invernales - Frente frío



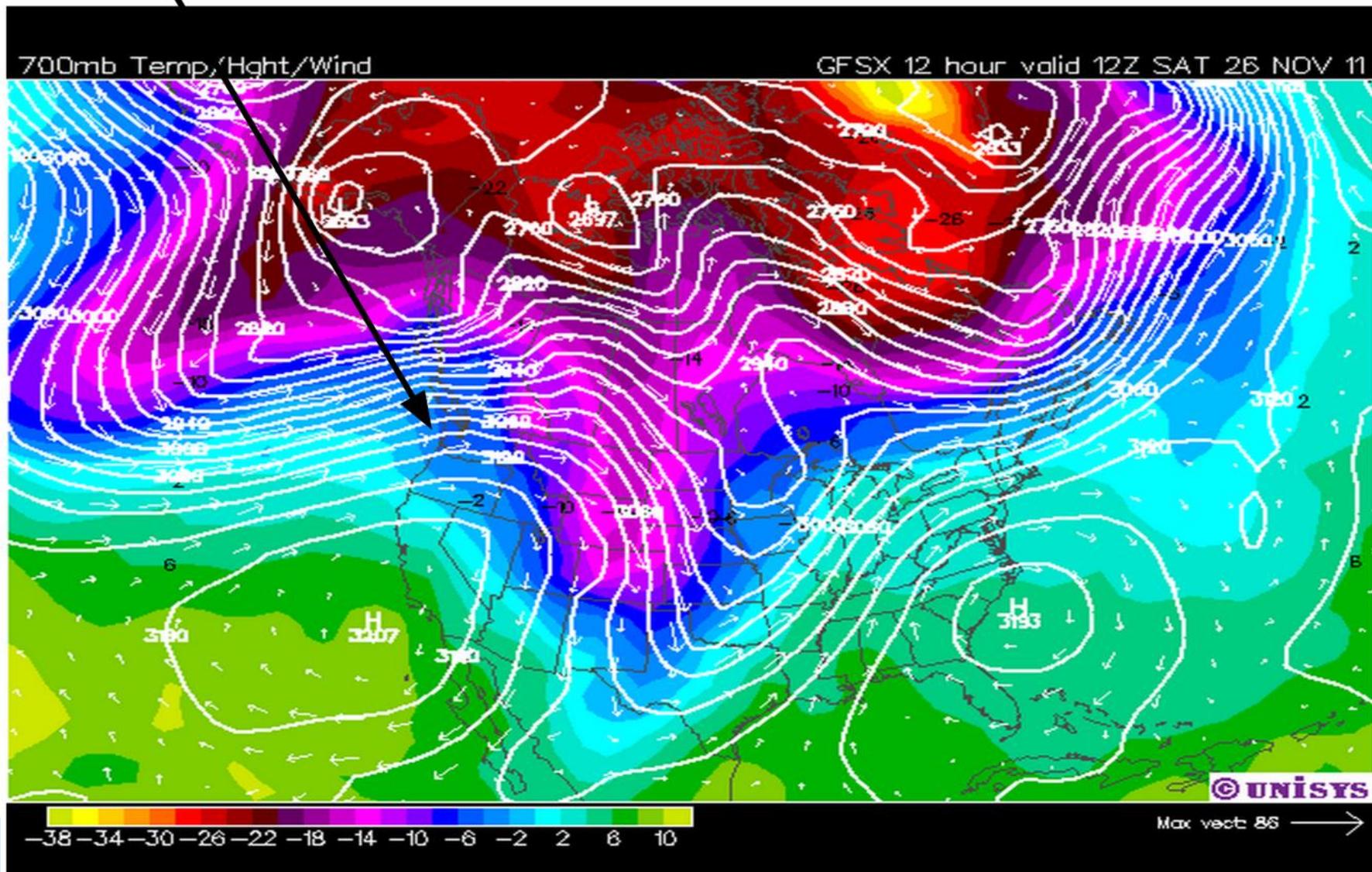
La corriente de chorro que dirige los frentes fríos a nuestra región



El encuentro de un frente frío con aire cálido produce las lluvias invernales



# Ejemplo de corriente de chorro desplazada al Norte

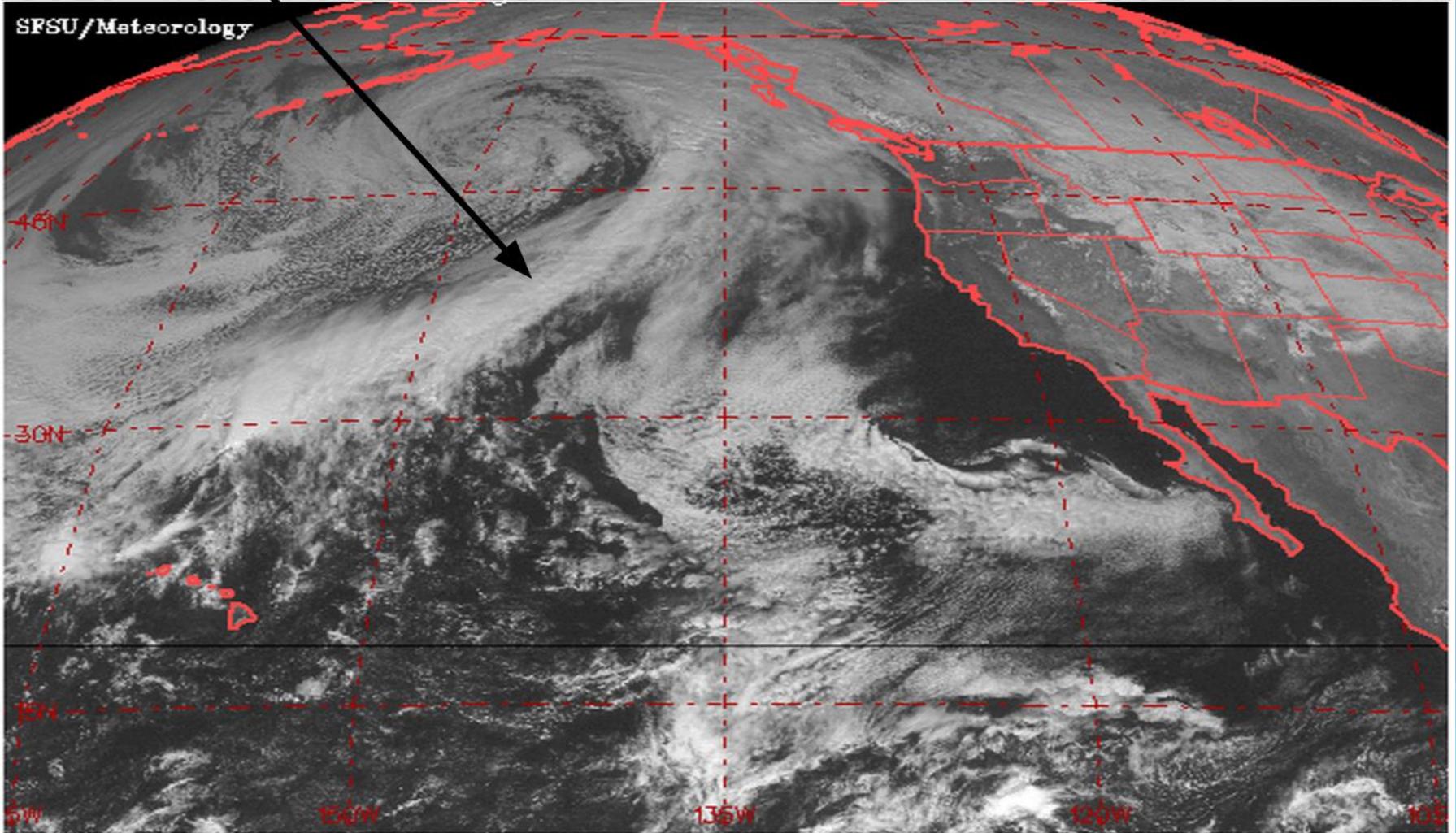


# Ejemplo de corriente de chorro desplazada al Norte

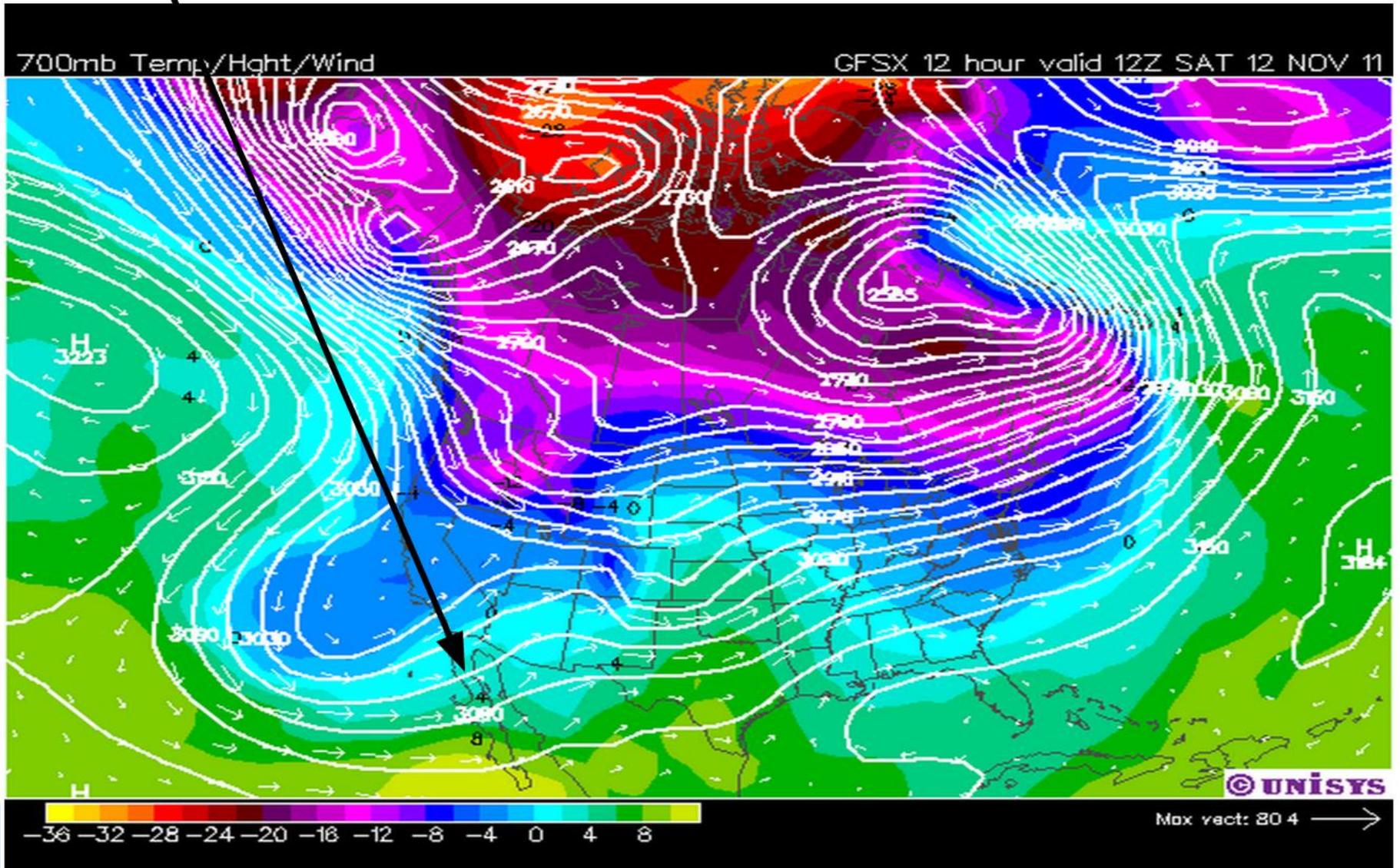
GOES—West Visible Image

2100Z 10 FEB 2011

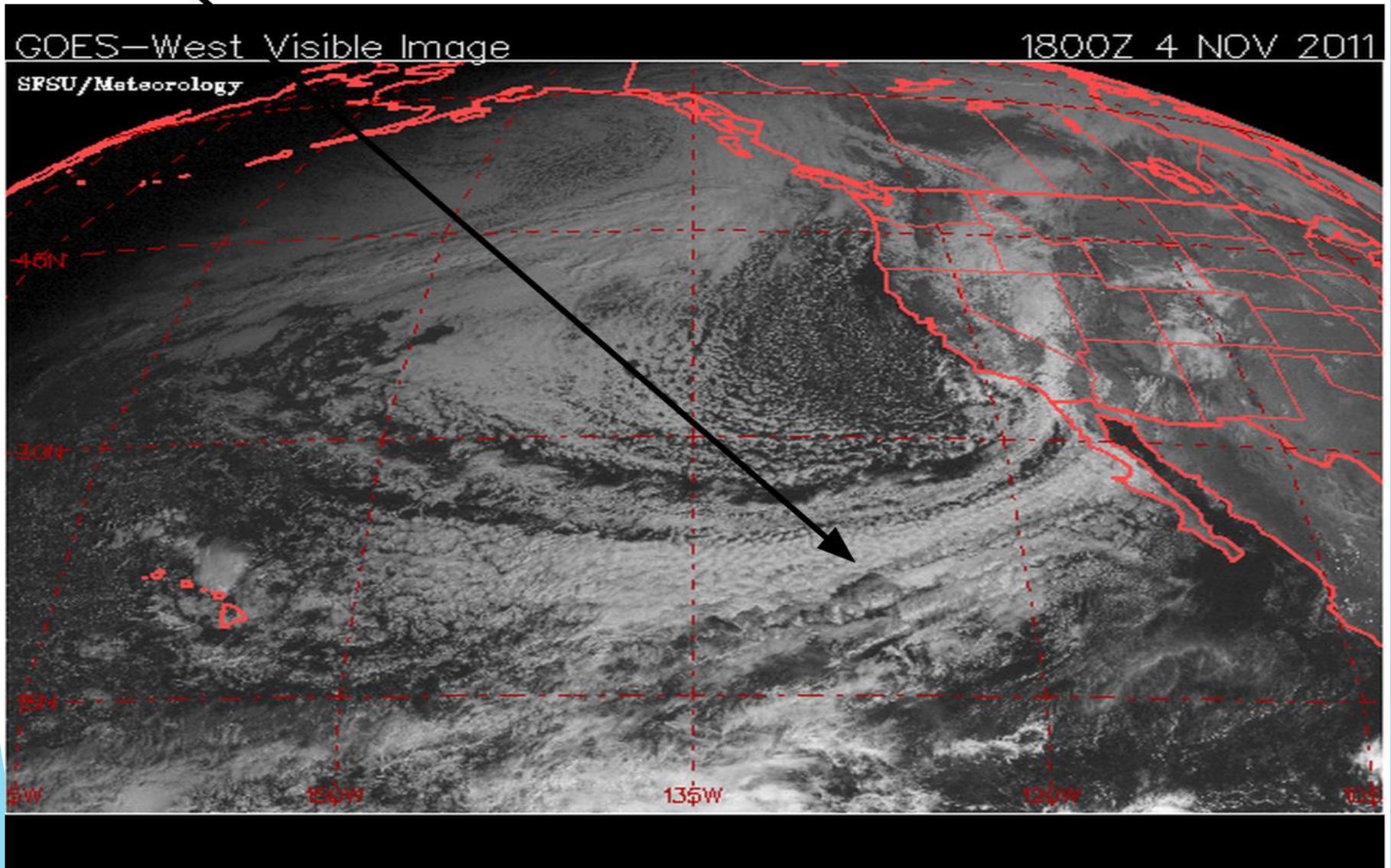
SFSU/Meteorology



# Ejemplo de corriente de chorro desplazada al Sur



# Ejemplo de corriente de chorro desplazada al Sur



# Desarrollo del Fenómeno de la Niña

Este fenómeno se desarrolla cuando la fase positiva de la Oscilación del Sur, alcanza niveles significativos y se prolonga por varios meses.

- ▶ Disminuye la presión del nivel del mar en la región de Oceanía, y un aumento de la misma en el Pacífico tropical y subtropical junto a las costas de América del Sur y América Central; lo que provoca el aumento de la diferencia de presión que existe entre ambos extremos del Pacífico ecuatorial.
- ▶ Los vientos alisos se intensifican, provocando que las aguas profundas relativamente más frías a lo largo del Pacífico ecuatorial, queden en la superficie.
- ▶ Los vientos alisios anormalmente intensos, ejercen un mayor efecto de arrastre sobre la superficie del océano, aumentando la diferencia de nivel del mar entre ambos extremos del Pacífico ecuatorial. Con ello el nivel del mar disminuye en las costas de Colombia, Ecuador, Perú y norte de Chile y aumenta en Oceanía.
- ▶ Como resultado de la aparición de aguas relativamente frías a lo largo del Ecuador, la temperatura superficial del mar disminuye por debajo del valor medio climatológico. Esto constituye la evidencia más directa de la presencia del fenómeno La Niña. Sin embargo las máximas anomalías térmicas negativas son menores a las que se registran durante El Niño.
- ▶ Durante los eventos de La Niña las aguas calientes en el Pacífico ecuatorial, se concentran en la región junto a Oceanía y es sobre esta región, donde se desarrolla la nubosidad y la precipitación más intensa.

# Fases del Fenómeno de la Niña

En 1989 aparece el concepto en la literatura científica

- 1. El Preludio al fenómeno**
- 2. El Inicio del fenómeno**
- 3. El Desarrollo del Fenómeno**
- 4. La Maduración**

# 1. El Preludio al fenómeno La Niña.

Es la terminación del fenómeno El Niño (Oscilación del Sur)

## 2. El Inicio del fenómeno La Niña

- a) Un fortalecimiento de los vientos alisios que se encuentran en la zona de convergencia intertropical, así como un desplazamiento más temprano de esta hacia el norte de sus posición habitual.
- b) Aumento de la convección en el océano pacífico, al oeste del meridiano de  $180^\circ$ , donde la temperatura del agua superficial del océano sube temperatura habitual ( $28$  y  $29^\circ\text{C}$ ).

### 3. El Desarrollo del Fenómeno

- a) Un debilitamiento de la corriente contra ecuatorial, ocasionando que las aguas cálidas proveniente de las costas asiáticas, afecten poco las aguas del pacifico de América.
- b) Una ampliación de los afloramientos marinos, que se producen como consecuencias de la intensificación de los vientos alisios.
- c) El fortalecimiento de la corriente ecuatorial del sur, especialmente cerca del ecuador, arrastrando aguas frías que disminuyen las temperaturas del pacifico tropical oriental y central.
- d) Una mayor cercanía de la termoclina( región donde hay un rápido descenso en la temperatura)a las superficie del mar en el pacifico tropical, lo que favorece la permanencia de especies marinas que encuentran sus alimentos durante periodo largos.

## 4. La Maduración

Es el final del evento La Niña, y ocurre después de que la intensidad de los vientos alisios ha regresado a su estado normal.

# Duración y frecuencia

- ▶ De 9 meses a 3 años, y según su intensidad se clasifica en débil, moderado y fuerte.
- ▶ Es más fuerte mientras menor es su duración, y su mayor impacto en las condiciones meteorológicas se observa en los primeros 6 meses de vida del fenómeno.
- ▶ Por lo general comienza desde mediados de año, alcanza su intensidad máxima a finales y se disipa a mediados del año siguiente.
- ▶ Este fenómeno se presenta con menos frecuencia que el niño y se dice que ocurre por periodo de 3 a 7 años.

# Detección del Fenómeno de La Niña

El Programa Mundial de Investigación Climática de la OMM a través del Programa de Océanos Tropicales y la atmósfera mundial, monitorea el Océano Pacífico Tropical utilizando Boyas fijas, Boyas a la deriva, Mareógrafos, Batí termógrafos y Satélites, los cuales generan información para conocer las condiciones actuales de este, y alimentar los modelos para la predicción del futuro comportamiento y características de la niña.

## Consecuencias de La Niña al clima global

En los trópicos, las variaciones son radicalmente opuestas a las ocasionadas por El Niño.

# Continente Americano

- ❖ Las temperaturas del aire de la estación invernal, se tornan más calientes de lo normal en el Sudeste y más frías que lo normal en el Noreste.
- ❖ En América del Sur, predominan condiciones más secas y más frescas que lo normal sobre El Ecuador y Perú; así como condiciones más húmedas que lo normal en el Noreste de Brasil.
- ❖ En América Central, se presentan condiciones relativamente más húmedas que lo normal, principalmente sobre las zonas costeras del mar Caribe.

## México

Provoca lluvias excesivas en el centro y sur del país, sequías y lluvias en el norte de México, e inviernos con marcada ausencia de lluvias.

# Fenómeno de La Niña y El Niño

Son variaciones normales en las temperaturas de la superficie del mar, que han existido desde hace millares de años y que continuarán existiendo, sin que el hombre puede interferir.

# Hurricanes



## Origen de la palabra "Huracán"

Dios del Caribe "Hurican" es derivado de la palabra Maya dios "Hurakan", uno de sus dioses creadores, quien sopló su aliento a través del agua caótica y trajo tierra seca y más tarde destruyó a los hombres de madera con una tormenta e inundaciones.

- **HURACÁN** derivado de "Hurican",  
ii dios del Caribe del mal !!

# Huracán

**Término genérico para un sistema de vientos en forma de espiral que se desplaza sobre la superficie terrestre.**

**Tiene circulación cerrada alrededor de un punto central.**



# Introducción – Huracán

- ❖ En el Océano Pacífico se les conoce como tifones.
- ❖ Los huracanes se forman sobre los mares y océanos de las zonas tropicales con aguas cálidas.
- ❖ Se observan en todas las áreas oceánicas tropicales excepto el Atlántico Sur y el Pacífico Sur.

## Condiciones ambientales para la formación de ciclones tropicales

Aguas oceánicas calientes de al menos  $27^{\circ}$  C ( $80^{\circ}$  F)

Aire húmedo, caliente

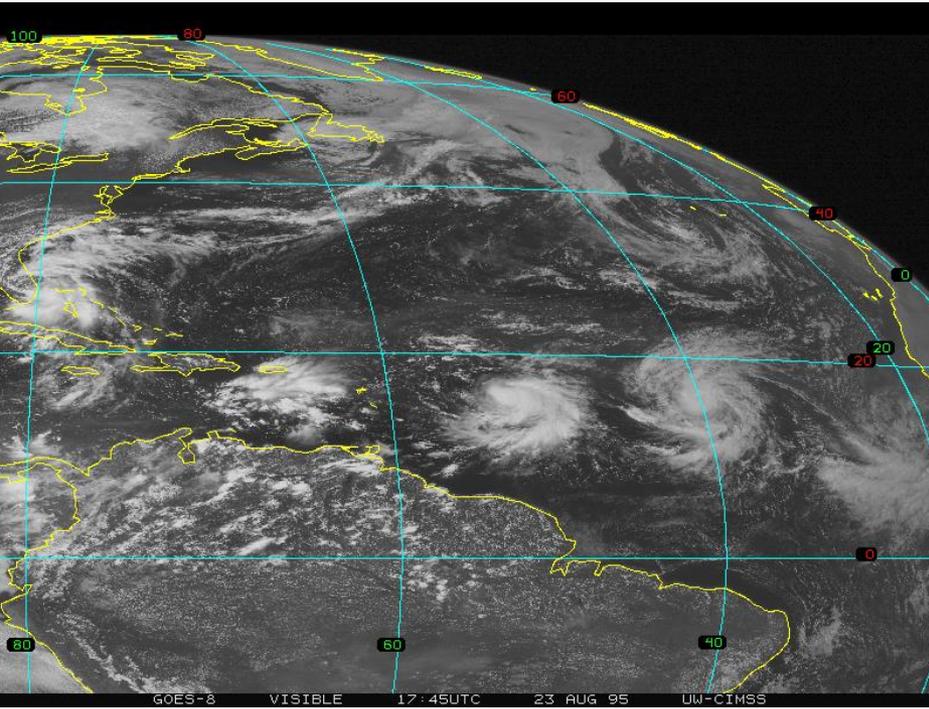
Capas relativamente húmedas cerca de la troposfera (5 Km.)

Distancia mínima de al menos 500 Km. del ecuador

Disturbios previos cerca de la superficie con suficiente convergencia y vertiginosidad

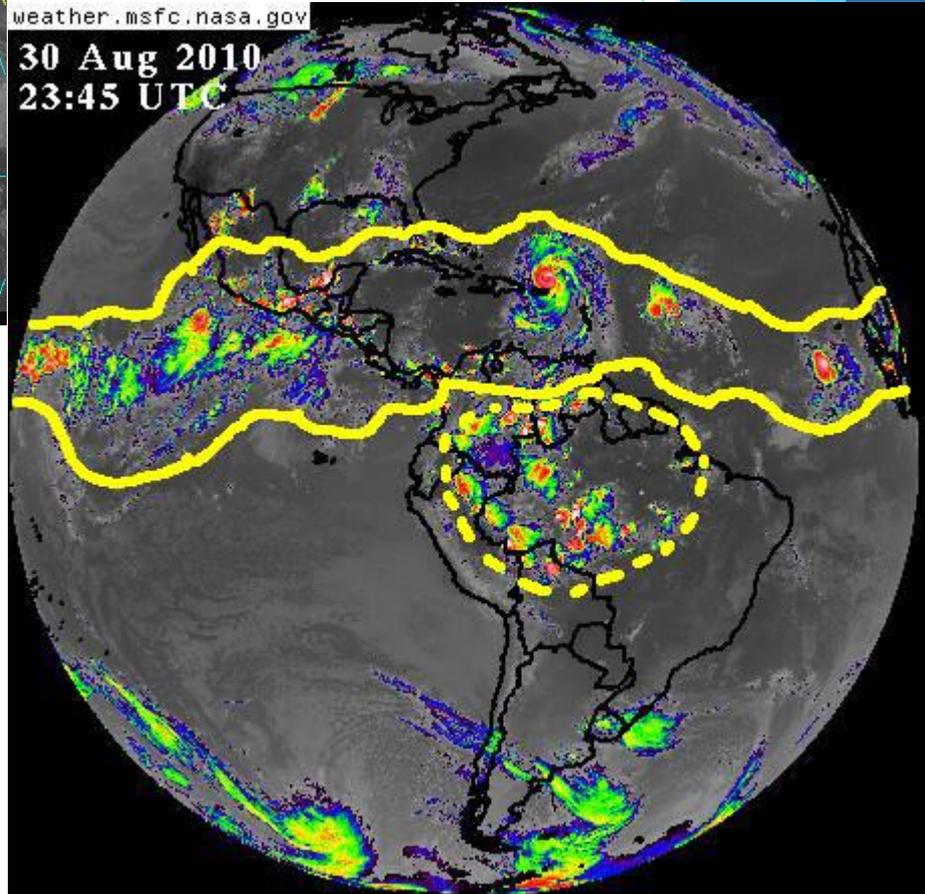
Valores bajos (menos de 37 KPH) de vientos verticales entre la superficie y la troposfera superior.

# Ondas Tropicales

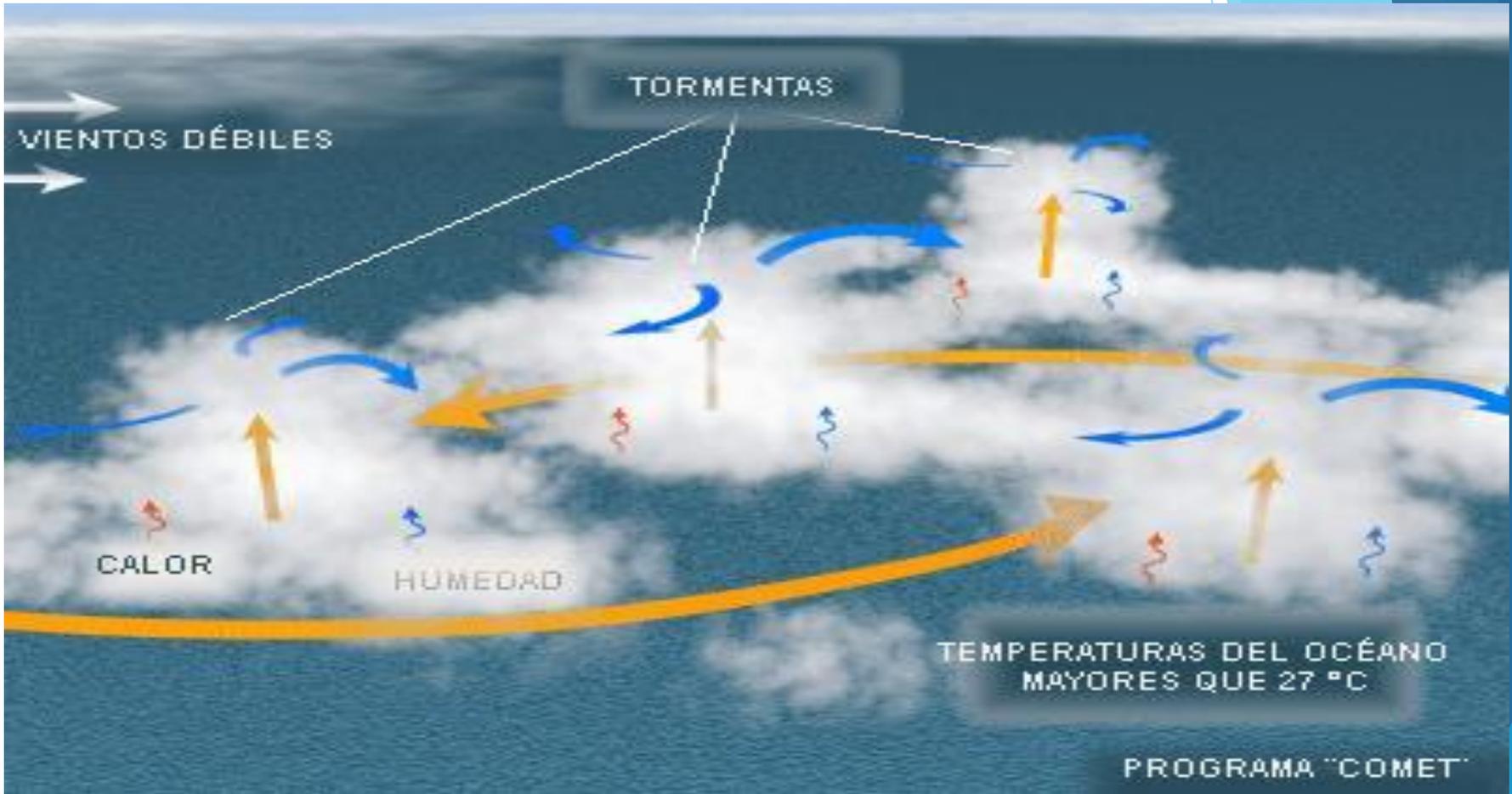


weather.msfc.nasa.gov

30 Aug 2010  
23:45 UTC



# Lámina de la Formación



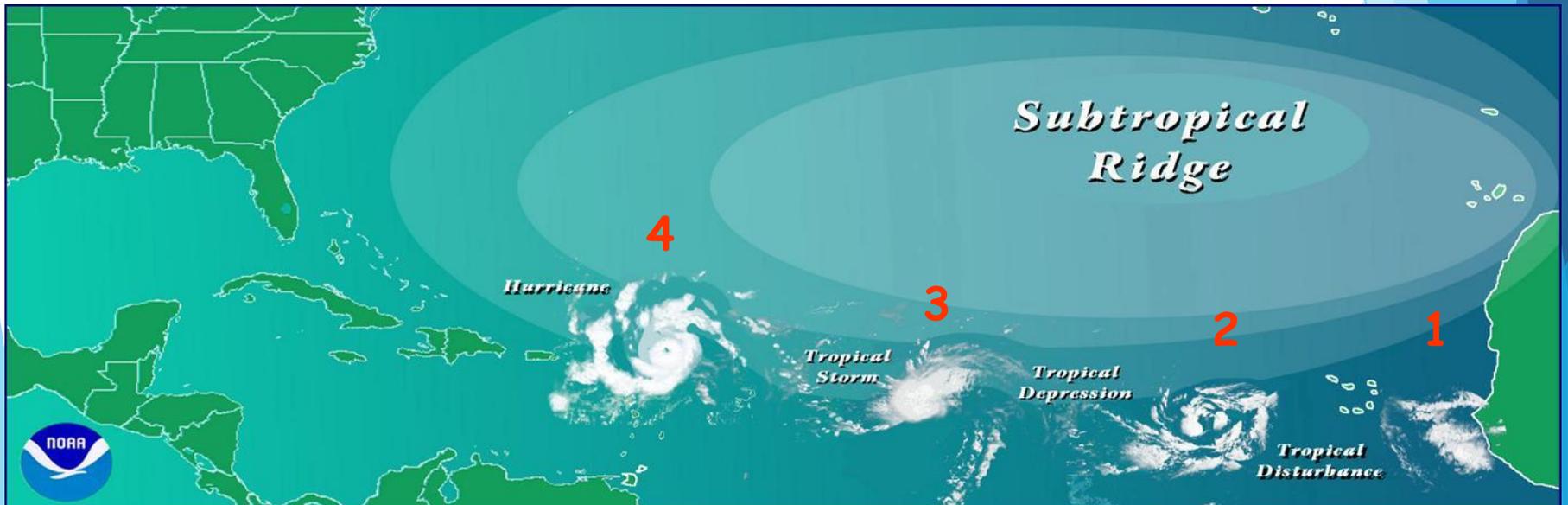
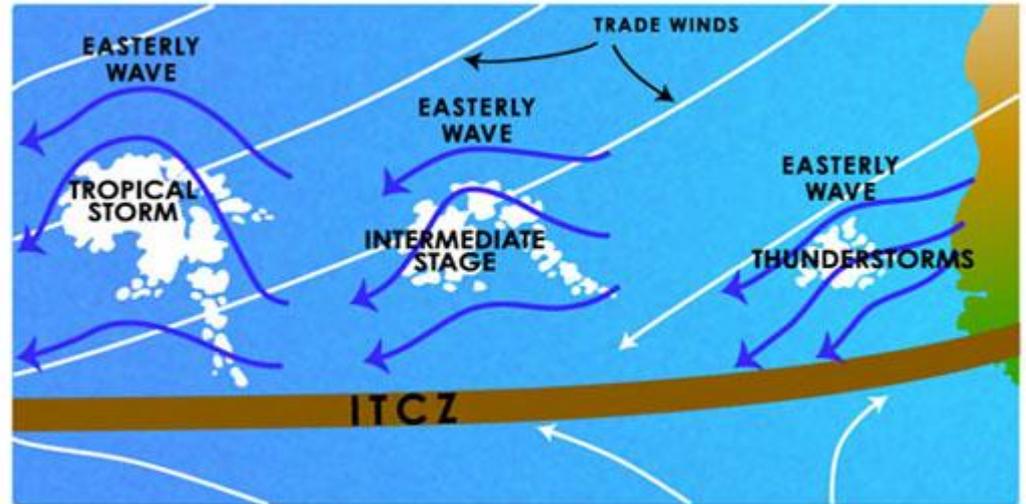
# Secuencia en la formación de huracanes:

Disturbios tropicales

Depresión tropical

Tormenta tropical

Huracán



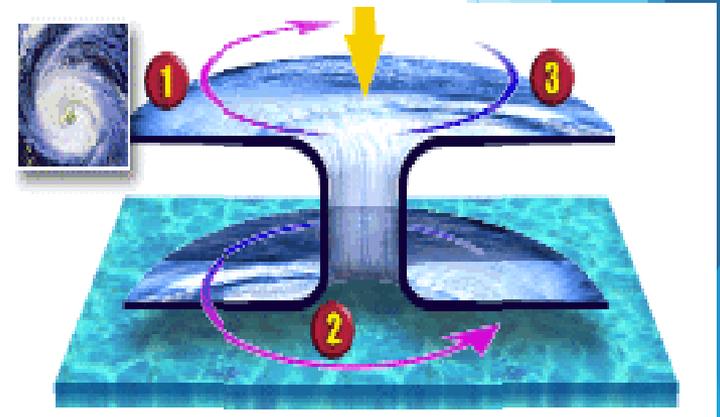
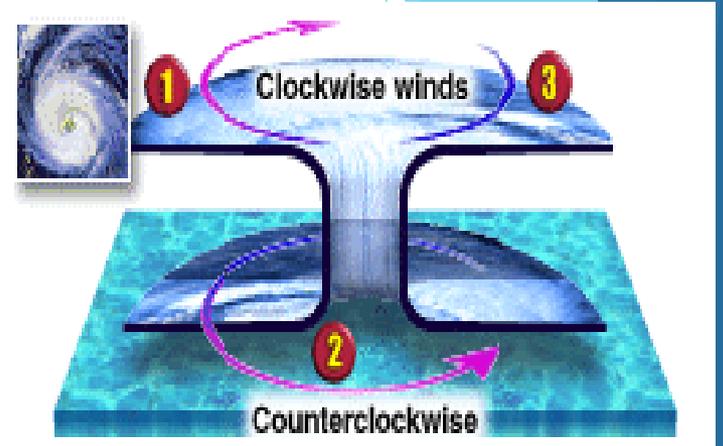
# formación de huracanes (1)

El viento empuja las nubes en el sentido de las manecillas del reloj

Luego el agua se mueve contrario a las manecillas del reloj.



El aire se hunde en el centro (el ojo).

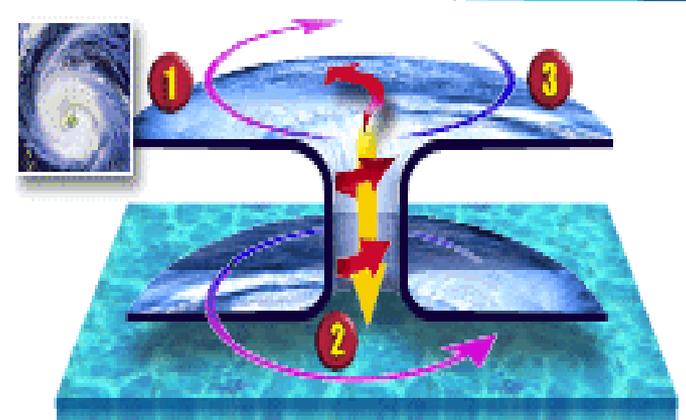
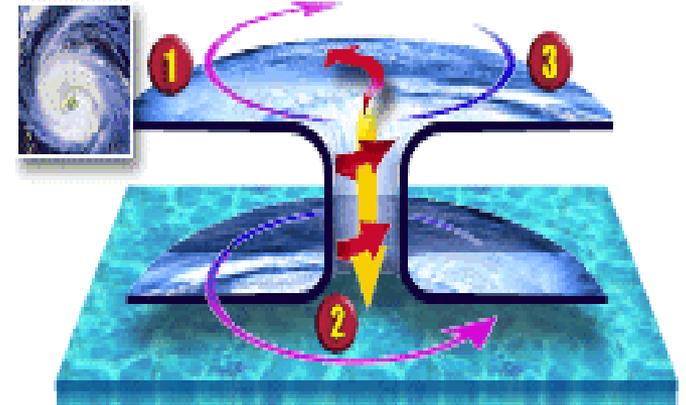


## formación de huracanes (2)

→ Espirales de viento alrededor del ojo, donde el huracán es más fuerte.



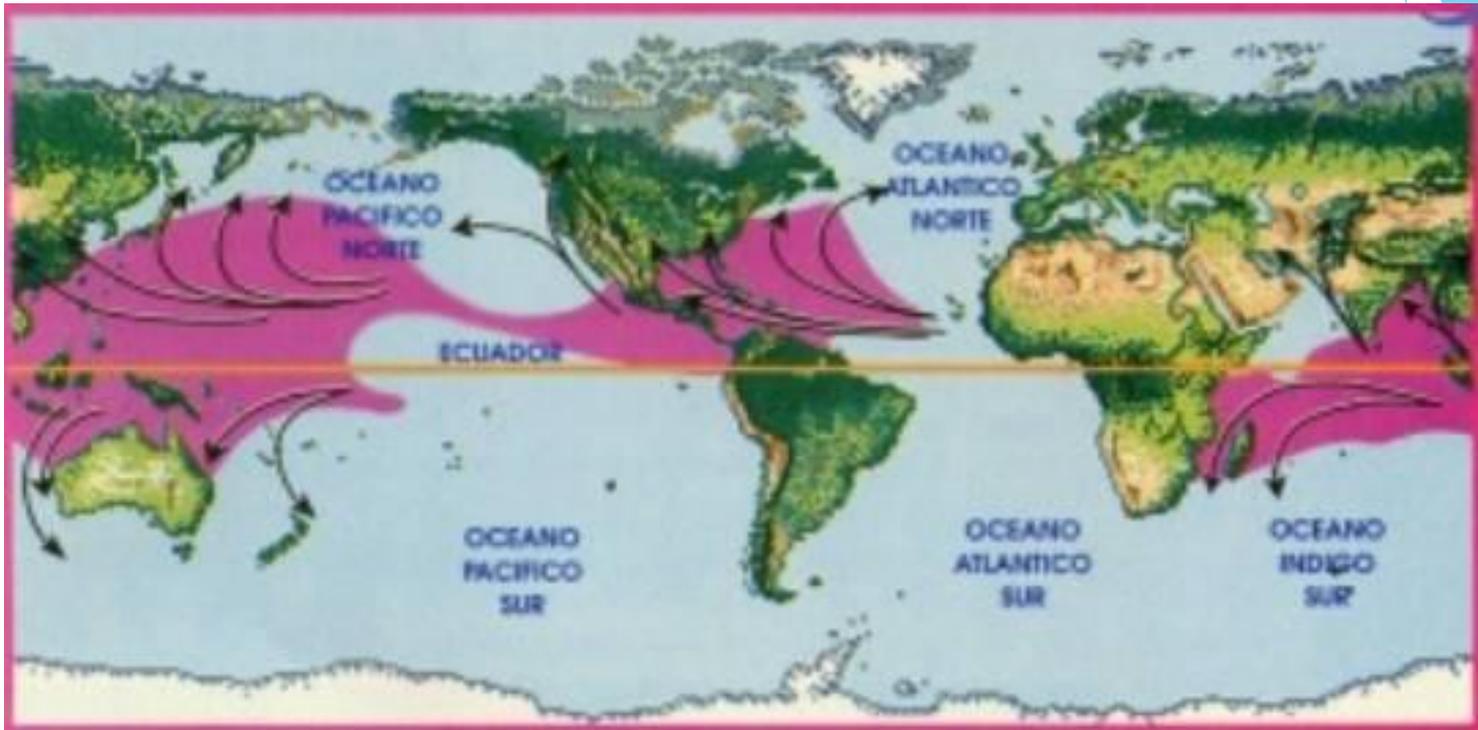
Al fluir más alto el viento se vuelve más débil y circula en sentido de las manecillas del reloj.



# Estructura del huracán



# Zonas Ciclogeneticas



# Introducción - Huracán

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la intensidad de sus vientos sostenidos:

- ▶ **Onda Tropical** - sistema de nubes desorganizado con relámpagos y truenos.
- ▶ **Depresión Tropical** - un sistema organizado de nubes con una circulación definida y cuyos vientos máximos sostenidos son menores de 39 mph. Se considera un ciclón tropical en su fase formativa.

# Introducción - Huracán

- ▶ **Tormenta Tropical** - un sistema organizado de nubes con una circulación definida y cuyos vientos máximos sostenidos fluctúan entre 39 y 73 mph.
- ▶ **Huracán** - un ciclón tropical de intensidad máxima en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan las 74 mph. Tiene un centro muy definido con una presión barométrica muy baja en éste. Vientos de más de 150 mph. han sido medidos en los huracanes más intensos.

# Categorías De Huracanes

Para medir la intensidad de los huracanes se usa la escala de Saffir-Simpson. Esta escala los clasifica por la velocidad de sus vientos, presión barométrica, marejada ciclónica y potencial de daños.

Escala Saffir-Simpson			
Denominación	Categoría	Velocidad del viento (km/h)	Presión mínima (hPa)
Depresión Tropical	TD	< 63	-
Tormenta Tropical	TS	64 - 118	-
Huracán	Cat 1	119 - 153	> 980
Huracán	Cat 2	154 - 177	979 - 965
Huracán	Cat 3	178 - 210	964 - 945
Huracán	Cat 4	211 - 250	944 - 920
Huracán	Cat 5	> 251	< 920

# Afectaciones asociadas a Huracanes

- ▶ Inundación pluvial por exceso de precipitación
- ▶ Inundación Fluvial
- ▶ Marea de Tormenta
- ▶ Vientos



# Amenazas a la salud directamente relacionadas a los huracanes

## Vientos fuertes



## Marejada de tormenta



## Inundaciones



## Tornados



Amenazas a la salud directamente relacionadas al huracán: Fuertes Vientos

**Energía del viento = velocidad del viento  
al cuadrado ( $E = V^2$ )**

**2 veces la velocidad del viento  
=  
4 veces energía destructiva**



## Amenazas a la salud directamente

relacionadas a los huracanes: Vientos fuertes

- La intensidad de un huracán al tocar tierra es expresada en términos de categorías que relacionan la velocidad del viento y el daño potencial (Escala Saffir-Simpson)
- ¡Huracán categoría 4 (vientos de 131-155 MPH) causa 100 veces más daño que una tormenta categoría 1!

# Amenazas a la salud directamente relacionadas a los huracanes:

## Lluvia e inundaciones



- **Responsable del 59% de las muertes asociadas con ciclones tropicales en los EUA.**
- **La lluvia intensa no está directamente relacionada a la velocidad del viento. Algunas de las lluvias más intensas ocurren de tormentas débiles que se mueven lentamente o permanecen mucho tiempo en un área.**



Marea de  
Tormenta

# Hurricanes



**H. JULIETTE-2001**



## ¿Qué es un tornado?

Un tornado es un vendaval muy violento caracterizado por una nube giratoria en forma de embudo

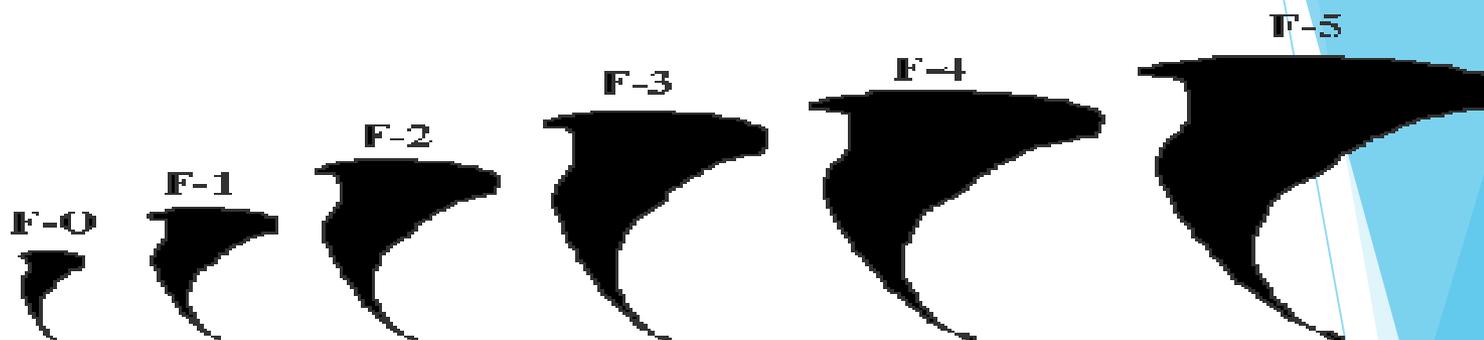
# Introducción - Tornado

**Se genera durante tormentas eléctricas (o, en ocasiones, como resultado de un huracán) y se produce cuando el aire frío se extiende sobre una capa de aire caliente, obligando al aire caliente a elevarse rápidamente.**

# Introducción - Tornado

- ▶ Los tornados son las tormentas más violentas de la naturaleza.
- ▶ Como promedio, cada año se reportan más de 1000 tornados en los Estados Unidos, ocasionando unas 80 muertes y más de 1,500 heridos.

# Escala de Tornados



## Escala de Tornados de Fujita - Pearson

**F-0:** 40-72 mph, daños en chimeneas, ramas de árboles rotas

**F-1:** 73-112 mph, casas móviles desprendidas de sus bases o volcadas

**F-2:** 113-157 mph, daños considerables, las casas móviles quedan demolidas y los árboles son arrancados de raíz

**F-3:** 158-205 mph, techos y paredes arrancados, trenes volcados, automóviles lanzados

**F-4:** 207-260 mph, paredes bien construidas derribadas

**F-5:** 261-318 mph, casas levantadas de sus cimientos y transportadas a distancias considerables, automóviles lanzados a una distancia de hasta 100 metros



Una **tromba marina** , es una clase de tornado que se da sobre el agua.

# Introducción - Trombas marinas

Las trombas marinas son columnas giratorias de aire húmedo en ascensión que suelen formarse sobre agua templada. Las trombas pueden ser tan peligrosas como los tornados y pueden desarrollar vientos de más de 200 kilómetros por hora. Muchas trombas se forman lejos de las tormentas e incluso con un tiempo relativamente bueno. Pueden ser bastante transparentes, e inicialmente sólo se ven gracias a la extraña silueta que forman sobre el agua.

# Trombas marinas

**Al debilitarse, toda el agua mantenida en suspensión se libera y cae como un gran aguacero pudiendo hundir un barco pequeño que se halle cerca en ese momento.**

# Trombas marinas

Después de formadas aumentan su tamaño. Su duración por lo general es de media hora. Antes de desaparecer empiezan por disminuir su diámetro hasta que el mar recobra su aspecto normal.

Estos torbellinos de agua y viento son muy frecuentes en el Océano Pacífico, en las cercanías de la China y del Japón. Sus efectos son muy desastrosos, en especial para la embarcación pequeña.

El diámetro de la columna de la tromba puede ser tan pequeño como de 1 metro o puede alcanzar los 200 metros de ancho.

