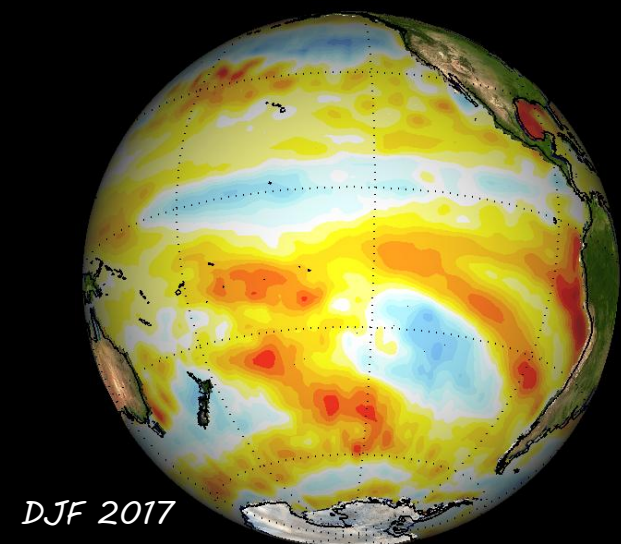
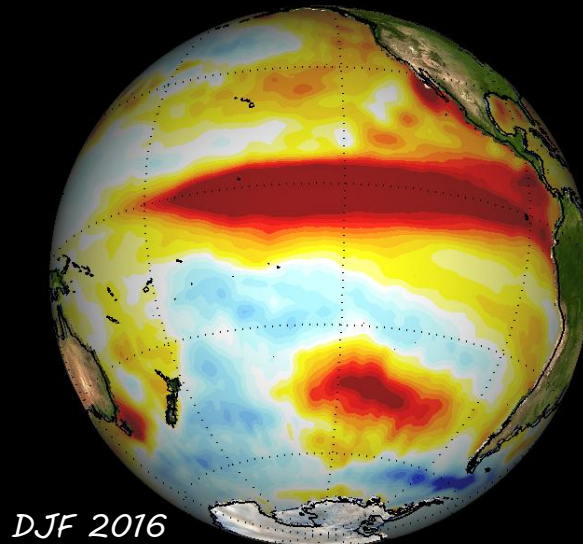
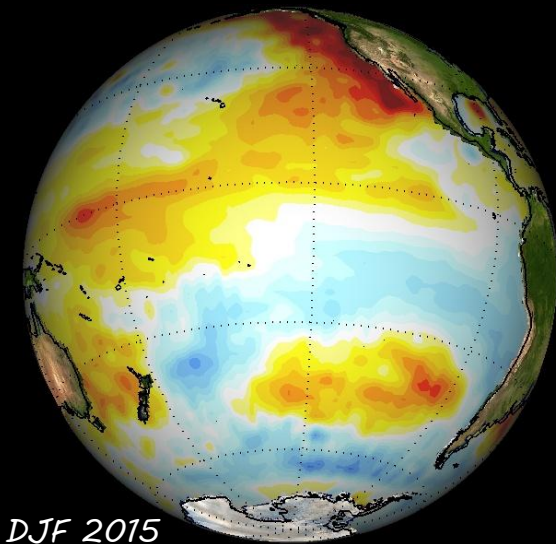


Piura - Perú
23 de Mayo 2018

El Niño: Un viejo conocido no deja de sorprendernos



René D. Garreaud^{1,2}

1. Centro del Clima y la Resiliencia, CR2
2. Departamento de Geofísica, Universidad de Chile

Un climatólogo en el epicentro de El Niño...

Mi respeto por todas las víctimas de El Niño a lo largo de la historia de esta región

Mi reconocimiento a mis colegas del Perú (Lagos, Takahashi, Sulca, Espinoza, Martínez y muchos otros) que han contribuido a la comprensión de este fenómeno

Estructura

- El Niño: de la aldea local a global *Super-Star*
- Física de ENOS (elementos básicos)
- Impactos en Sud América (costa oeste)
- Tres niños sorprendentes (2014, 2016, 2017)
- La Niña 2018, hoy y mañana
- Pasado mañana (cambio climático)

Desde cuando conocemos El Niño?

Hidrografía oceánica

DISERTACIÓN SOBRE LAS CORRIENTES OCEÁNICAS Y ESTUDIOS DE LA CORRIENTE PERUANA Ó DE HUMBOLDT, POR EL CAPITÁN DE NAVÍO D. CAMILO N. CARRILLO, VICE-PRESIDENTE DE LA SOCIEDAD GEOGRÁFICA; LEÍDA EN LA NOCHE DEL 27 DE MAYO EN EL SALÓN DE LA SOCIEDAD, Y PUBLICADA EN ESTA SECCIÓN POR ACUERDO DEL CONSEJO DIRECTIVO, PREVIA REVISIÓN DE SU AUTOR.

Carrillo, 1893

Bol. Soc. Geogr. Lima

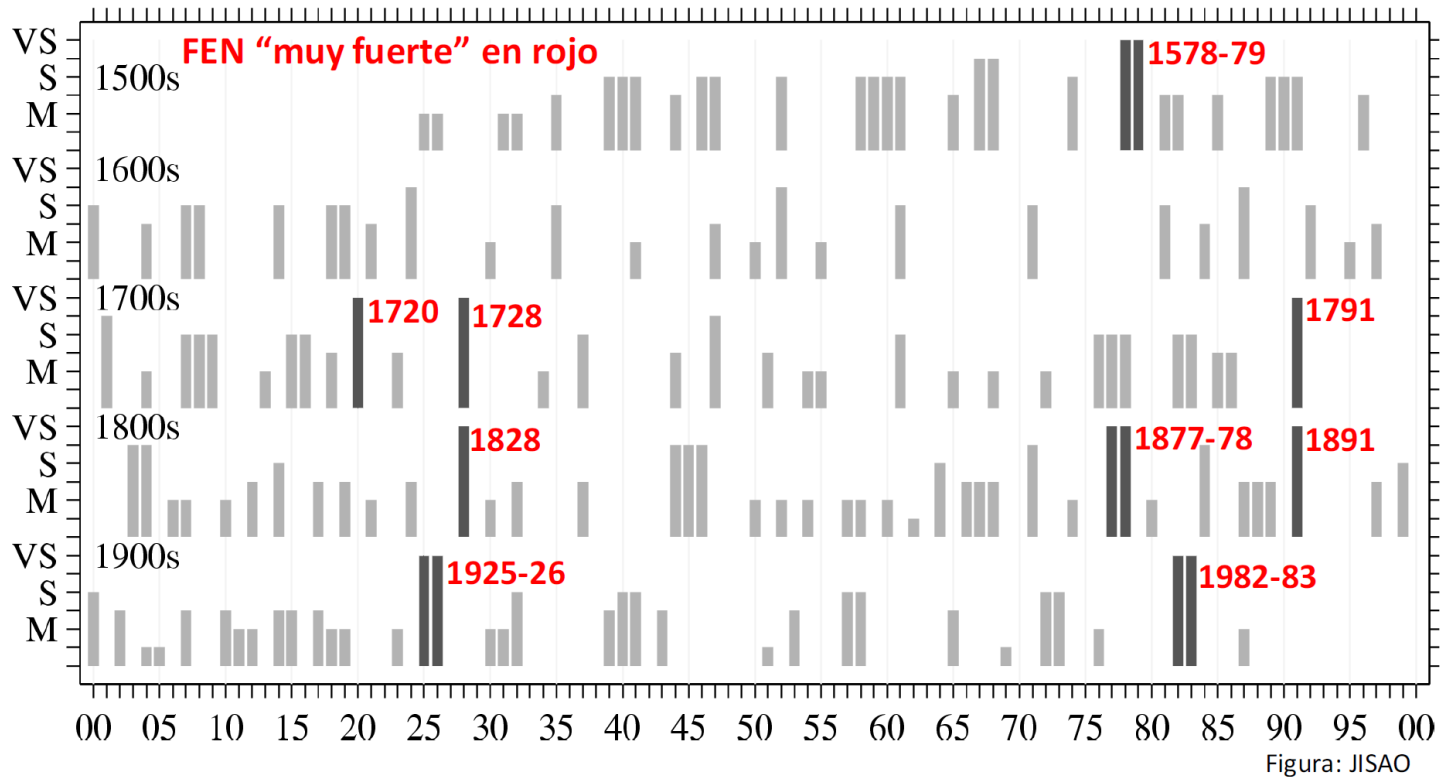
Está, pues, fuera de toda duda, que hay una contra-corriente que se dirige del Norte al Sur, en la costa del Perú, en oposición á la corriente de Humboldt.

✓ Pero debo hacer notar que ellas son completamente independientes: la primera corre de norte á sur, siguiendo la dirección de la costa, y pegada á ella; mientras que la de Humboldt, tiene una dirección opuesta, según la descripción que de ella se ha hecho.

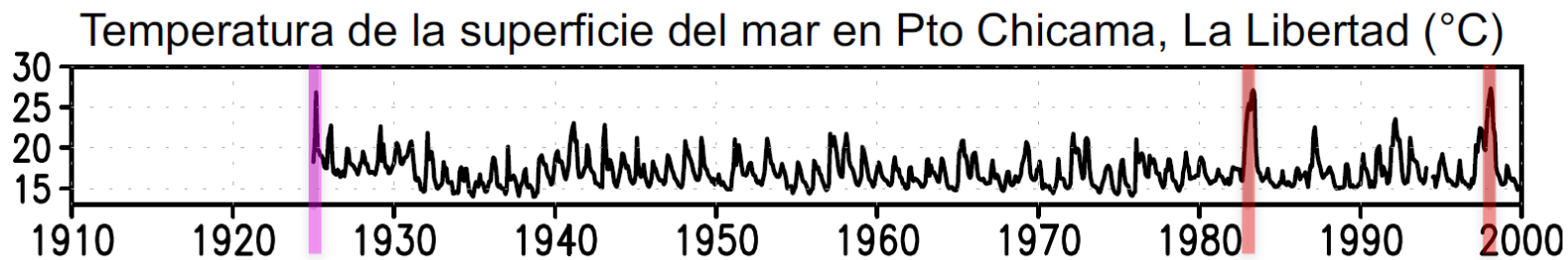
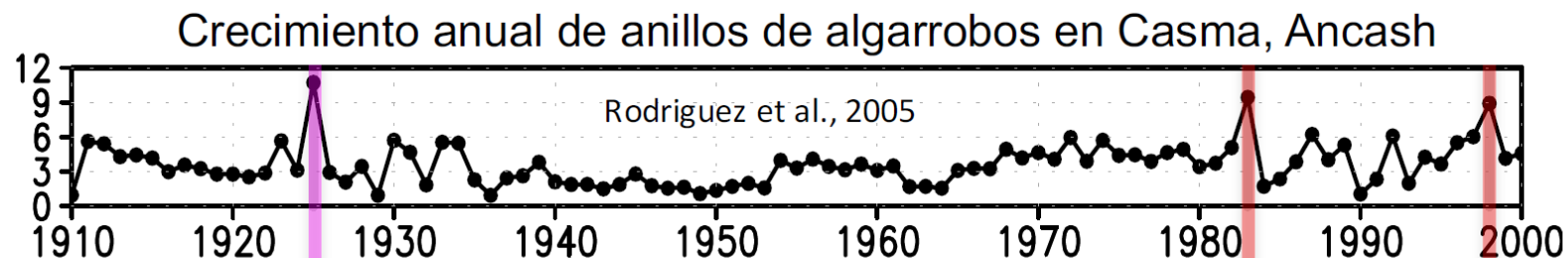
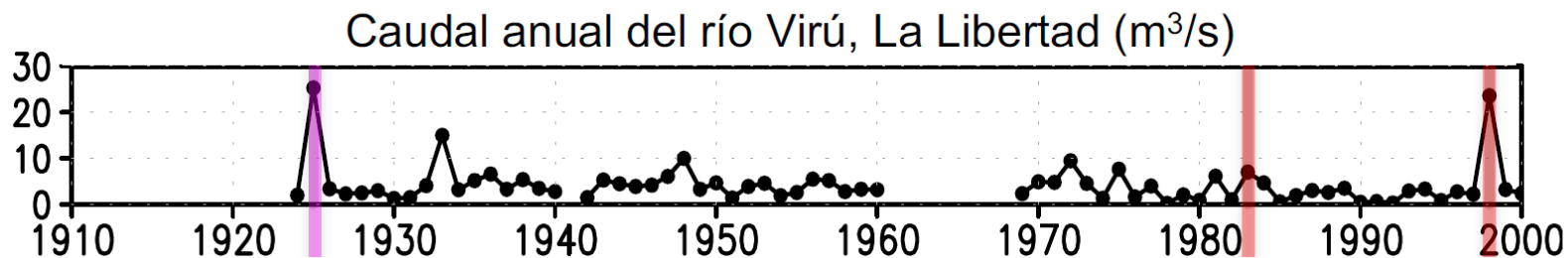
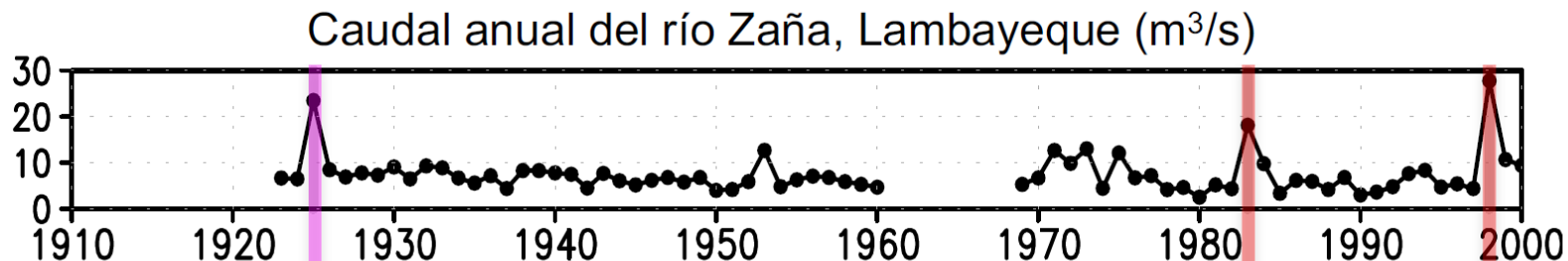
★ Los marinos paitesios que navegan frecuentemente cerca de la costa y en embarcaciones pequeñas, ya al norte ó al sur de Paita, conocen esta corriente y la denominan corriente del *Niño*, sin duda porque ella se hace mas visible y palpable después de la Pascua de Navidad. Esta contra-corriente me parece que tiene su origen cerca ó en el mismo golfo de Guayaquil; de manera que en ciertas épocas, particularmente en verano, se encuentran en las inmediaciones de la costa norte del Perú, hojas de palmeras, de platanos, naranjas y muchos otros objetos que las aguas del río Guayaquil y de Tumbes conducen al mar, y que la corriente del *Niño*, suelen arrastrar hasta la latitud de Sechura y Pacasmayo.

Desde cuando conocemos El Niño?

Cronología del “Fenómeno El Niño” y su intensidad
1525-1987 deducida de fuentes diversas (Quinn, 1992)



Desde cuando conocemos El Niño?

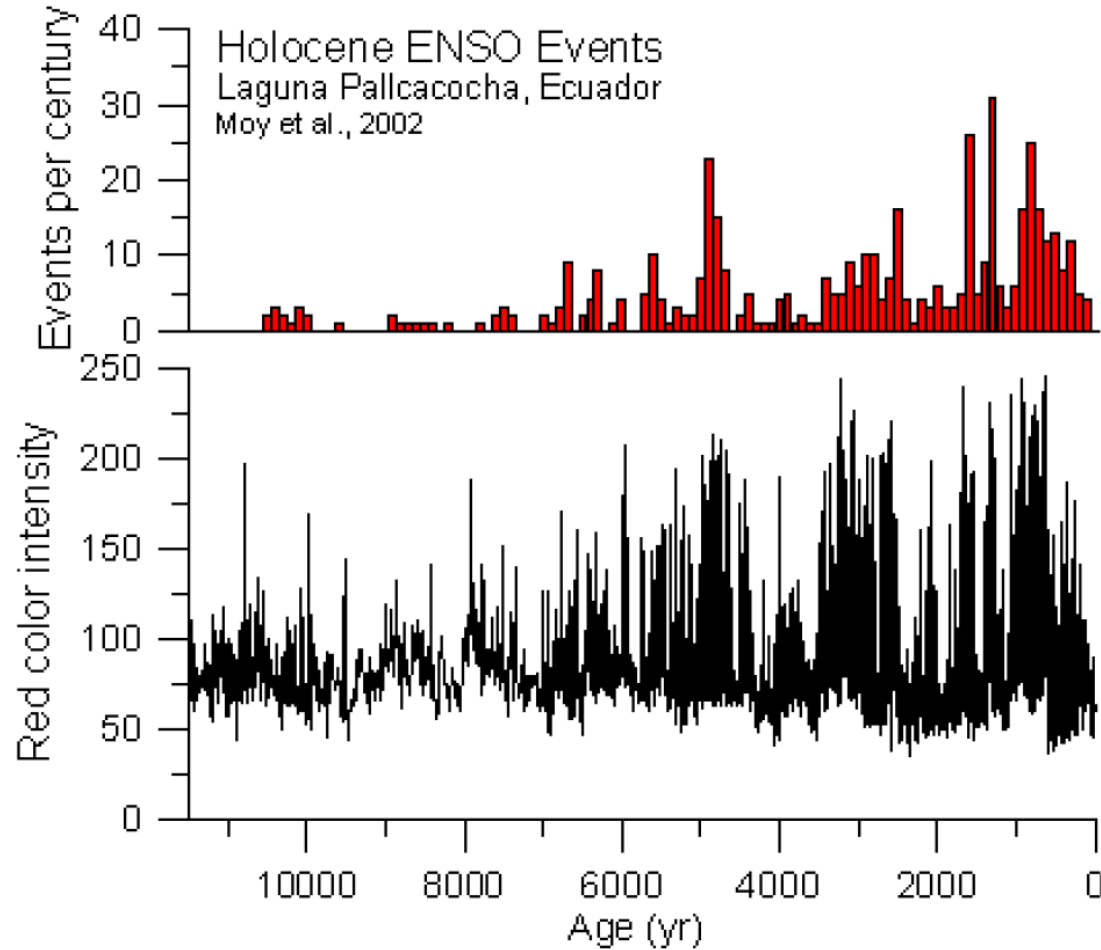


1925

1983

1998

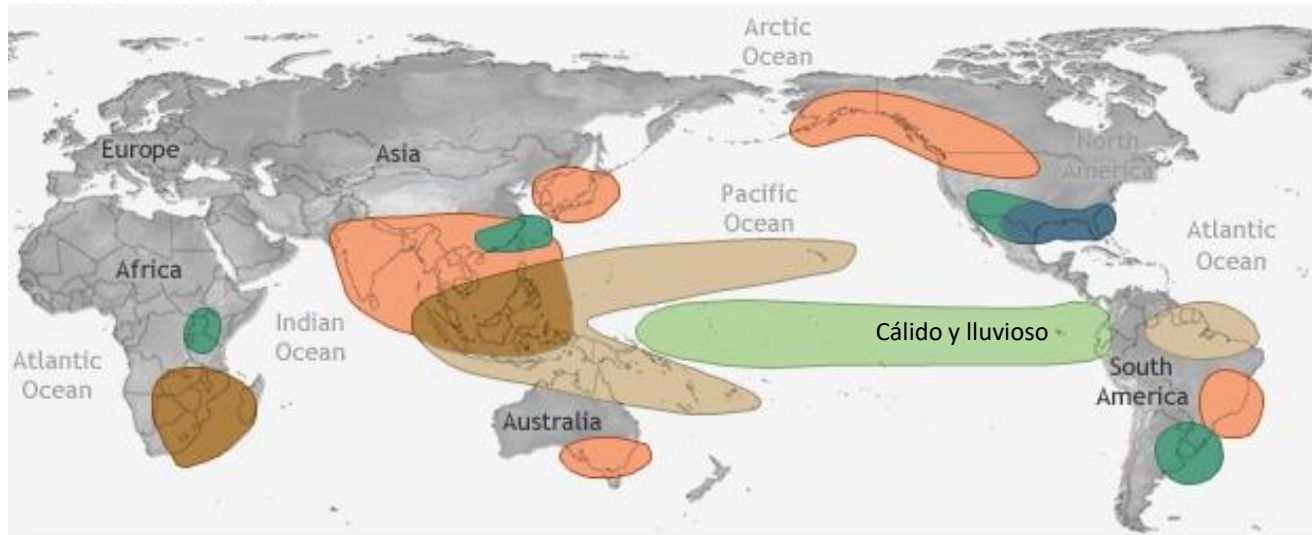
Desde cuando conocemos El Niño?



EL NIÑO CLIMATE IMPACTS

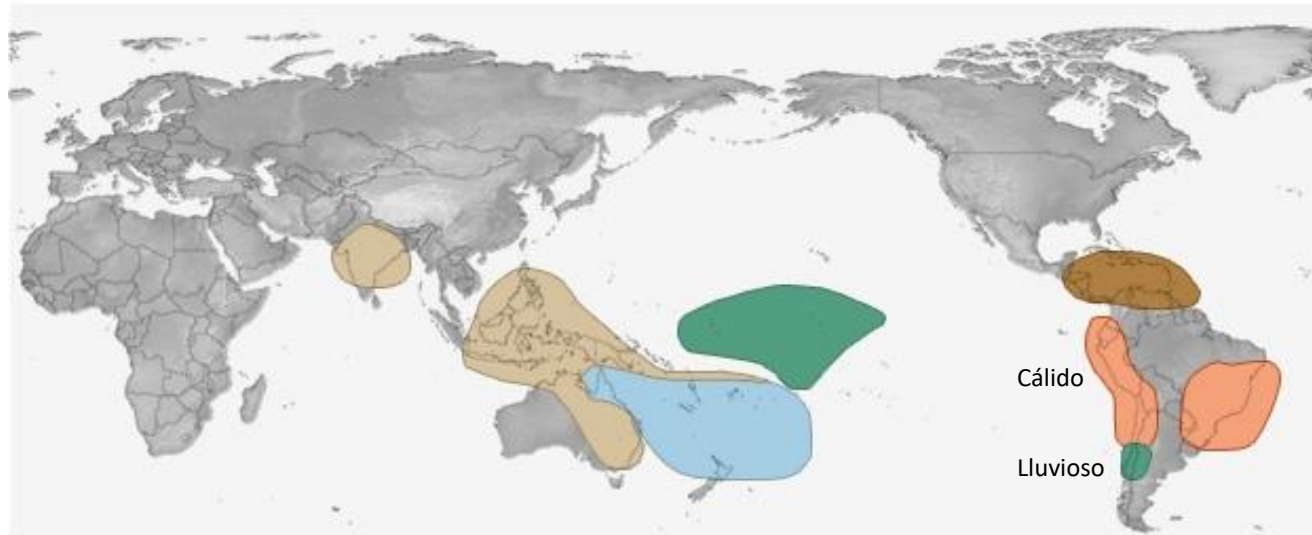
December-February

Verano

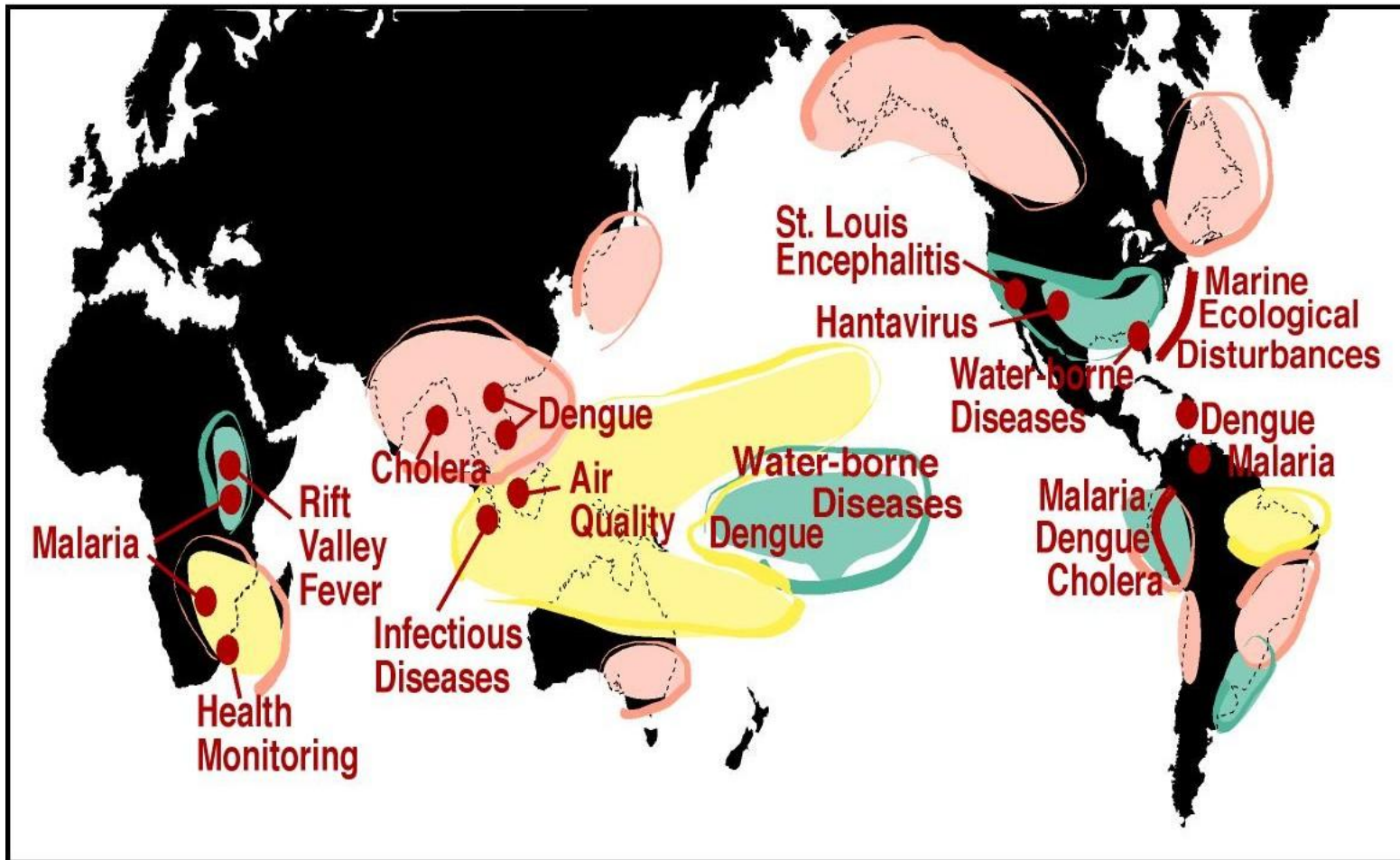


June-August

Invierno



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



Generalized El Niño-Southern Oscillation (ENSO) Impacts

- | | |
|---|---|
| = DRY | = DRY & WARM |
| = WET | = WET & WARM |
| = WARM | = WET & COOL |

No es sorprendente entonces el gran interés en predicción de ENOS

ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions

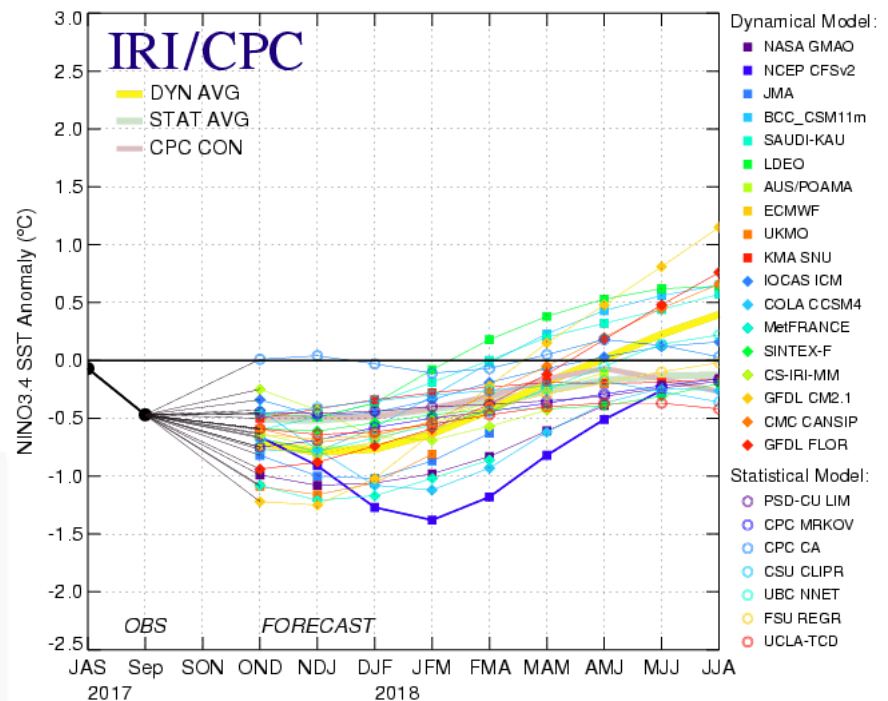


Update prepared by:
Climate Prediction Center / NCEP
23 May 2016

Boletines con información actualizada

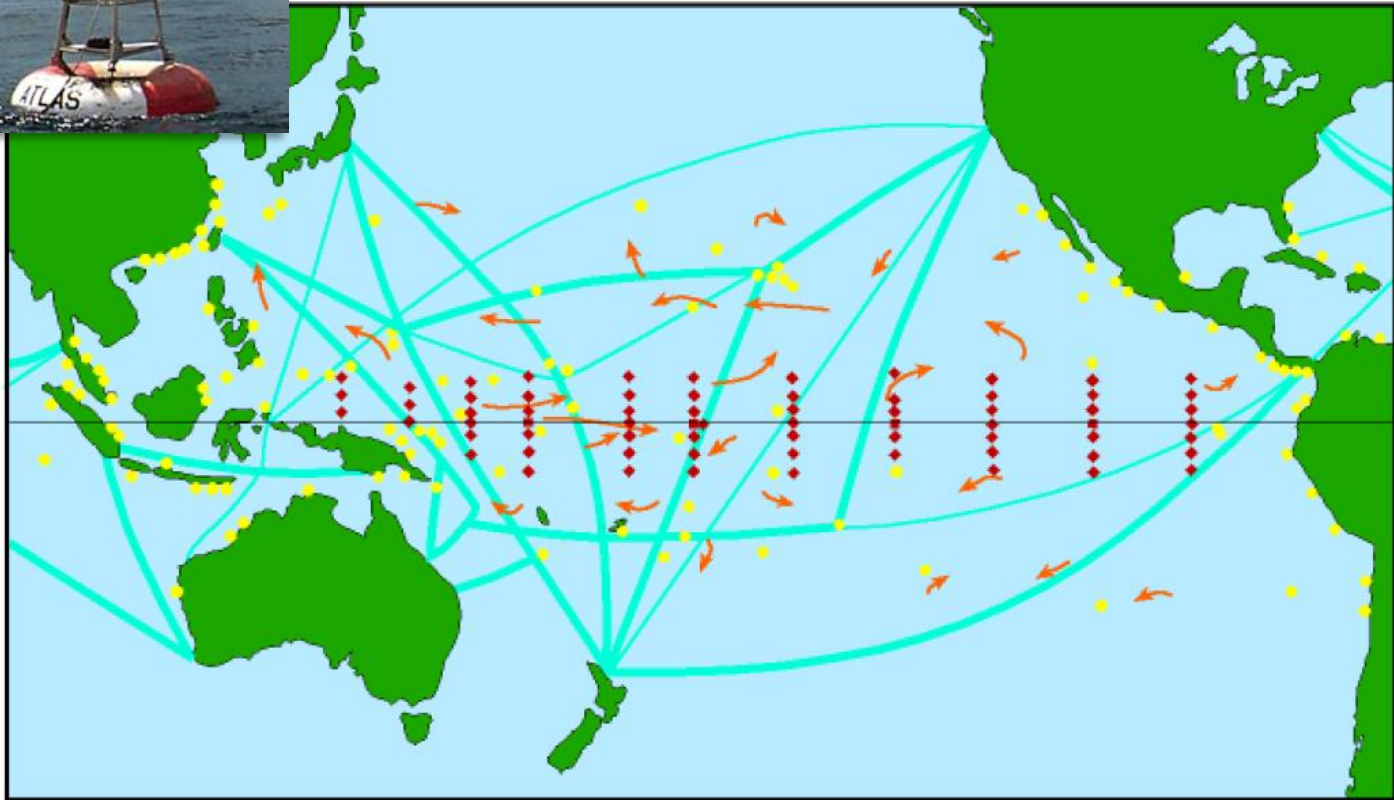
- Boletín de Alerta Climático (CPPS)
- Boletín de Alerta Climático (INOCAR)
- Boletín Oceanográfico (IMO)
- Boletín de Tendencias Climáticas (DMO)
- Boletín CIIFEN (CIIFEN)
- El Niño/Oscilación del Sur discusión diagnóstica (NOAA)
- El Niño/La Niña Hoy (OMM)
- ENSO Prediction (IRI)

Mid-Oct 2017 Plume of Model ENSO Predictions



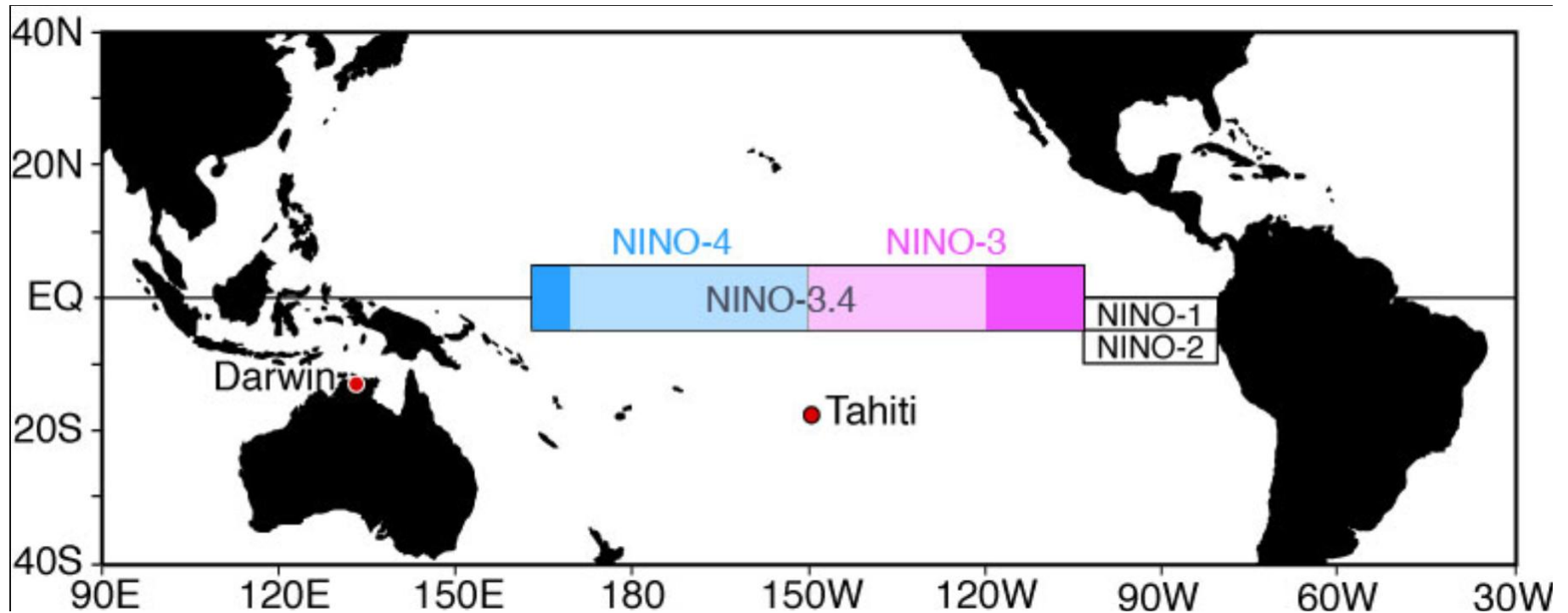


ENSO Observing System



Regiones El Niño

Cada día se obtiene la temperatura superficial del mar y se le resta su promedio de largo plazo (anomalía de TSM)

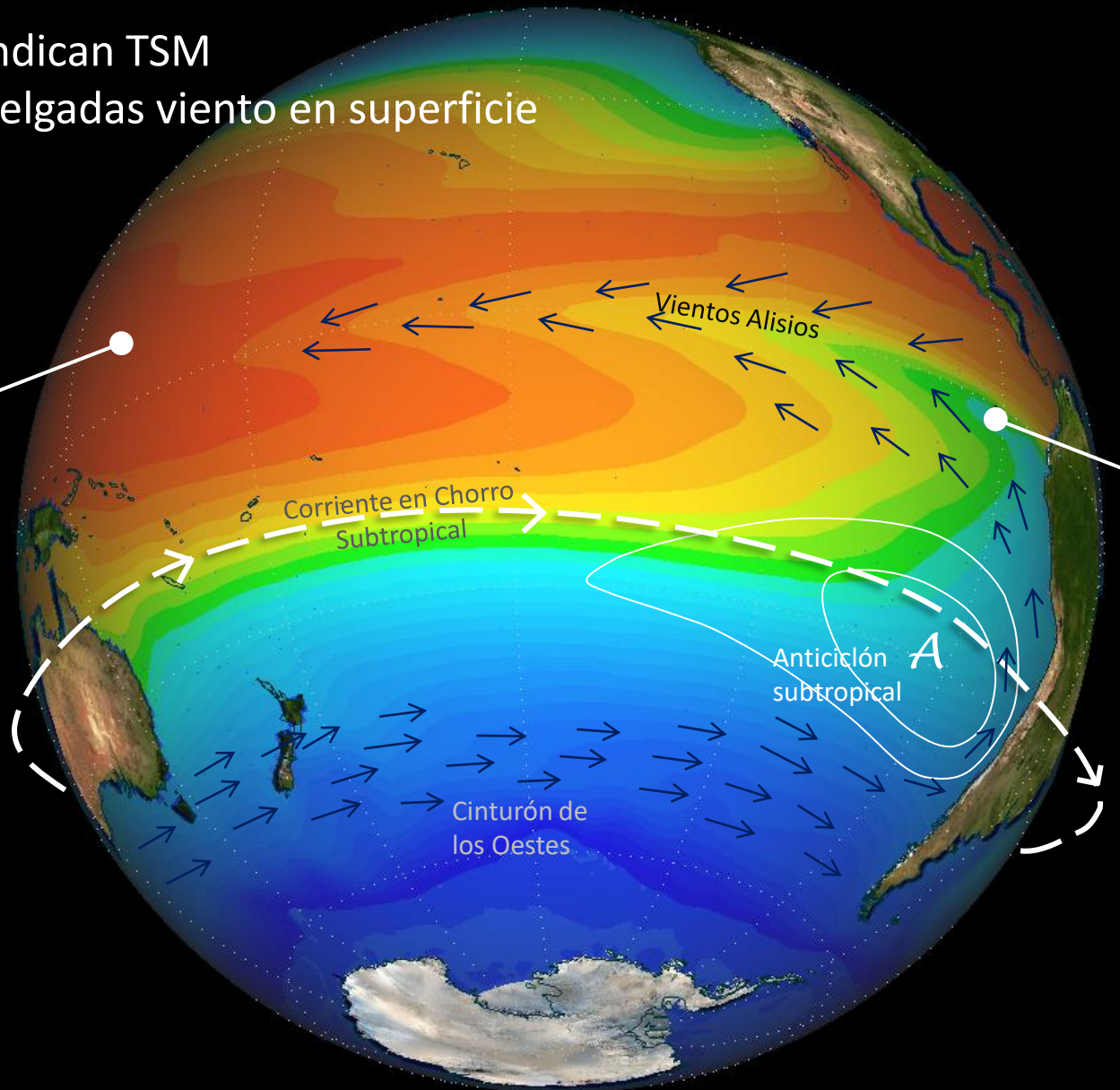


Condición media: Asimetría zonal y acoplamiento OA

Colores indican TSM

Flechas delgadas viento en superficie

Continente Marítimo
Posa cálida
Baja presión
Termoclina profunda
Convección Profunda



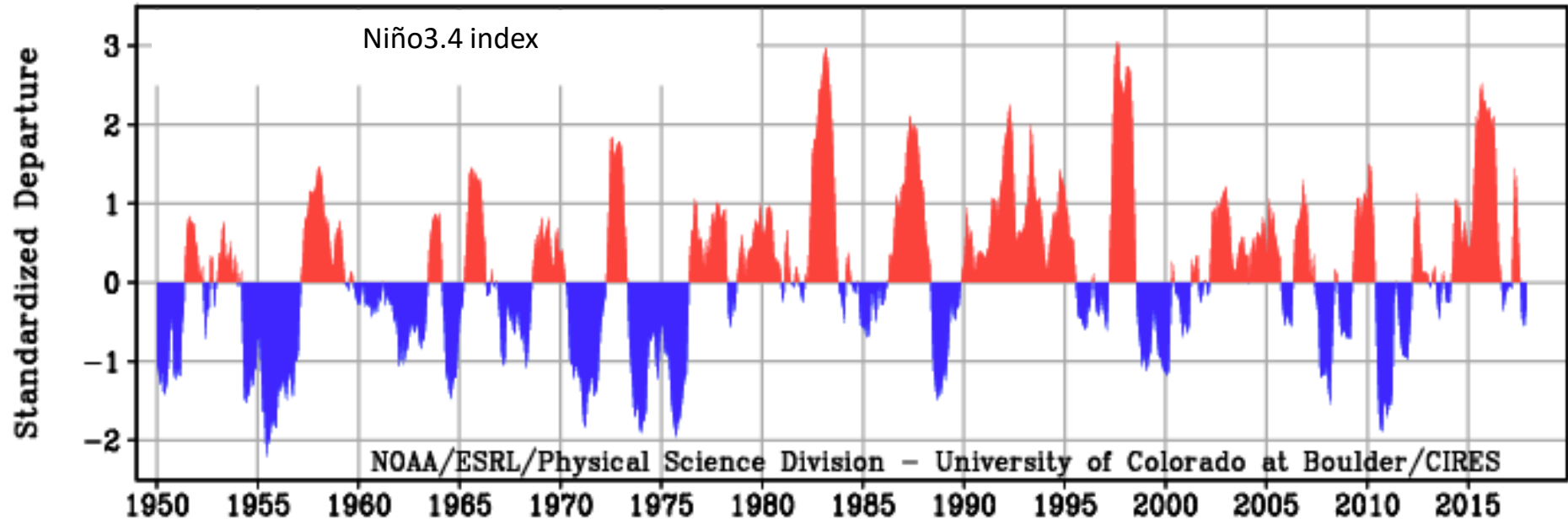
Pacífico Oriental
Lengua fría
Altas presiones
Termoclina somera
Subsidencia

Variabilidad interanual en el Pacifico tropical

El Niño Global (aTSM $>0.5^{\circ}\text{C}$ por 3 meses en Nino3.4)

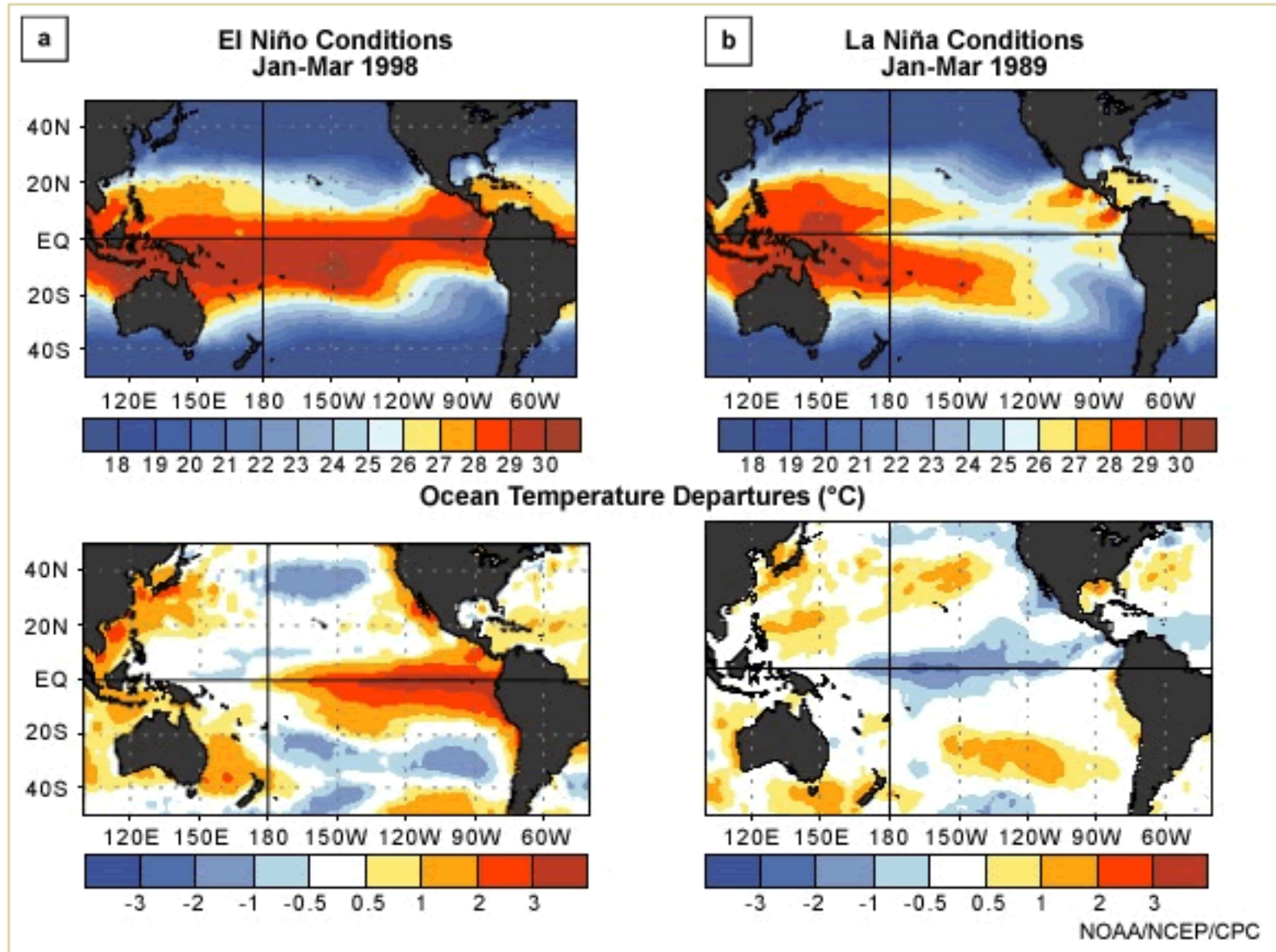
App 1 años de duración

Cada 3-7 años



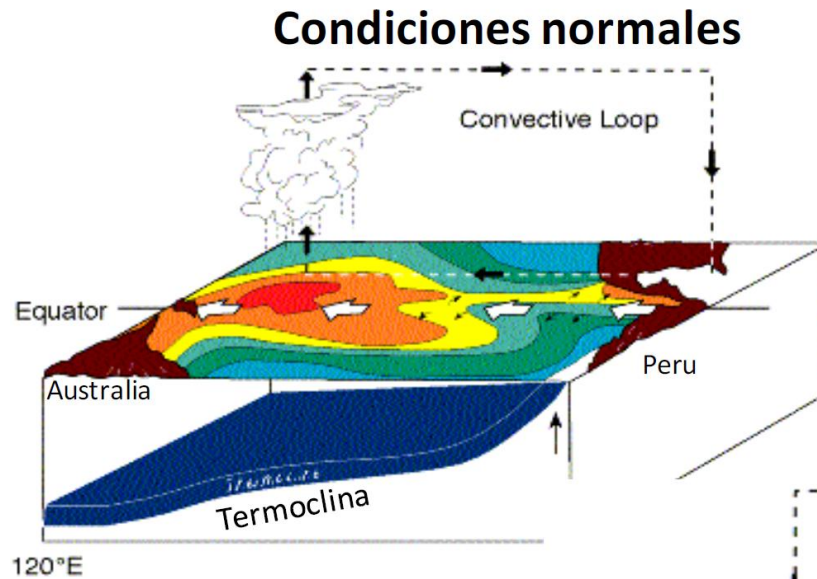
Variabilidad interanual en el Pacifico tropical

EN, LN (aT>0.5°C por 3 meses) : 1-2 años de duración, cada 3-7 años



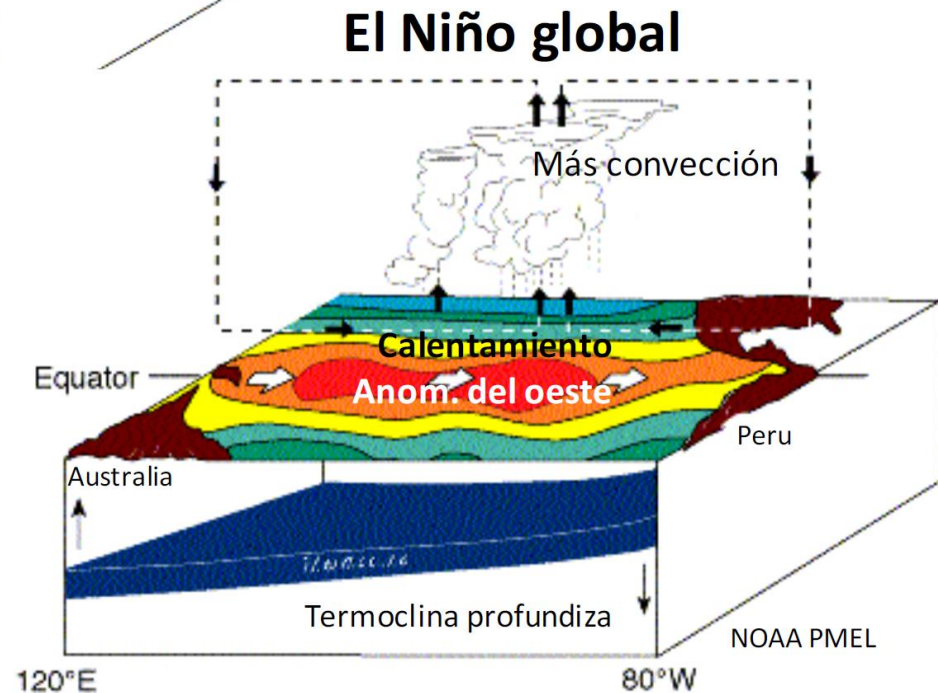
Mantenimiento de El Niño: Mecanismo de Bjerknes

(También refleja acoplamiento O-A: SST, SLP, Viento)



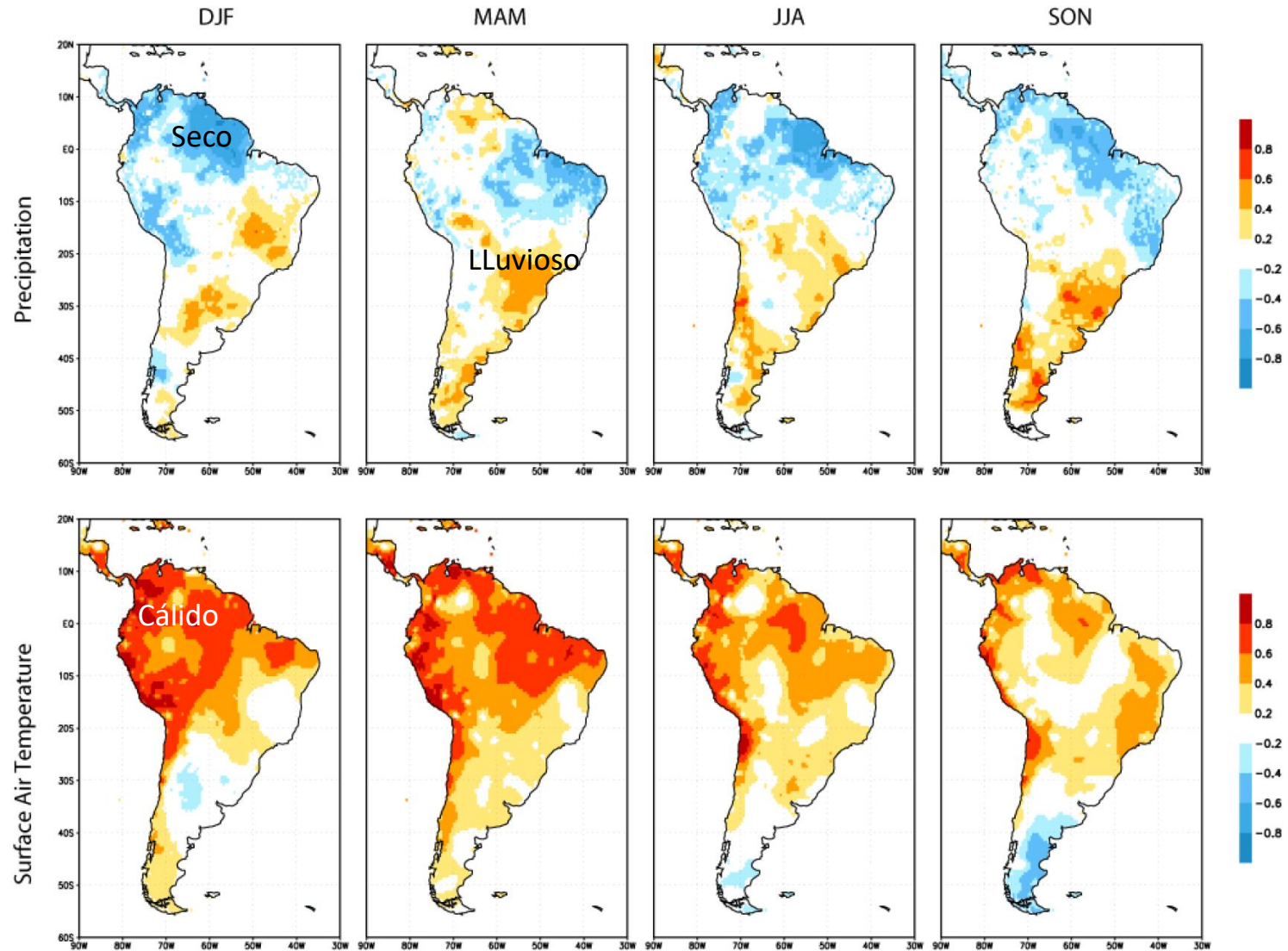
Interacción océano-atmósfera en todo el Pacífico ecuatorial de **oeste a este**

El Niño-Oscilación Sur (ENOS) **GLOBAL**



Principales impactos climáticos durante años El Niño

Correlación de Nino3.4 con precipitación y temperatura



El Niño – related precipitation variability in Perú

P. Lagos¹, Y. Silva¹, E. Nickl², and K. Mosquera¹

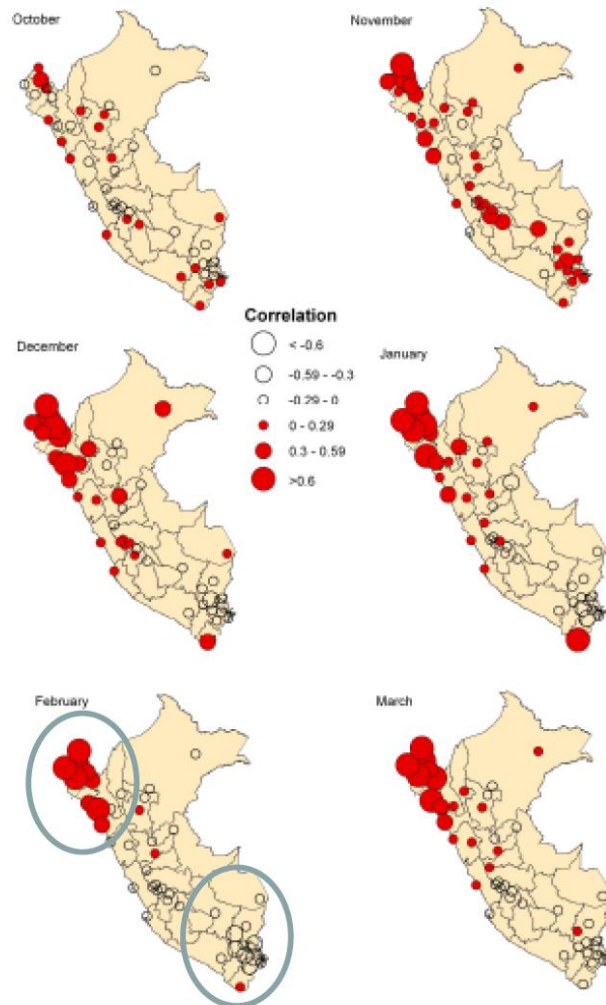
¹Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú

²Department of Geography, University of Delaware, Delaware, USA

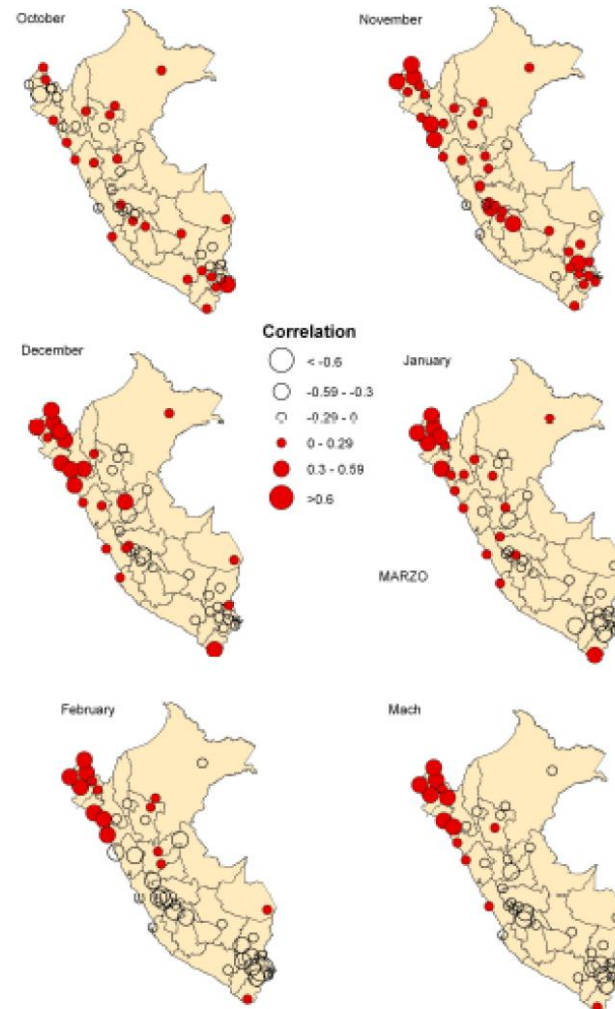
Adv. Geosci., 14, 231–237, 2008
www.adv-geosci.net/14/231/2008/
© Author(s) 2008. This work is licensed
under a Creative Commons License.

Received: 15 July 2007 – Revised: 19 November 2007 – Accepted: 19 November 2007 – Published: 10 April 2008

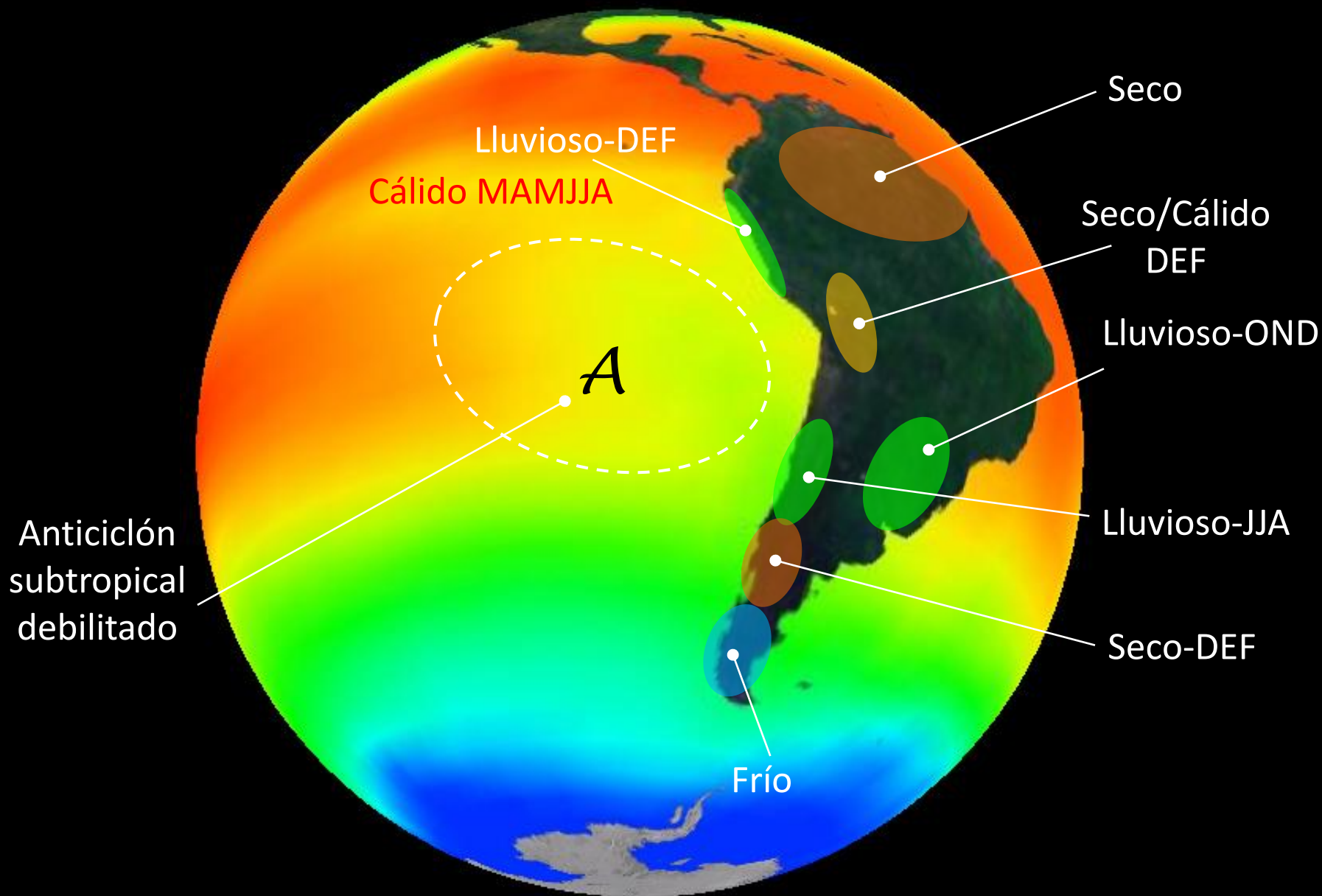
Correlation between Precipitation and SST in el Niño 1+2 Region



Correlation between Precipitation and SST in el Niño 3.4 Region

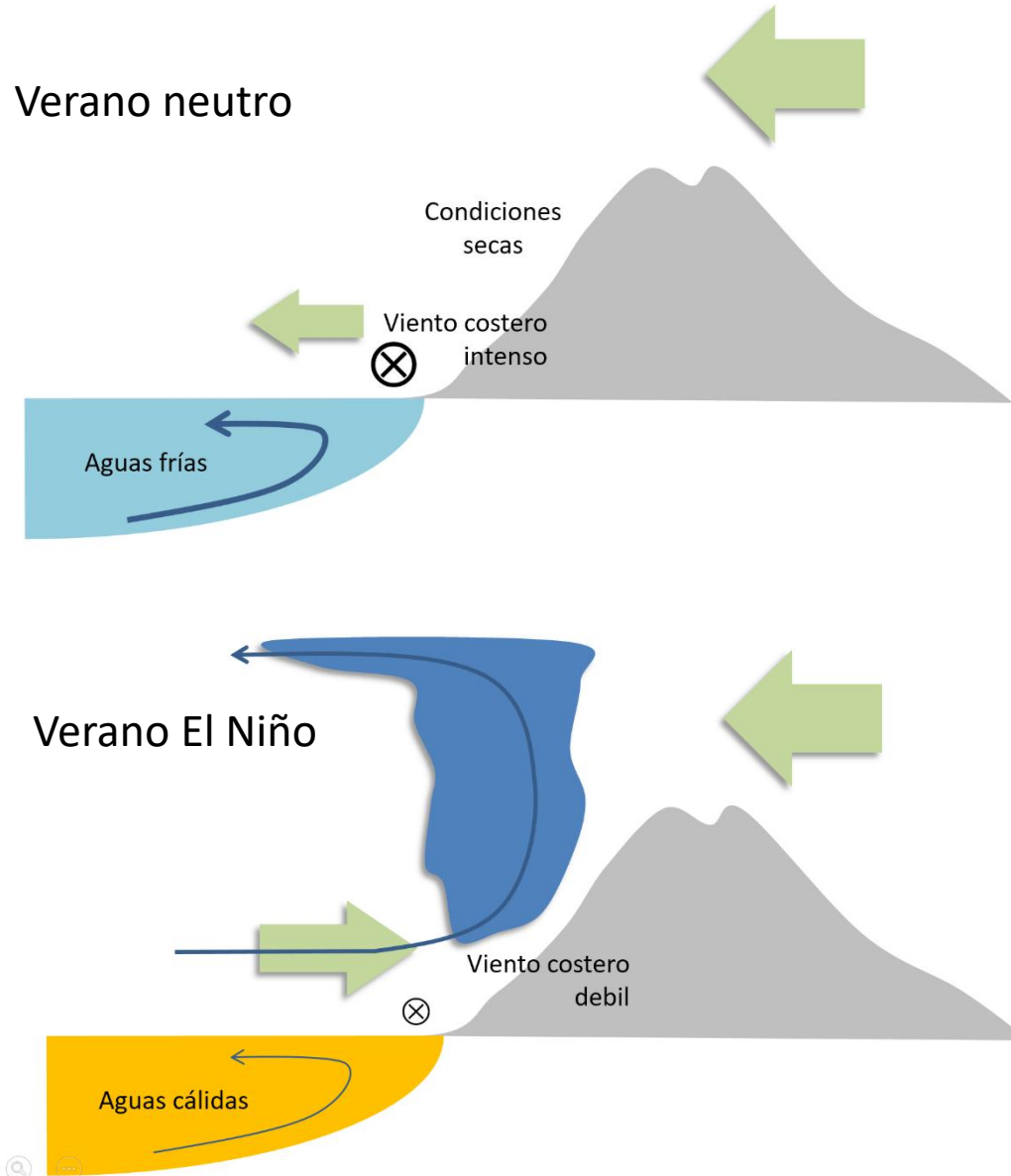


Principales impactos climáticos durante años El Niño



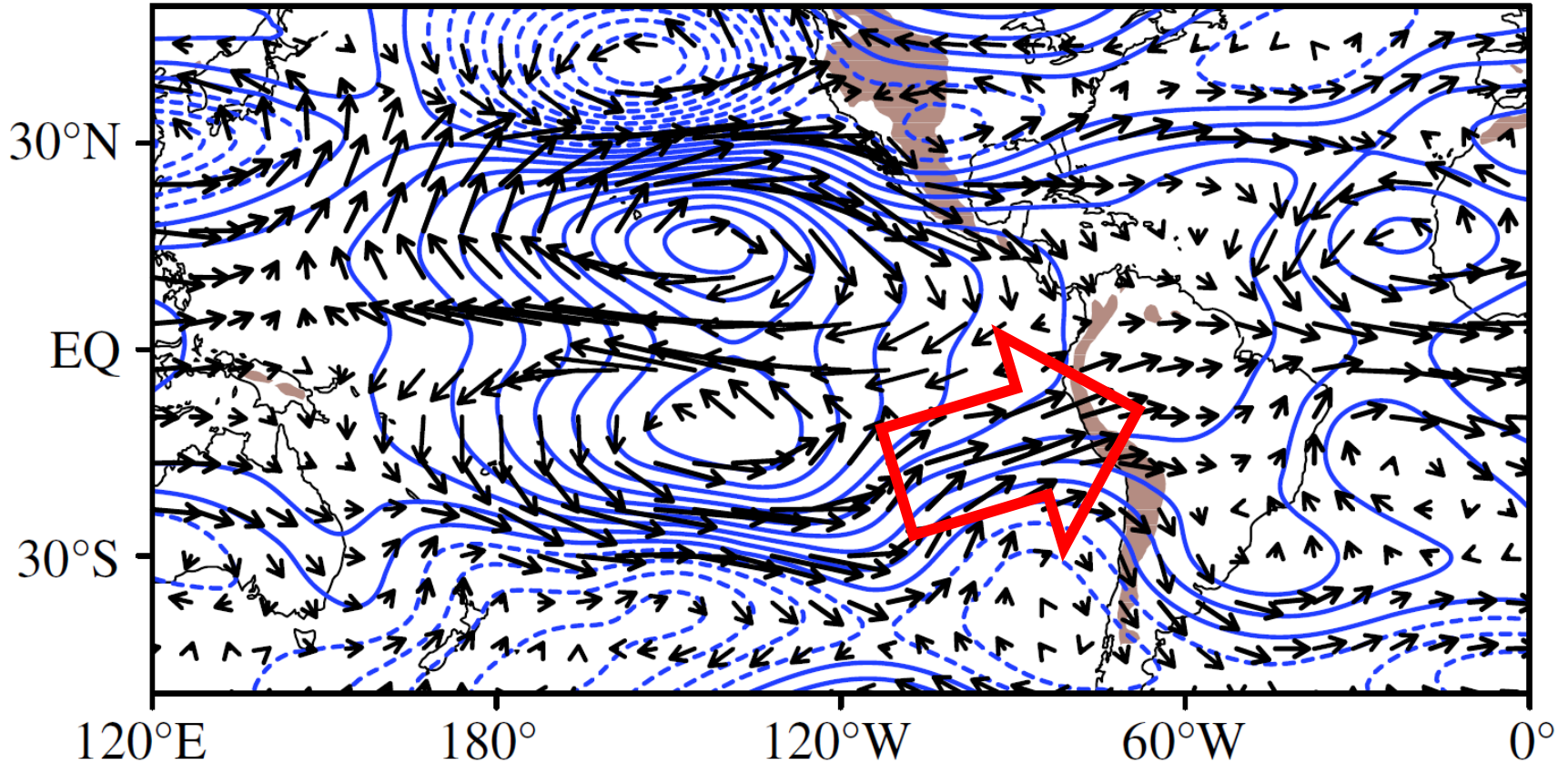
Condiciones en la zona norte del Perú y Ecuador

Efecto directo de la TSM costera



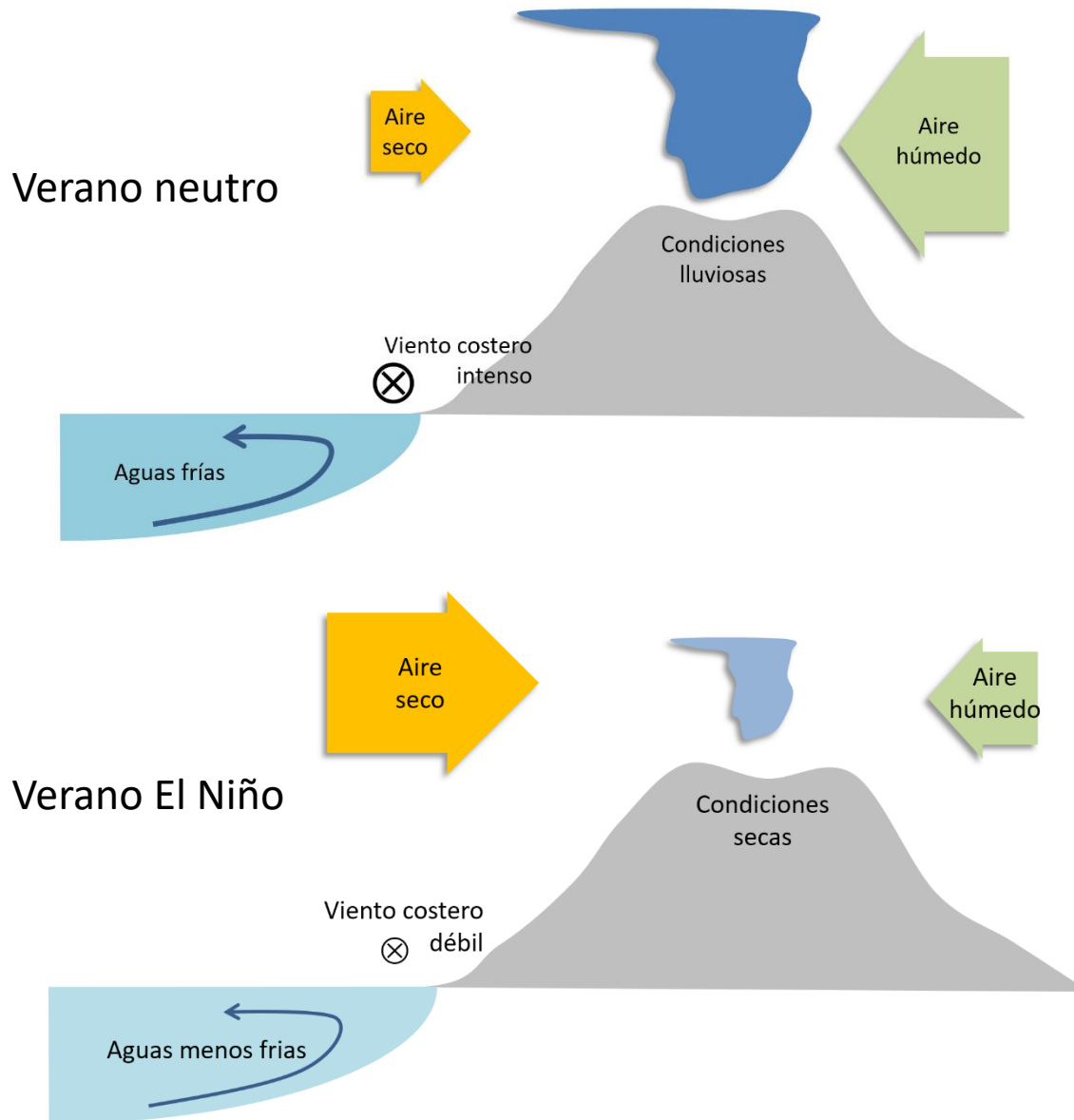
Anomalías de viento en altura durante años EN

(a) 200 hPa Wind (m s^{-1}) and geopotential height (m) anomaly

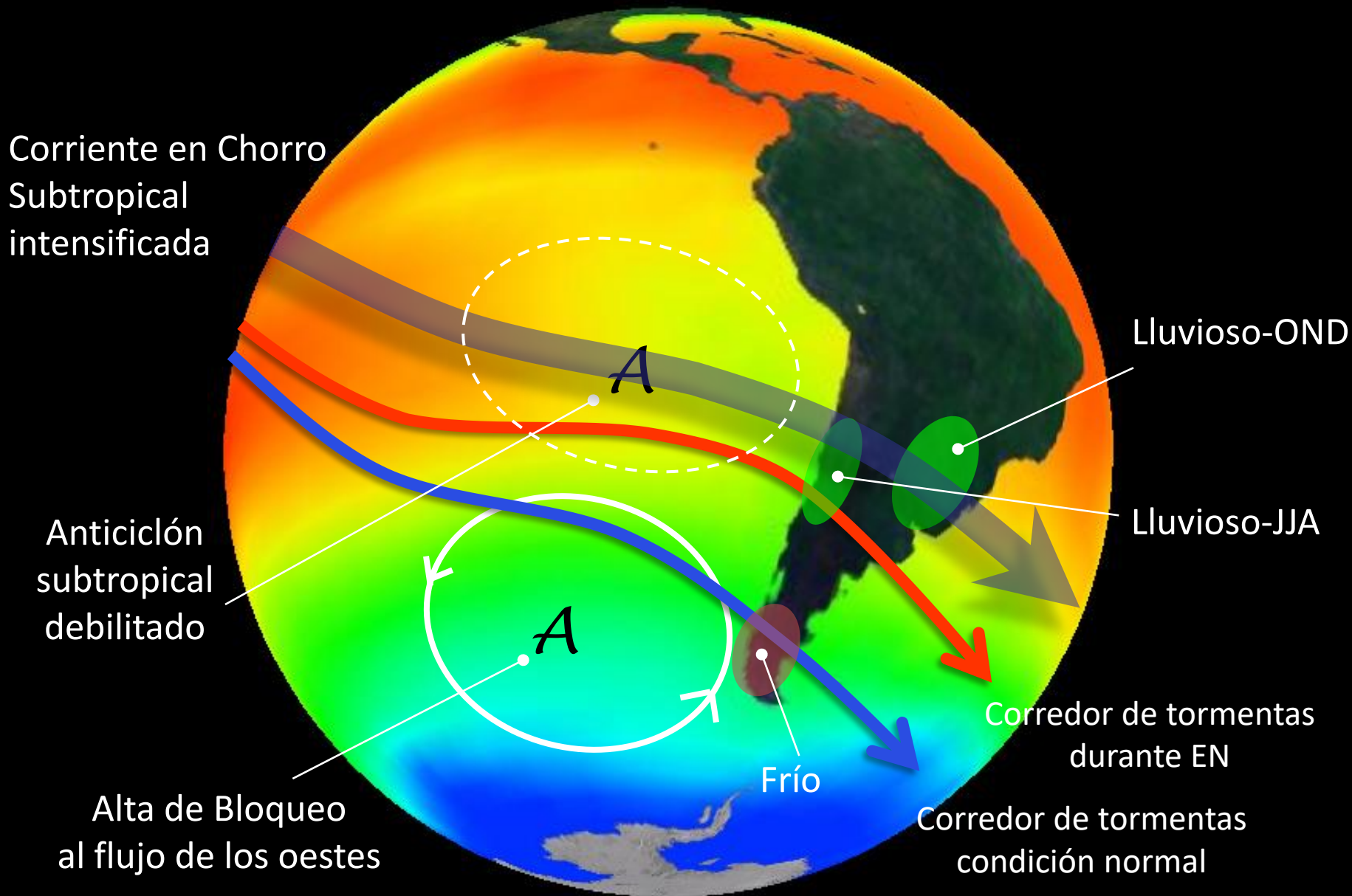


Condiciones en la zona centro y sur del Perú

Cambio en los vientos de altura (tele conexión)

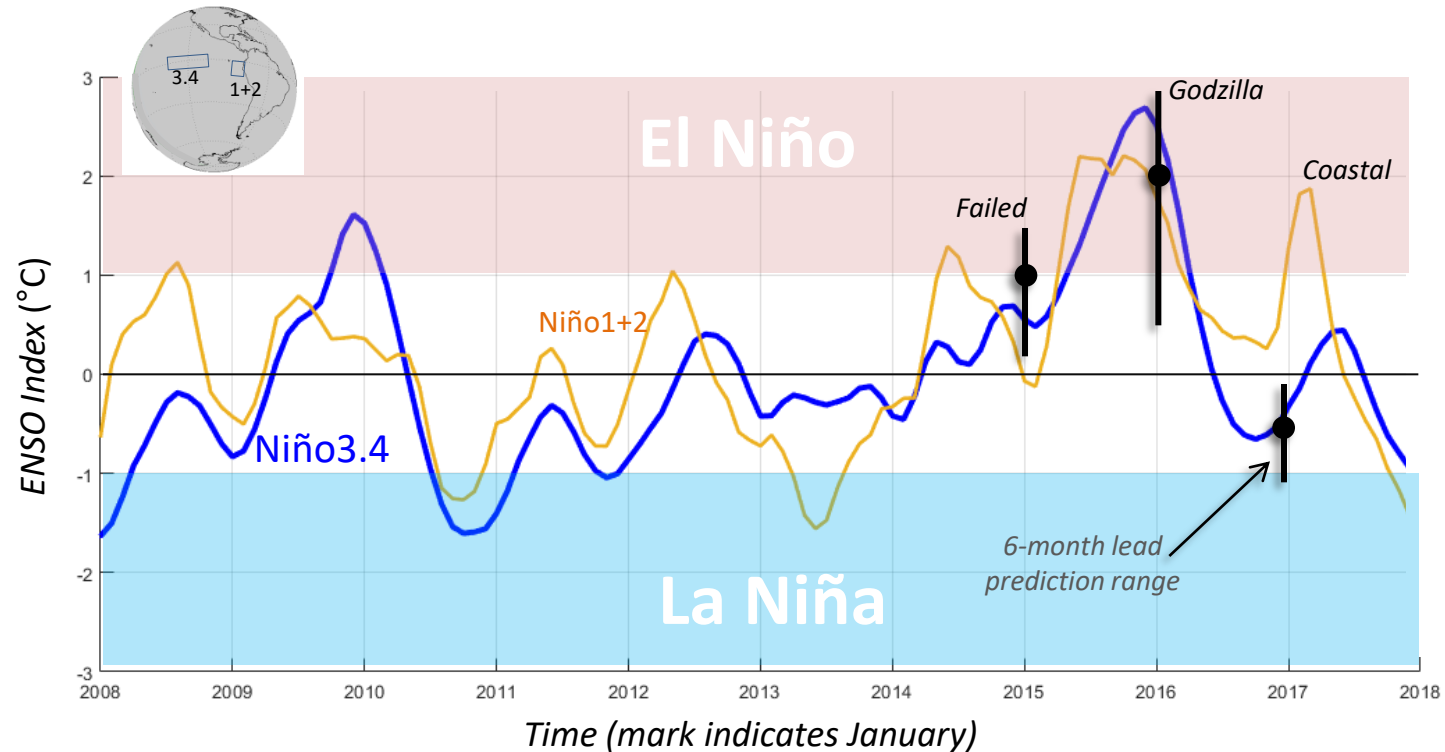


Principales impactos climáticos durante años El Niño



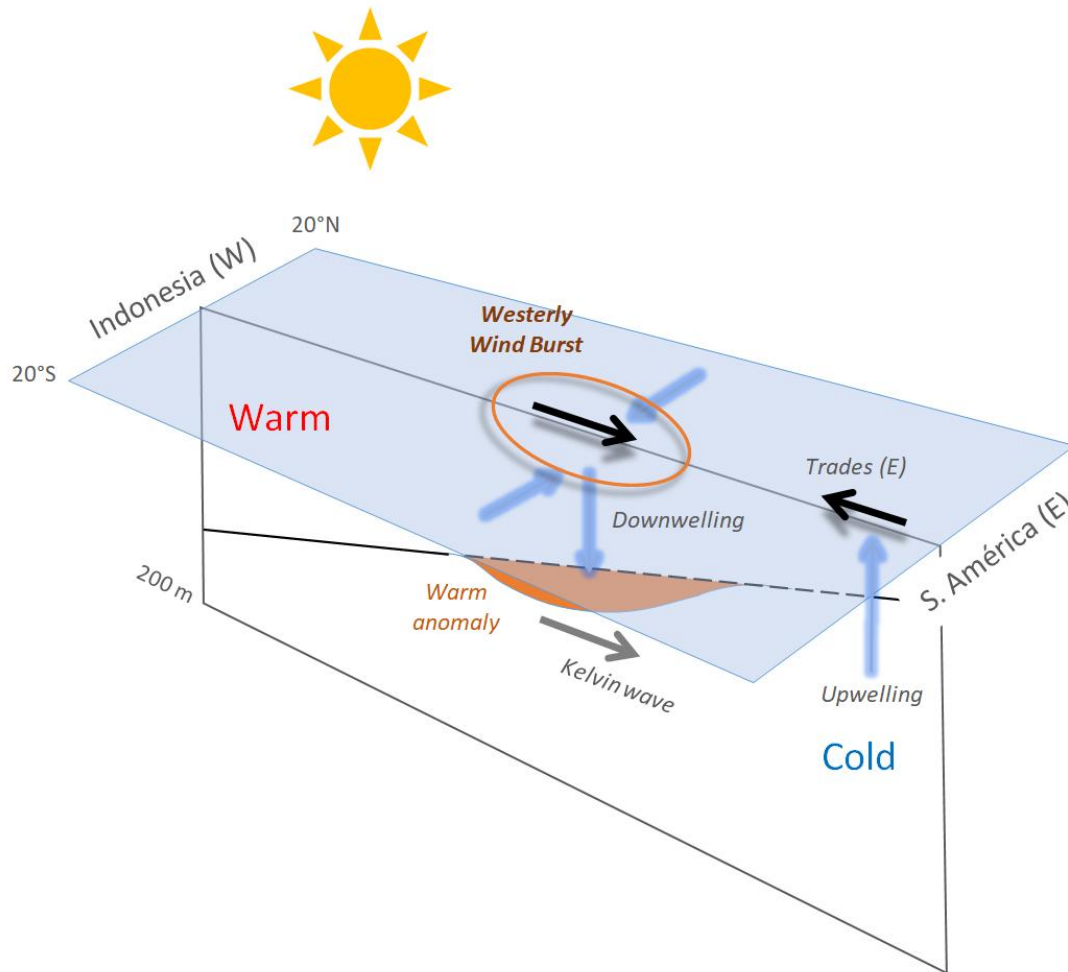
Que pasó en la última década?

Tres niños sorprendentes



Mecanismo de Bjerknes explica mantención de EN(LN)...
pero cual es el gatillo?

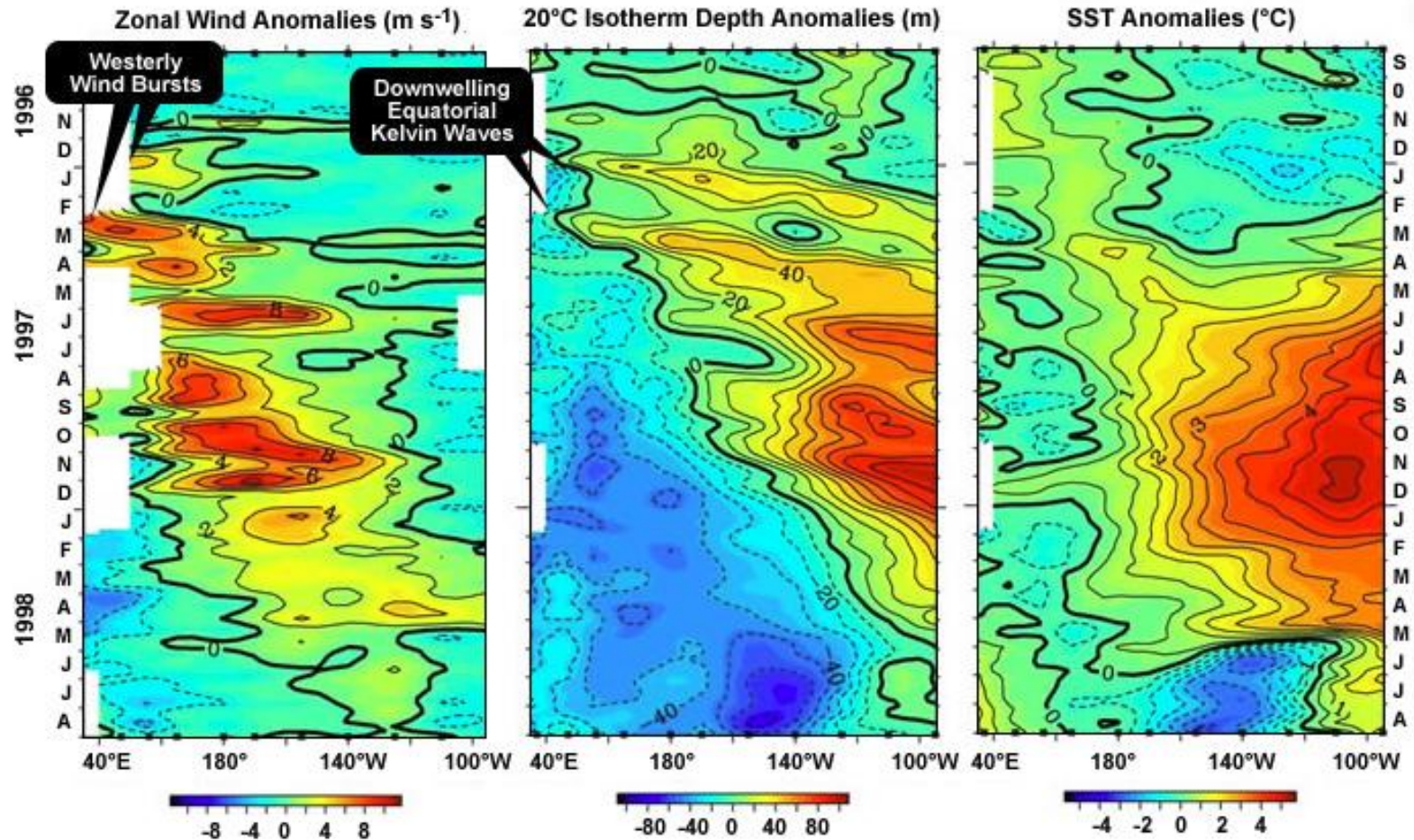
WWB: Westerly wind burst



Mecanismo de Bjerknes explica mantención de EN(LN)...
pero cual es el gatillo?

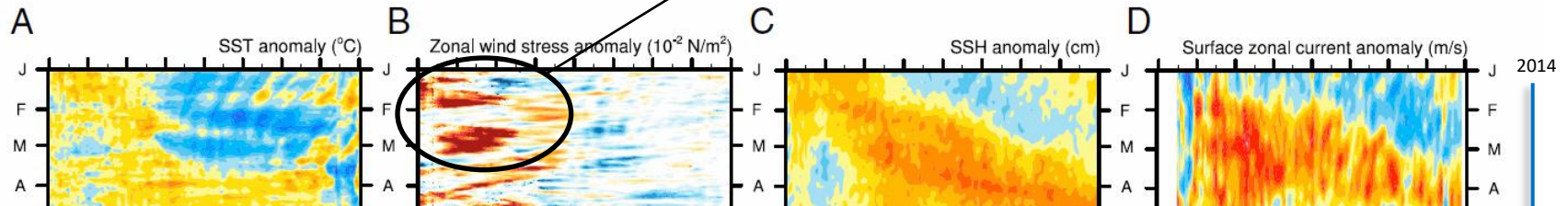
WWB: Westerly wind burst

Evolution of the 1997-98 ENSO (2°S-2°N Averages)



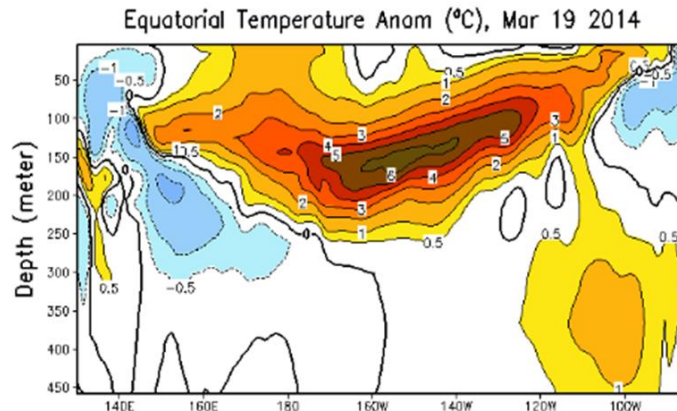
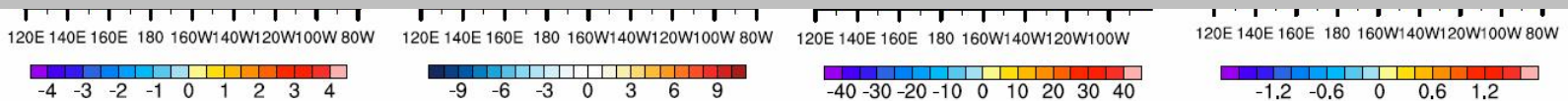
Que pasó el 2014?

WWB: Westerly wind burst

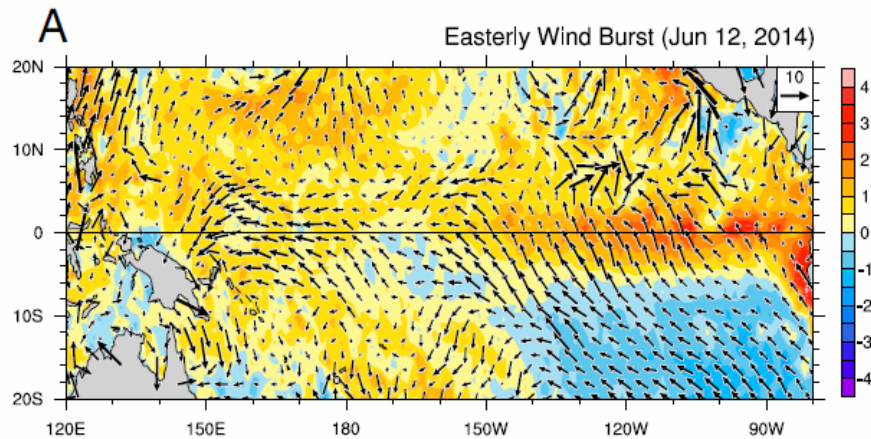
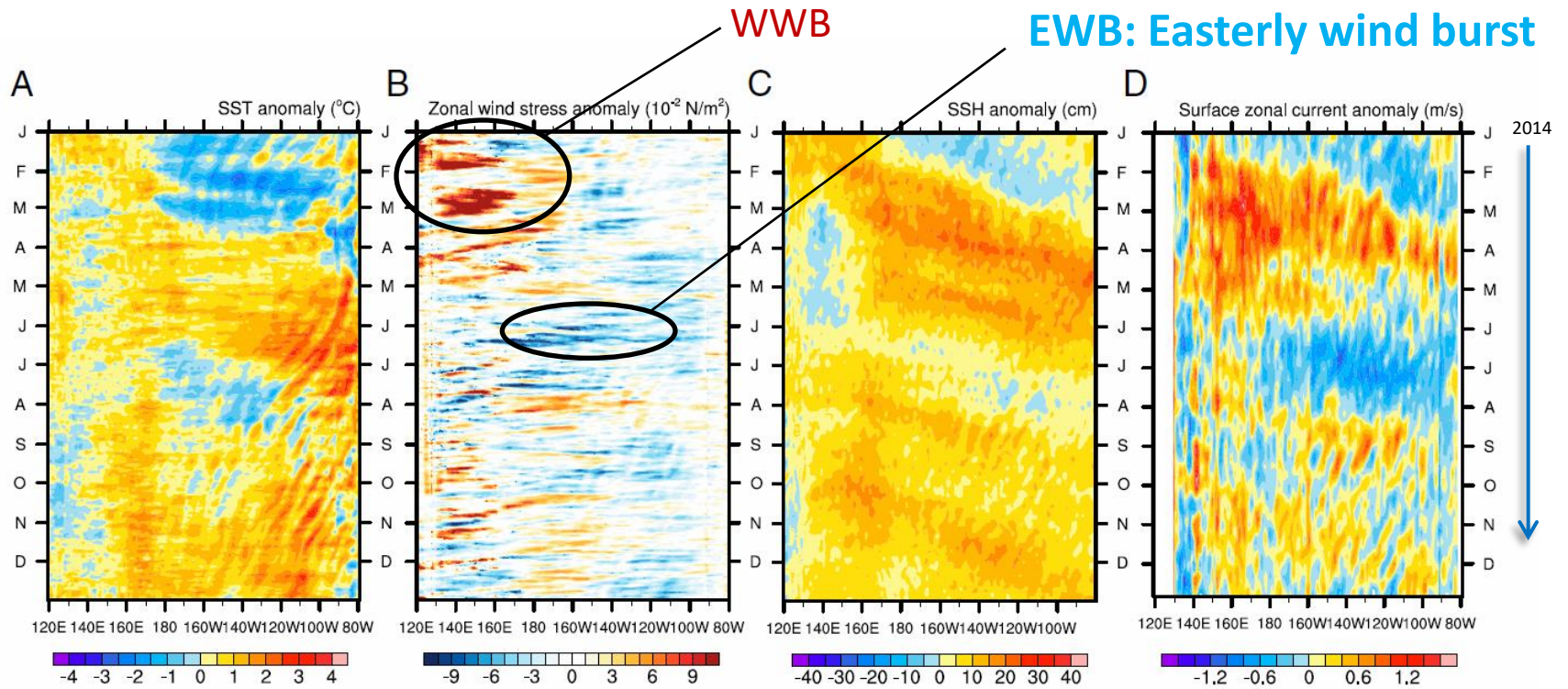


AUSTIN, June 12, 2014 – NOAA's Climate Prediction Center released its monthly **El Niño report** for May on June 5. The consensus probability that there will be El Niño conditions for the Northern Hemisphere summer jumped to 70 percent, getting as high as 80 percent by late fall and winter.

Last March saw the highest subsurface ocean temperatures ever measured so early in an El Niño event. Speculation suggested this year's event might be a repeat of the super El Niño of 1997-98. That one was the



Que pasó el 2014?



Exceptionally strong easterly wind burst stalling El Niño of 2014

Shineng Hu^a and Alexey V. Fedorov^{a,1}

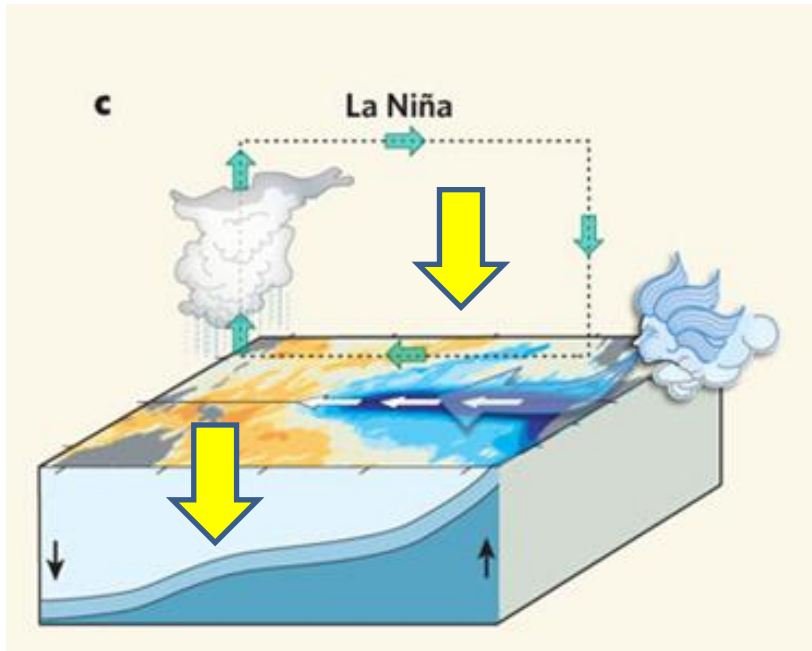
^aDepartment of Geology and Geophysics, Yale University, New Haven, CT 06511

Our findings suggest that EWBs, when occurring during the development phase of El Niño, represent another important factor limiting this predictability. A more comprehensive investigation of EWBs will be needed to address all relevant questions, including for example, what causes EWBs during El Niño development...

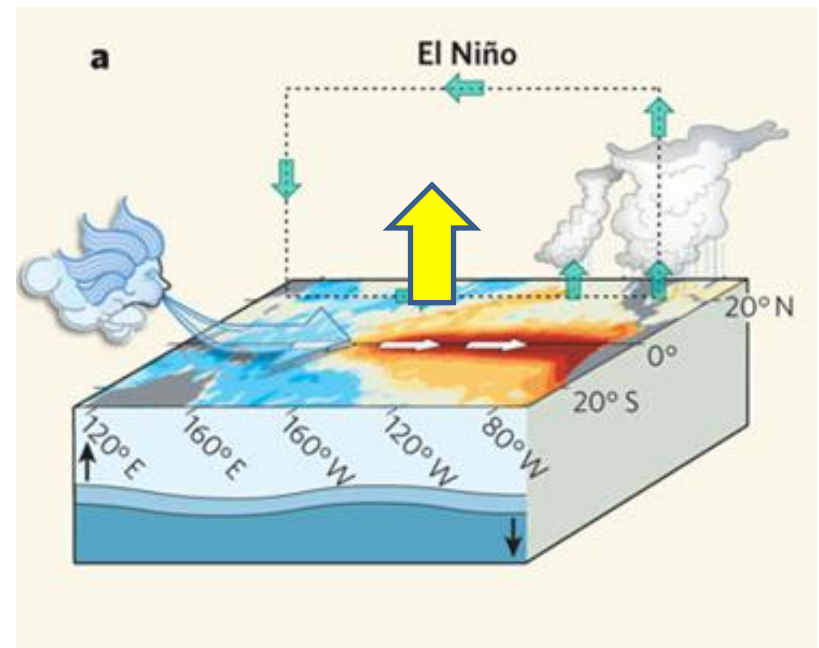
...the occurrence of the June of 2014 EWB, the strongest during satellite observations, coincided with the negative phase of the Pacific Decadal Oscillation, with persistently stronger easterly Trade winds....

Buuu....El Niño 2014 “falló” pero sembró una buena semilla....

Fases ENSO como un sistema de carga/descarga de Energía

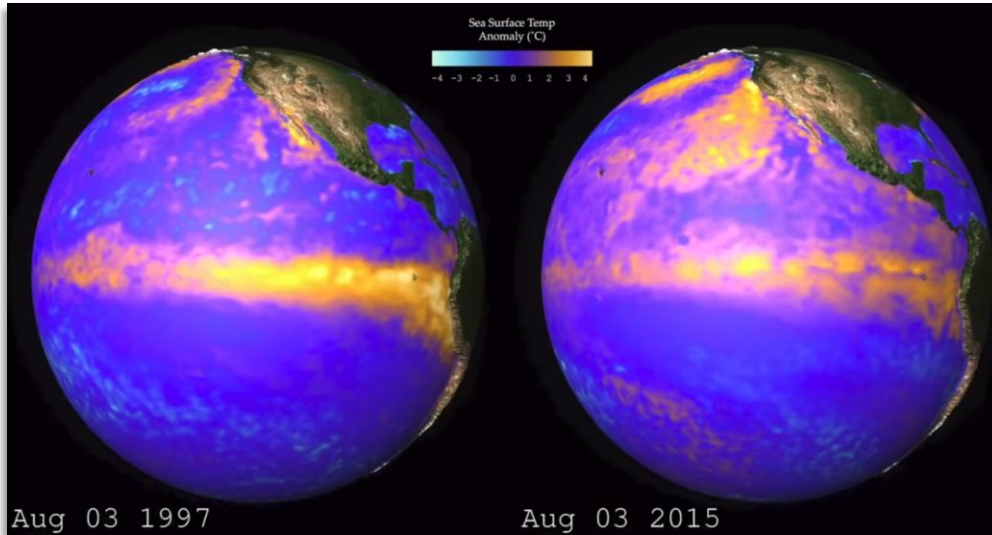


Alisios más intensos / Mayor Insolación
Mayor surgencia en Pac. Oriental
Mayor hundimiento en Pac. Occidental
Energía ingresa al océano
Corrientes distribuyen el calor lateralmente



Alisios más débiles
Menor surgencia en Pac. Oriental
Aumento de evaporación (LE)
Energía sale del océano
Atmosfera distribuye la energía globalmente

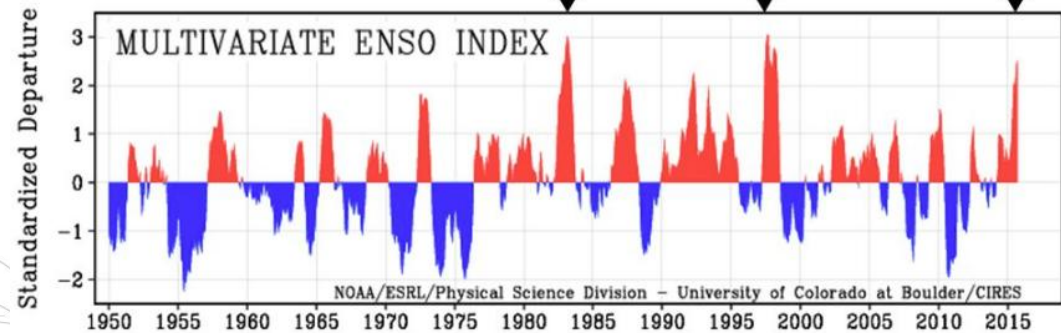
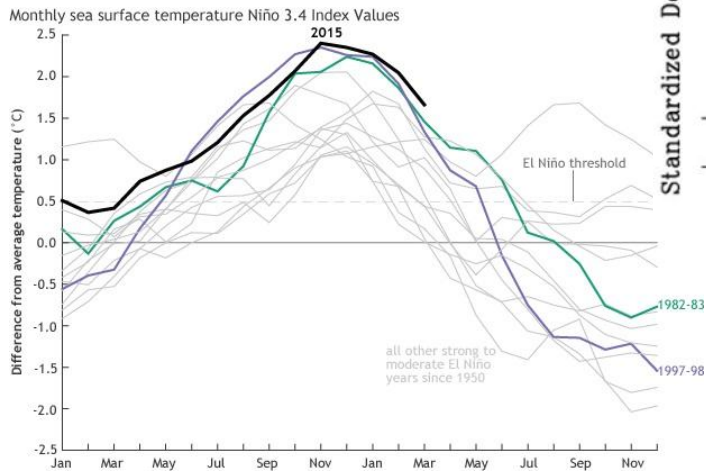
Finalmente la energía se descargó



#1: 1997-1998

#2: 1982-1983

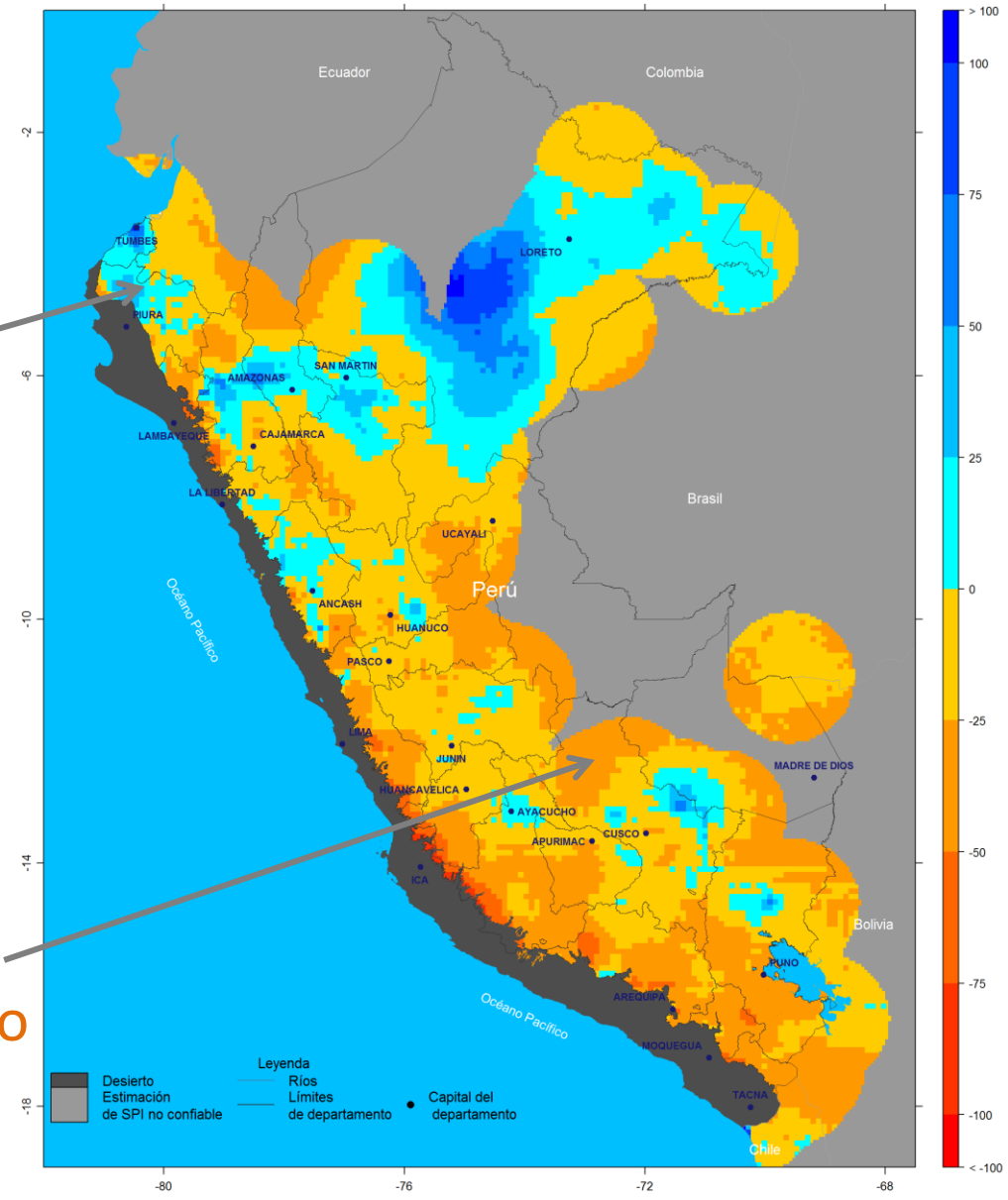
#3: 2015-2016
????



Condiciones EFM 2016

Algo lluvioso

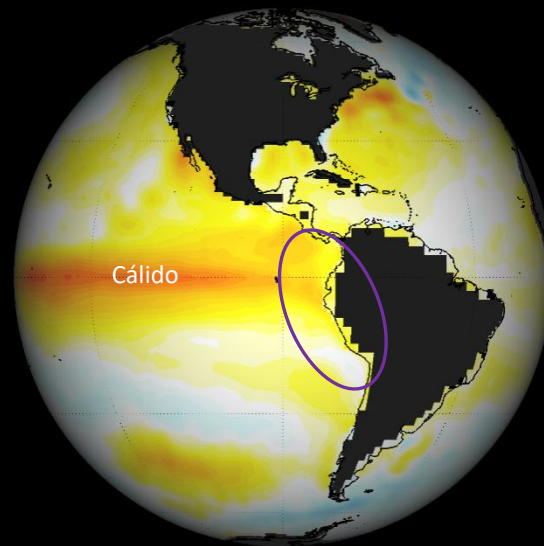
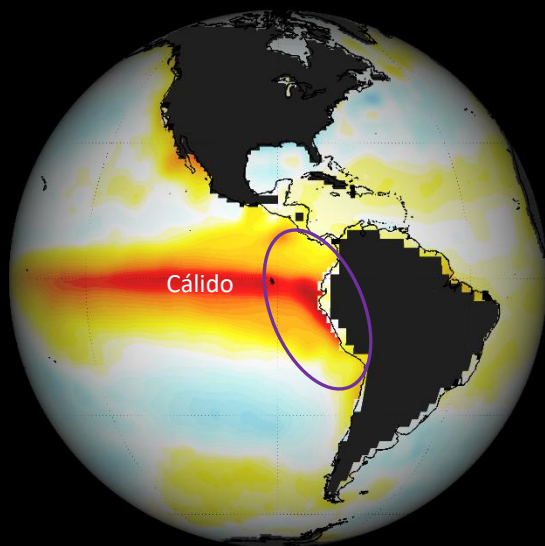
Algo seco



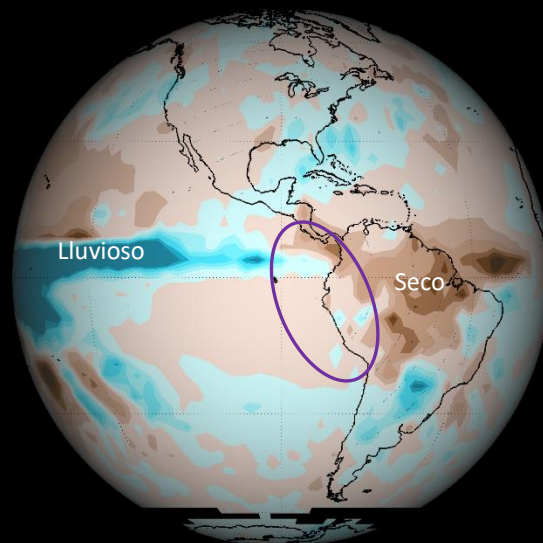
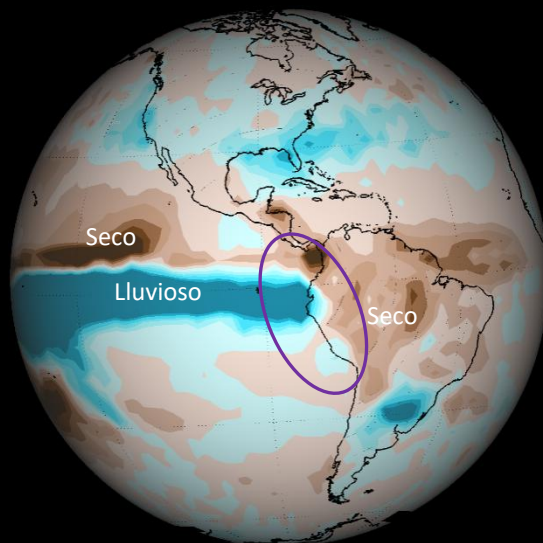
El Niño del Siglo
DJF 1997-98

El Niño Godzilla
DJF 2015-16

TSM

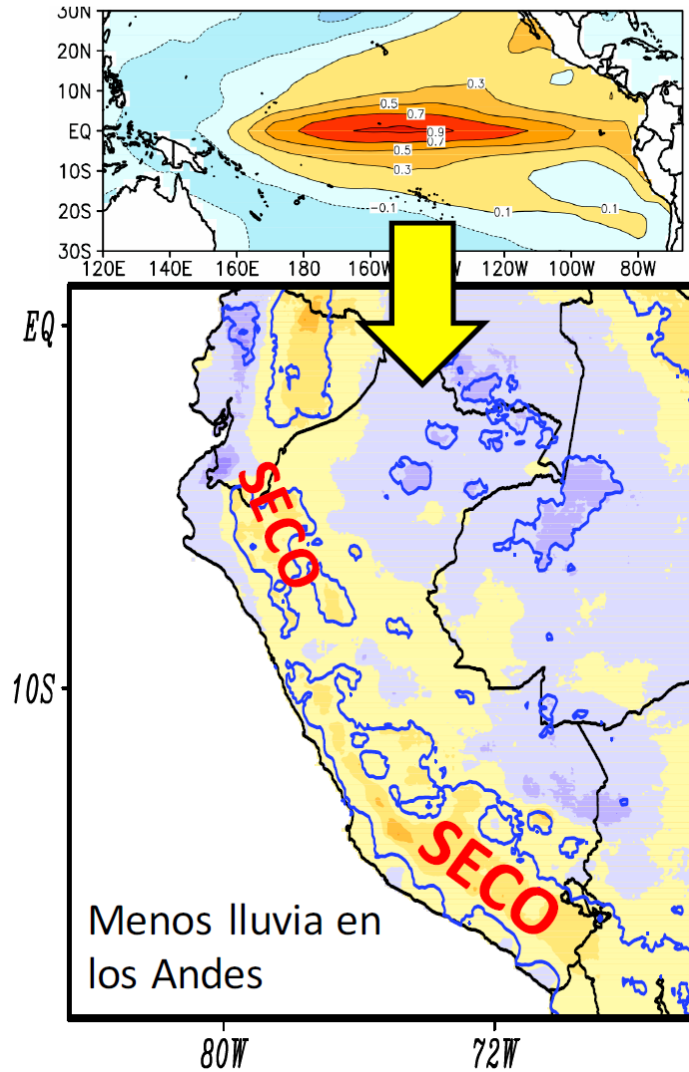


Lluvia

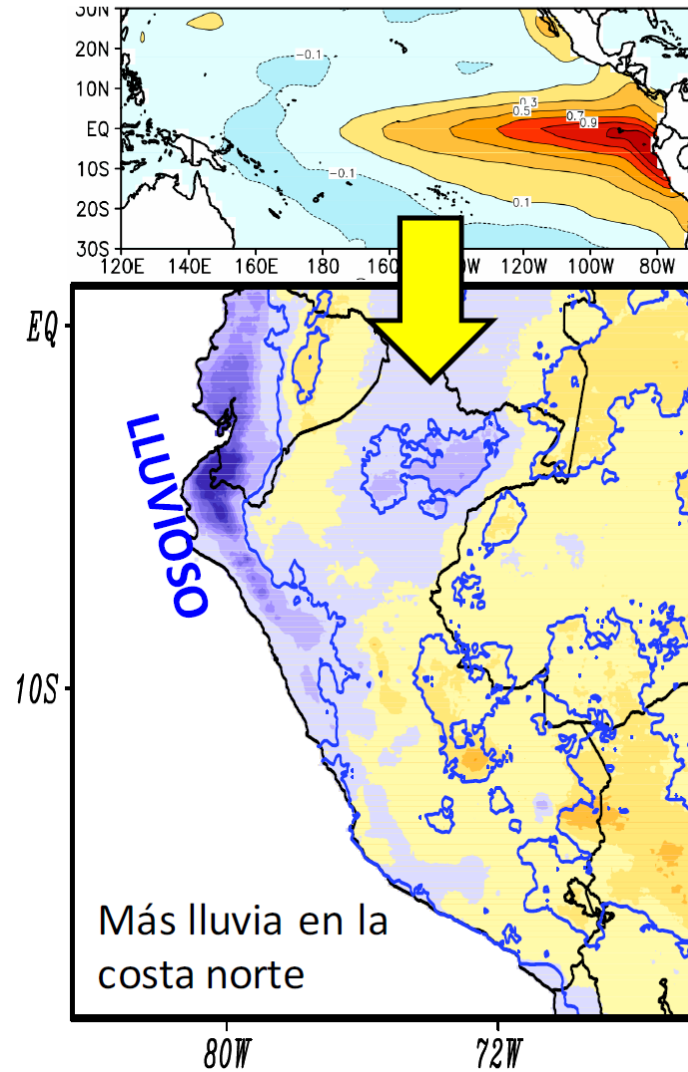


No todos los Niños son iguales...y tampoco sus impactos

Calentamiento en el Pacífico central



Calentamiento en el Pacífico oriental



Anomalías Pluviométricas Abril-Septiembre

Mega sequía



Niño 2015/16 llegó muy tarde como para aliviar la MS en Chile central...pero...

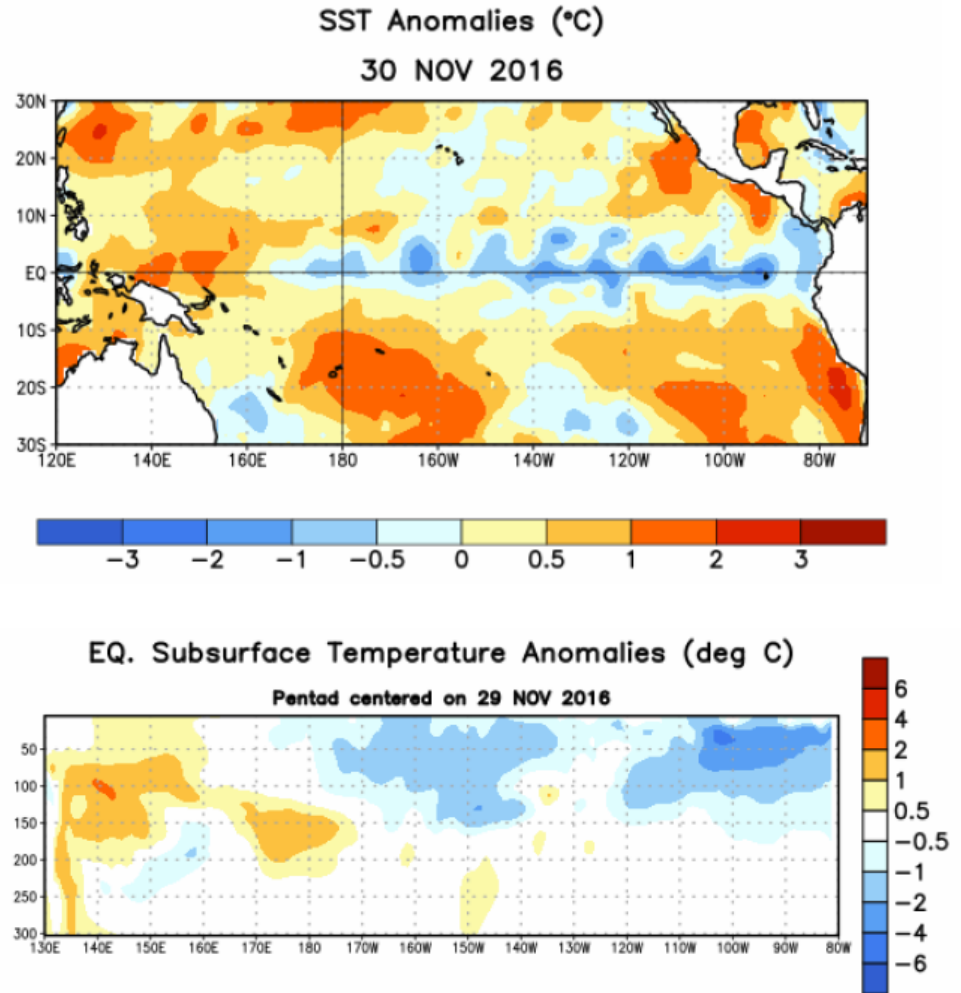
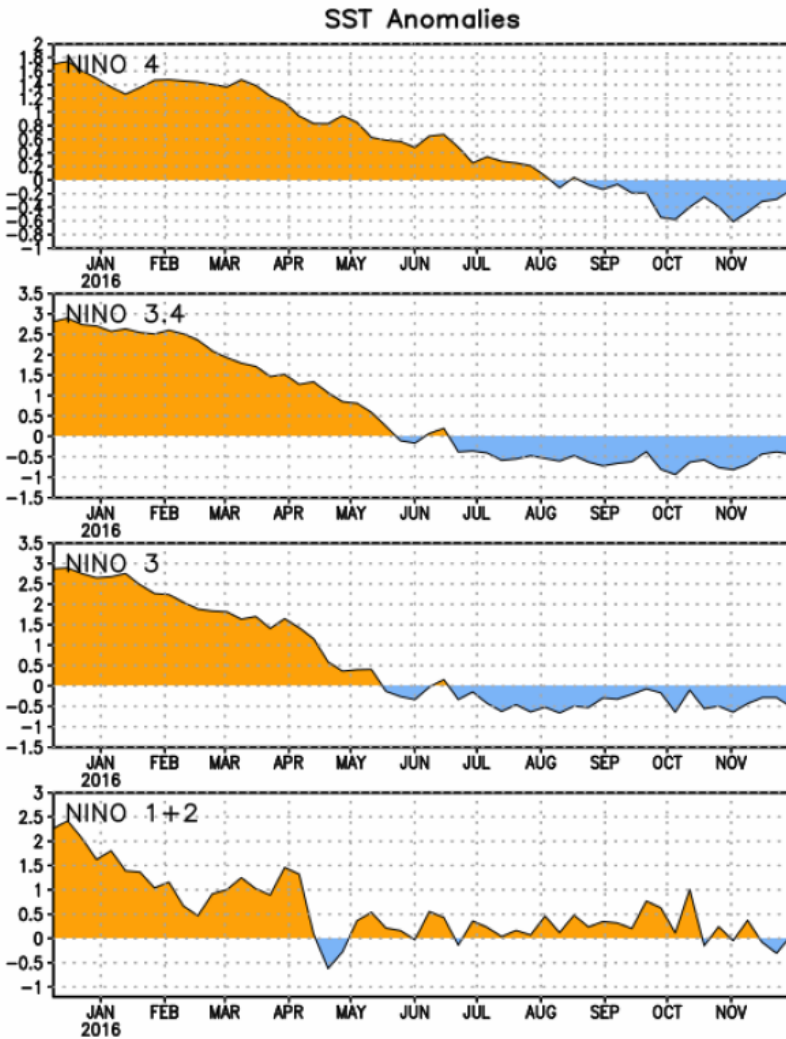
(% respecto a la climatología)



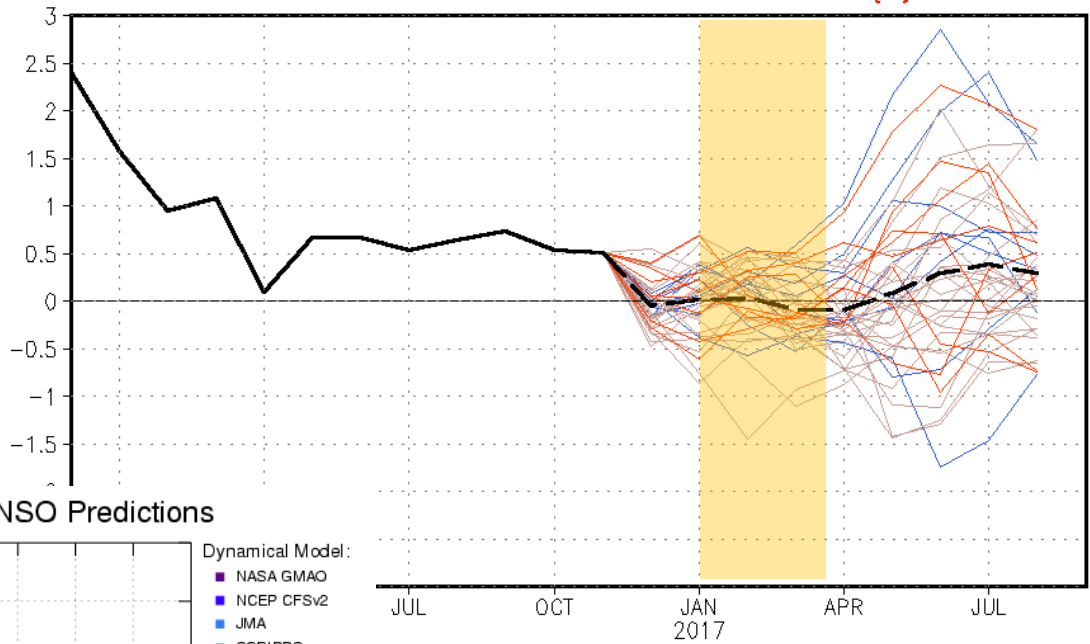
-50 -33 -17 0 +17 +33 +50

(*): Abril-Julio
 Data: DMC+DGA+Agro
<http://explorador.cr2.cl/>

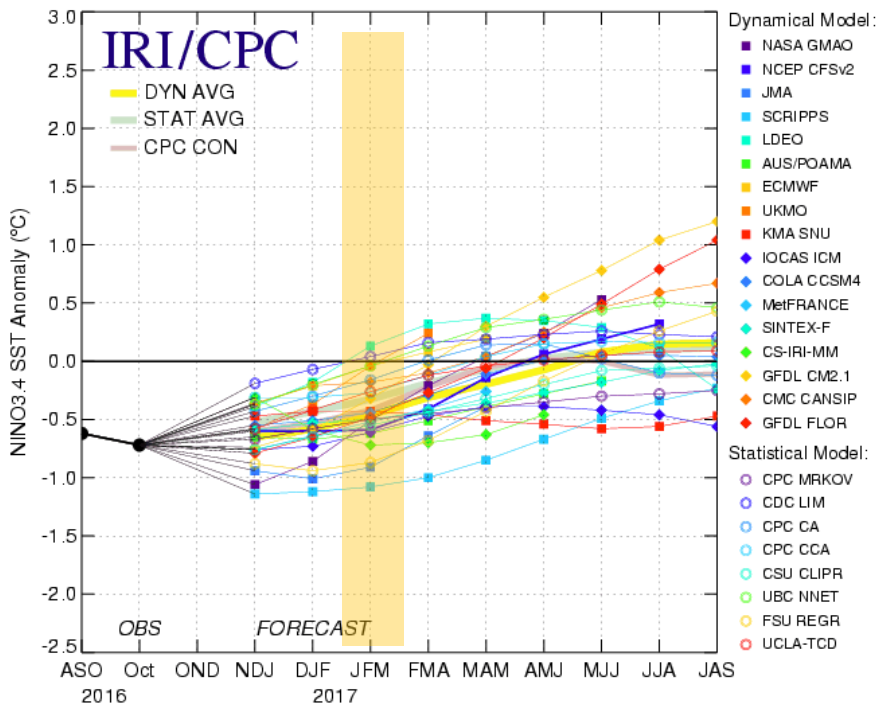
Y bueno, después del calentamiento...(EN2016)



CFSv2 forecast Nino1+2 SST anomalies (K)



Mid-Nov 2016 Plume of Model ENSO Predictions



Perspectivas para el
verano 2017....
Frío, frío



COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN)

COMUNICADO OFICIAL ENFEN N° 16-2016

Continuarán las condiciones neutras frente a la costa del Perú hasta finales del próximo verano

El Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) mantiene el estado de Alerta "No activo"¹. Sin embargo, la temperatura superficial del mar (TSM), a lo largo de la franja costera del Perú, continuó ligeramente por encima del promedio, aunque dentro del rango neutral.

Para el próximo verano, El Comité Multisectorial ENFEN, en base al juicio experto y al análisis de los pronósticos nacionales e internacionales y de las observaciones, mantiene la mayor probabilidad de ocurrencia (80%) que se presenten condiciones neutras del Pacífico Oriental.



Secretaría de
Gestión de Riesgos

4. Perspectivas

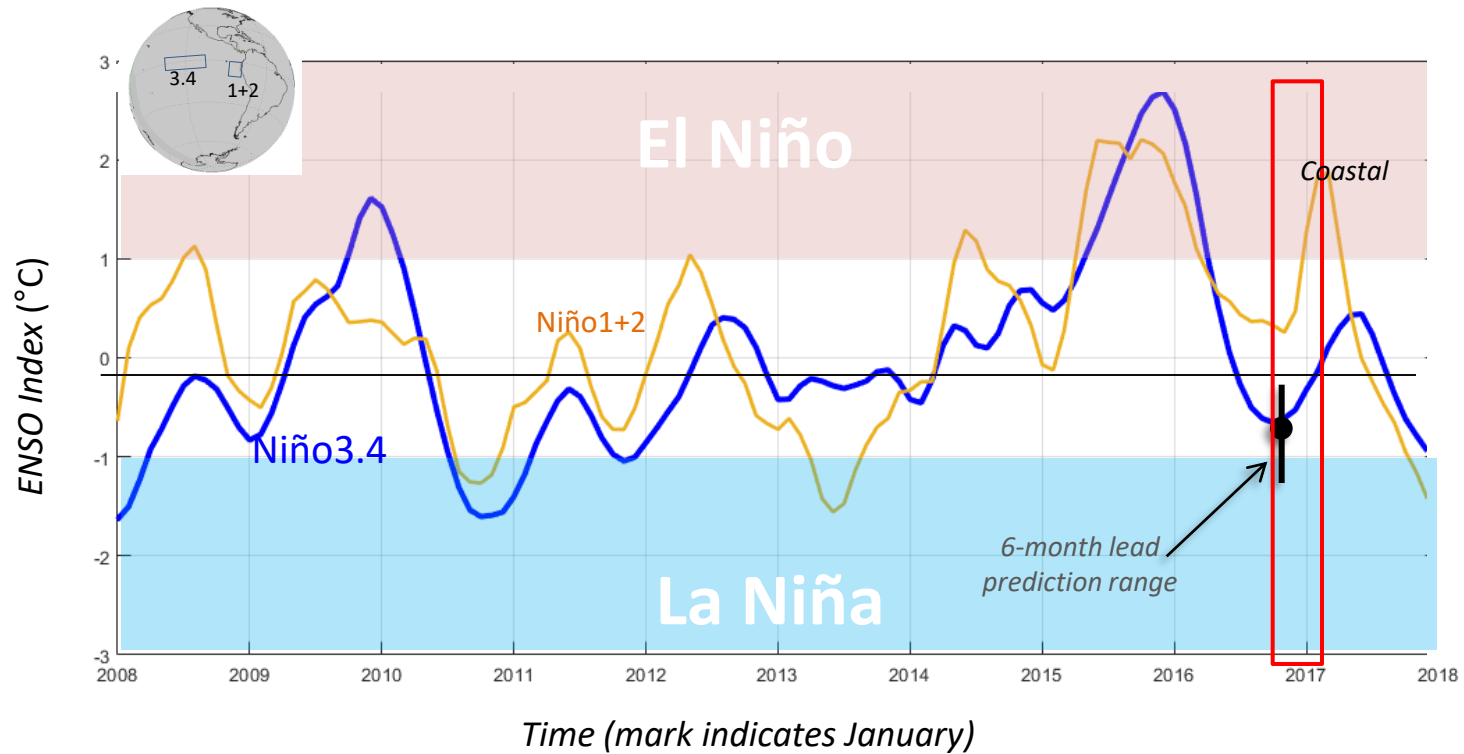
La evolución de la variabilidad intraestacional, permite prever una fase convectiva para los próximos días, con una señal importante durante el periodo 15-20 enero 2017. Esta situación incrementa la posibilidad de presentarse episodios de lluvias de intensidad entre moderadas a puntualmente fuertes, sobre todo hacia el interior de la región litoral y región oriental; en la región interandina se prevé precipitaciones dispersas y en la región insular precipitaciones leves y aisladas.

En el pronóstico del mes de enero del 2017, los valores de la componente de precipitación de las estaciones costeras de INOCAR se encuentran dentro de condiciones de precipitación normal para el mes.

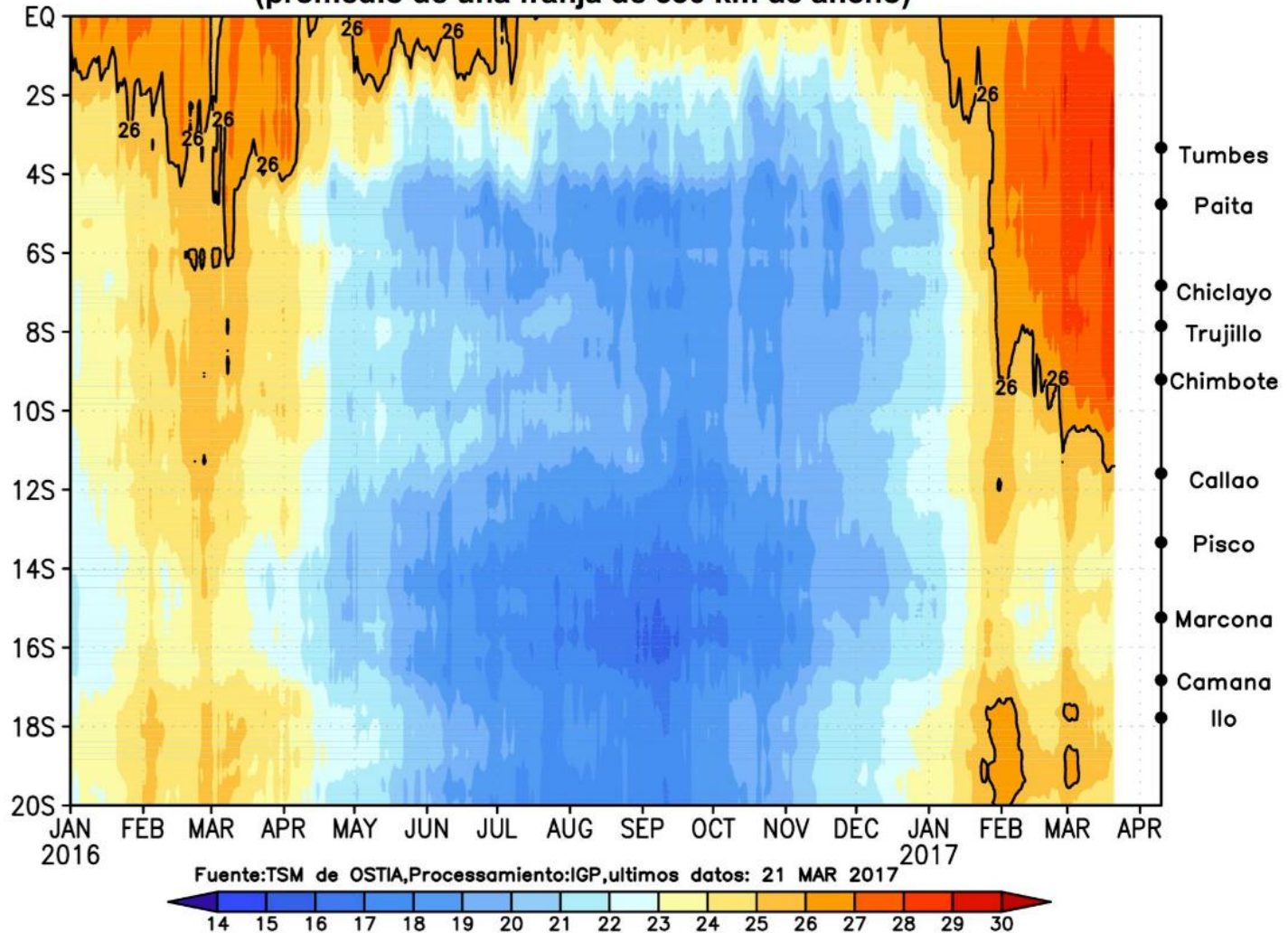
La NOAA menciona que las condiciones de La Niña están presentes porque se evidencia el cuarto valor del ONI menor a $-0,5^{\circ}\text{C}$. Sin embargo los resultados de los modelos muestran anomalías en el rango entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $0,5^{\circ}\text{C}$ en las cuatro regiones para el próximo trimestre. Además de un incremento de anomalías positivas subsuperficiales en el Pacífico Ecuatorial Central.

Perspectivas para el verano 2017.... Frío, frío

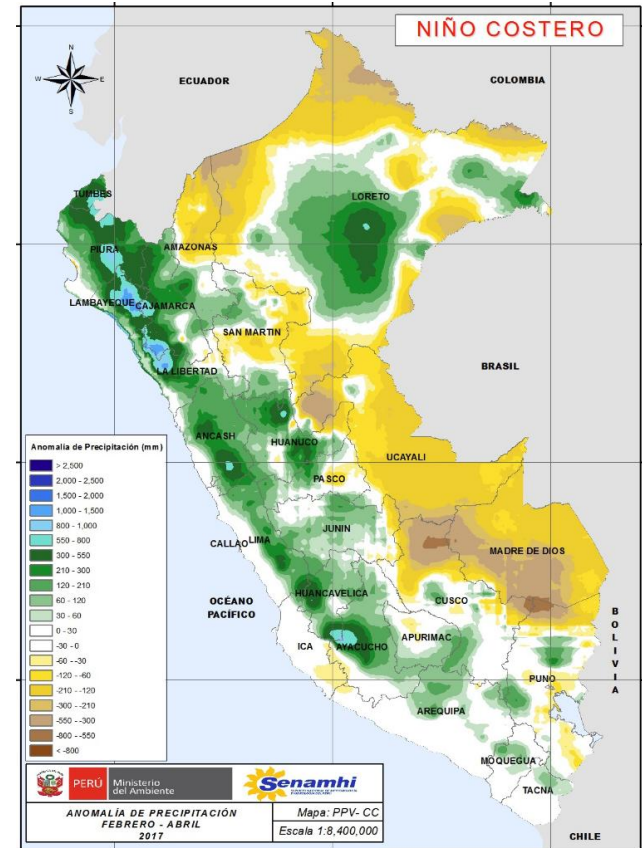
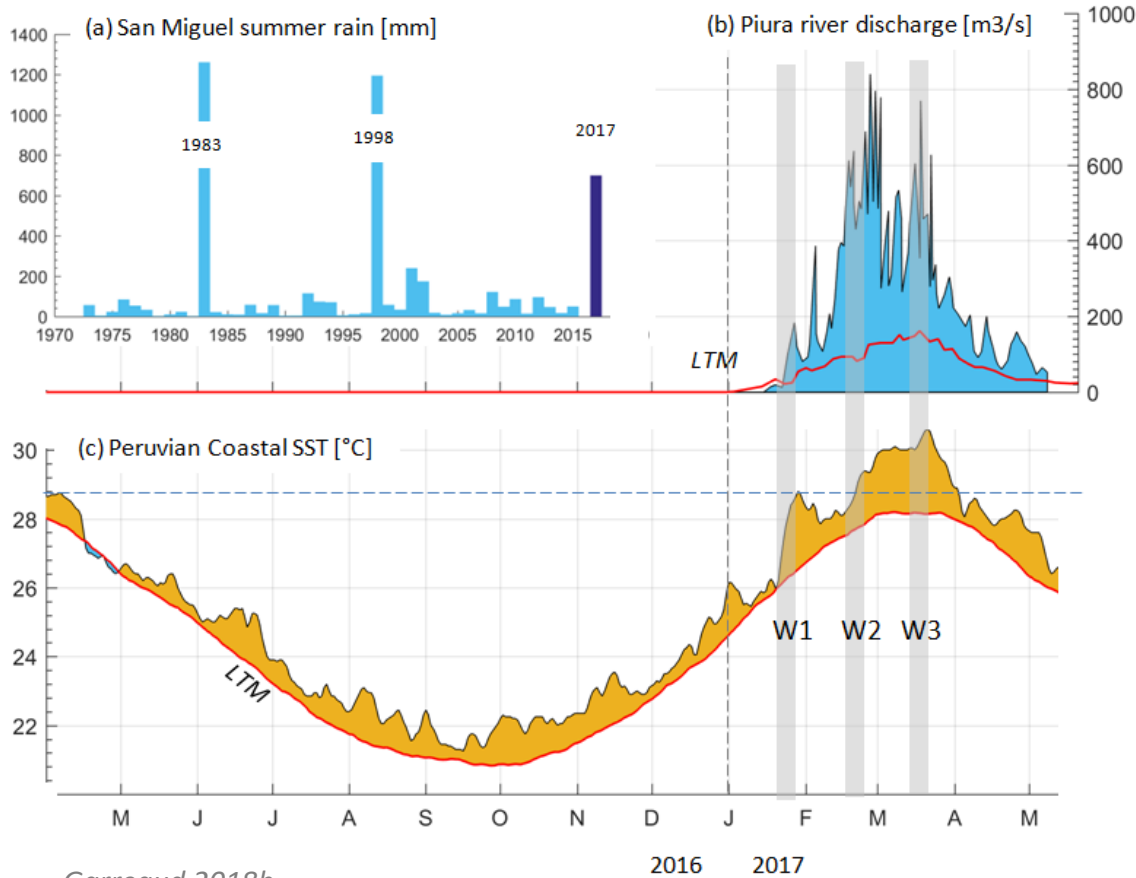
Y de pronto... **El Niño costero 2017**



Temperatura superficial del mar (°C) frente a la costa (promedio de una franja de 330 km de ancho)

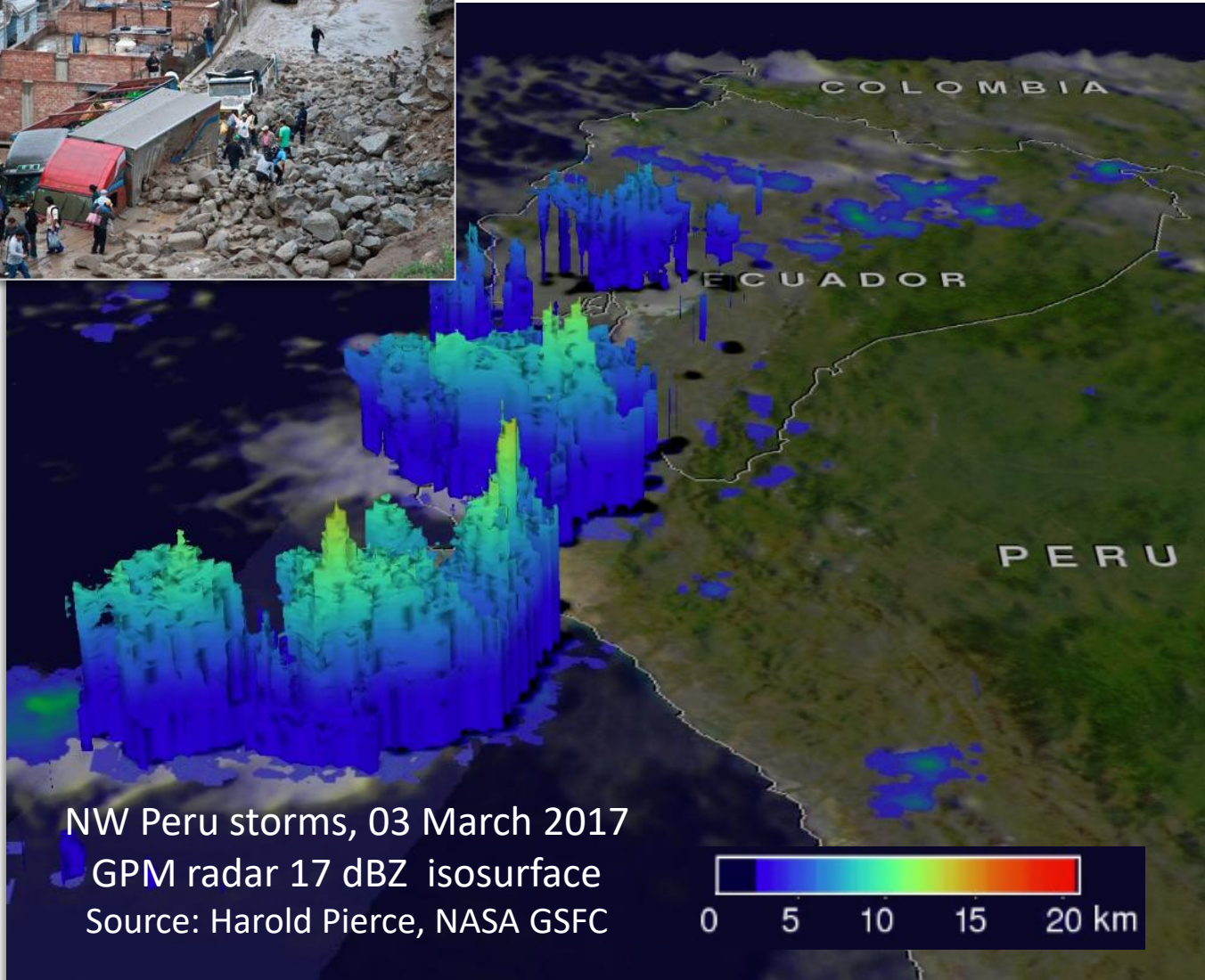


Calentamiento costero y precipitación



Calentamiento costero y precipitación

>200 fallecidos, 3.1 Bill US\$



NW Peru storms, 03 March 2017

GPM radar 17 dBZ isosurface

Source: Harold Pierce, NASA GSFC

El ardiente verano 2017

Anomalías Tx Enero 2017

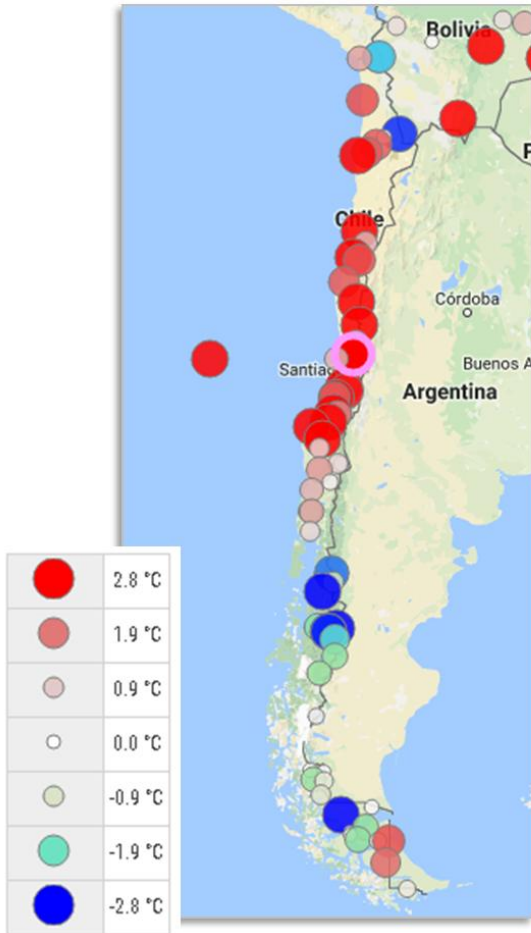
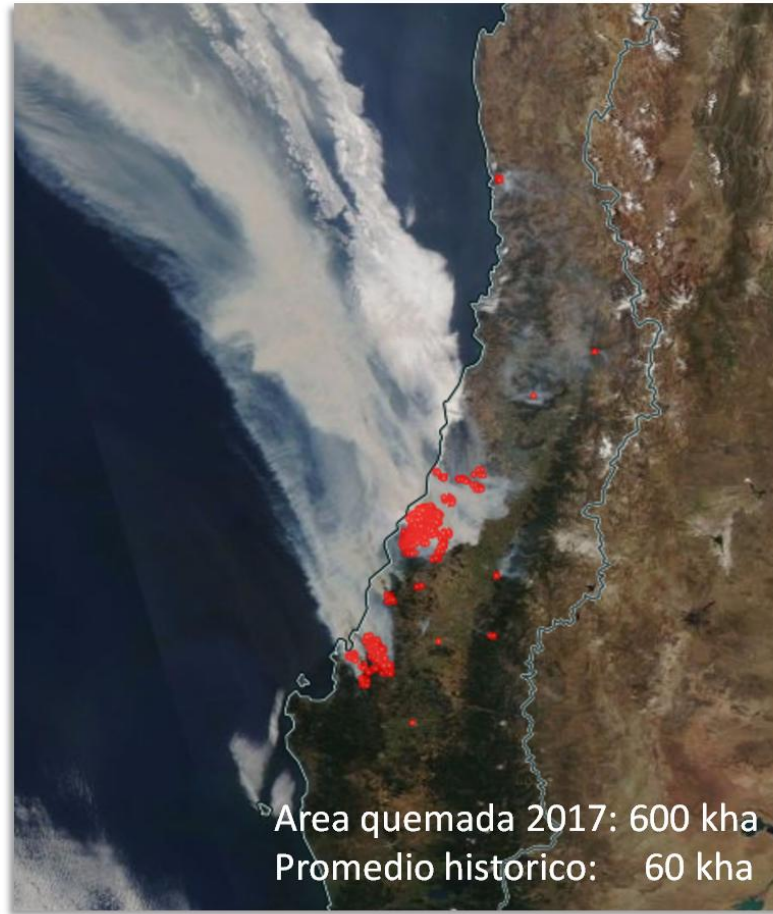
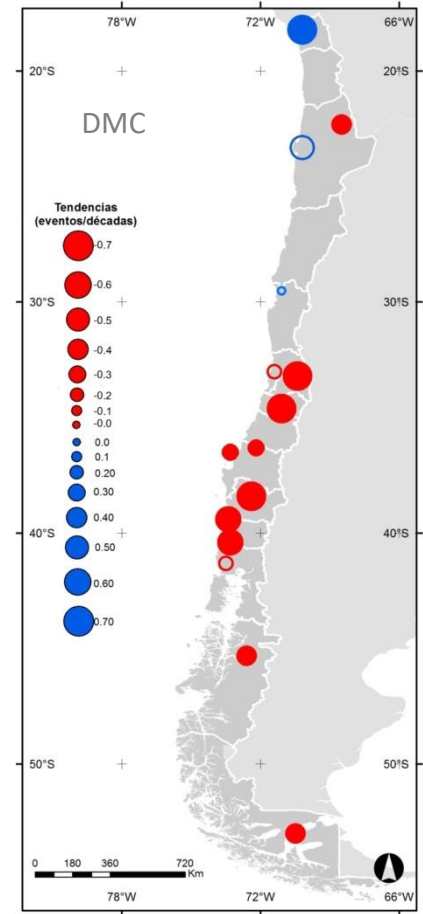


Imagen MODIS Visible 27-01-2017

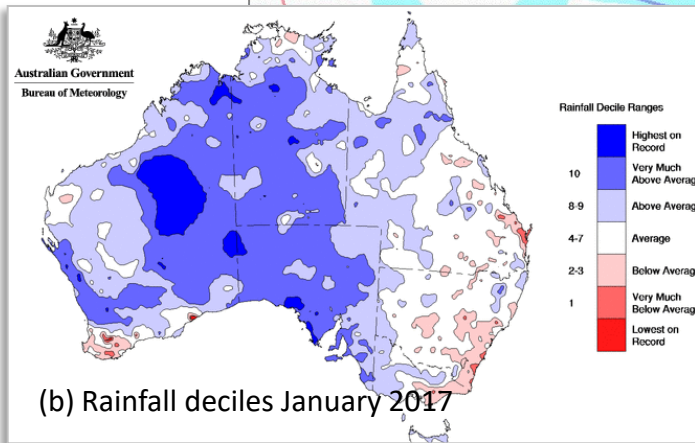
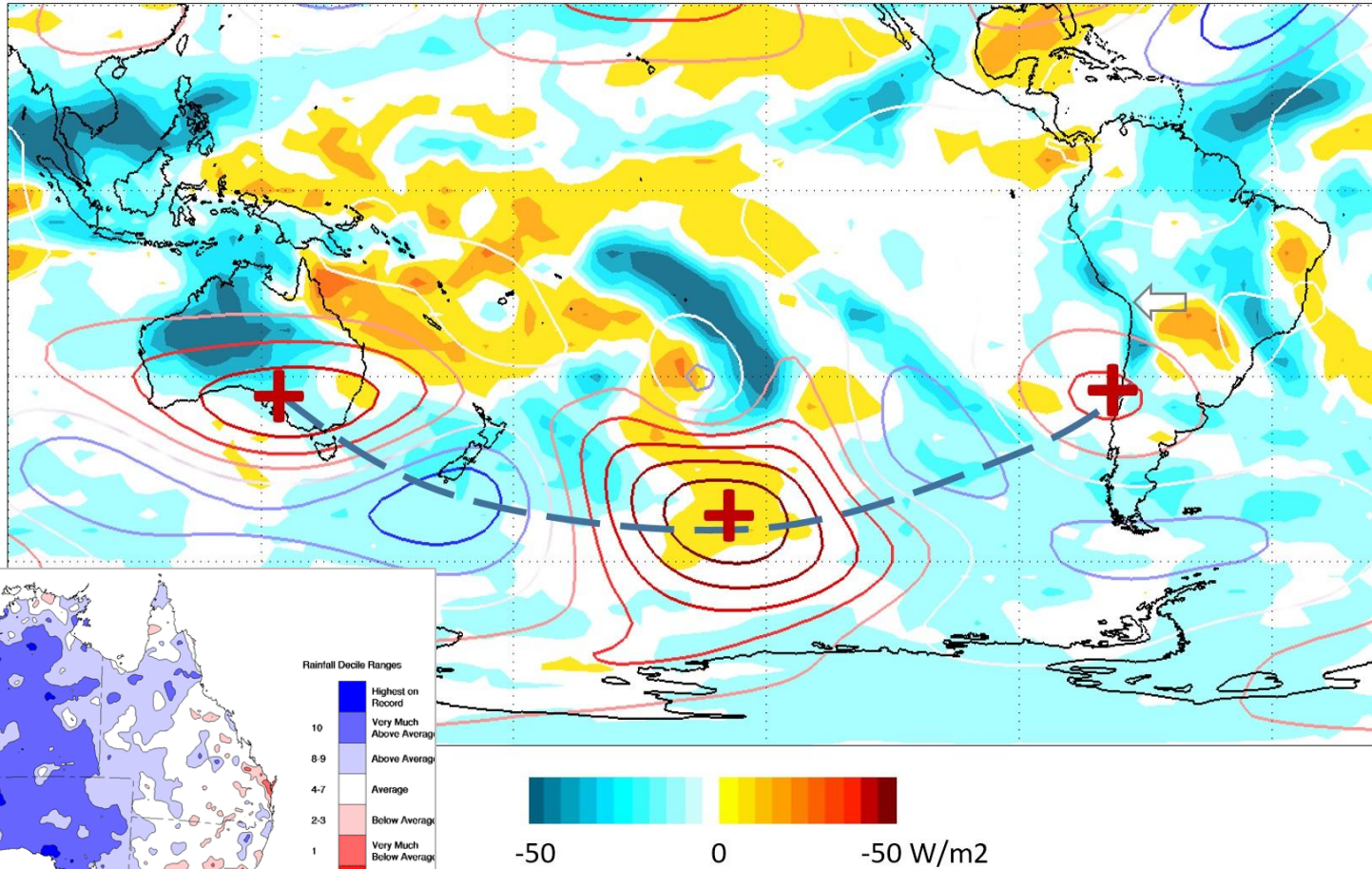


Tendencias olas de calor



El ardiente verano 2017

(a) 200 hPa height and OLR anomalies (15-30 January 2017)



(b) Rainfall deciles January 2017

**Processes Controlling the Mean Tropical Pacific Precipitation Pattern. Part I:
The Andes and the Eastern Pacific ITCZ**

KEN TAKAHASHI AND DAVID S. BATTISTI

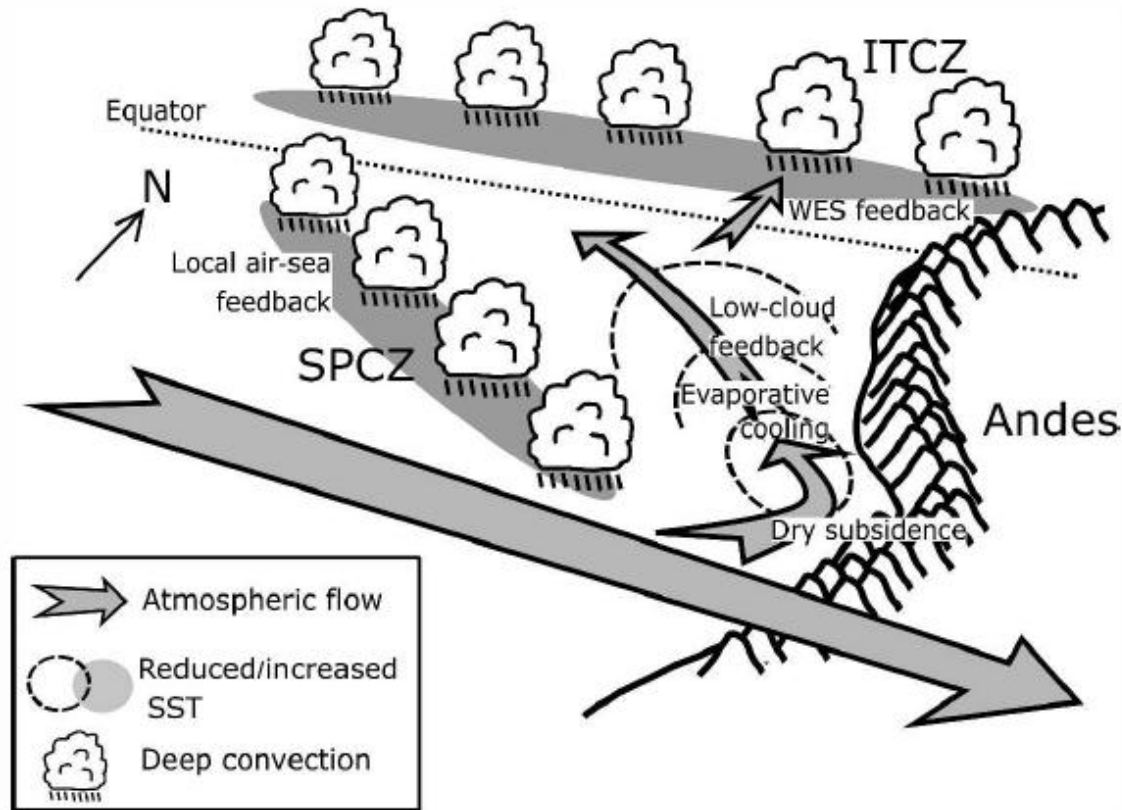
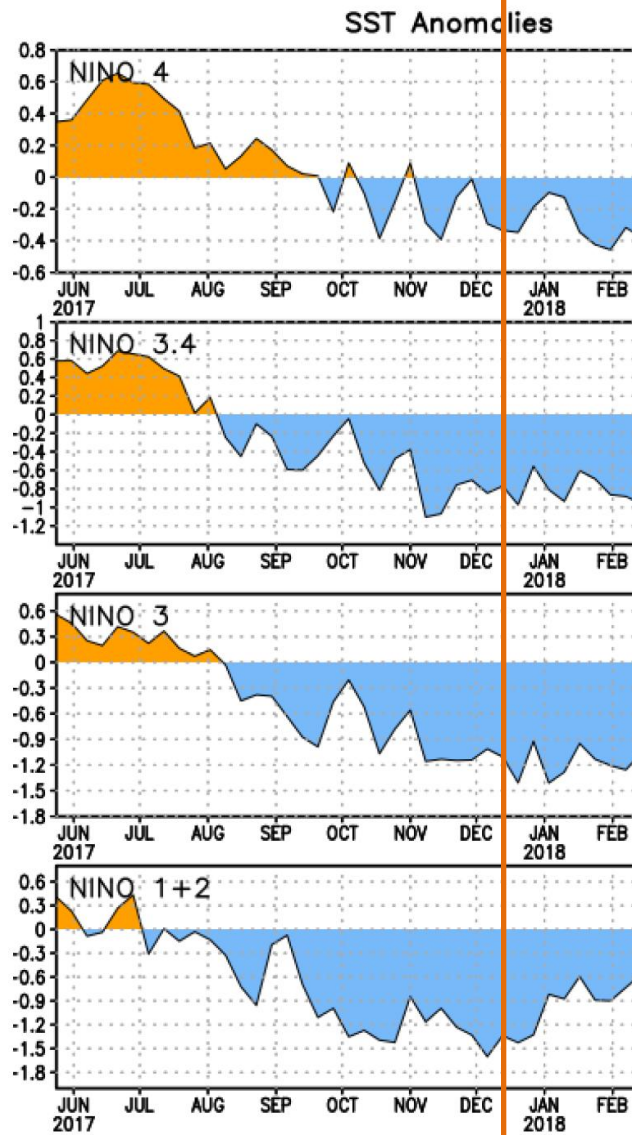


FIG. 13. Sketch summarizing some of the main processes discussed in the two parts of this study.

La Niña 2017/2018





PERÚ

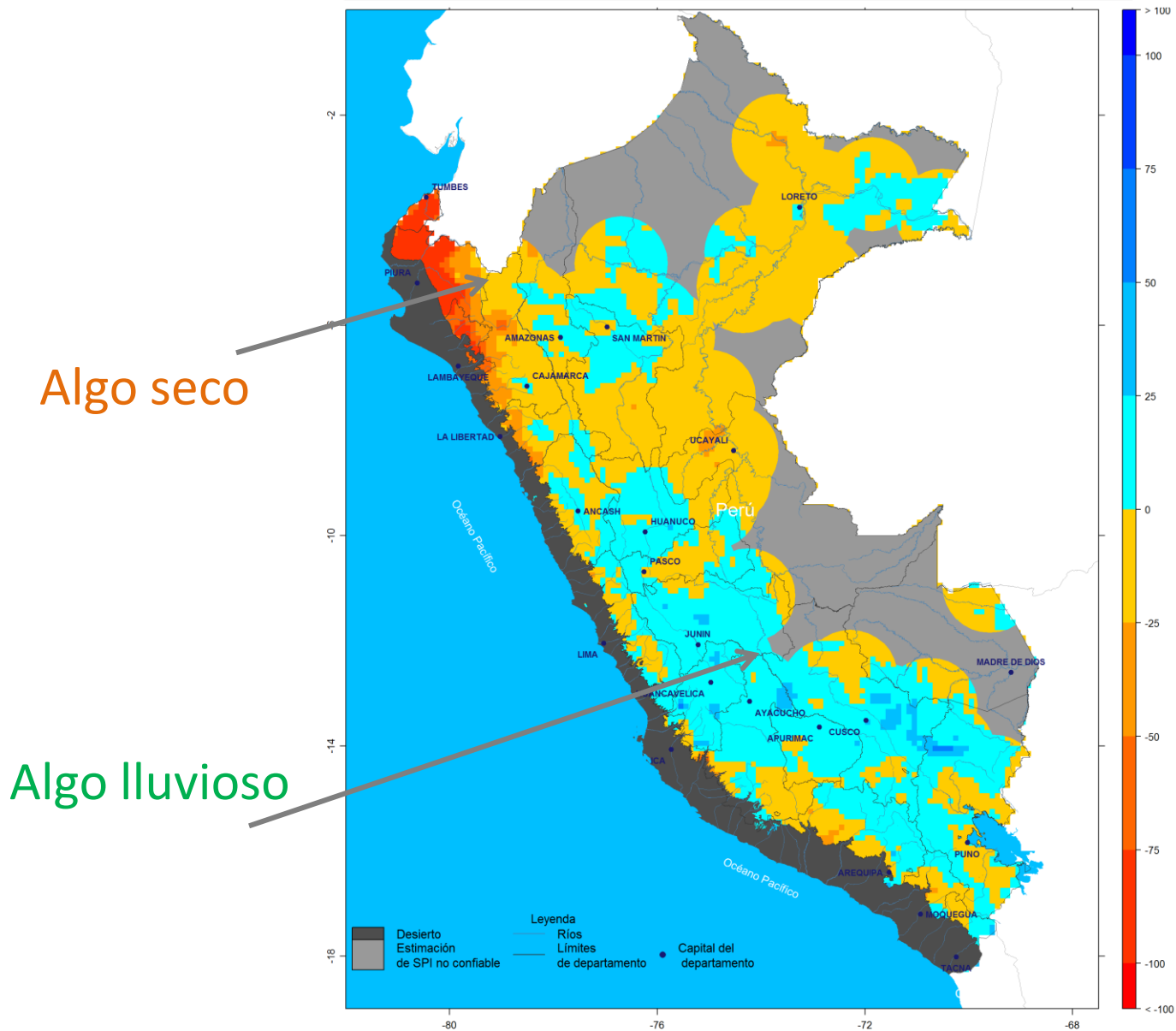
Ministerio del Ambiente



MONITOREO DE SEQUÍAS EN EL PERÚ

Índice de Precipitación Normal en % (Últimos 6 Meses - Marzo 2018)

Condiciones EFM 2018

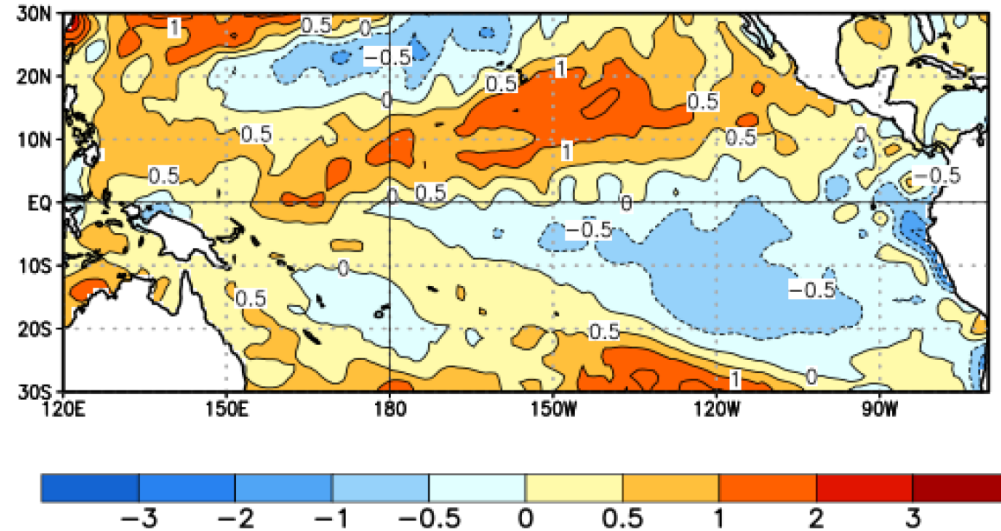


Condición actual

Neutra en Pacifico Central

Aun fría en la costa del Perú

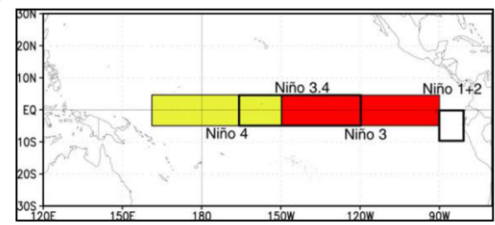
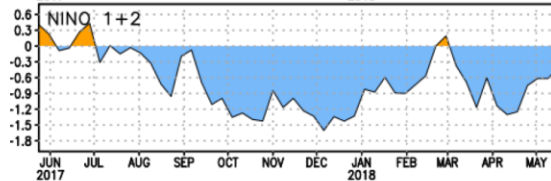
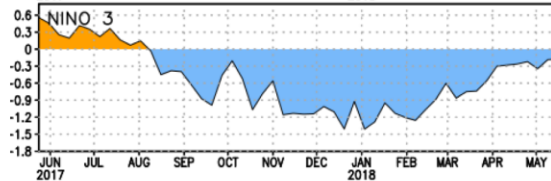
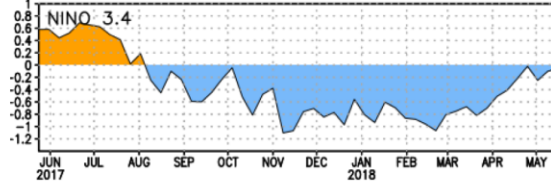
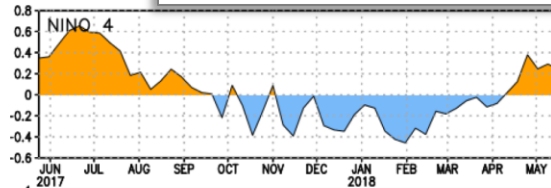
Average SST Anomalies
22 APR 2018 – 19 MAY 2018



Niño Region SST Departures (°C) Recent Evolution

The latest weekly SST departures are:

Niño 4	0.2°C
Niño 3.4	-0.1°C
Niño 3	-0.2°C
Niño 1+2	-0.4°C



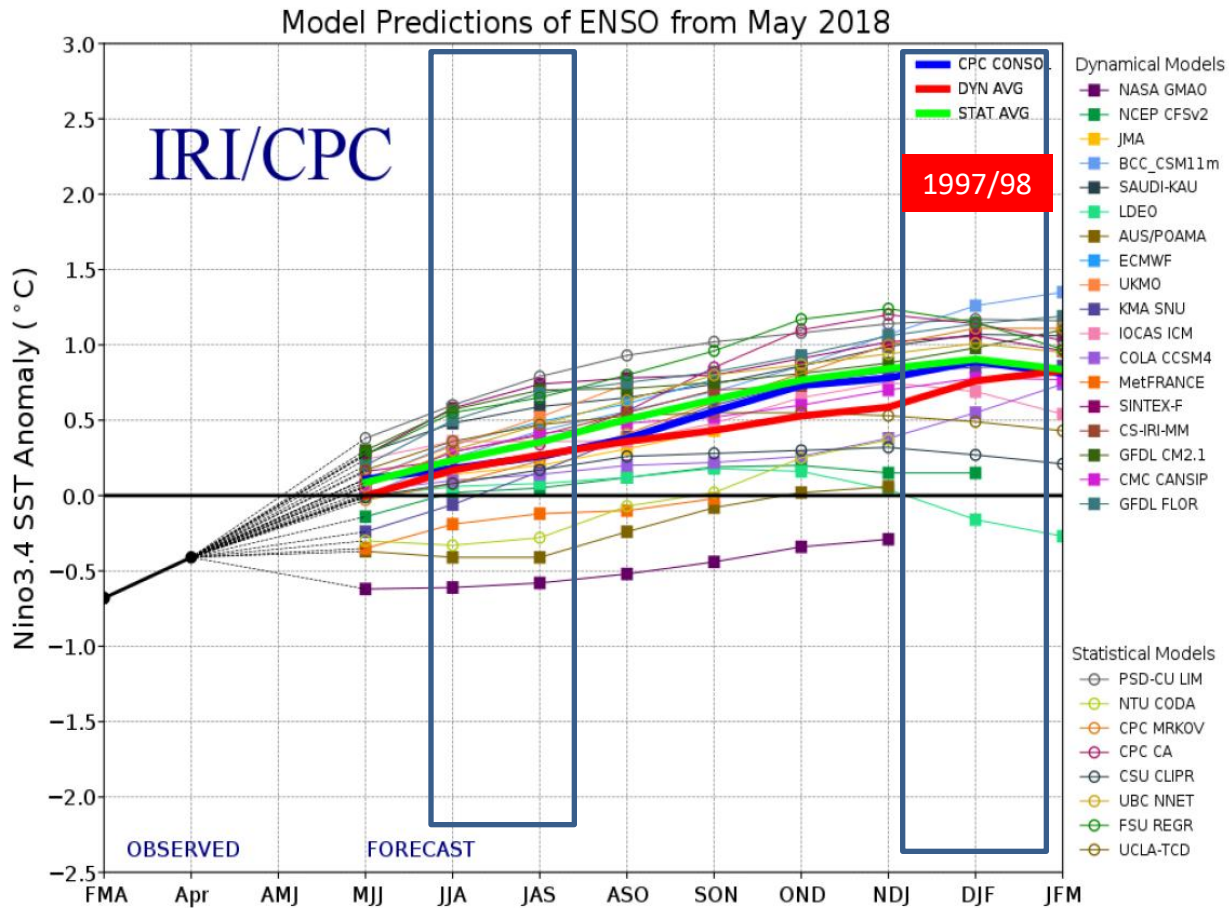


Figure provided by the International Research Institute (IRI) for Climate and Society (updated 18 May 2018).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

COMUNICADO OFICIAL ENFEN N°06-2018

Callao, 15 de mayo de 2018

Estado de sistema de alerta: **No Activo**¹

La Comisión Multisectorial ENFEN informa que continúa el proceso de normalización de la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana y en el Pacífico central.

Entre mayo y julio se espera el arribo de ondas Kelvin cálidas en la costa norte del Perú, que podrían generar anomalías positivas débiles de la temperatura del mar, del aire y del nivel del mar.

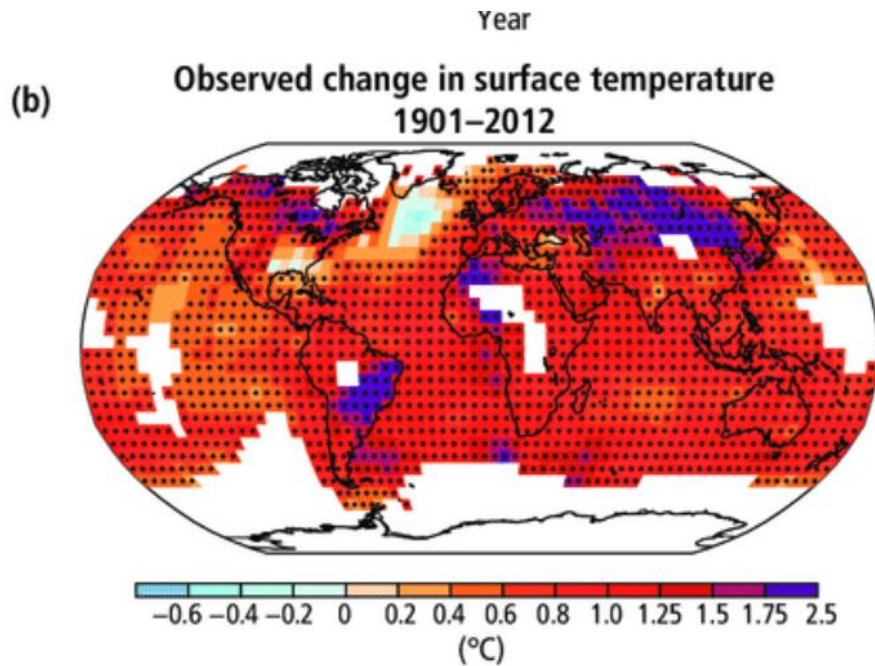
PERSPECTIVAS

Entre mayo y julio se espera el arribo de ondas Kelvin cálidas en la costa norte del Perú, que podrían generar anomalías positivas débiles de la temperatura del mar, del aire y del nivel del mar.

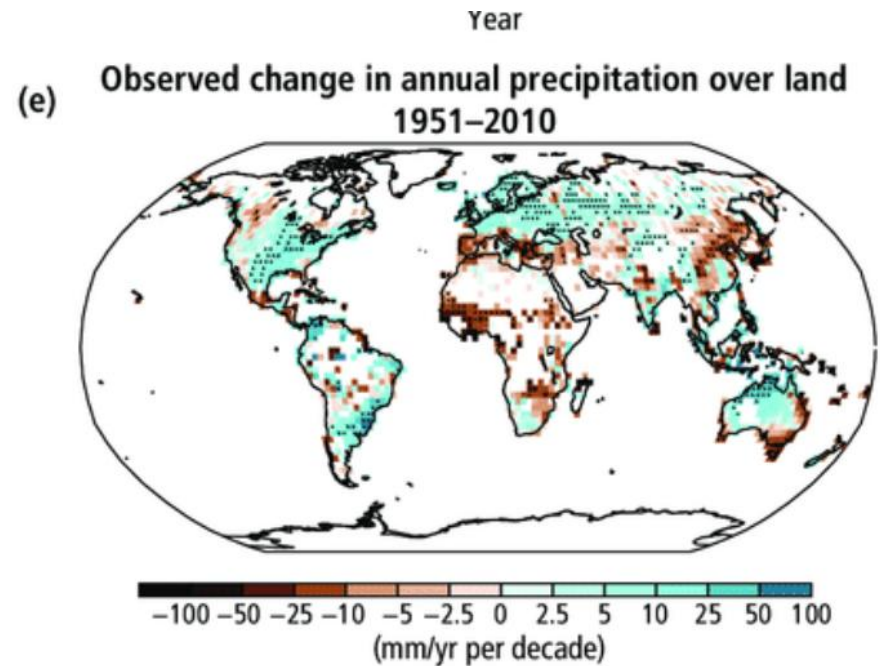
Tomando en consideración el monitoreo y el análisis de la Comisión Multisectorial ENFEN, así como los pronósticos de las Agencias Internacionales, se espera que entre mayo y julio se presenten condiciones neutras, pero con una tendencia hacia condiciones cálidas en la región del Pacífico central (región Niño 3.4). En la región Niño 1+2, frente a la costa norte del Perú y la costa del Ecuador, se esperan ligeras anomalías positivas en la temperatura de la superficie del mar.

La Comisión Multisectorial ENFEN continuará informando sobre la evolución de las condiciones actuales y sus perspectivas.

Cambios observados de Temperatura y Precipitación en el siglo XX (IPCC, AR5)

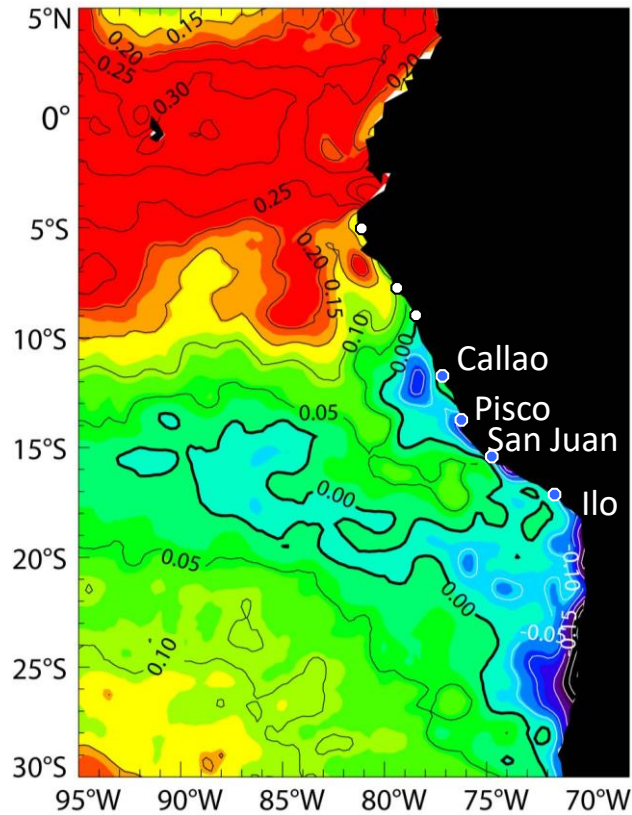


Calentamiento en todas partes....

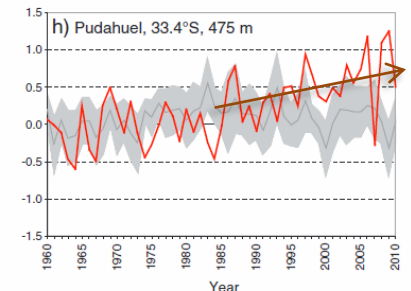
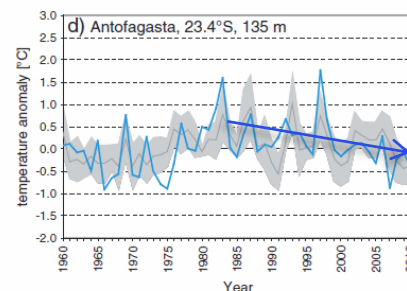
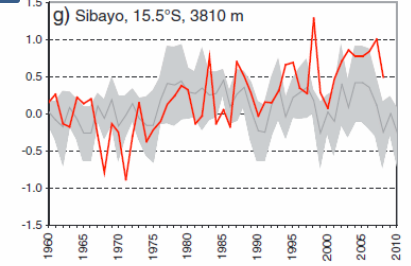
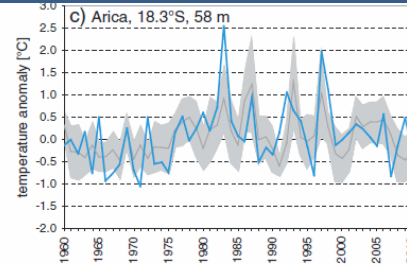
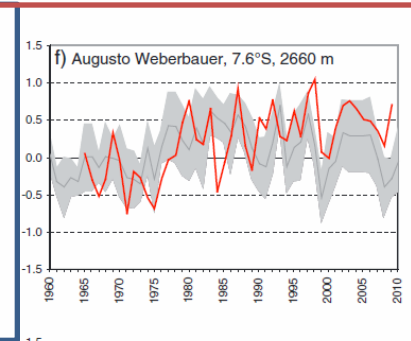
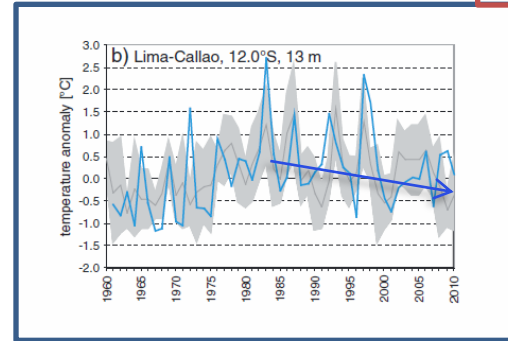
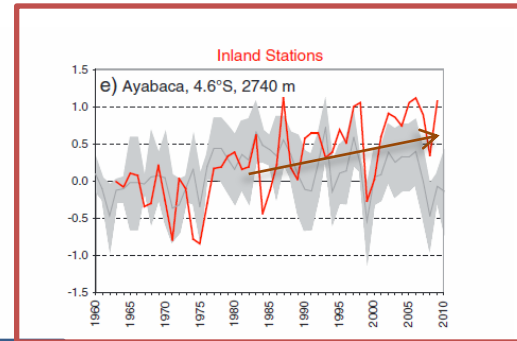
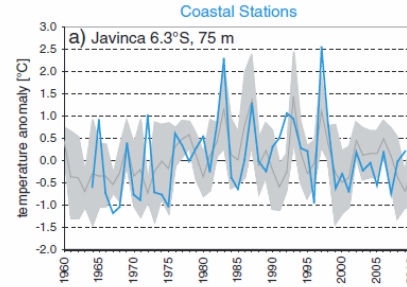


Señales mezcladas: “Ricos reciben mas, pobres menos”

Cambios observados de Temperatura en las ultimas décadas



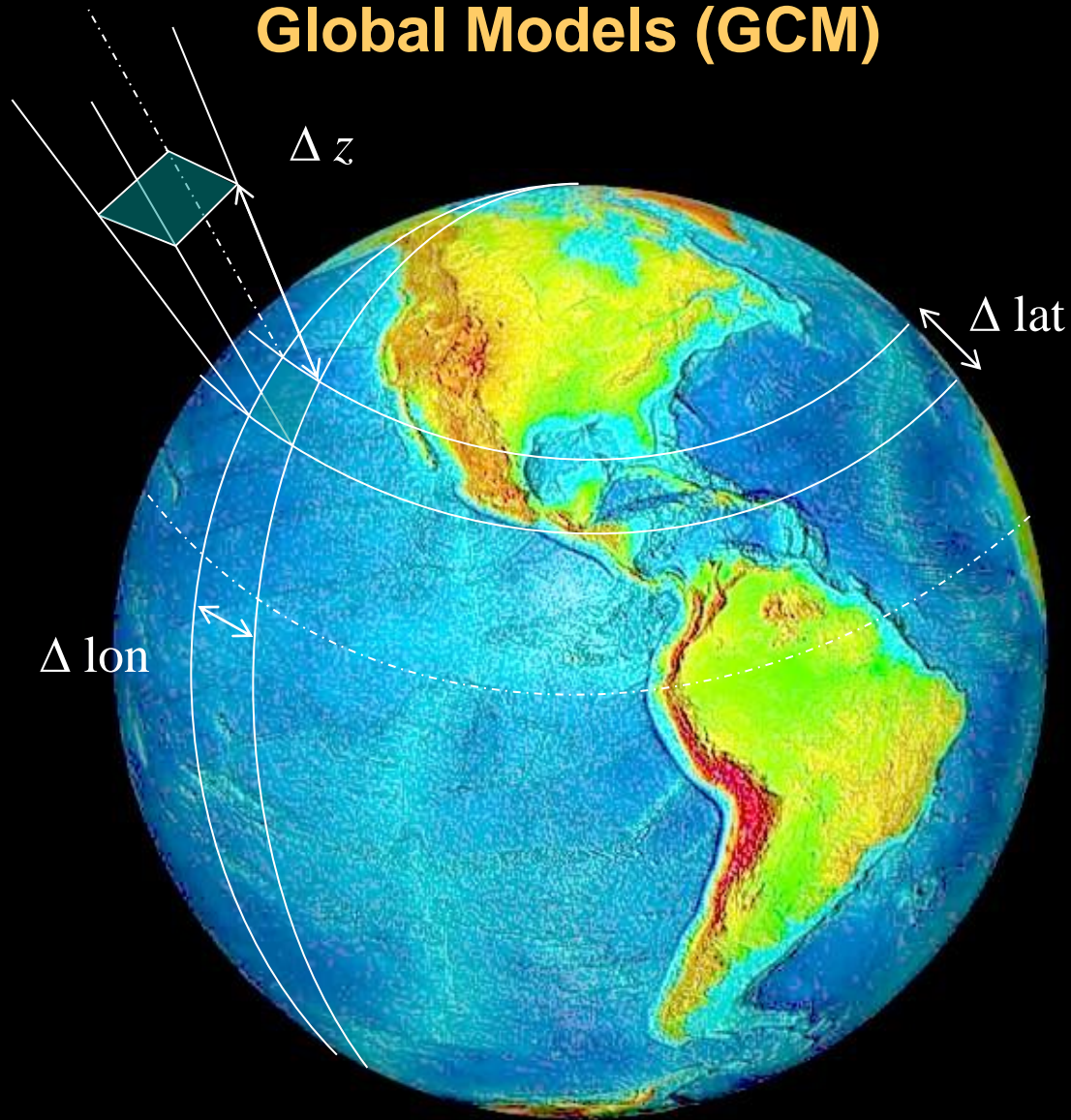
Trends in °C/décade (1984 – 2010), from Reynolds data base (1/4° resolution) (Gutiérrez et al., RPGA, subm.)





And
What
Next...

Global Models (GCM)



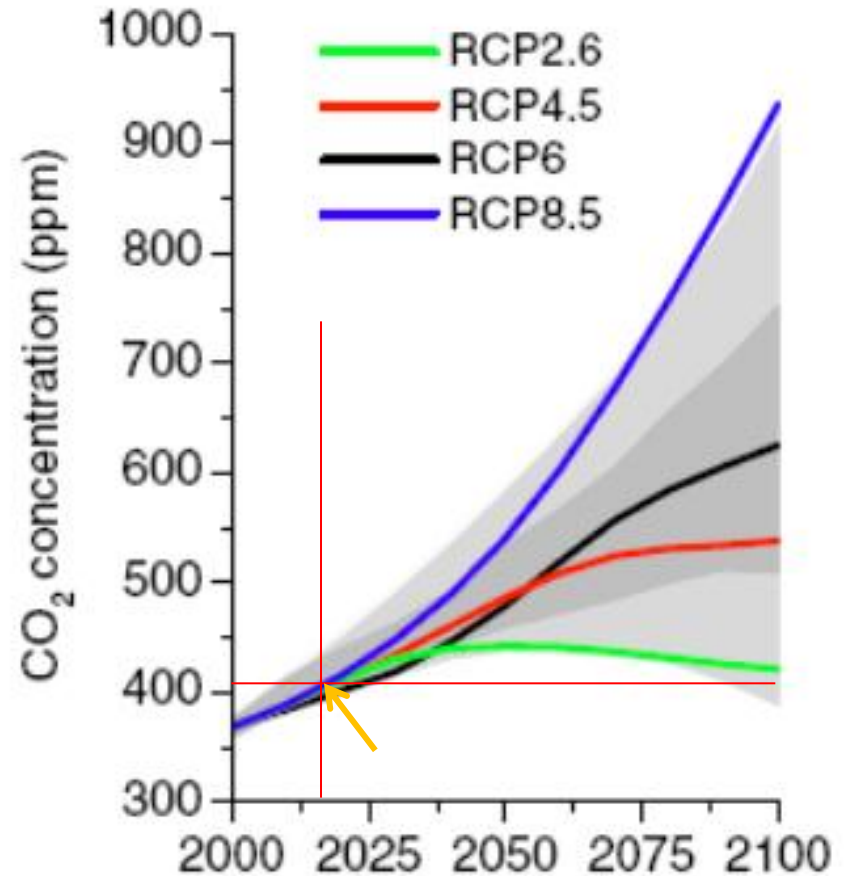
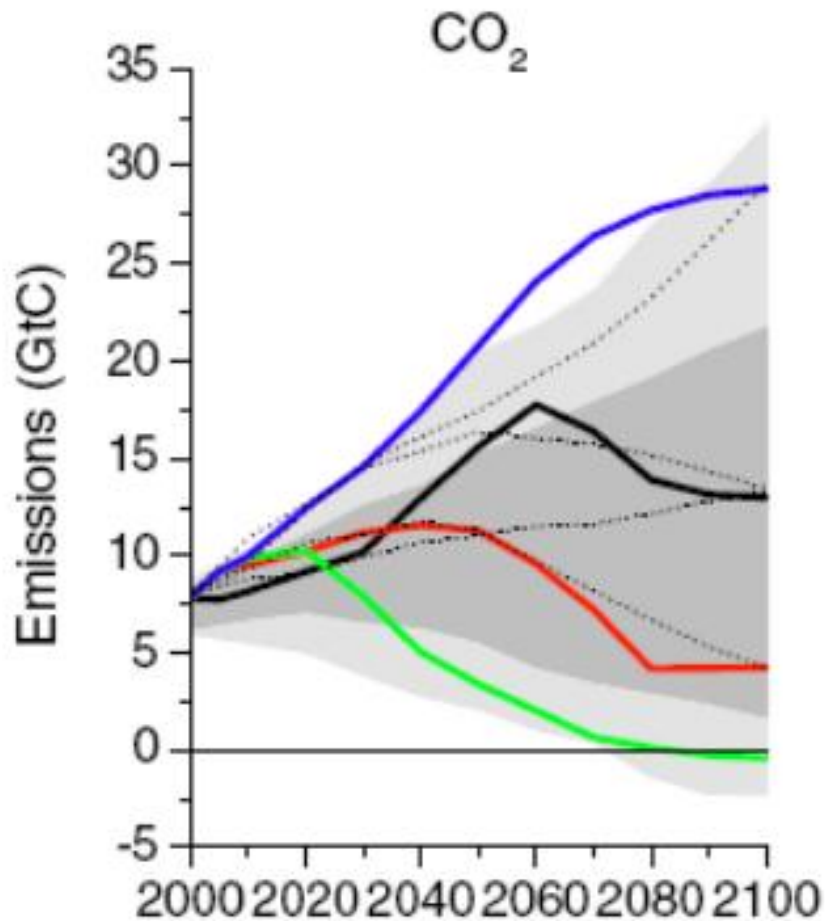
$\Delta \text{lat} \sim \Delta \text{lon} \sim 1^\circ - 3^\circ$

$\Delta z \sim 1 \text{ km}$

$\Delta t \sim \text{minutes-hours}$

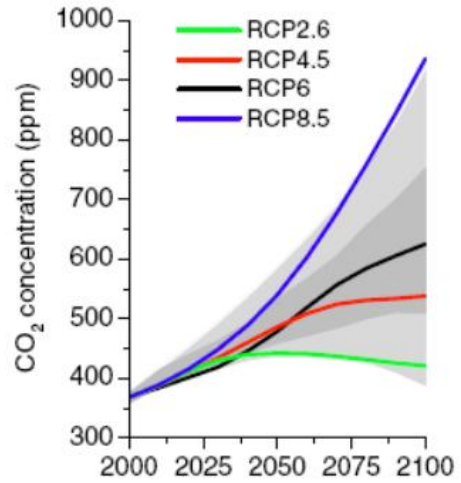
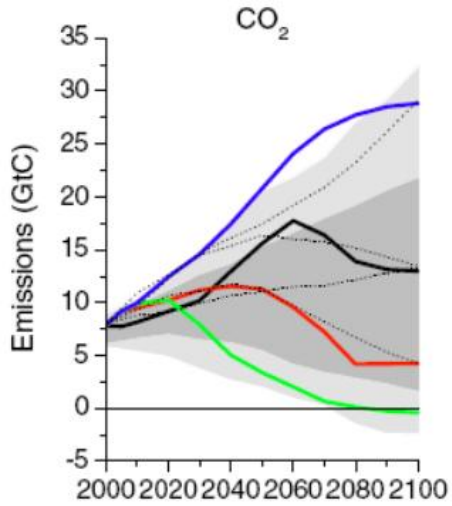
Top of atmosphere: 15-50 km

La mayor fuente de incertidumbre... ¿Cuanto CO₂ inyectaremos en el siglo XXI?

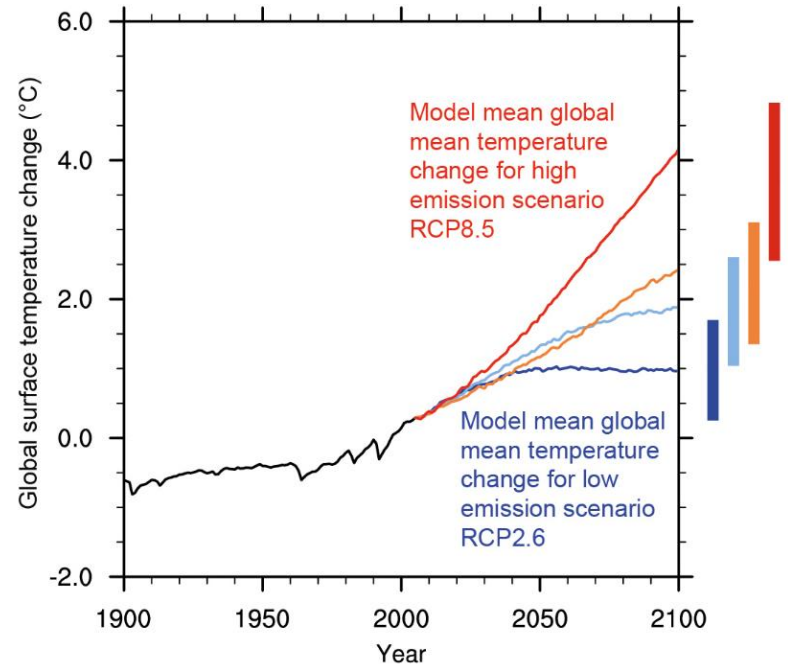




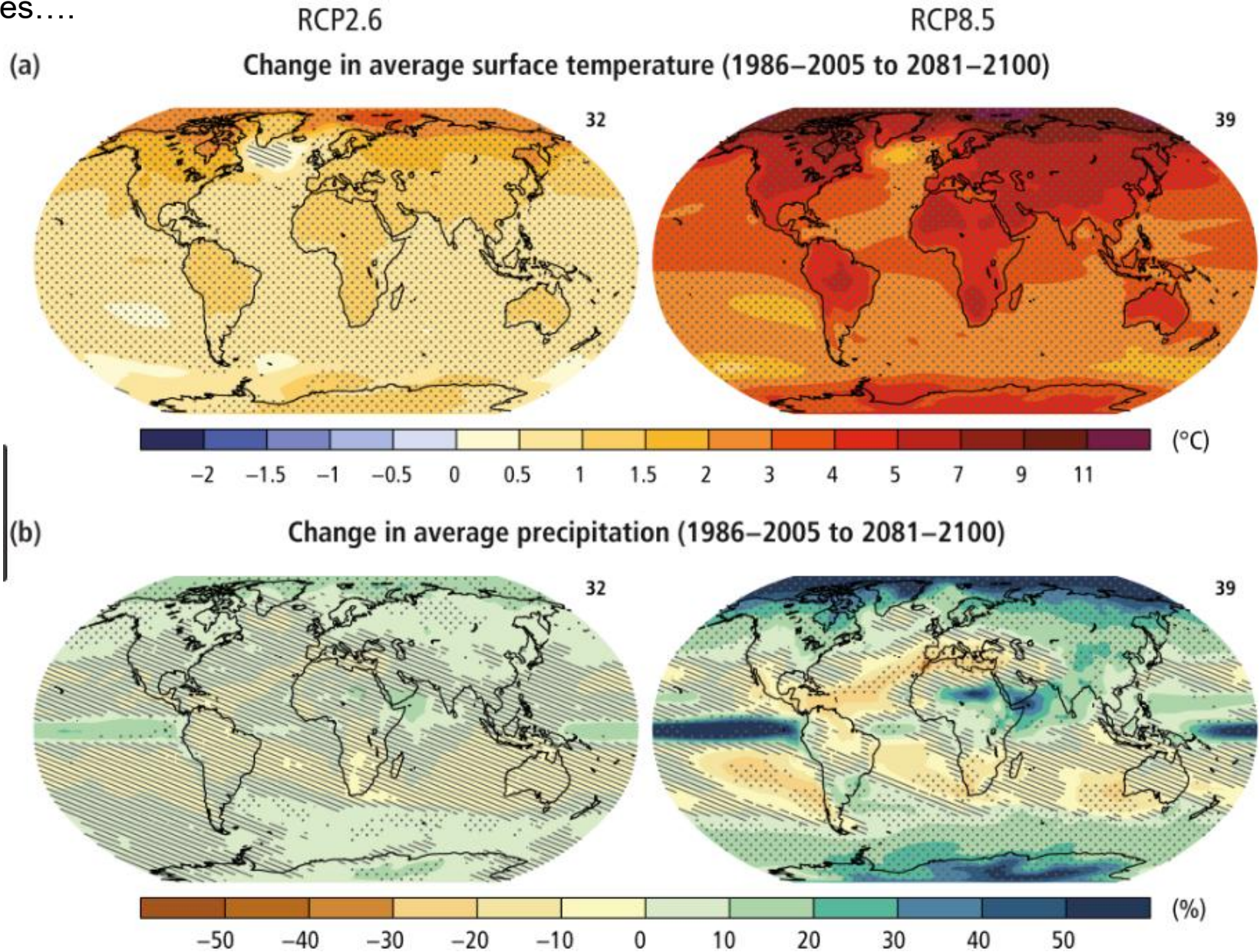
Escenarios Desarrollo Económico-Social



GCMs



Calentamiento en todas partes....



Señales mezcladas: “Ricos reciben mas, pobres menos”

Cambios esperados hacia fines de siglo bajo un escenario de fuerte emisión de CO2

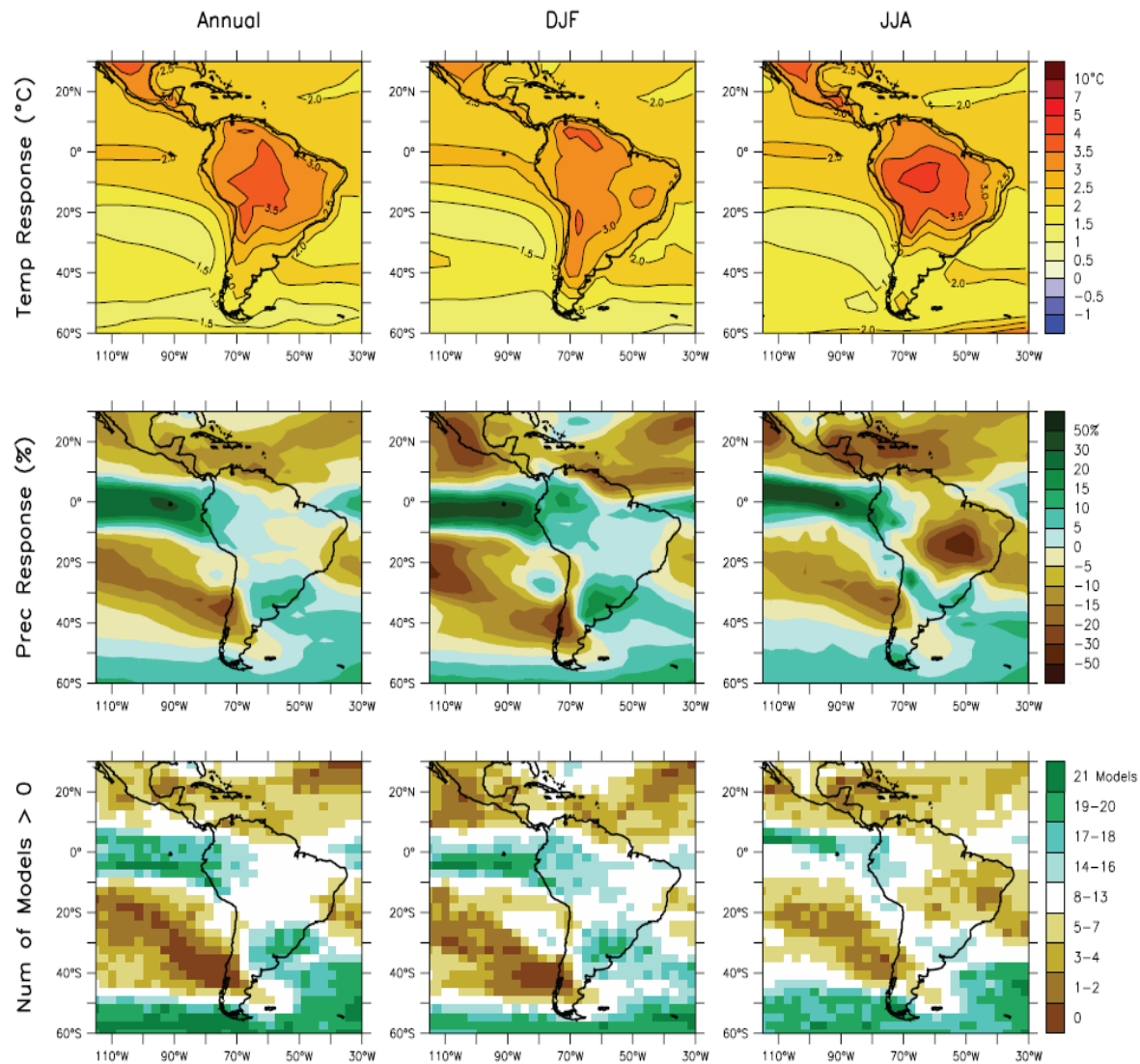
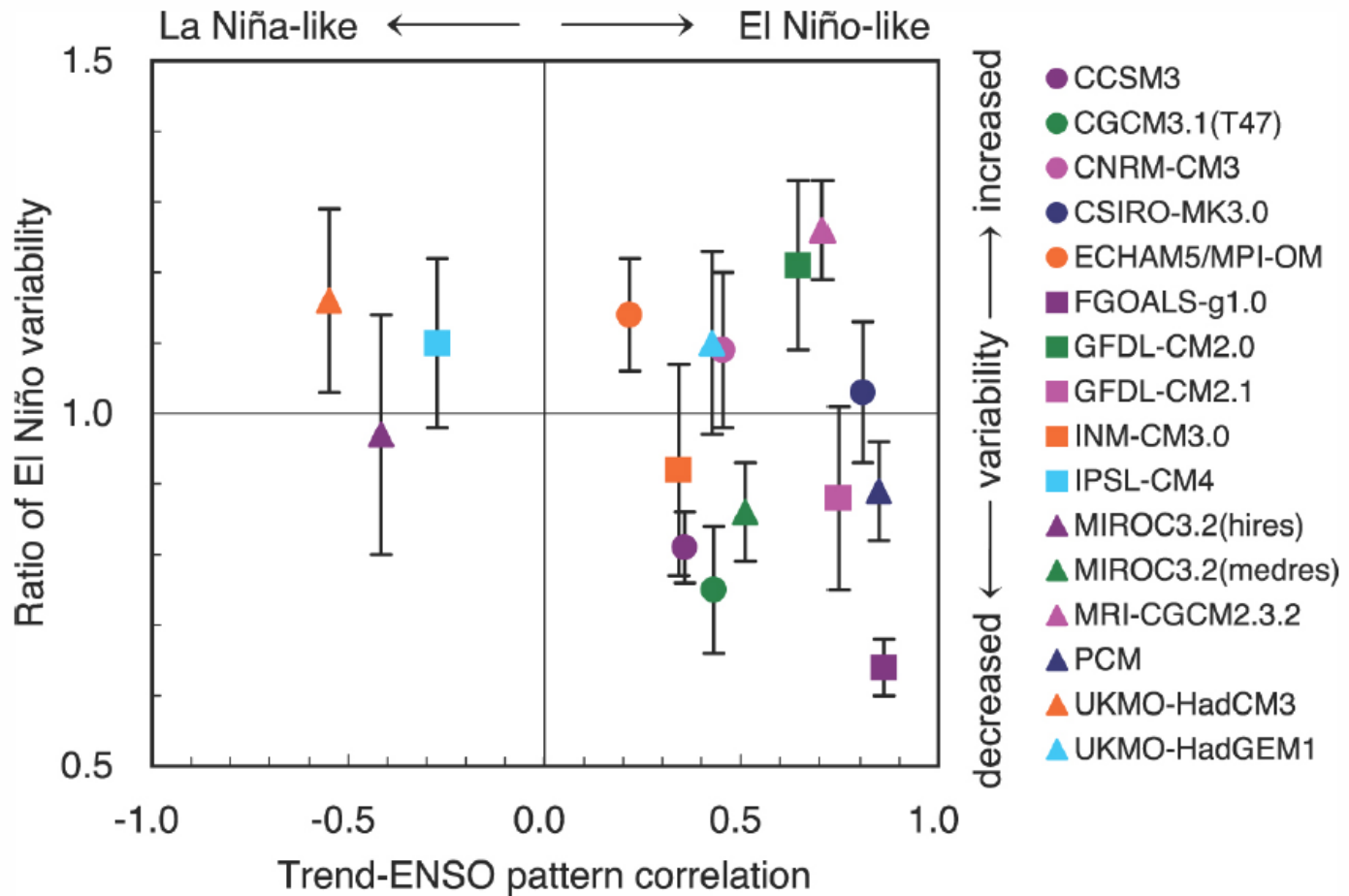


Figure 11.15. Temperature and precipitation changes over Central and South America from the MMD-A1B simulations. Top row: Annual mean, DJF and JJA temperature change between 1980 to 1999 and 2080 to 2099, averaged over 21 models. Middle row: same as top, but for fractional change in precipitation. Bottom row: number of models out of 21 that project increases in precipitation.

A major question: ENSO in the future



Discusión

- Después de medio siglo de investigación, ENSO continua dando sorpresas
- Señales globales (bien) y locales (difícil)
- Diversidad de Niños agrega complejidad
- Aun así, climatólogos le ganan al casino
- En el **largo** plazo...más cálido y lluvioso