

Aniversario 133  
Dirección Meteorológica de Chile

Una serie de eventos desafortunados  
El rol del cambio climático en eventos  
recientes de alto impacto

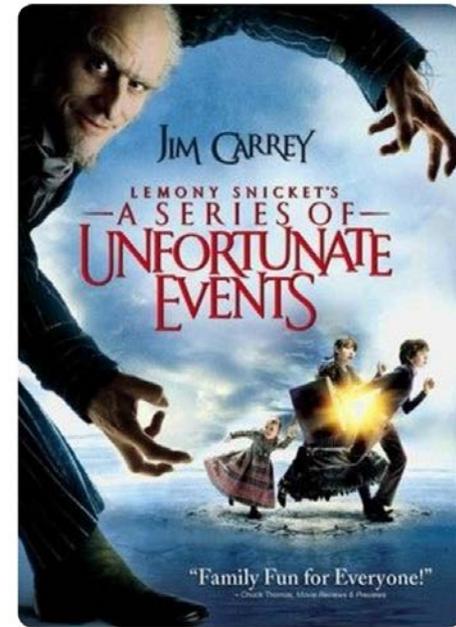
René D. Garreaud

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

# Estructura

---

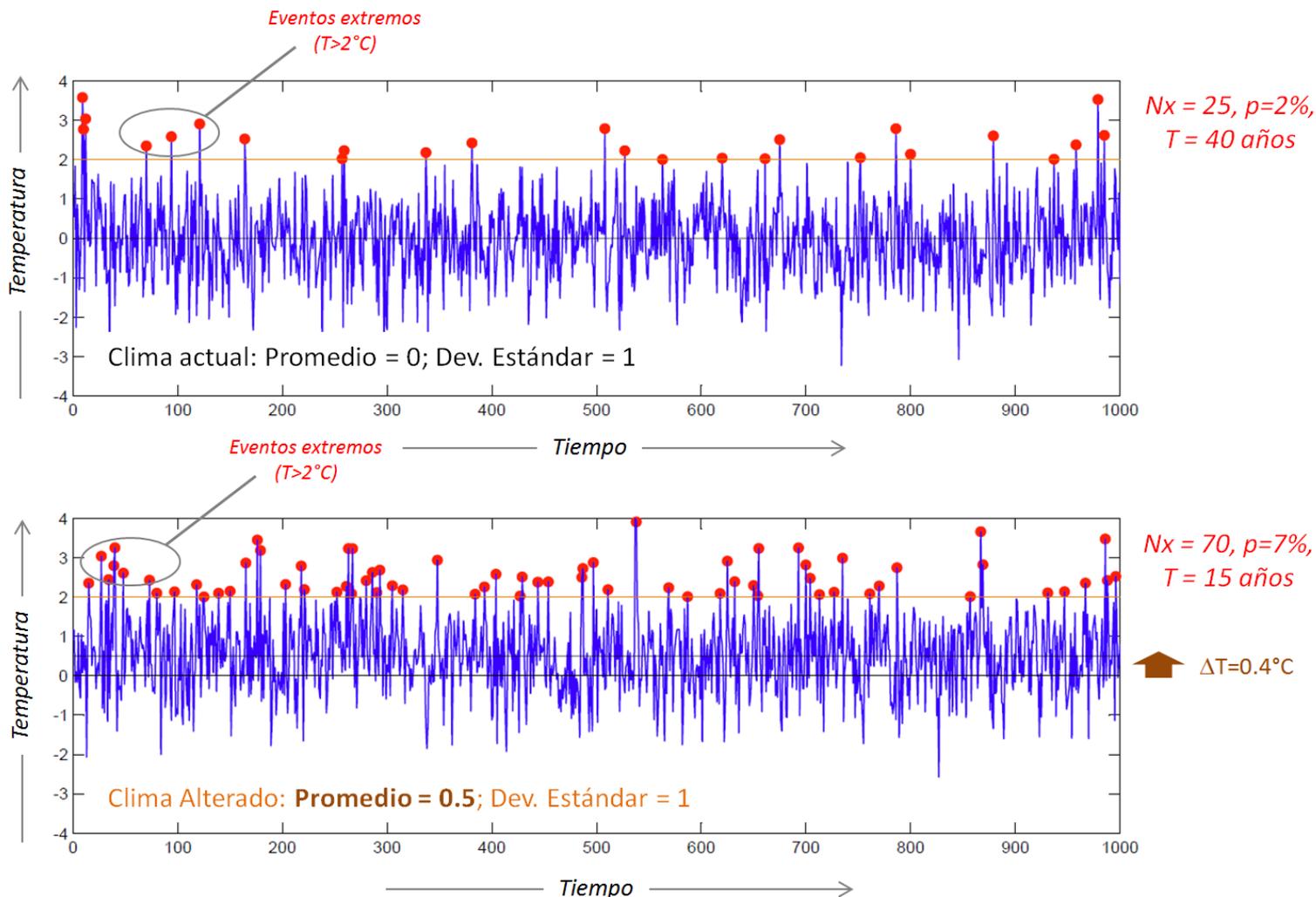
- Consideraciones generales
- Perspectiva global
- La mega-sequía 2010-2015
- Marea Roja en el verano del 2016
- El ardiente verano del 2017 (×2)
- Conclusiones



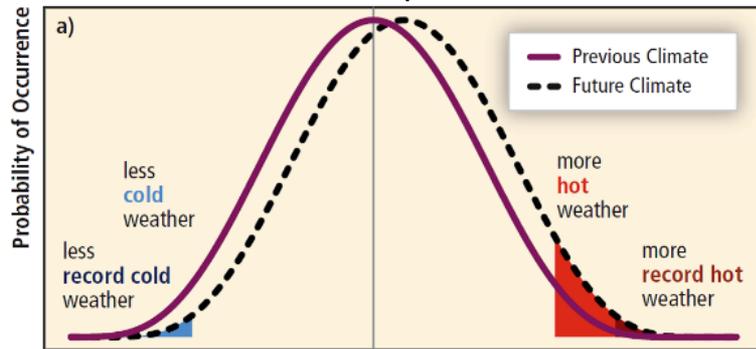
} Diferentes Escalas  
Diversos Métodos

# Un modesto cambio en el promedio produce grandes cambios en los extremos

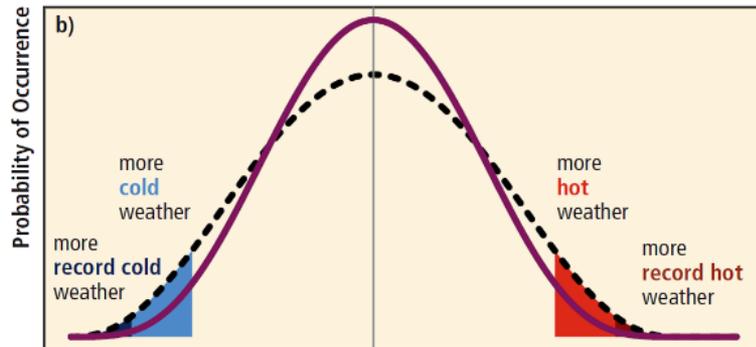
Consideramos una variable "normal"



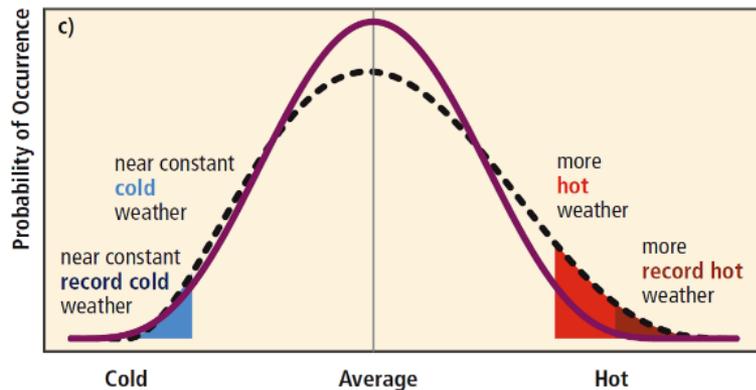
## Cambio en el promedio



## Cambio en la variabilidad

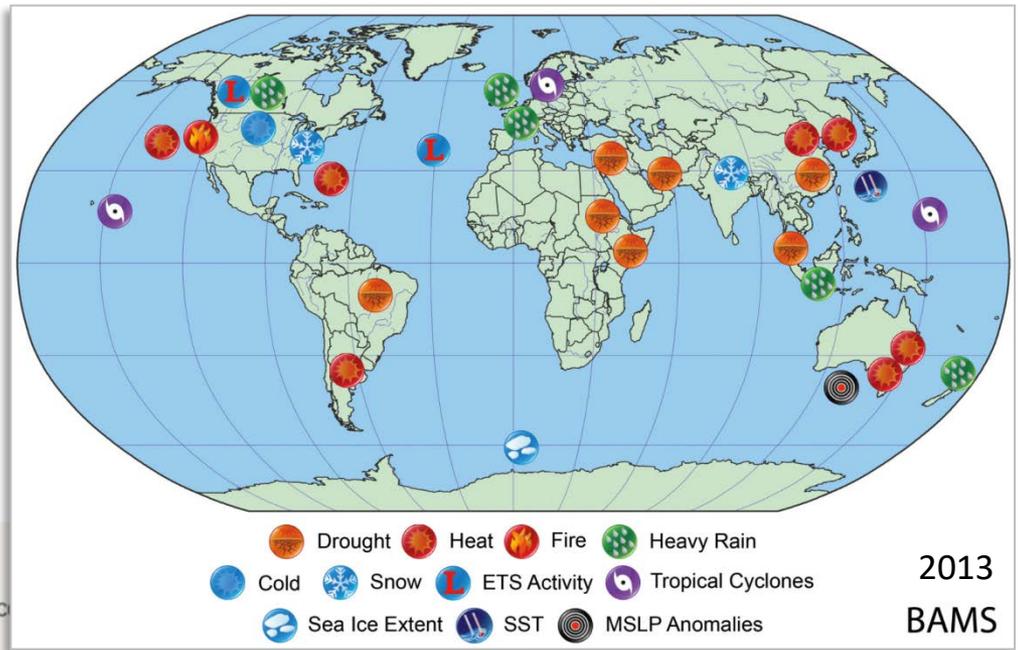


## Cambio en la forma



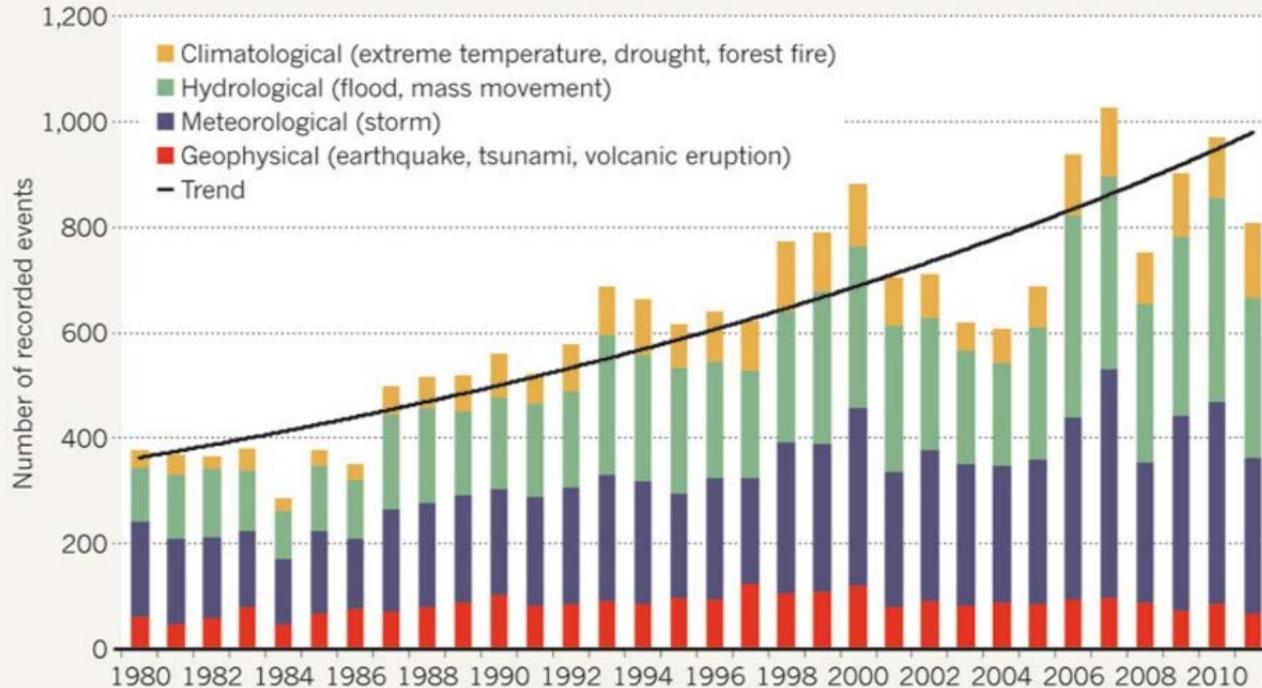
La realidad es mas compleja pues existen cambio de otros momentos de la distribución

# Perspectiva Global



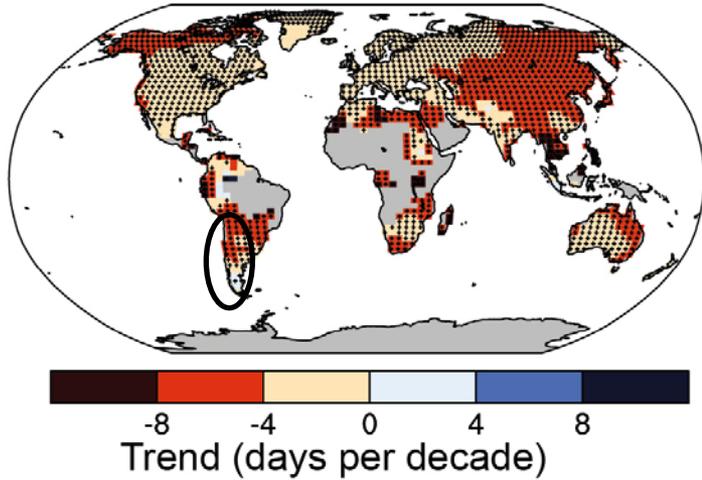
## CATASTROPHE COUNT

An increase in severe storms is helping to drive up the number of records conclusively attributed to climate change.

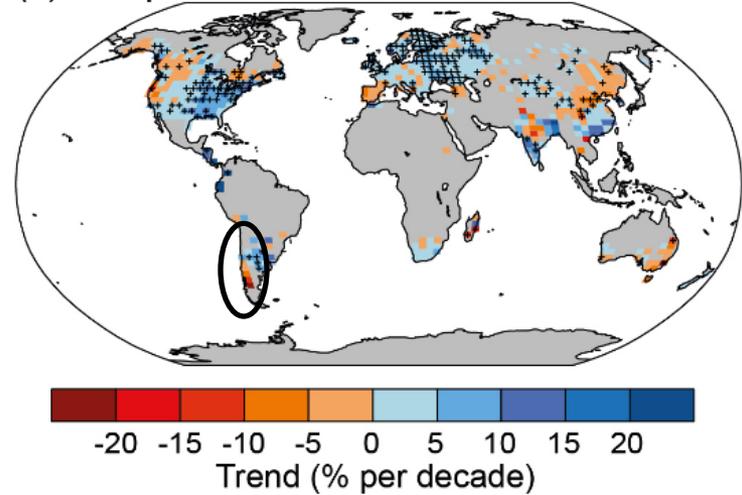


# Perspectiva Global (1950-2010)

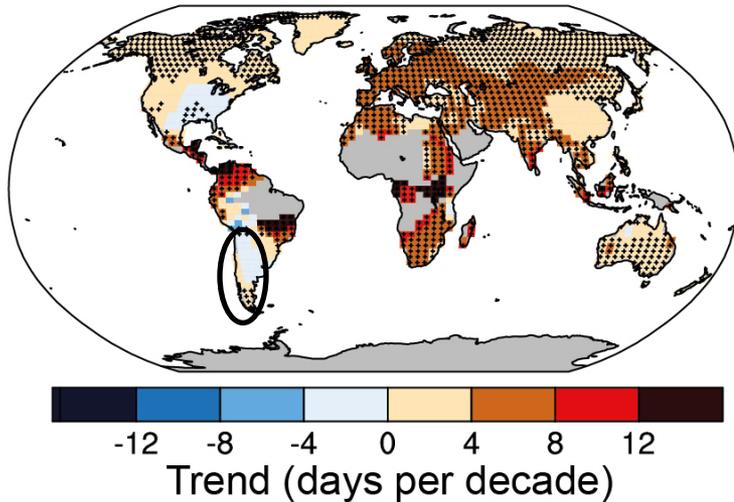
(a) Cold Nights



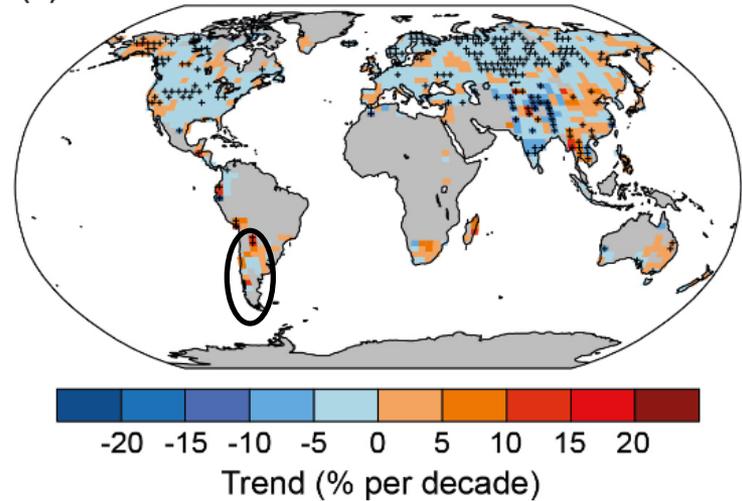
(a) R95p 1951-2010



(d) Warm Days



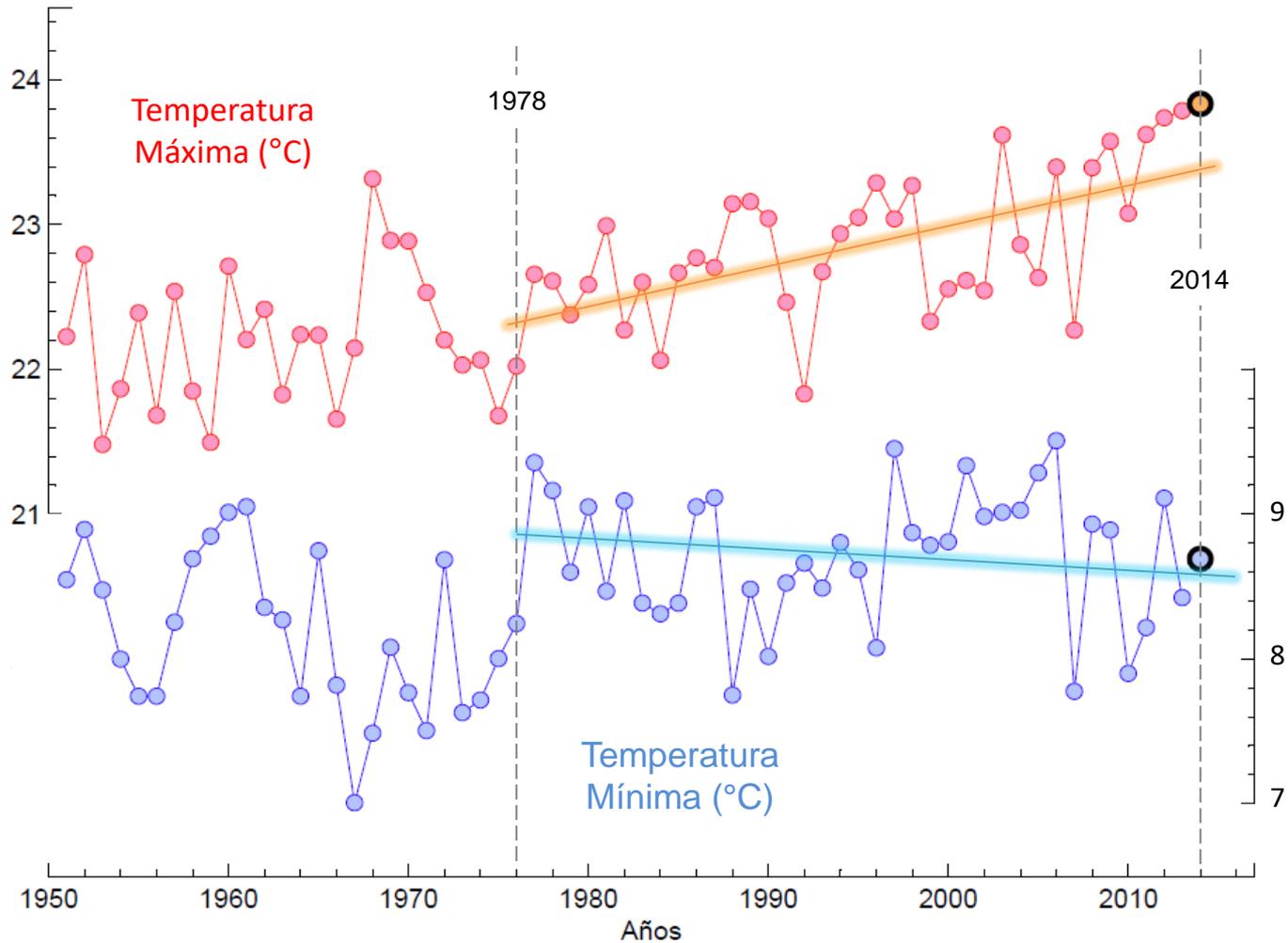
(c) CDD 1951-2010



# Estación Quinta Normal, Santiago

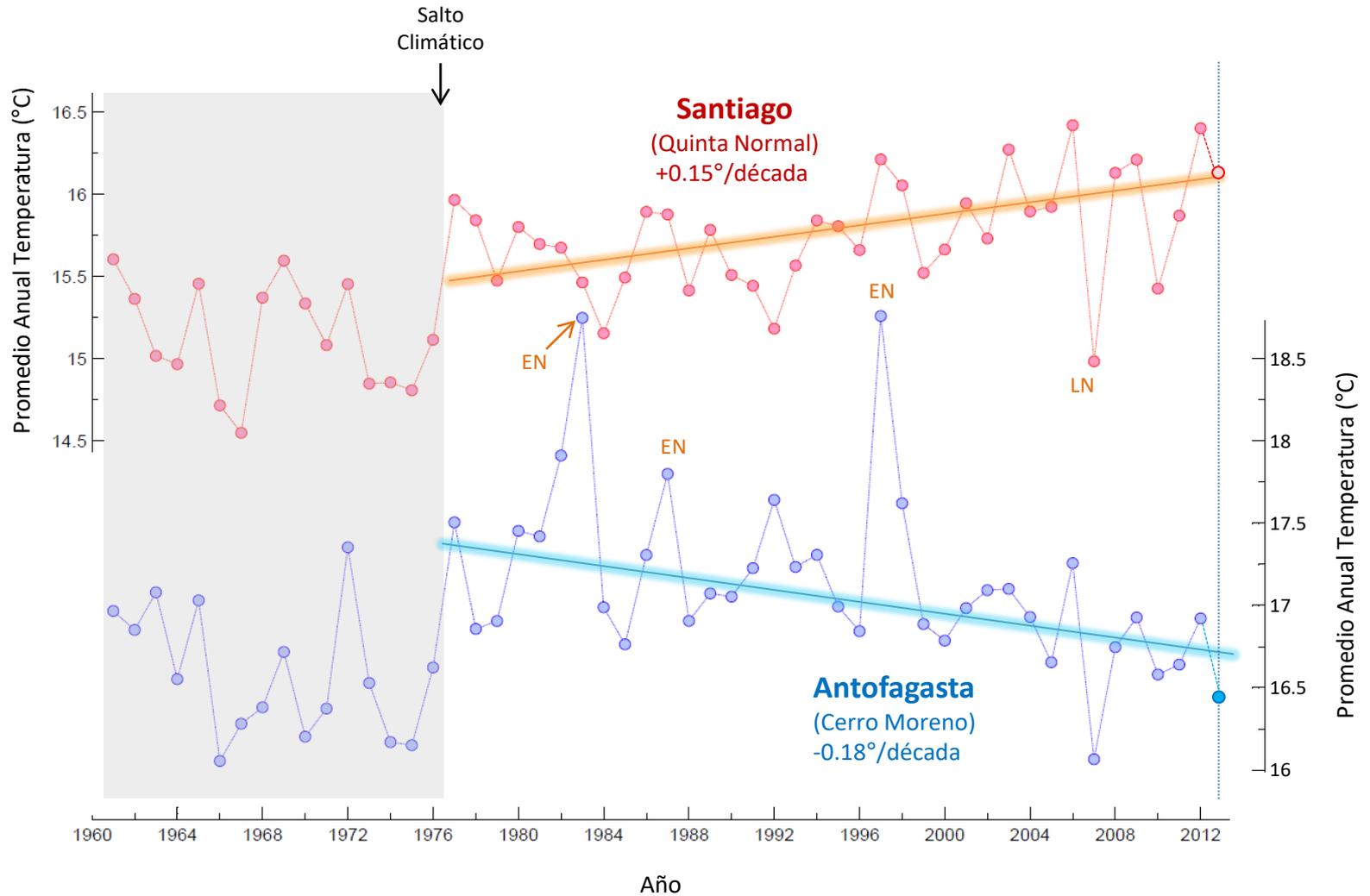
## Promedios anuales de temperaturas extremas

Fuente de datos: Dirección Meteorológica de Chile

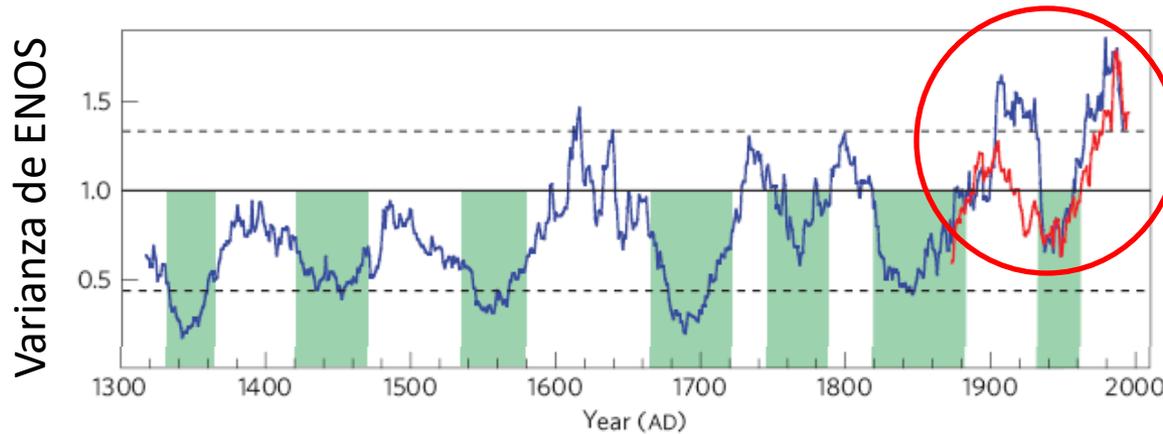


# Tendencias observadas de Temperatura en Chile

Fuente de datos: Dirección Meteorológica de Chile

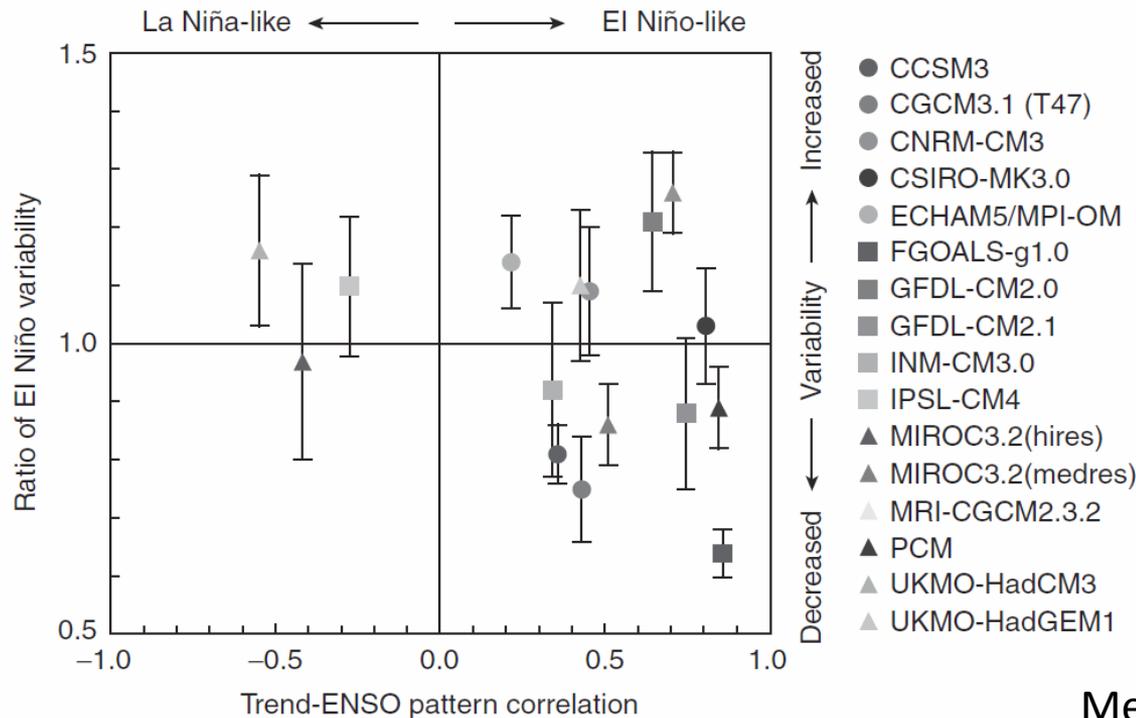


# Perspectiva Global. Que pasa con ENOS?



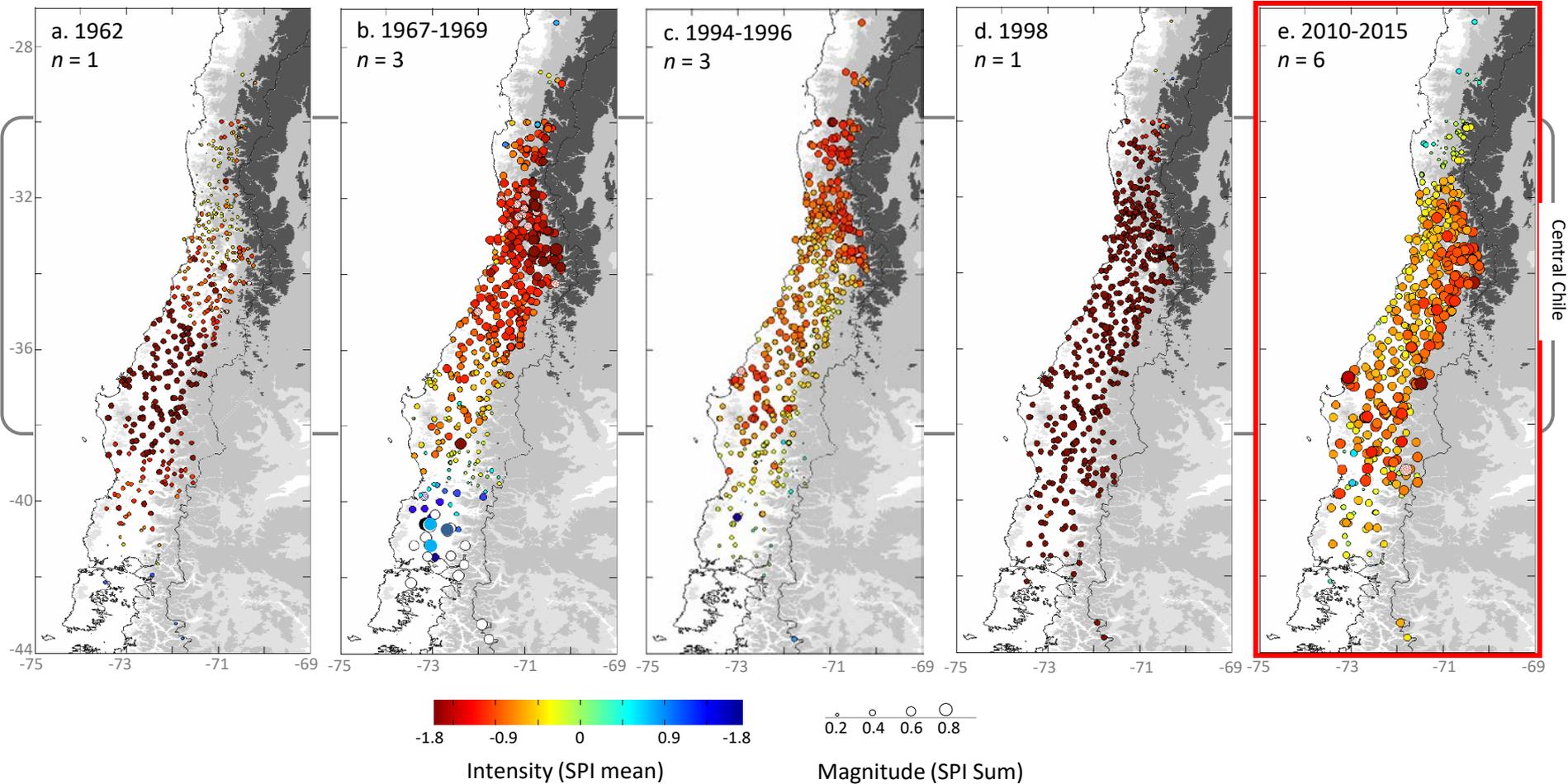
Niños y Niñas más intensos en el sXX

Li et al. (2013)



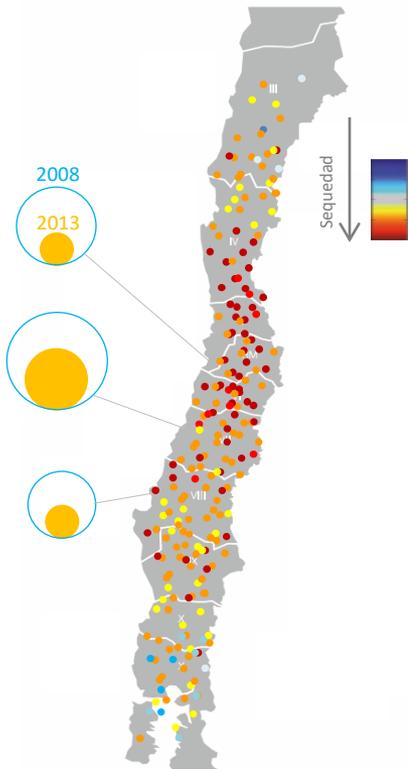
Meehl et al. (2007)

# La Megasequía 2010-2015



# La Megasequía 2010-2015

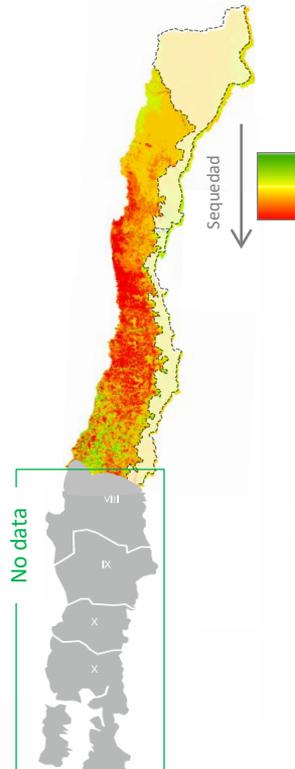
Transporte de sedimentos en invierno



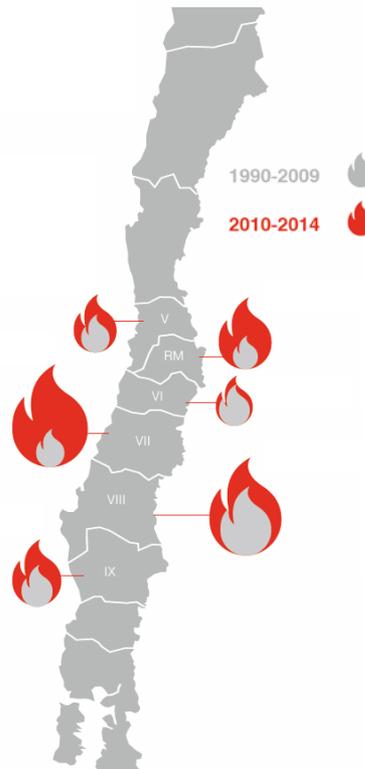
Déficit Pluviométrico (2010-2014)



Deterioro vegetación Agosto 2010-2015



Incendios forestales de magnitud



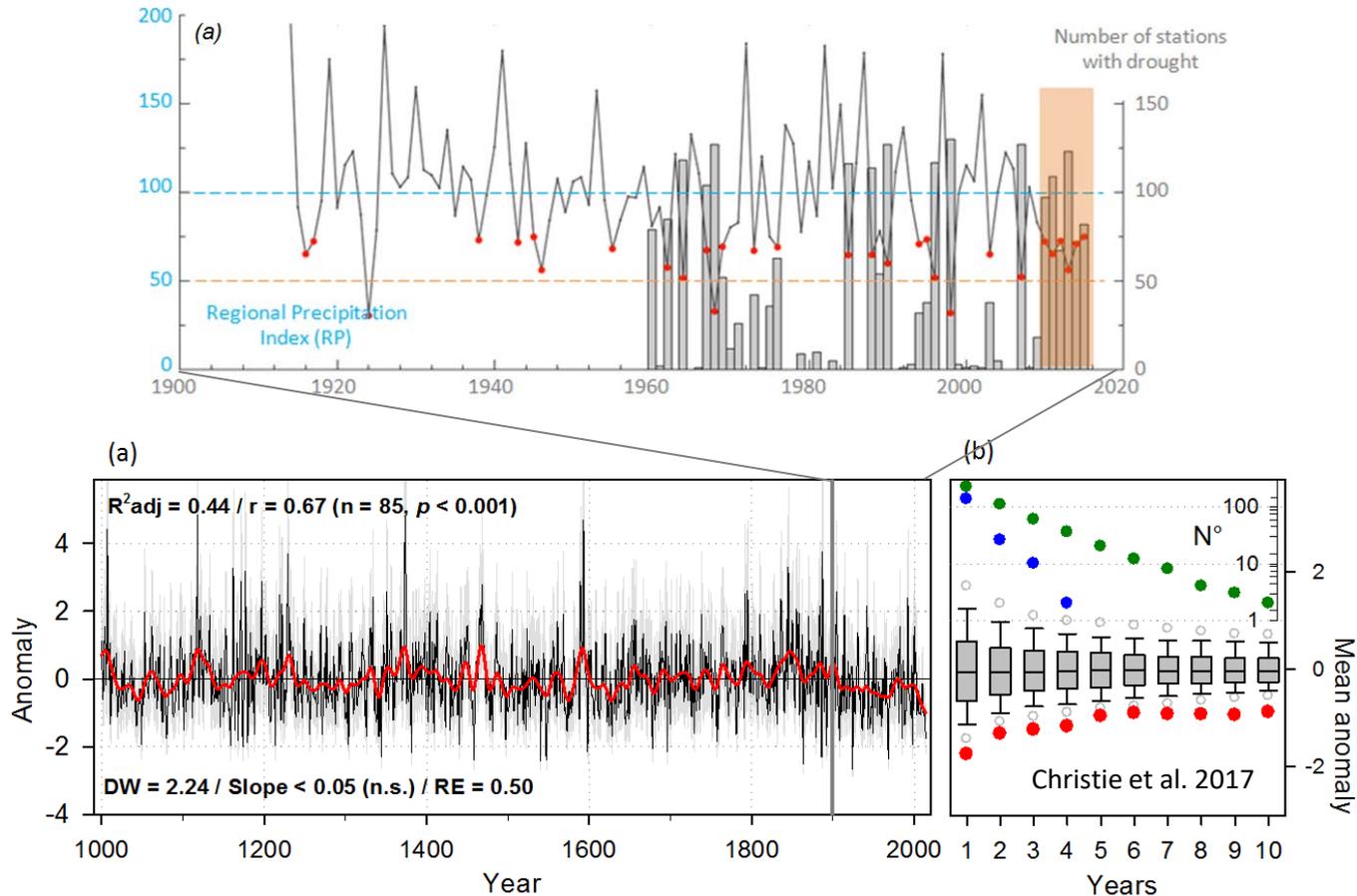
Apariciones en prensa escrita (2014)



Gastos en Camiones Aljibes (Mill\$)



# La Megasequía 2010-2015



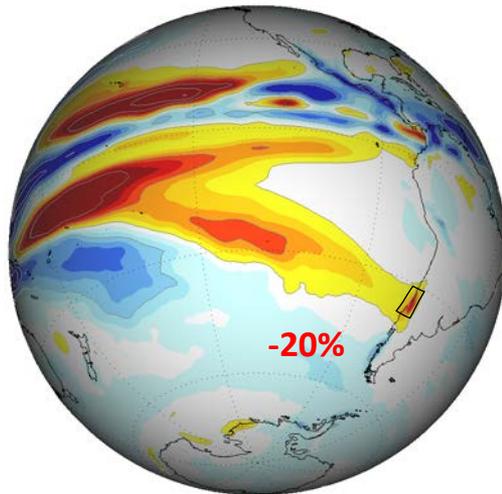
MS (5 años con 30% déficit) sin precedentes en registro histórico  
Pero registro histórico es muy corto!  
MS también es muy inusual en reconstrucción de 1000 años

# La Megasequía 2010-2015

Anomalías de precipitación, MJJAS, 2010-2015 simuladas por diversos modelos.

Deficit observado ~30%

AMIP-ORF

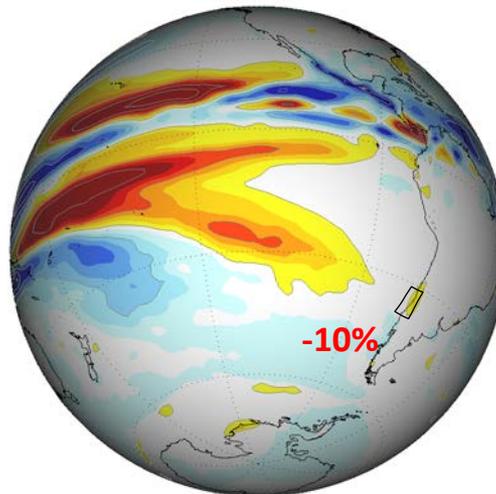


TSM prescrita  
GEI actuales

Promedio muchas corridas revela  
forzamiento del oceano en clima

**NAT+ANTROP**

AMIP-NHF

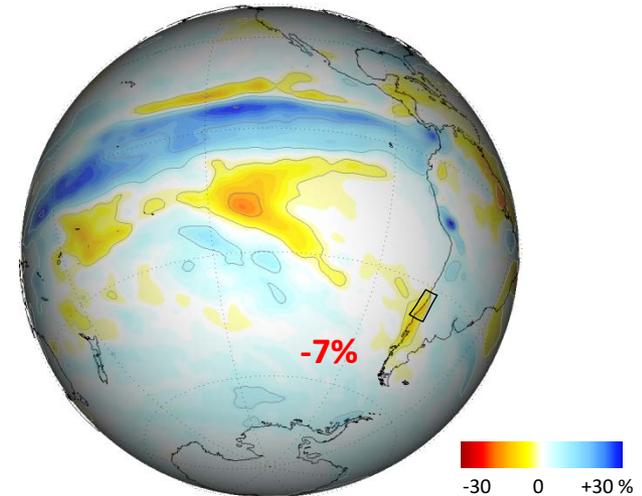


TSM prescrita  
GEI historicos (1800)

Promedio muchas corridas del  
mismo modelo (CAM5.1)

**NAT'**

CMIP5/RCP8.5

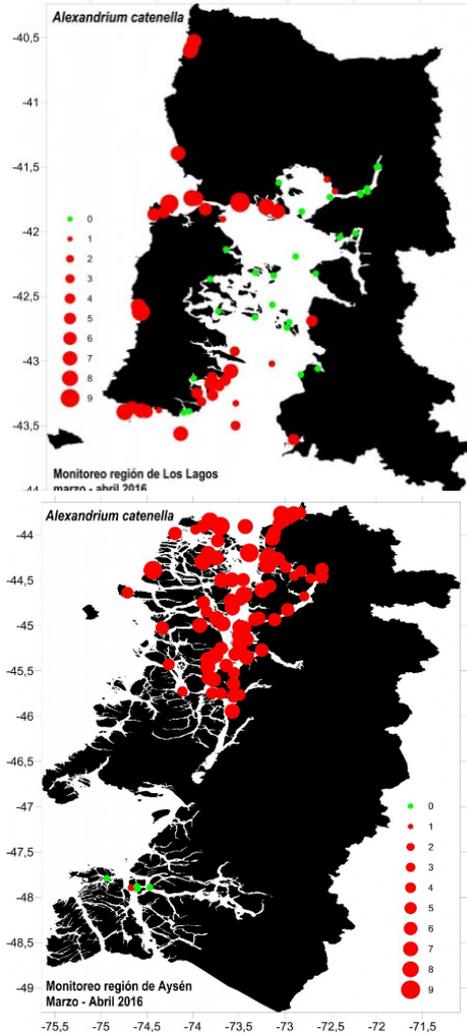


TSM calculada  
GEI actuales

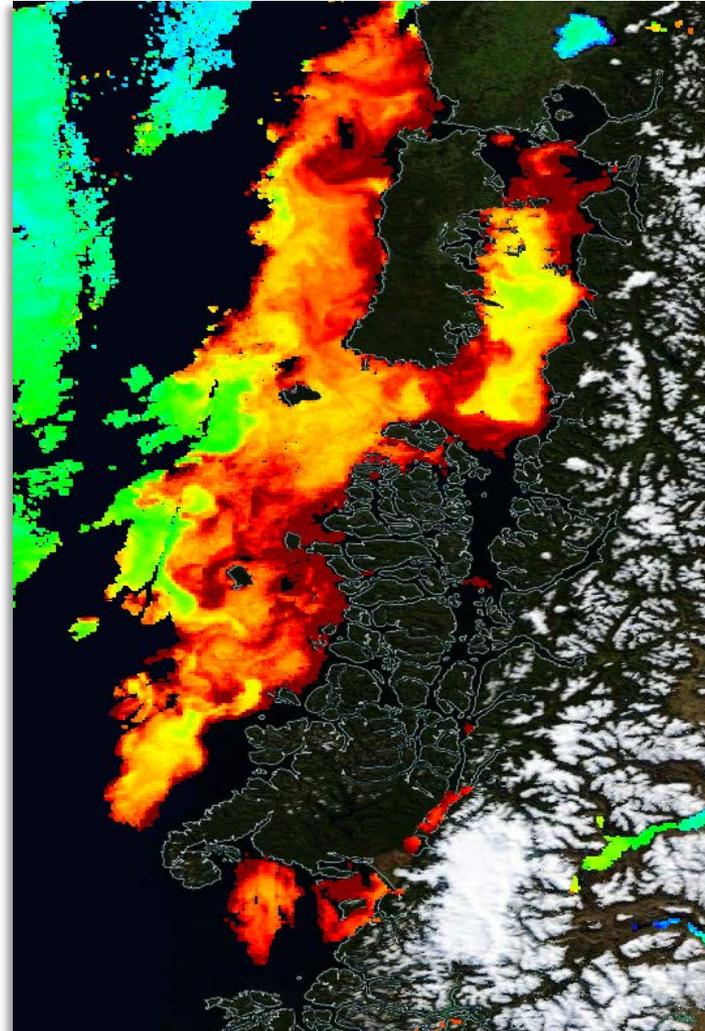
Promedio muchos modelos  
revela forzamiento radiativo

**ANTROP**

# El terrible 2016 (JFM)



Monitoreo IFOP

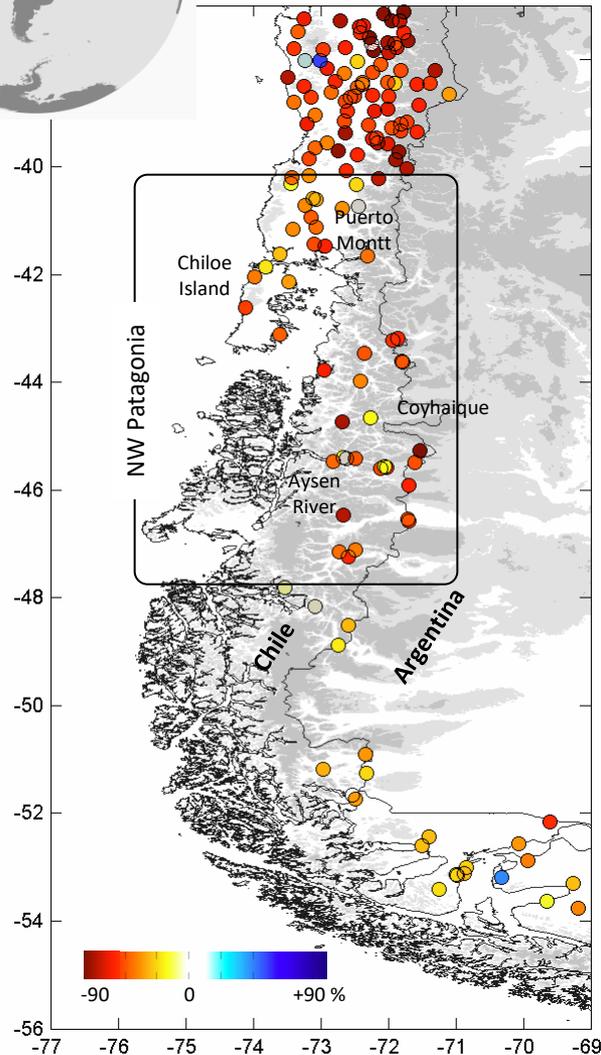


Clorofila, 03 Marzo 2016. MODIS

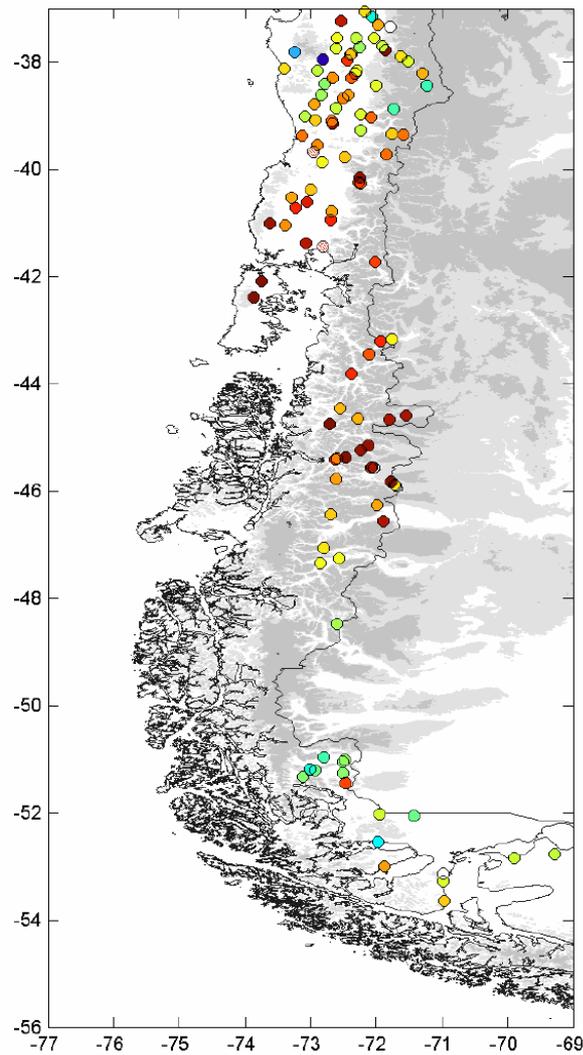
# El terrible 2016 (JFM)



(a) Precipitation anomalies



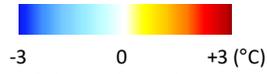
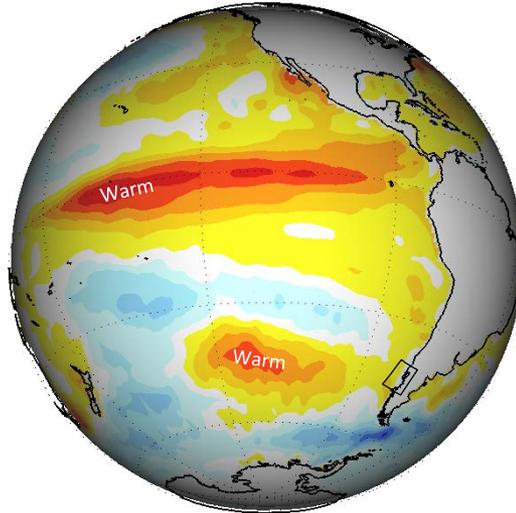
(b) Streamflow anomalies



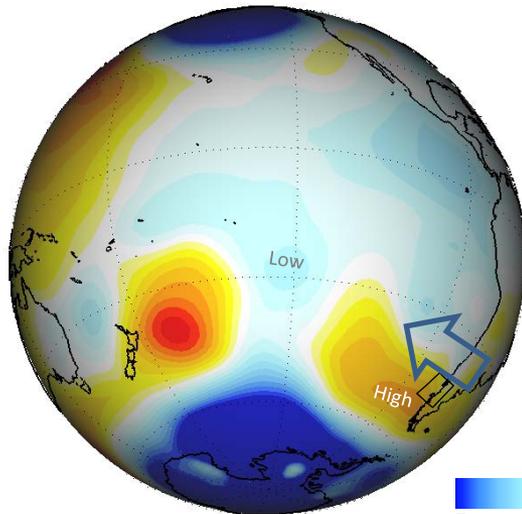
# Large Scale conditions – JFM 2016

El Niño!

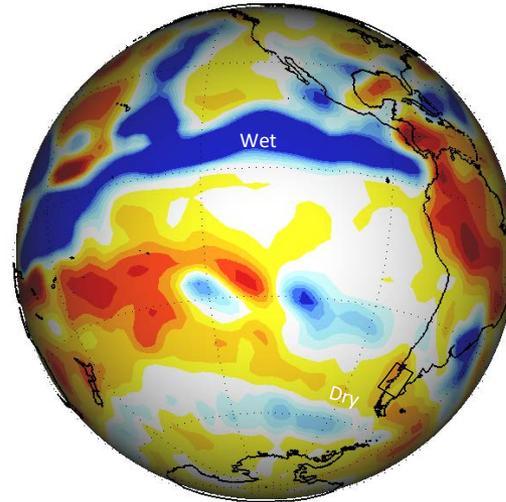
(a) SST (NOAA OI)



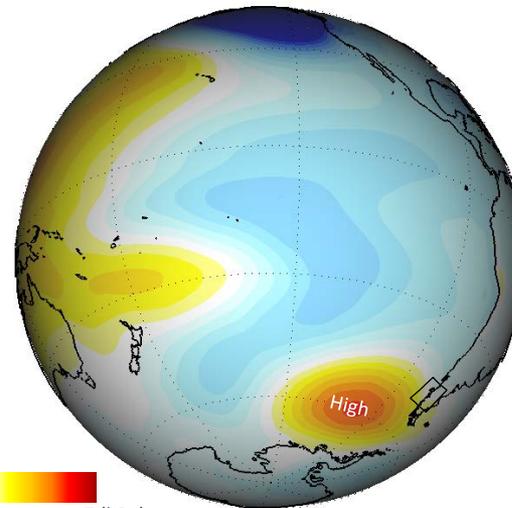
(c) SLP (NNR)



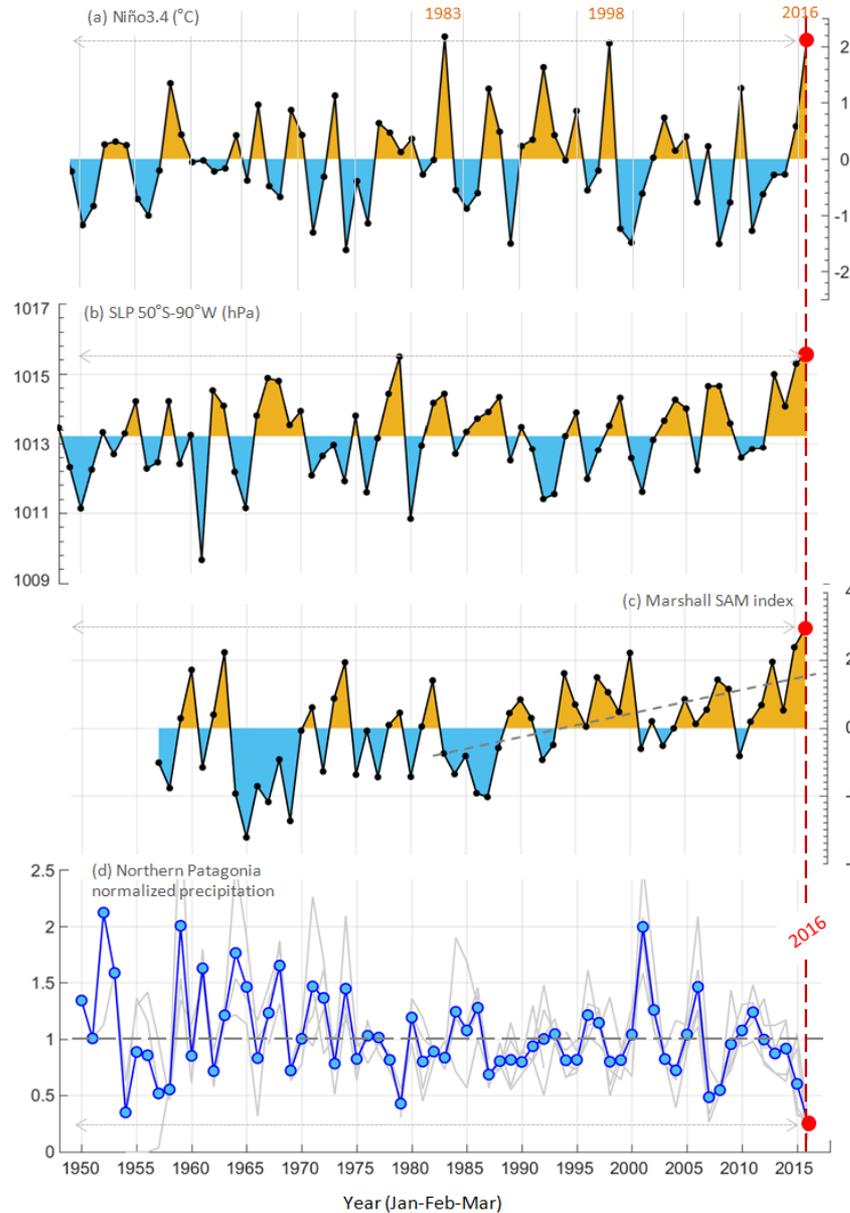
(b) Precipitation (CMAP)



(d) SLP (AMIP ensemble mean)



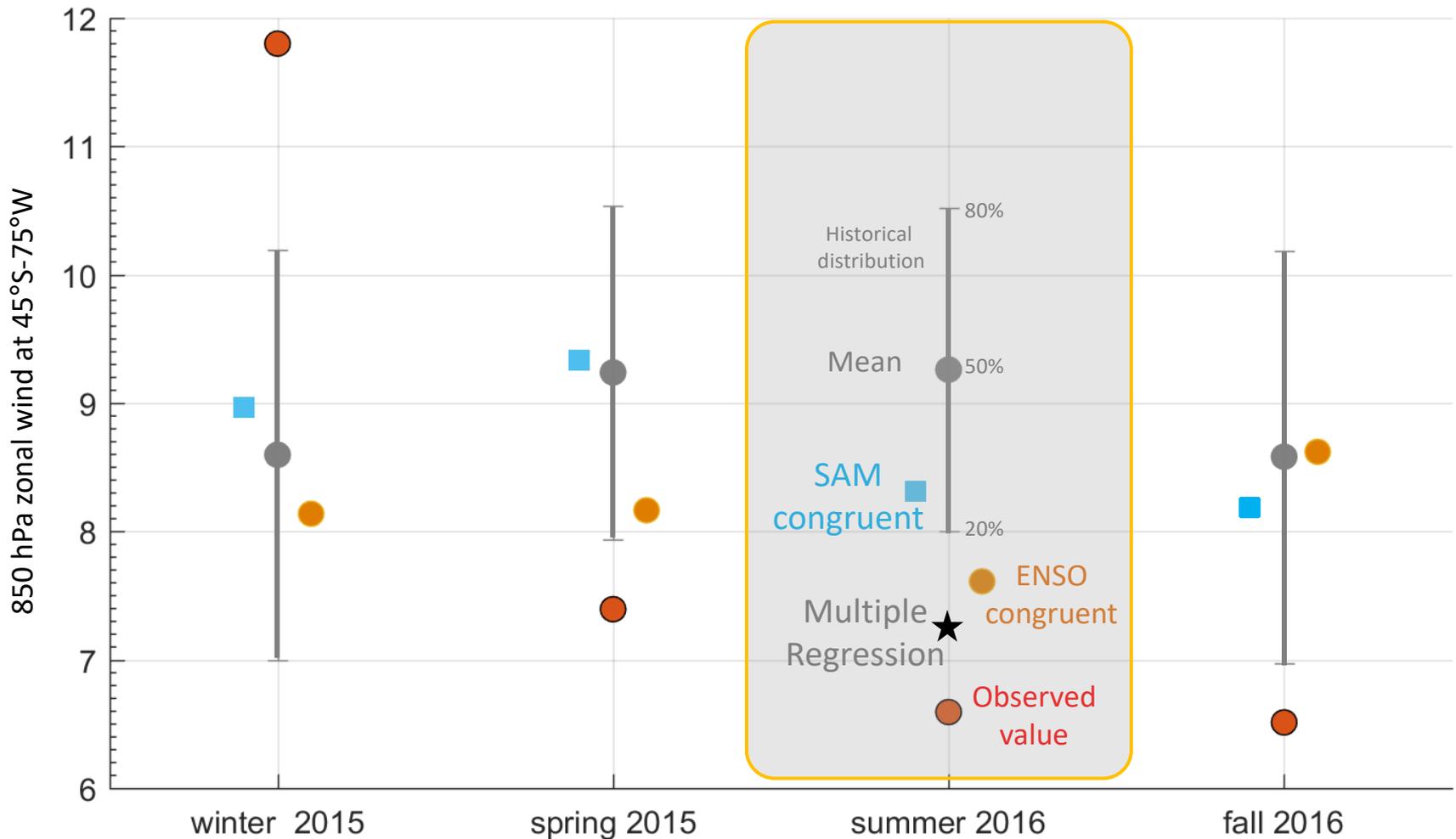
# Large Scale conditions – JFM 2016



El Niño!

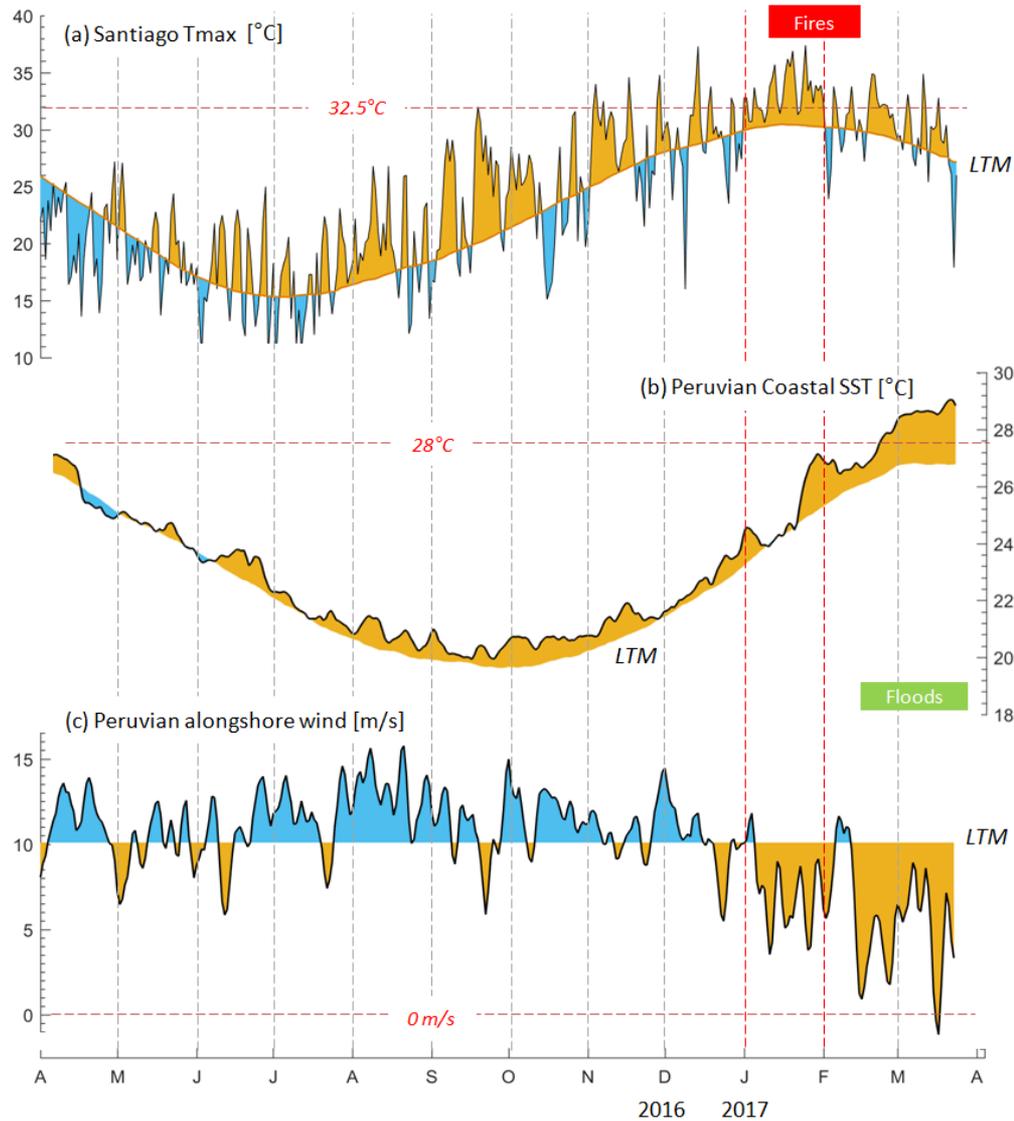
SAM!

# El terrible 2016 (JFM)



$$U^* = \alpha \times \text{Nino3.4} + \beta \times \text{SAM} + \varphi$$

# El ardiente verano 2017



# El ardiente verano 2017

Anomalías Tx Enero 2017

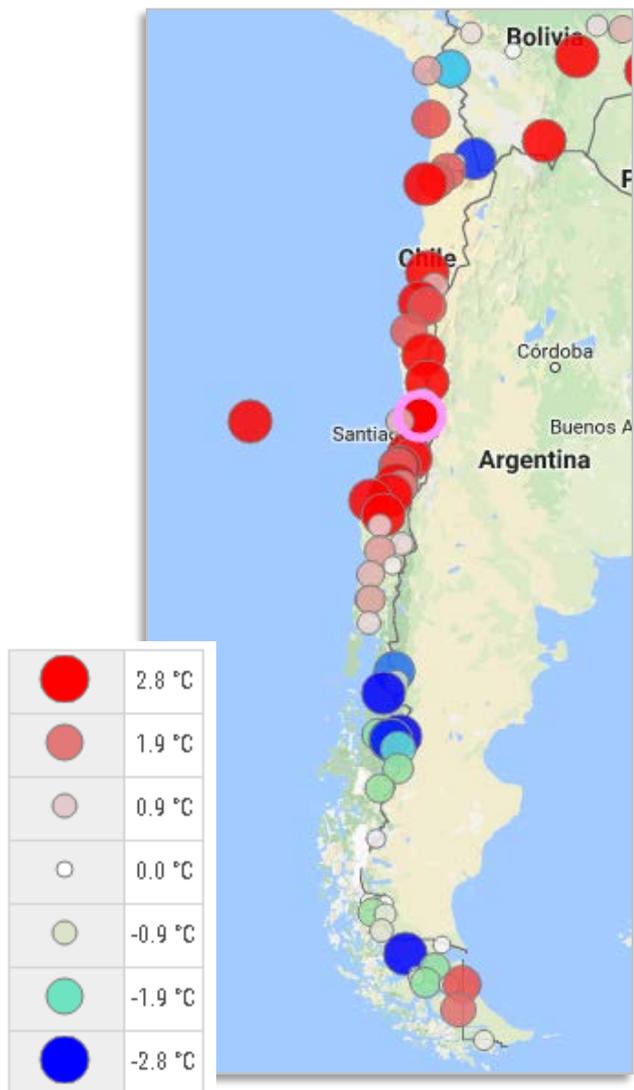


Imagen MODIS Visible 27-01-2017



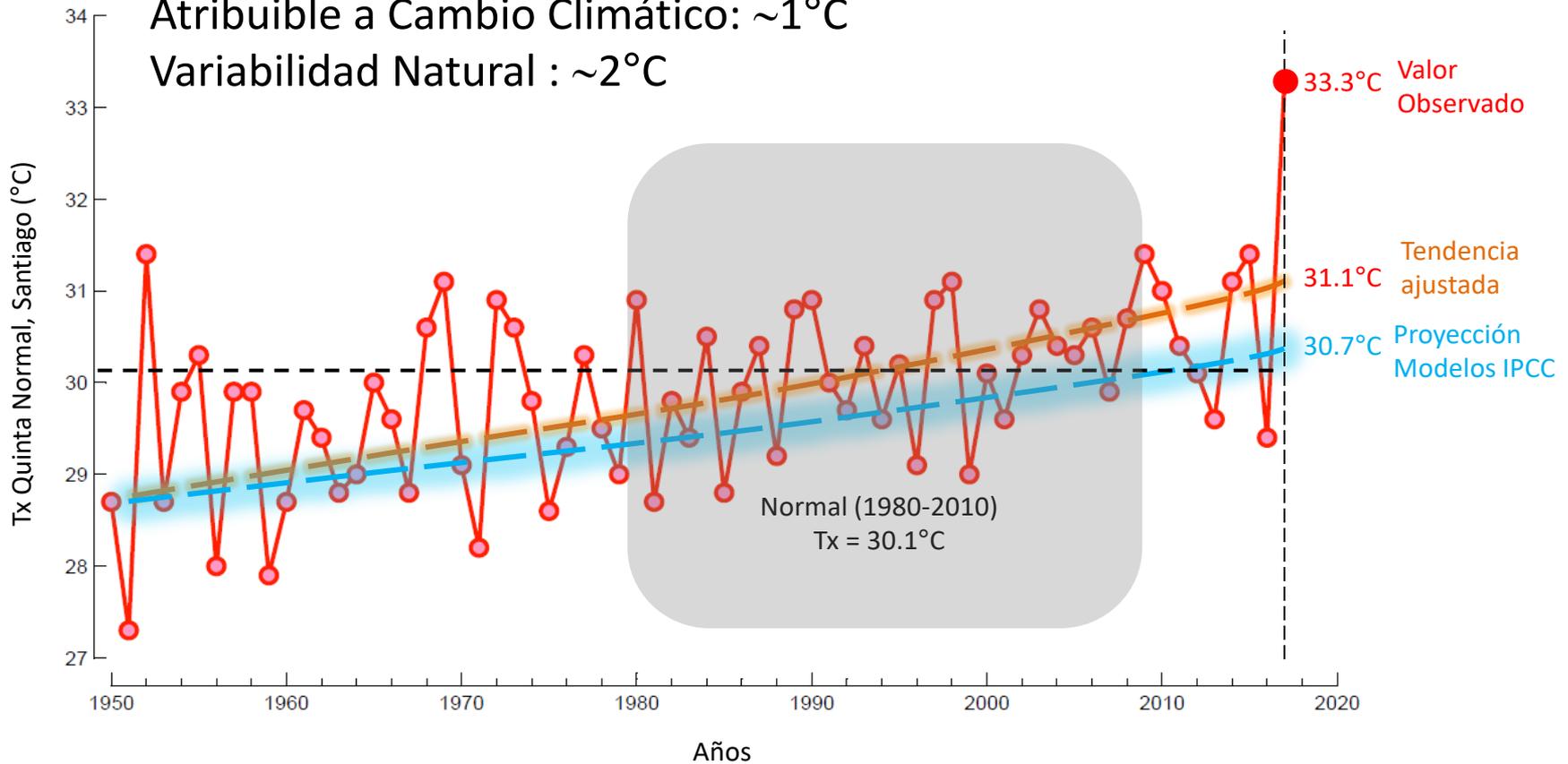
# El ardiente verano 2017

TMax Stgo. Enero 2017: 33.1°C

Aumento por encima de la normal: +3°C

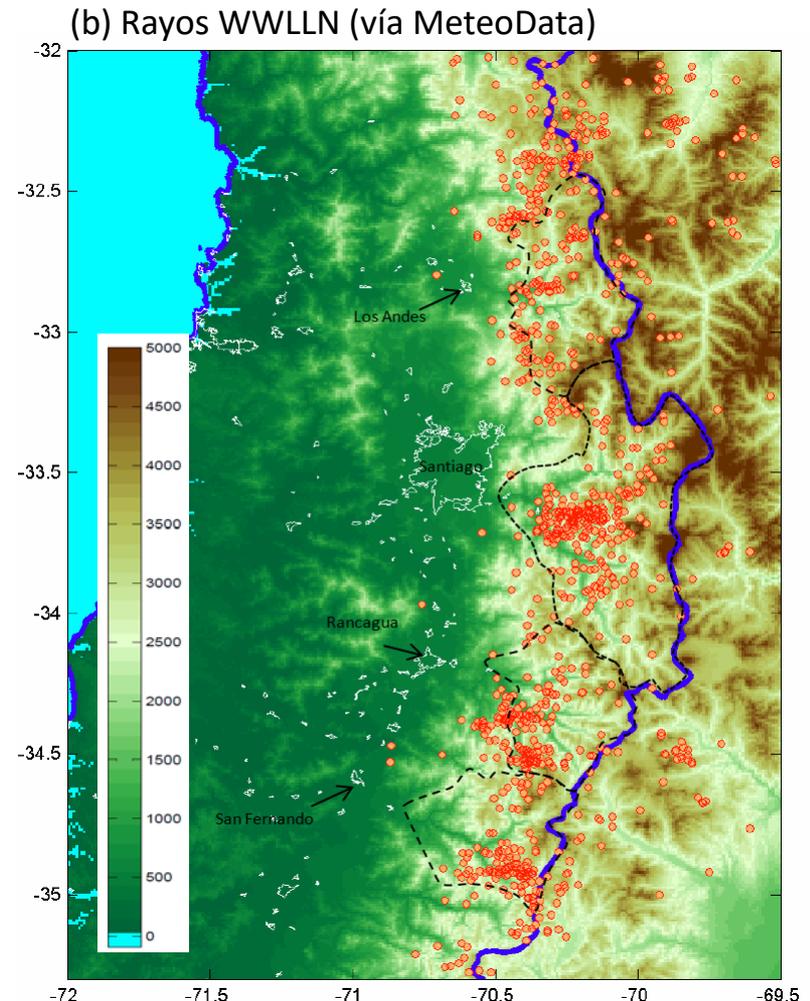
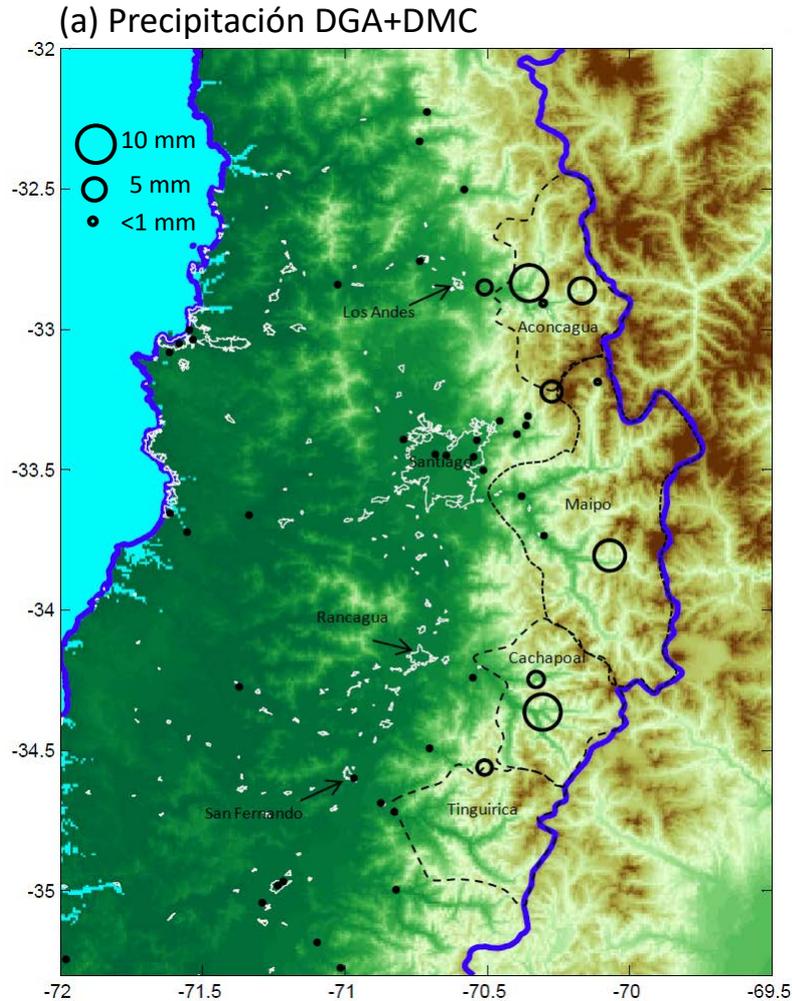
Atribuible a Cambio Climático: ~1°C

Variabilidad Natural : ~2°C



# El ardiente verano 2017

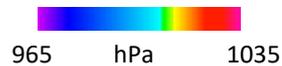
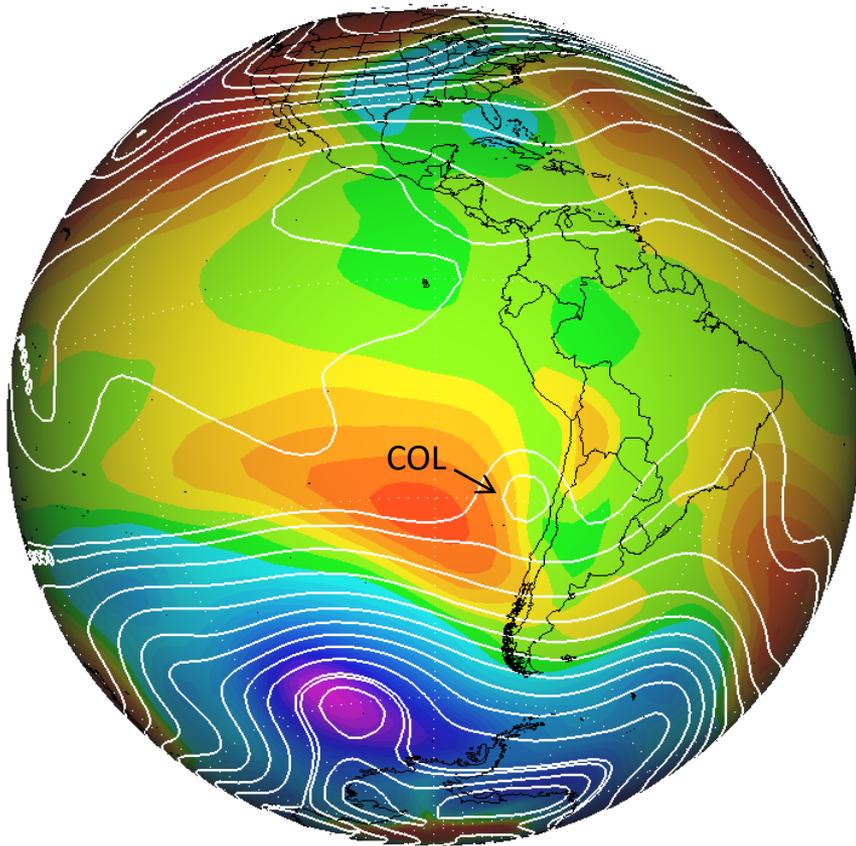
## Precipitación y actividad eléctrica 26-Febrero



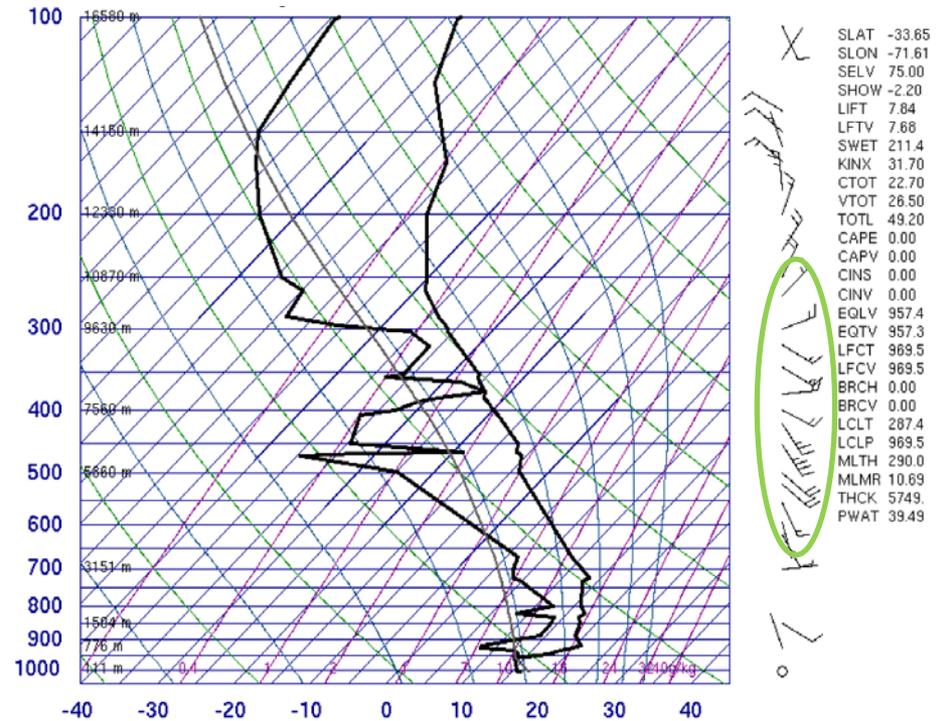
# El ardiente verano 2017

## Aluviones cordillera de Chile central 25-27 Febrero

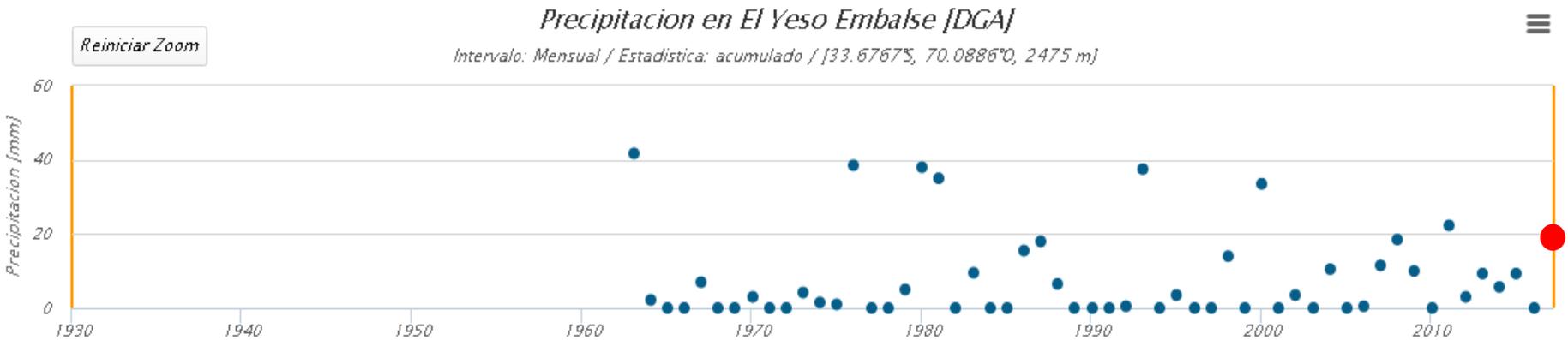
(a) Z300 y PNM



(b) Radiosondeo Santo Domingo



# El ardiente verano 2017

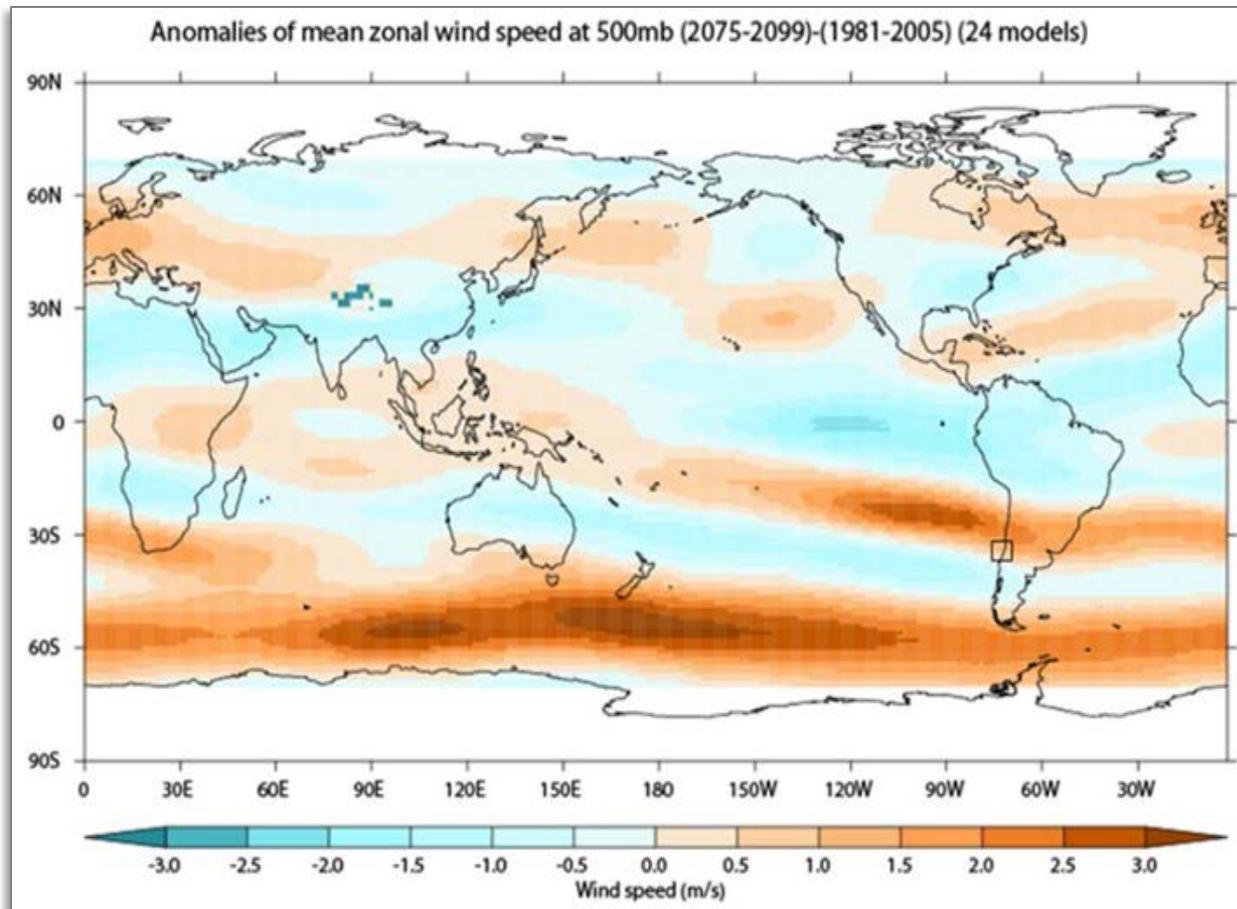


\* La serie de tiempo no permite inferir una tendencia en la precipitación estival.

\* El registro instrumental **no es apropiado** para detectar tormentas convectivas de verano.

# El ardiente verano 2017

Debido a su asociación con viento del Este, una aproximación a sus variaciones en el futuro se obtiene analizando la componente zonal del viento...la que exhibe muy poca variación en esta región



# Conclusiones I

---

- Eventos extremos ocurren por una combinación de variabilidad climática, cambio climático y meteorología sinóptica
- Tendencias de extremos en Chile no siempre siguen tendencias globales
- **Para enfrentar lo peor necesitamos lo mejor!**  
(debemos mantener e incrementar nuestra capacidad de seguimiento ambiental y pronósticos meteorológicos)

# Conclusiones II

---

- Las anomalías de circulación producto del cambio climático han **contribuido** a la ocurrencia de **sequias** y **olas de calor** en Chile.
- Lo anterior implica un posible aumento de estos eventos en el futuro (**suponiendo que ENOS mantiene variabilidad actual**).
- No ocurre lo mismo con las **tormentas de verano**
- Otros eventos extremos (como las **tormentas de invierno**) deben ser analizadas específicamente.