

Día mundial de la lucha contra la
desertificación y la sequía

La M-sequía y cambios en el régimen de precipitación en Chile

J. P. Boisier, R. Garreaud, R. Rondanelli, +++

Depto. de Geofísica, FCFM, U. de Chile
Centro de Ciencia del Clima y Resiliencia (CR)²



UNIVERSIDAD DE CHILE

(CR)²

Center for Climate
and Resilience Research

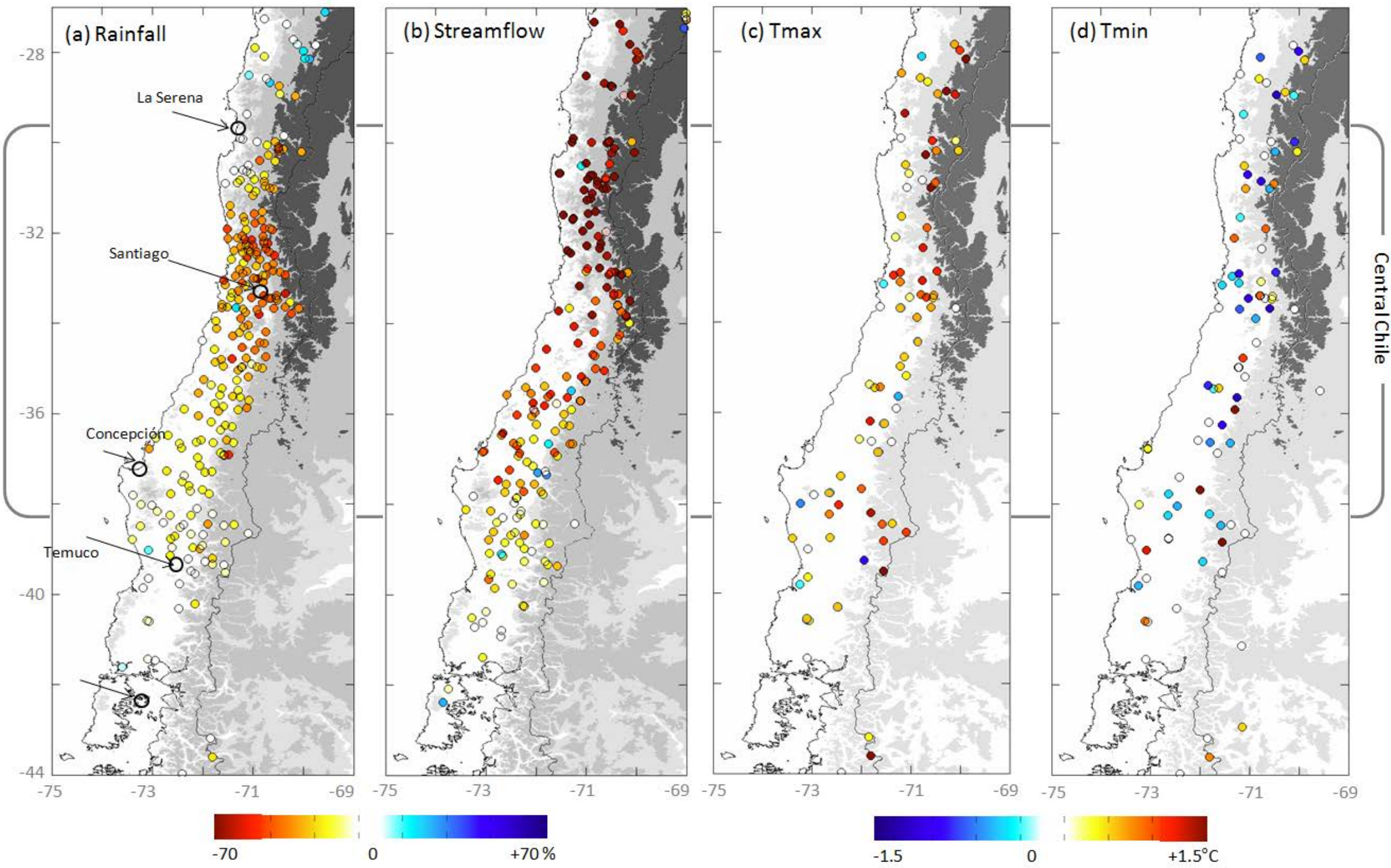


Programa
FONDECYT

- Mega-sequía 2010-2015 (?): Caracterización
- Cambio climático y efectos en la precipitación en Chile
- Atribución de cambios recientes (1979-2014) en Chile central
- Tendencias y proyecciones de largo plazo (1960-2016 >> 2100)

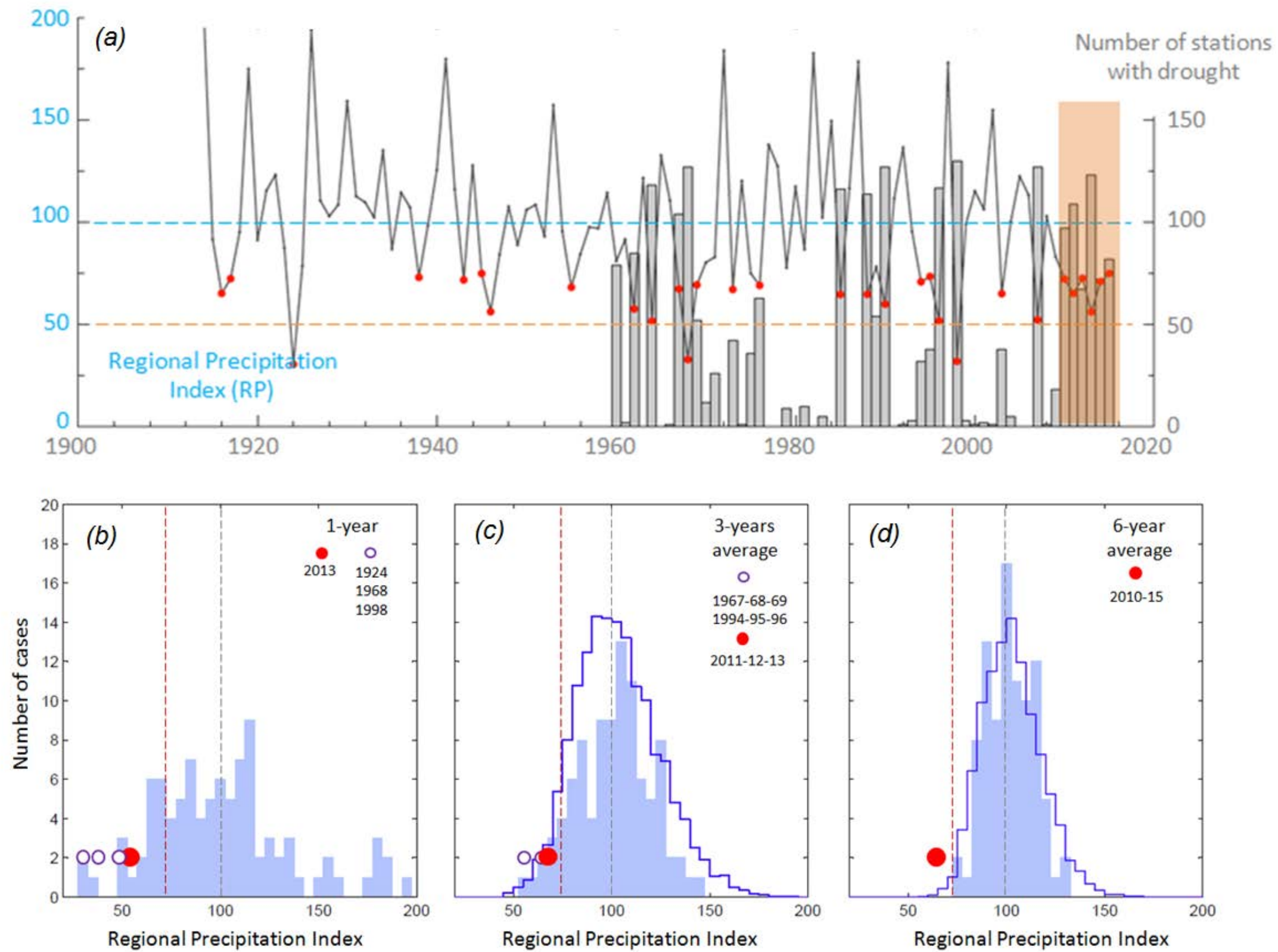
Mega-sequía 2010-2015

Anomalías promedio 2010-2015



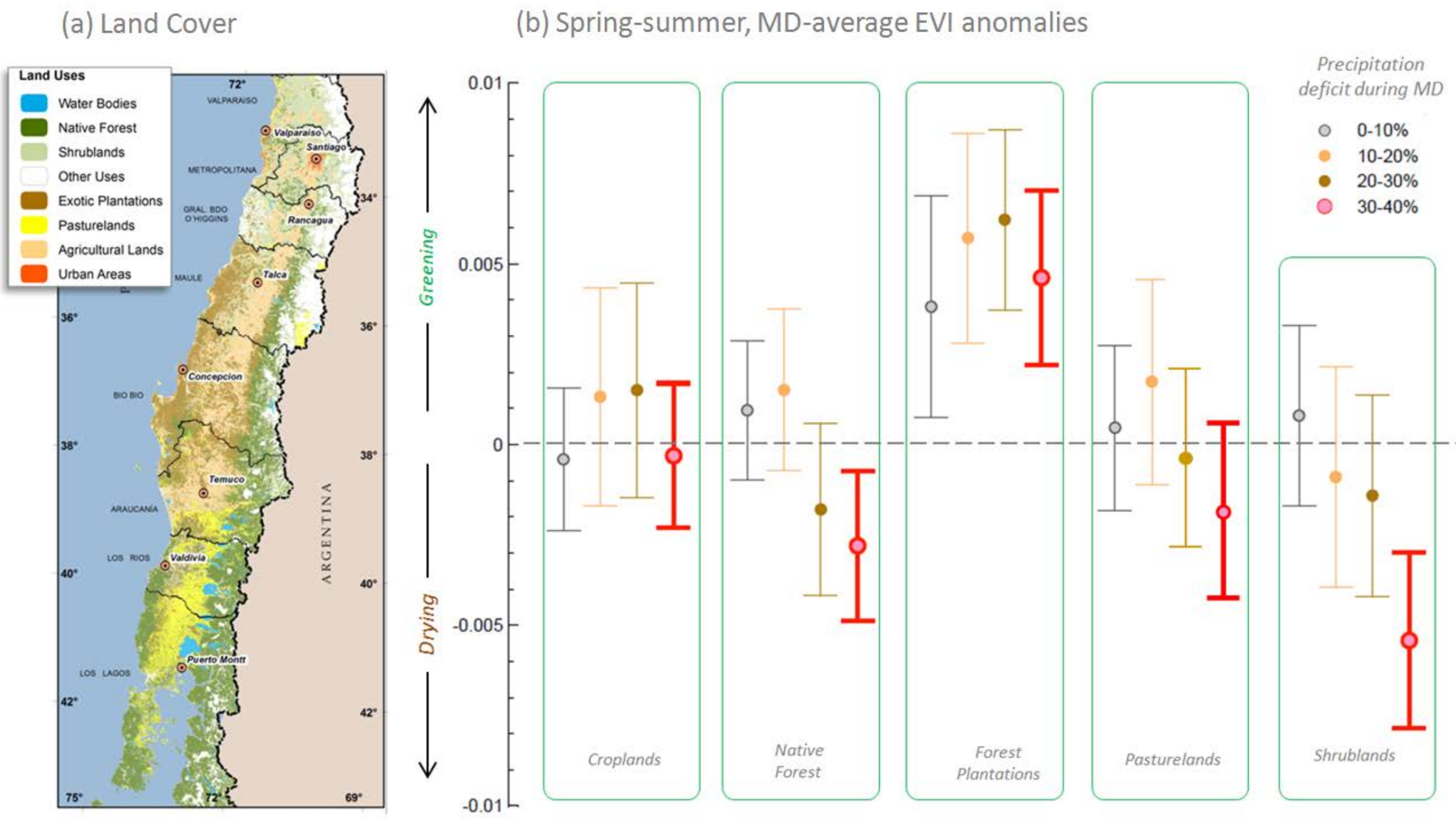
Garreaud et al. 2017

Mega-sequía 2010-2015



Garreaud et al. 2017

Impactos en la vegetación



Mega-sequía 2010-2015

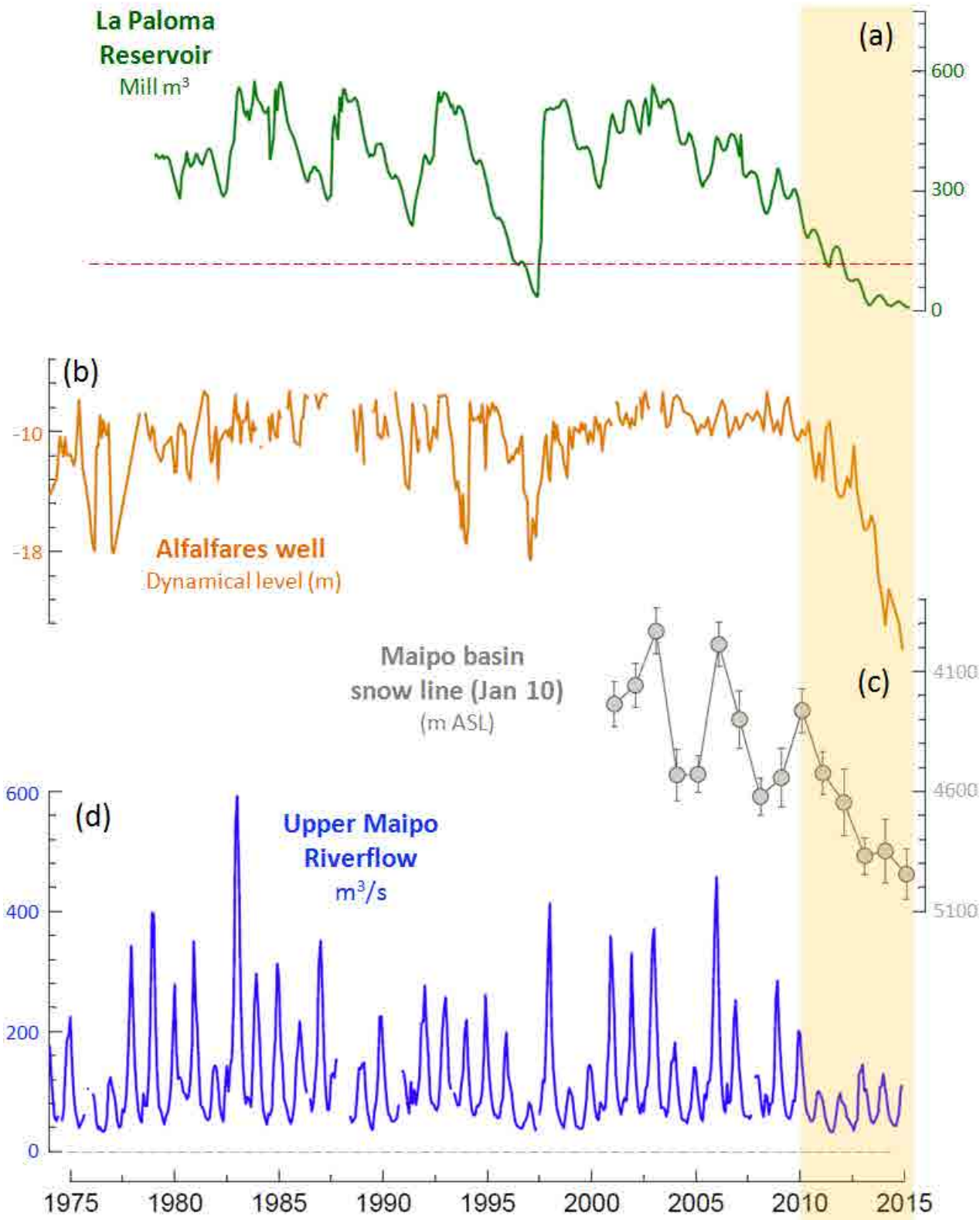
Recursos hídricos



Informe a la Nación

La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2
Noviembre 2015



Mega-sequía 2010-2015

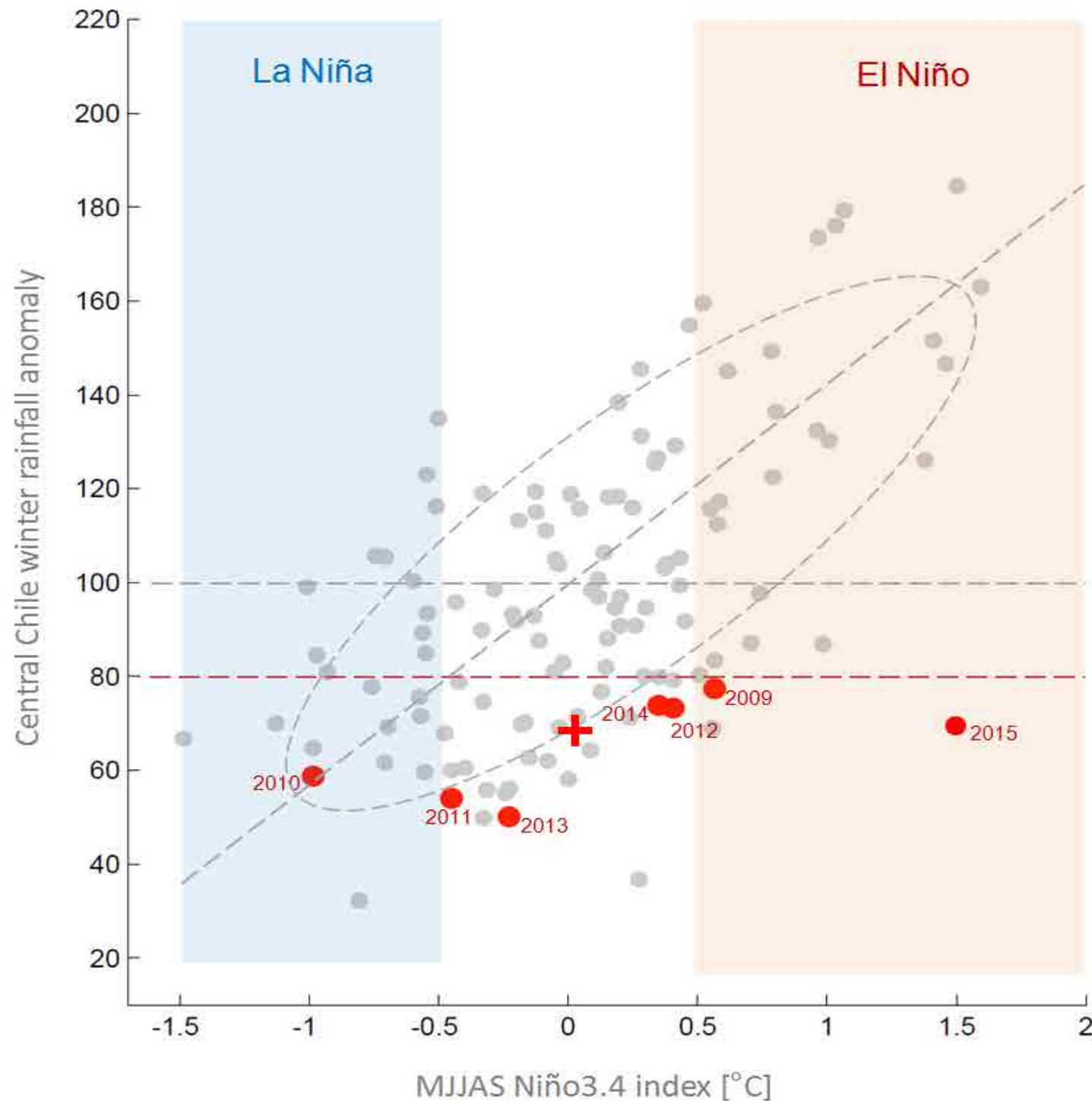
Recursos hídricos

- Más de la mitad del déficit pluviométrico durante la megasequía es producto de alteraciones climáticas de origen natural y que varían en el tiempo. Sin embargo, el cambio climático antrópico es responsable de al menos un cuarto del déficit observado, una fracción que, se prevé, aumentará en el futuro.



Mega-sequía 2010-2015

Causas?

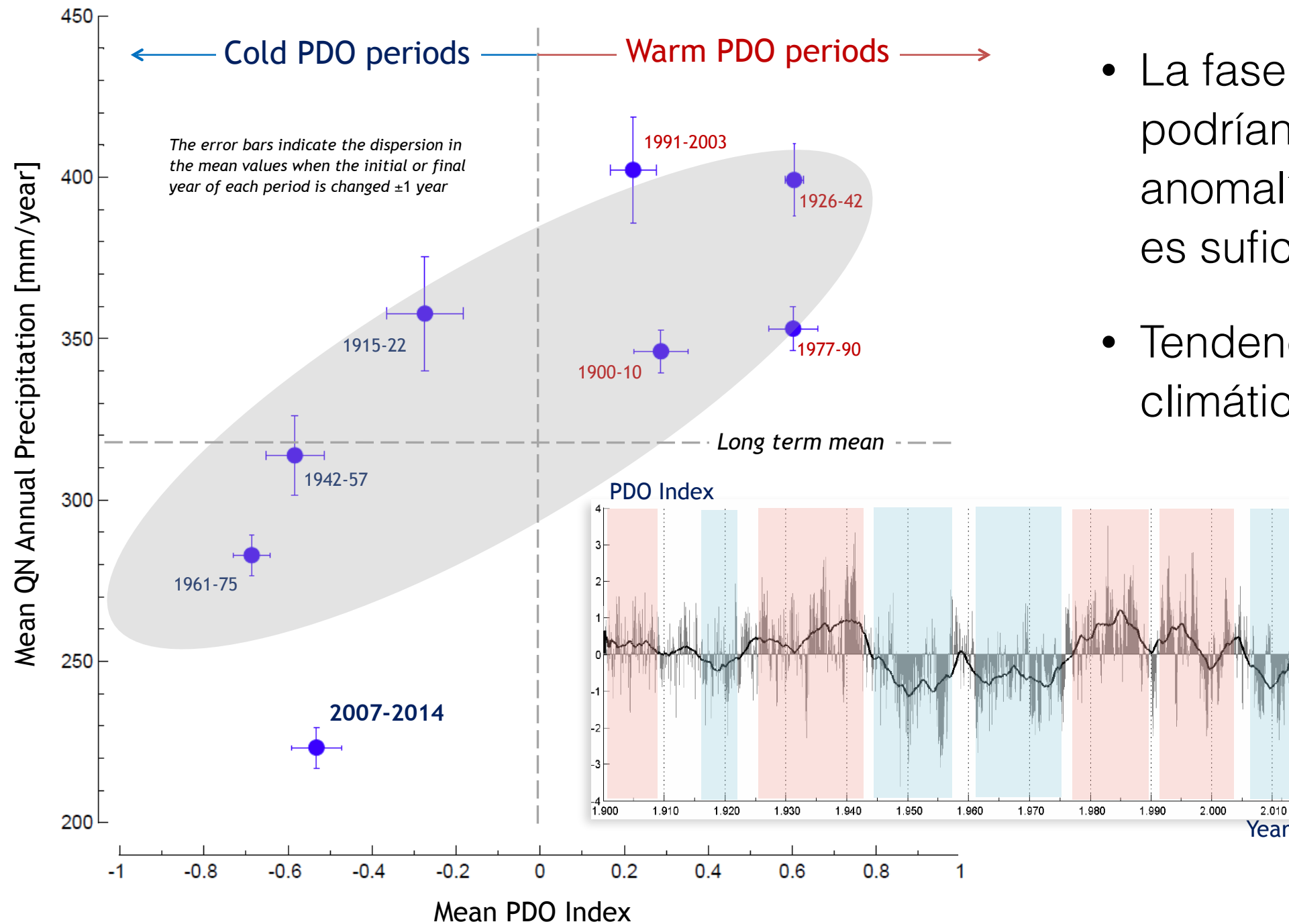


- Las fases de ENSO (El Niño y La Niña) son siempre los primeros sospechosos.
- Faltan ingredientes

Mega-sequía 2010-2015

Causas?

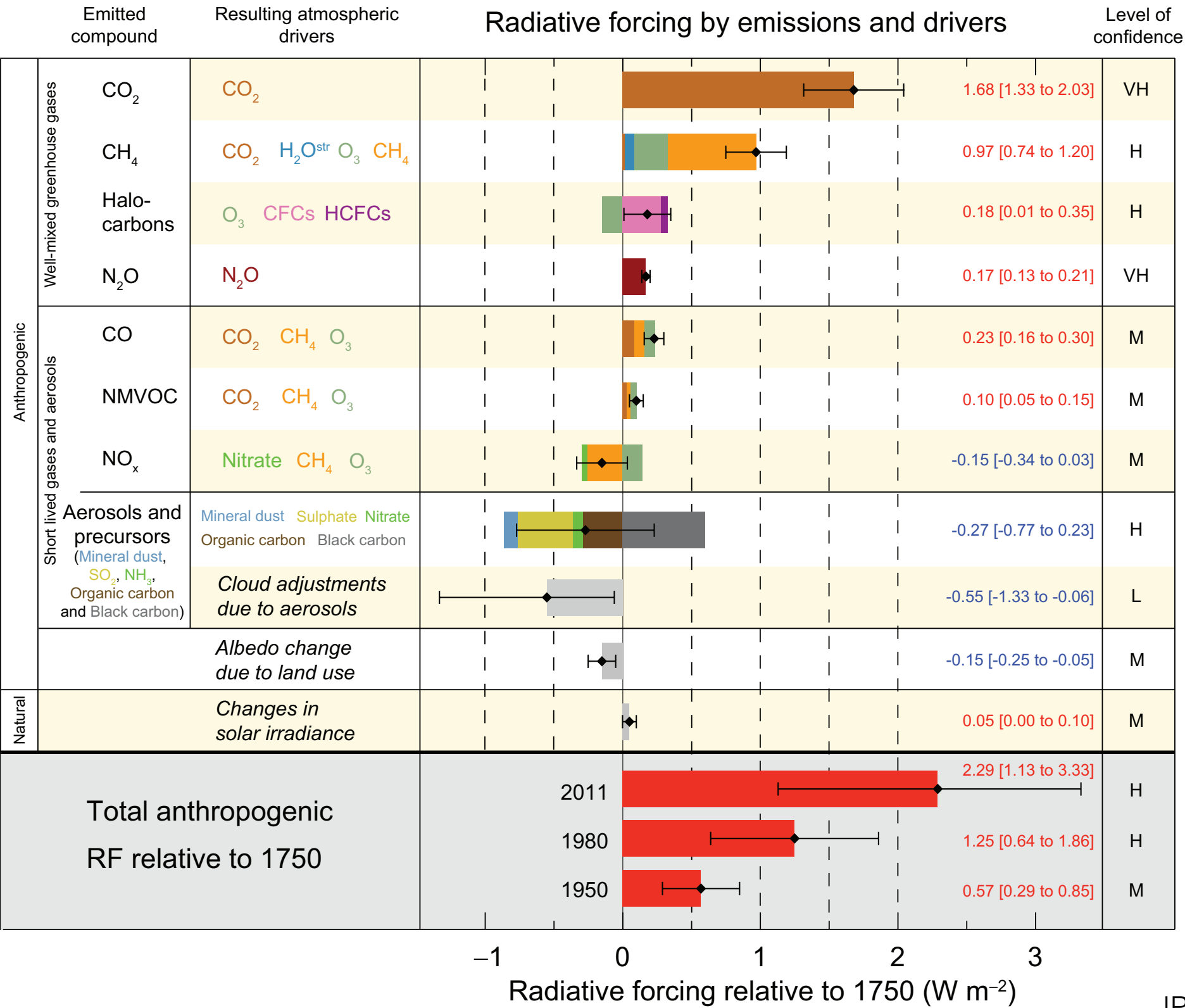
Cambios de largo plazo?



- La fase negativa en la PDO podrían explicar parte de la anomalías recientes, pero no es suficiente.
- Tendencias por cambio climático antrópico?

Cambio climático y efectos en la precipitación en Chile

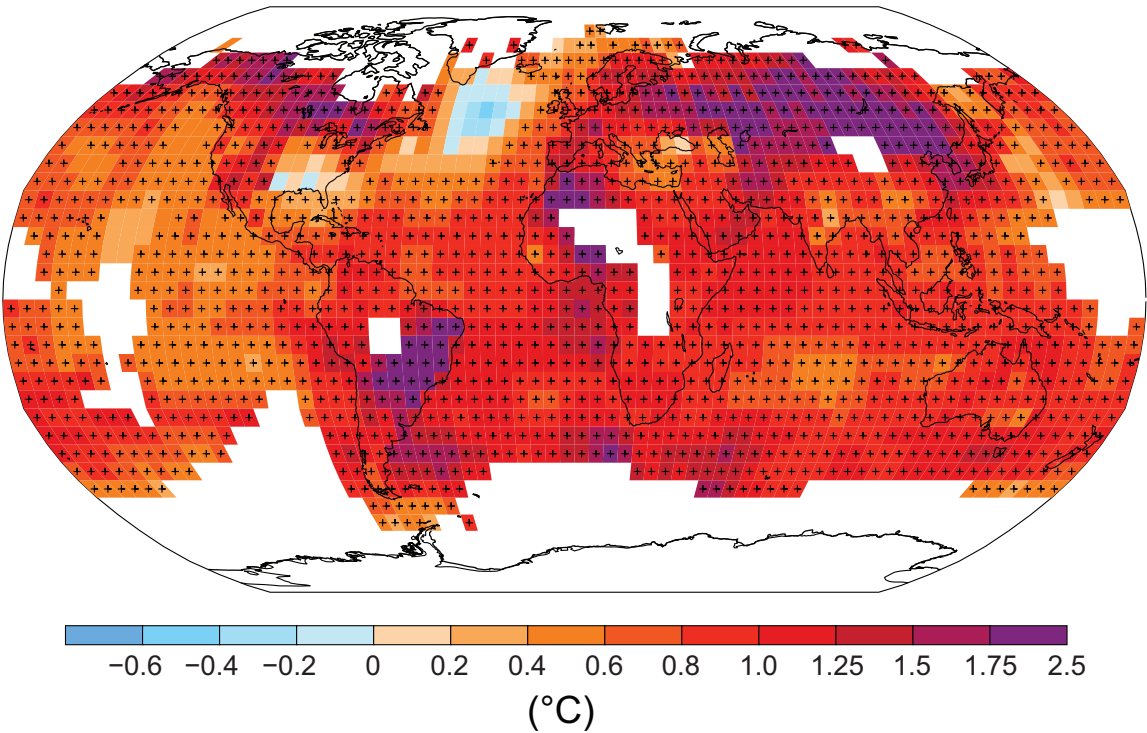
Factores antrópicos de cambio



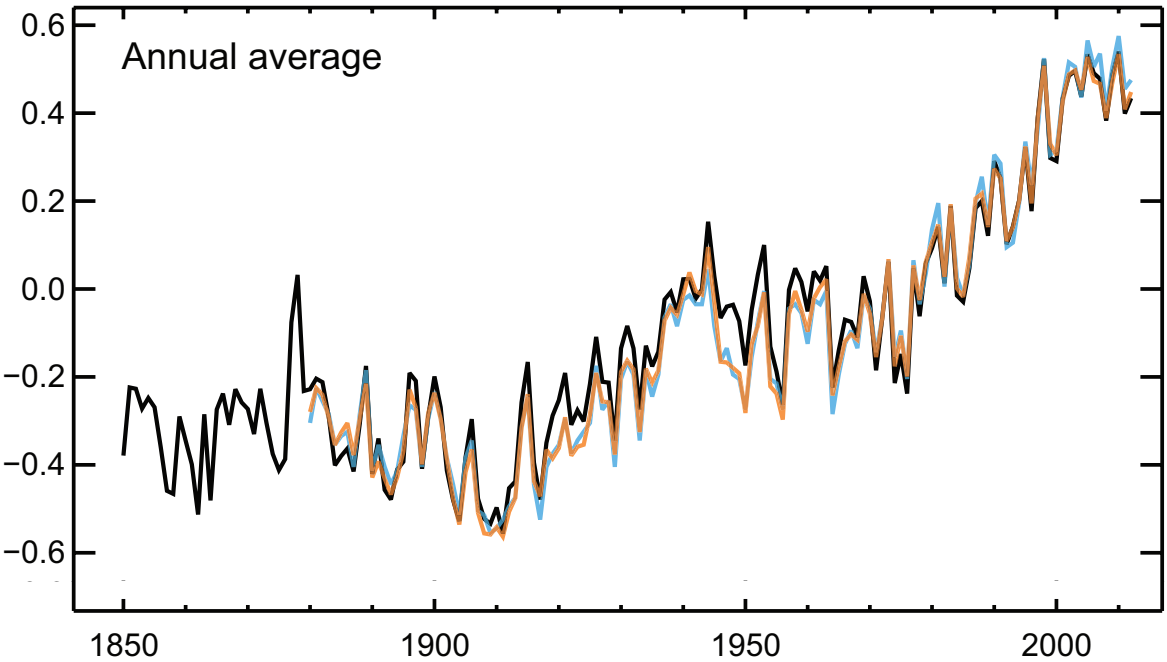
IPCC AR5

Cambio climático y efectos en la precipitación en Chile

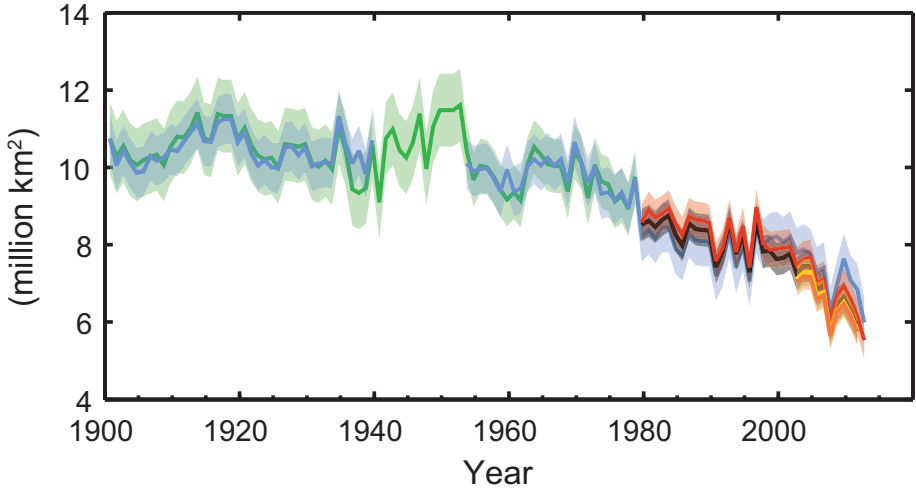
Observed change in surface temperature 1901–2012



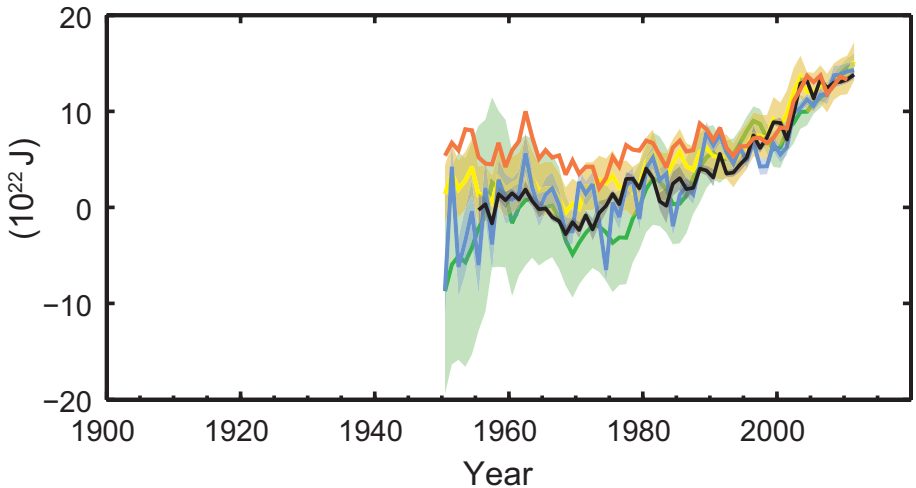
Observed globally averaged combined land and ocean surface temperature anomaly 1850–2012



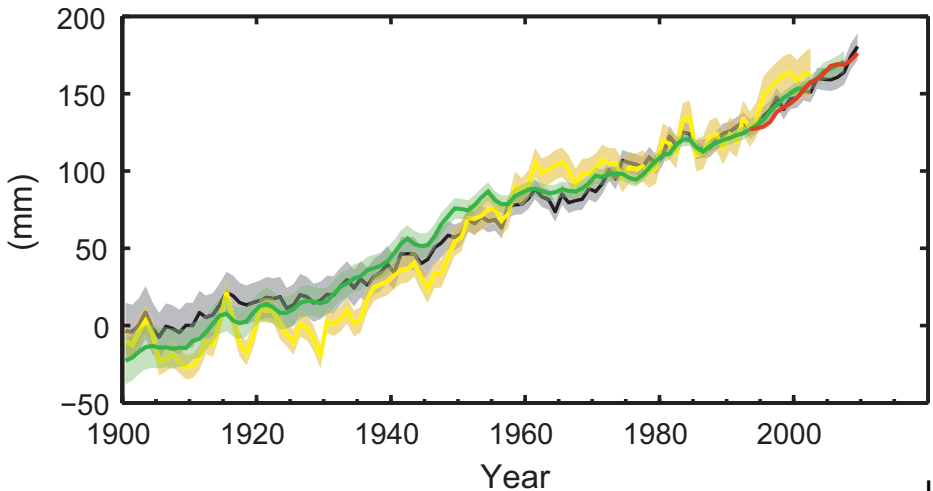
(b) Arctic summer sea ice extent



(c) Change in global average upper ocean heat content



(d) Global average sea level change

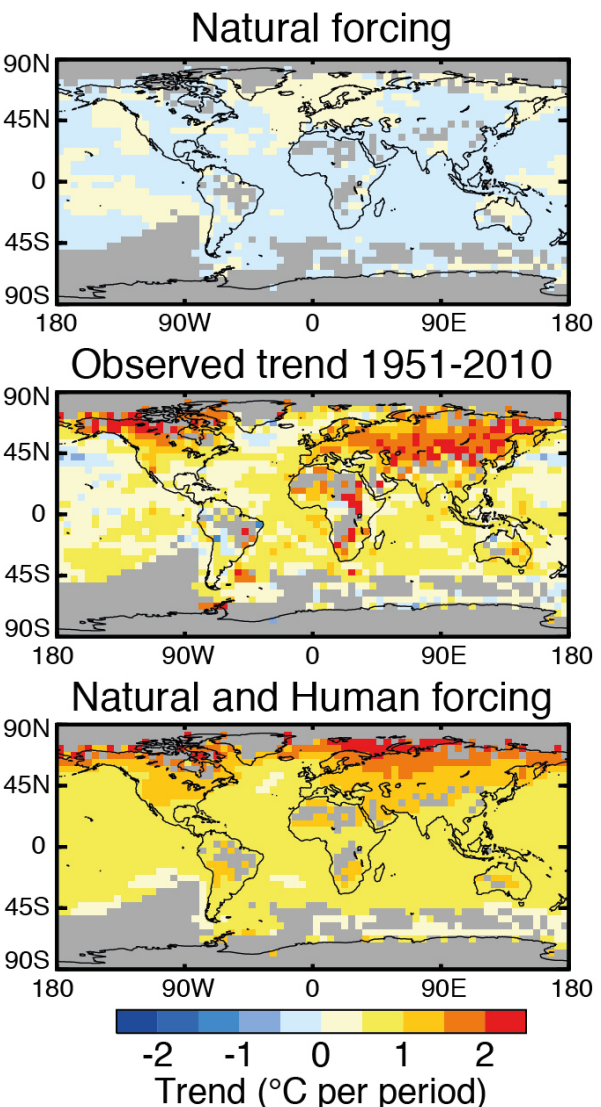
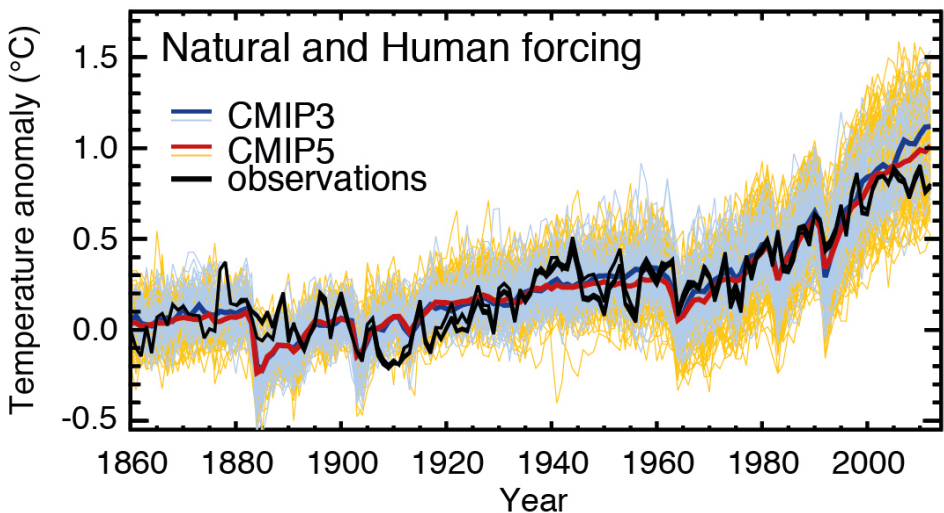
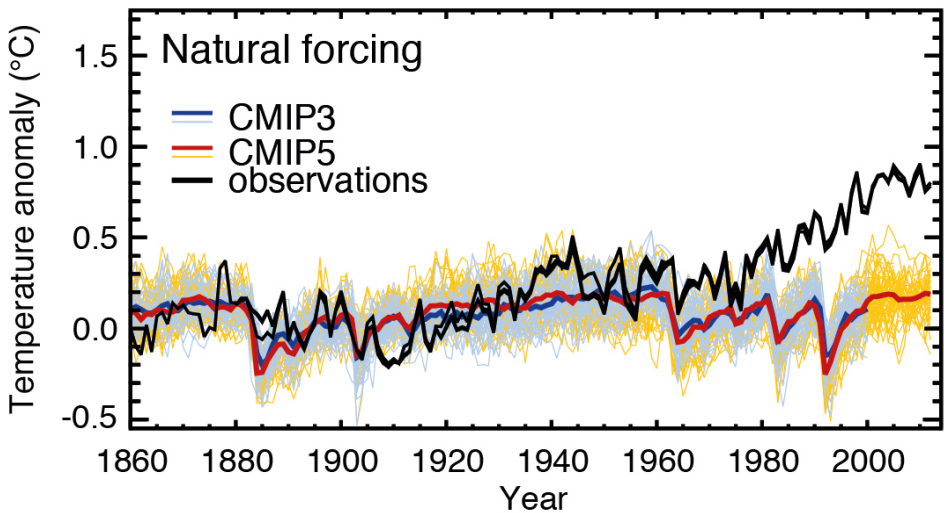
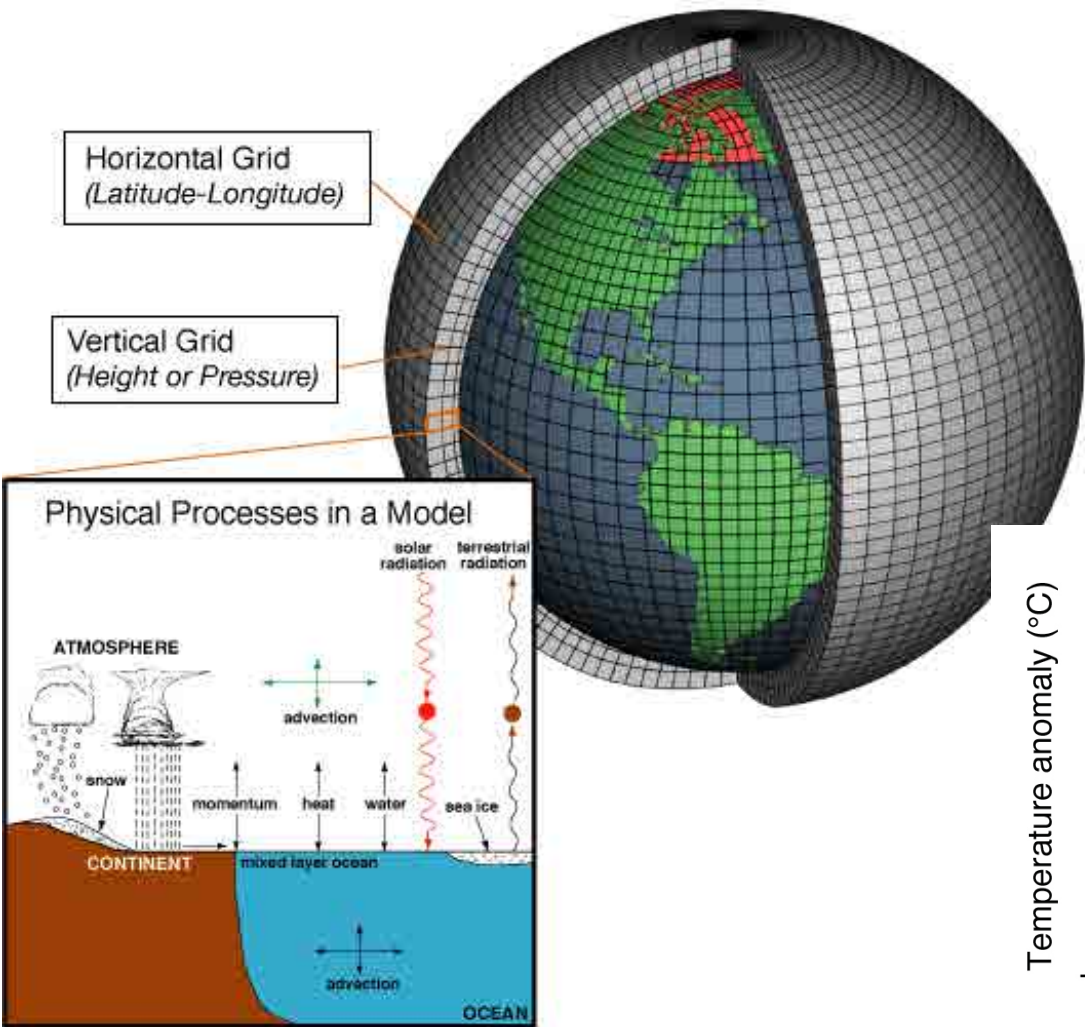


IPCC AR5

Cambio climático y efectos en la precipitación en Chile

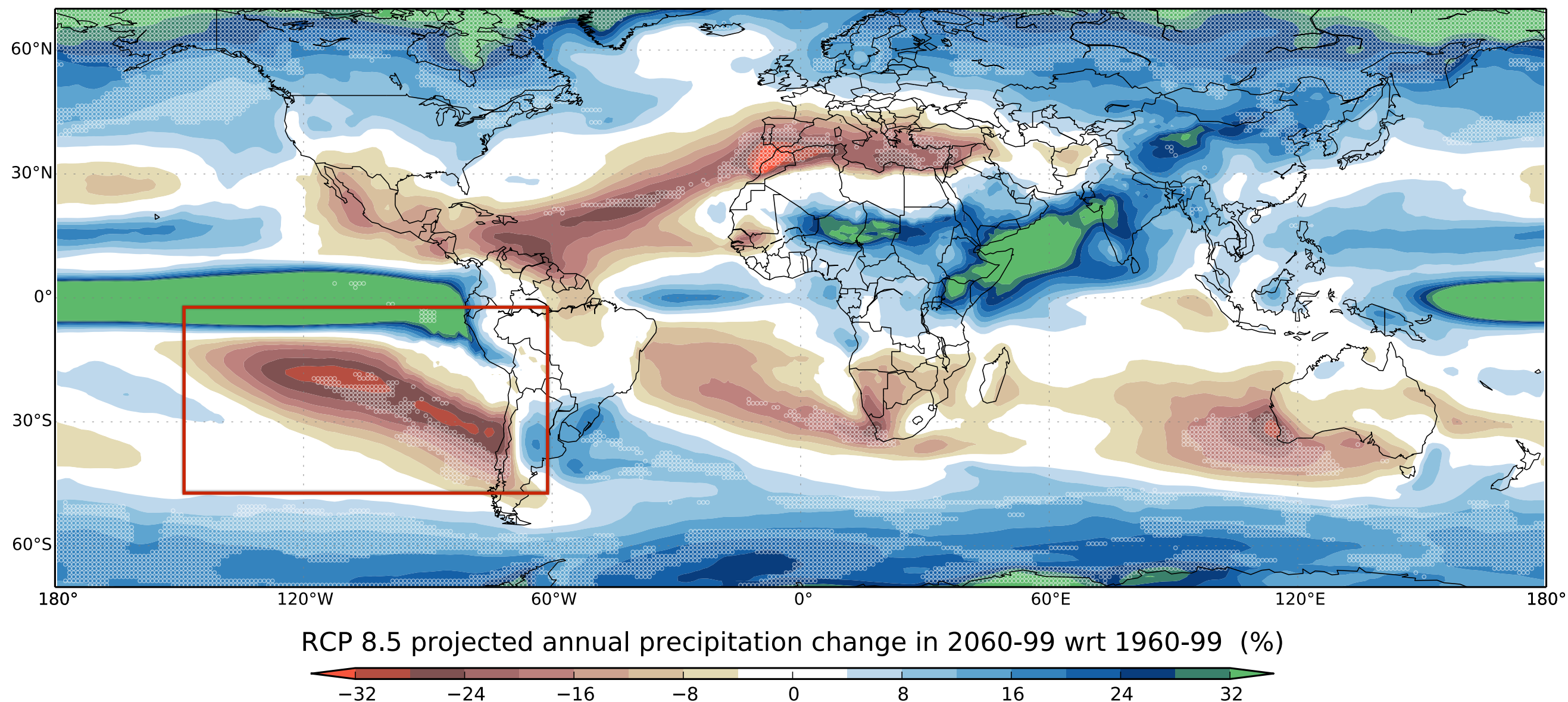
Modelos de clima

Los modelos numéricos acoplados integran el grueso de la física, dinámica y otros procesos (e.g, bioquímicos) que rigen el sistema climático.



Hoy en día, los modelos de clima son indispensables para entender, atribuir y proyectar cambios.

Cambio climático y efectos en la precipitación en Chile

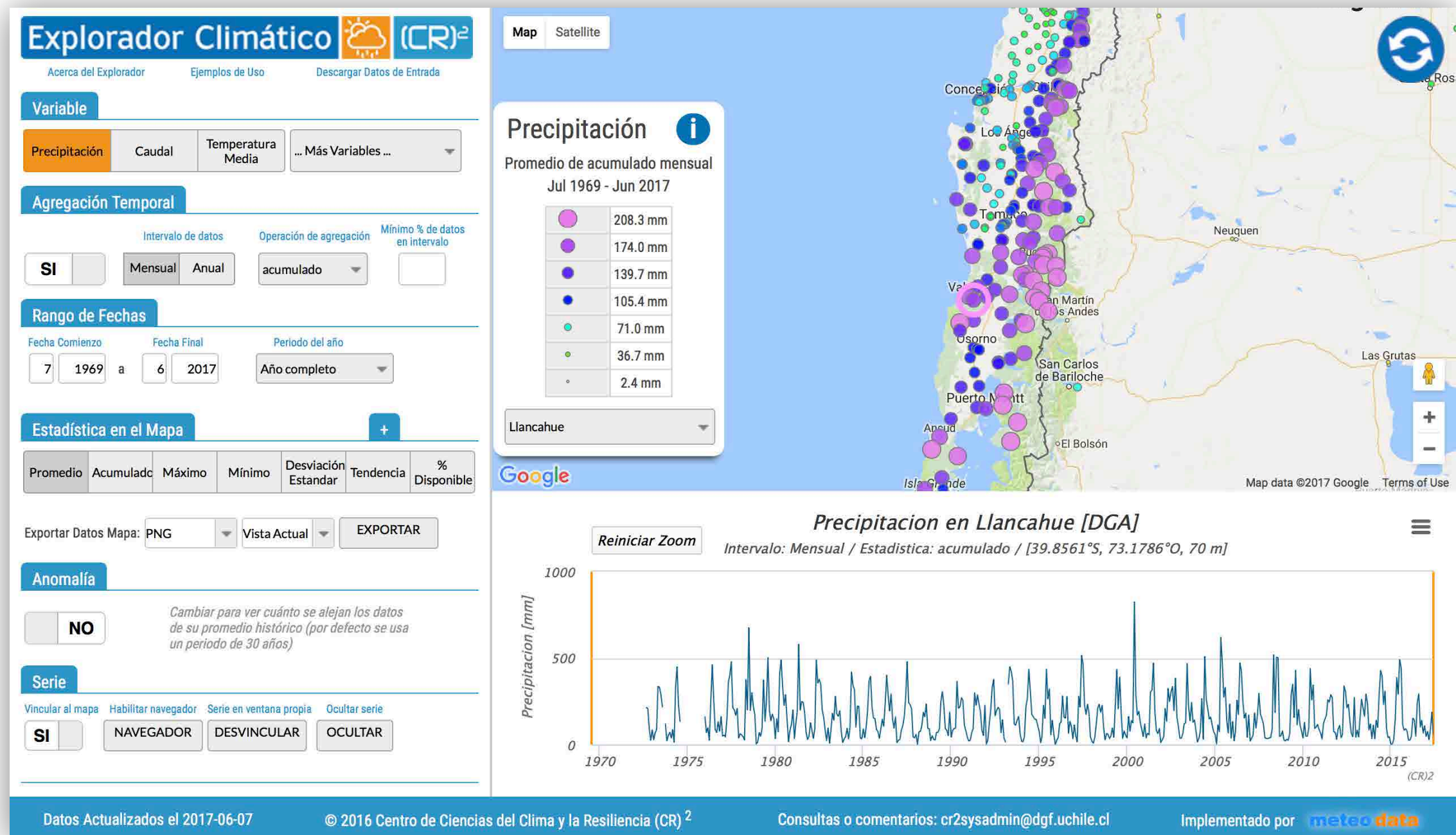


- En respuesta al forzamiento climático de origen antrópico (ACF), la precipitación en la zona centro y sur de Chile podría disminuir en ~30% hacia fines de siglo.
- En un contexto de cambio global, esta es una señal particularmente intensa y sistemática entre modelos de clima contemporáneos.

Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

Observaciones: Entre las actividades del CR2, información hidro-meteorológica ha sido recopilada de distintas fuentes y homogeneizada en un único centro de datos.

→ Accesible a través del Explorador Climático (explorador.cr2.cl)



Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

Observations

- Local: quality-controlled and gap-filled rain-gauge records from more than 350 stations within 30°S and 40°S (DMC & DGA)
- Large scale: Reanalyses, HadSLP, GPCP

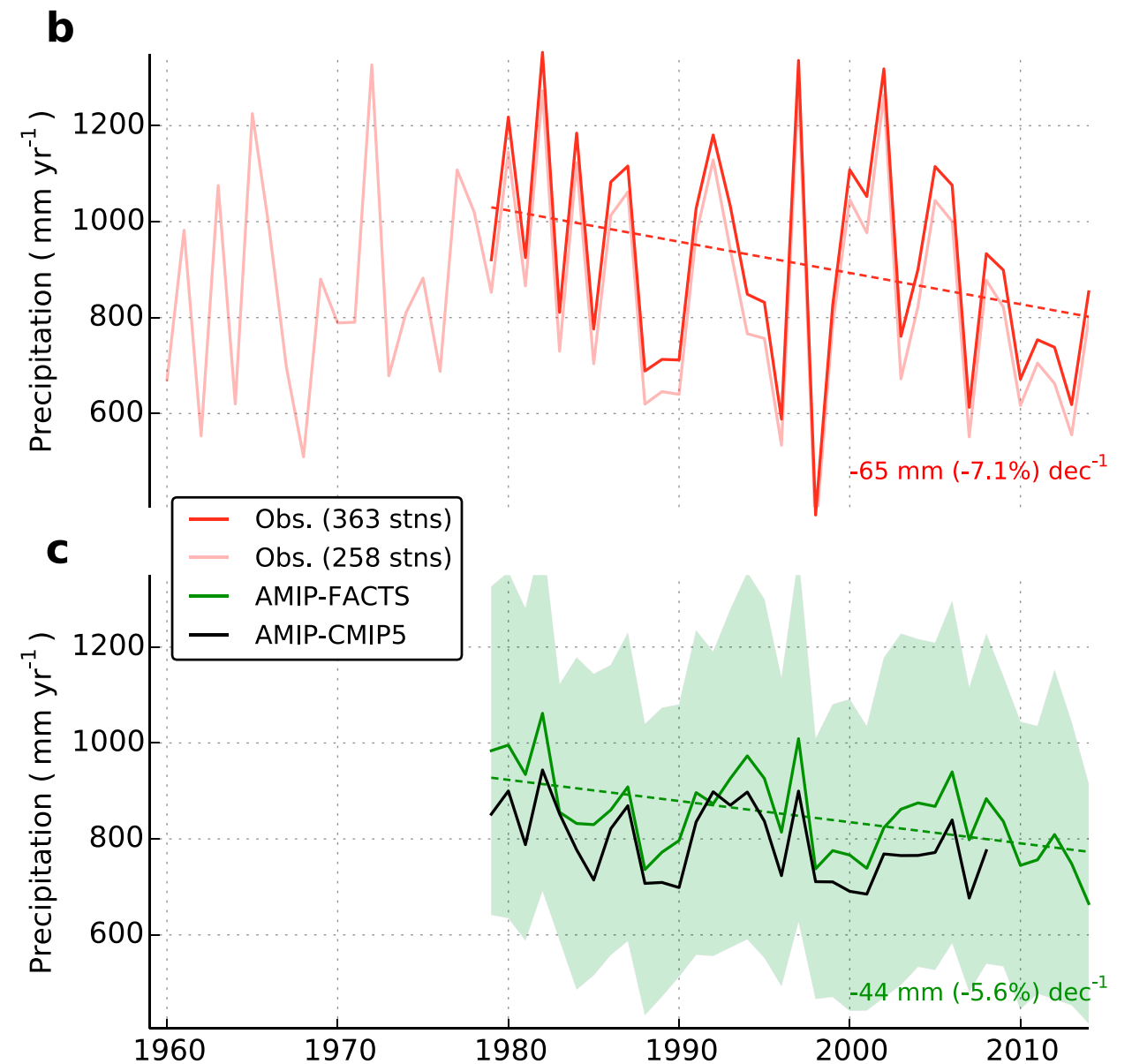
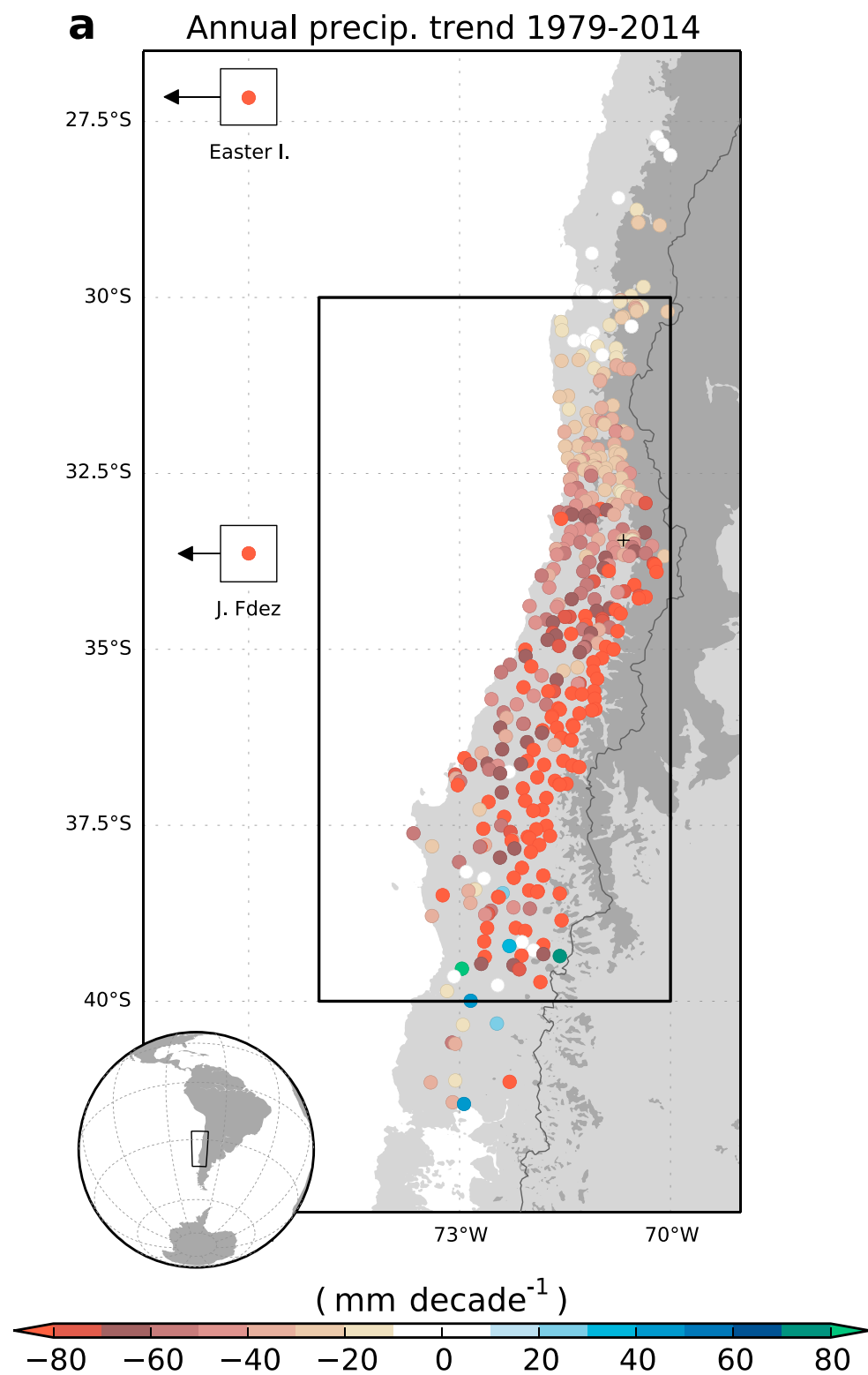
GCM simulations with historical forcing

We analyzed more than 250 runs from 31 GCMs including:

- Fully-coupled runs (CMIP5 historical): To assess the ACF-driven trends & uncertainties (climate sensitivity + natural variability)
- Atmospheric-only (AMIP): Including both the ACF and obs. variability induced by SST (ENSO, PDO, etc)

	HIST(RCP8.5)-CMIP5 (1979-2014)	AMIP-CMIP5 (1979-2008)	AMIP-FACTS (1979-2014)
# models	26	26	5
# runs	85	72	120

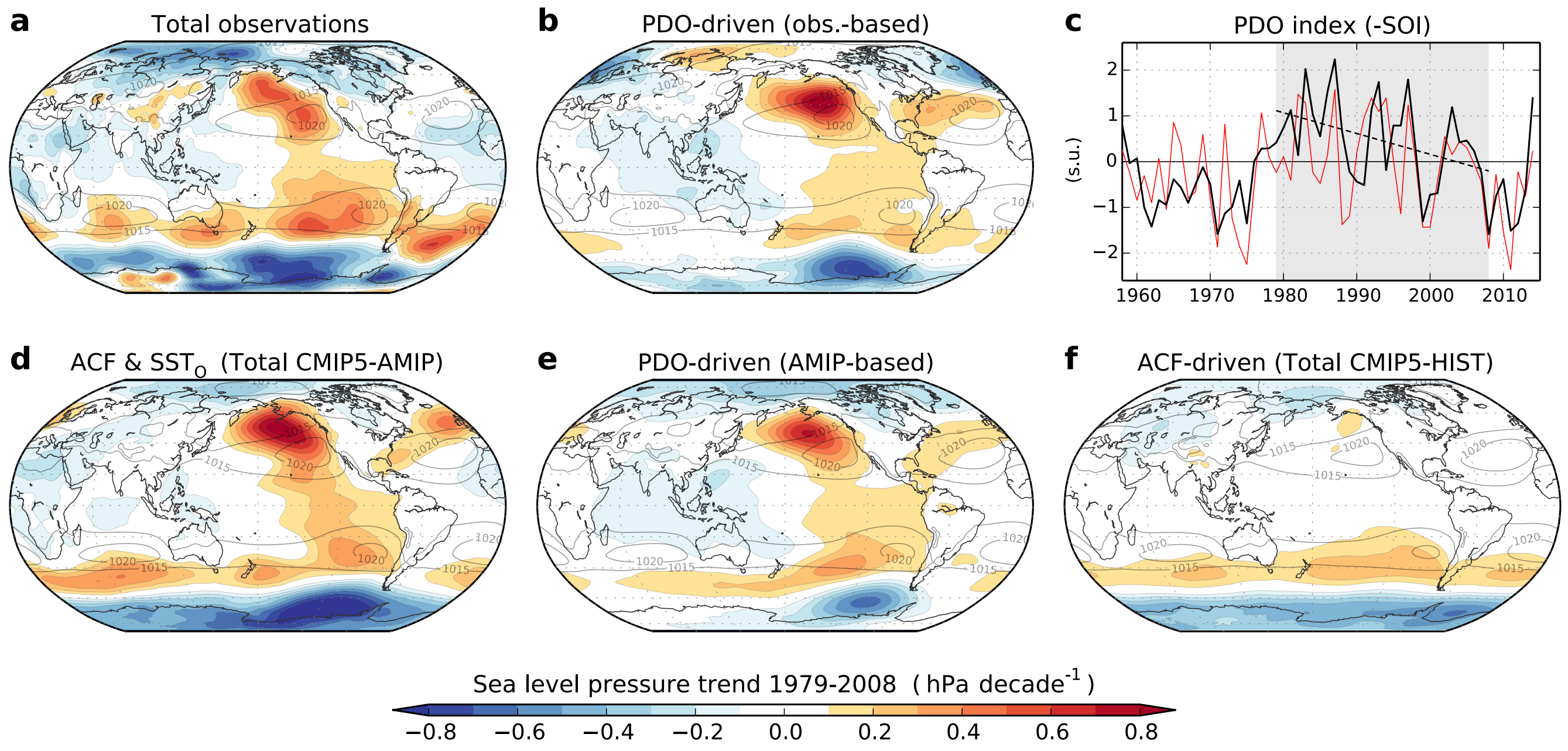
Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central



- Tendencia negativa de gran magnitud (7% dec⁻¹), pero en un régimen de alta variabilidad.
- Signo y distribución geográfica consistente con simulaciones climáticas.

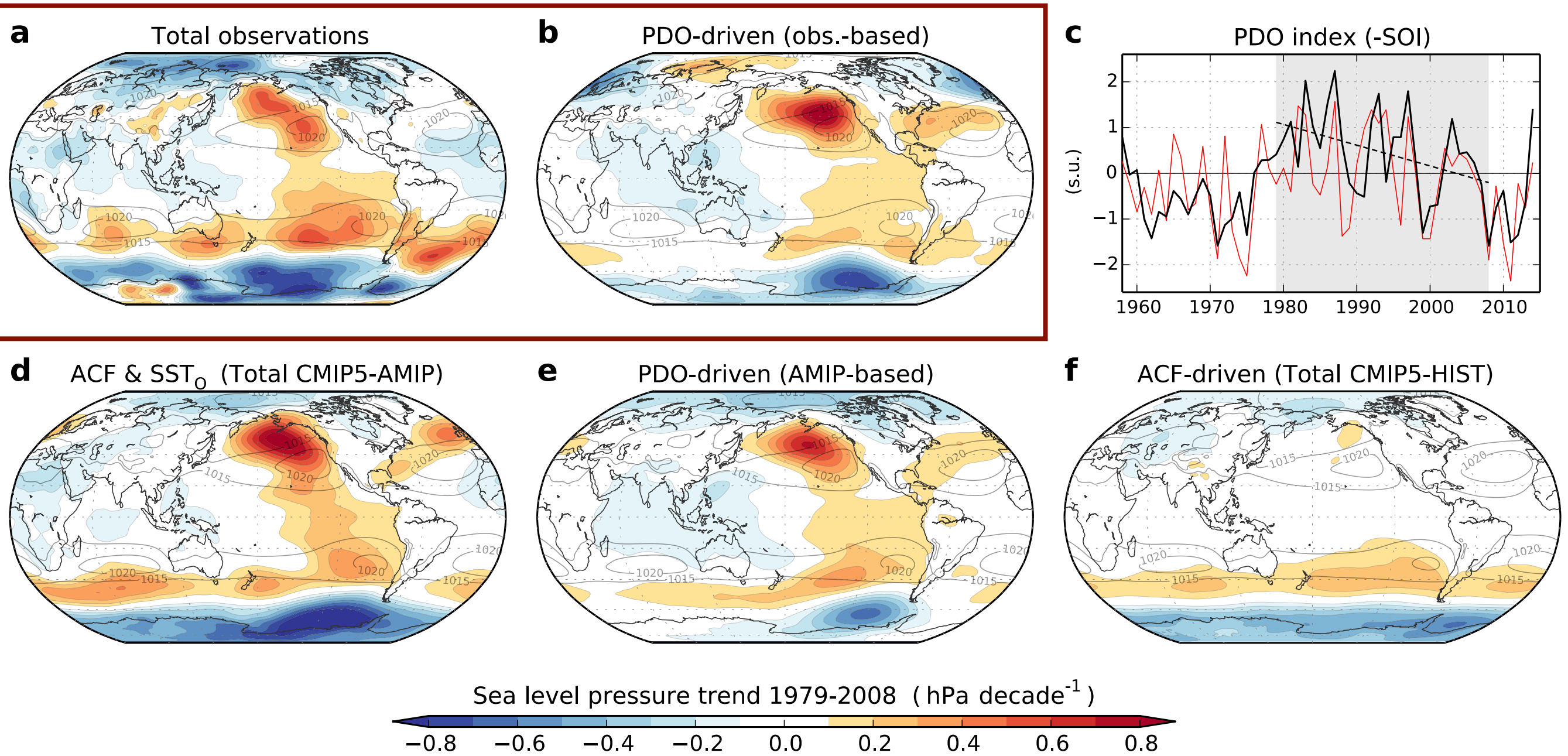
Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

Cambios en la circulación de gran escala



Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

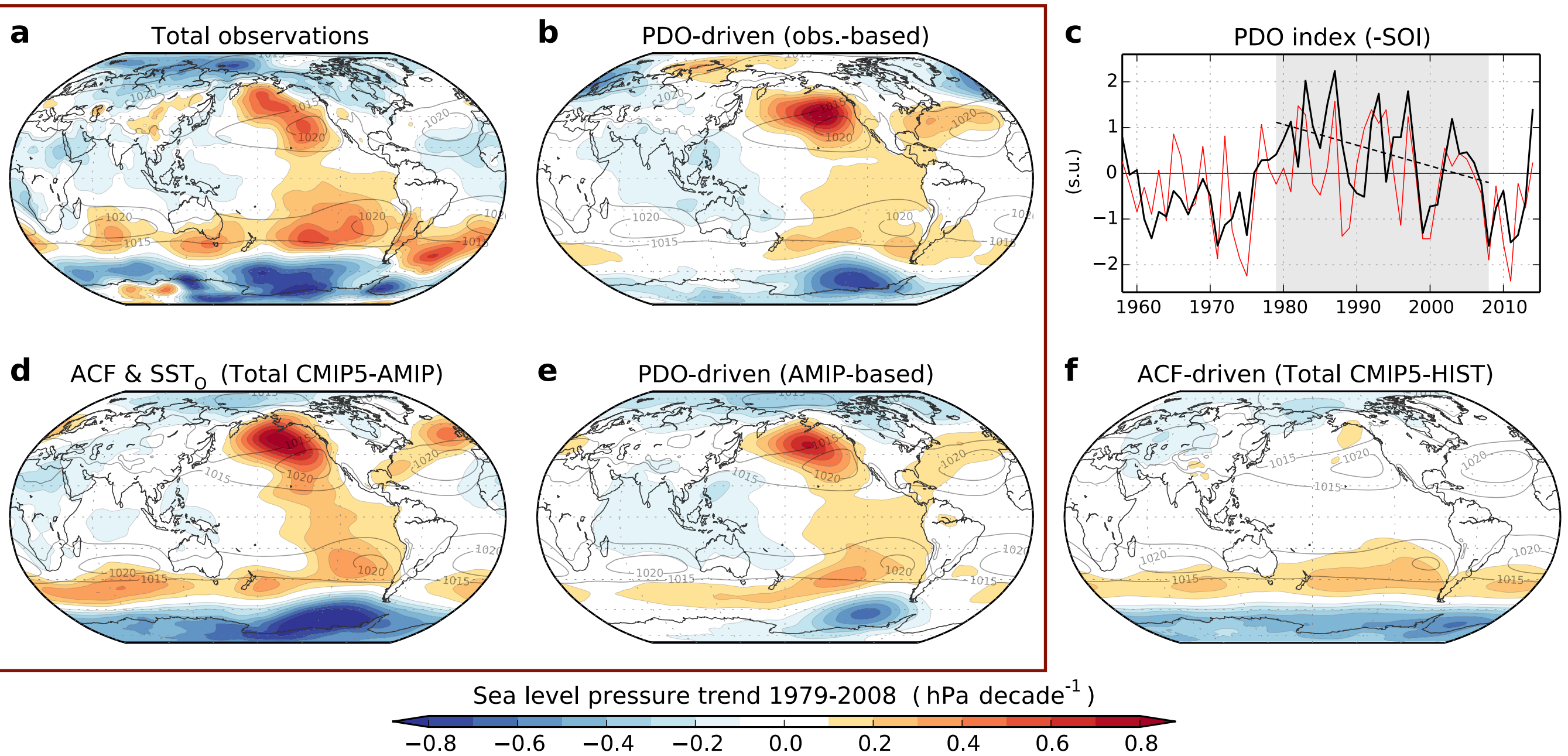
Cambios en la circulación de gran escala



Tendencias tipo “La Niña” en la Oscilación Decadal del Pacífico explican el grueso de cambios en la presión a nivel del mar en la cuenca del Pacífico

Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

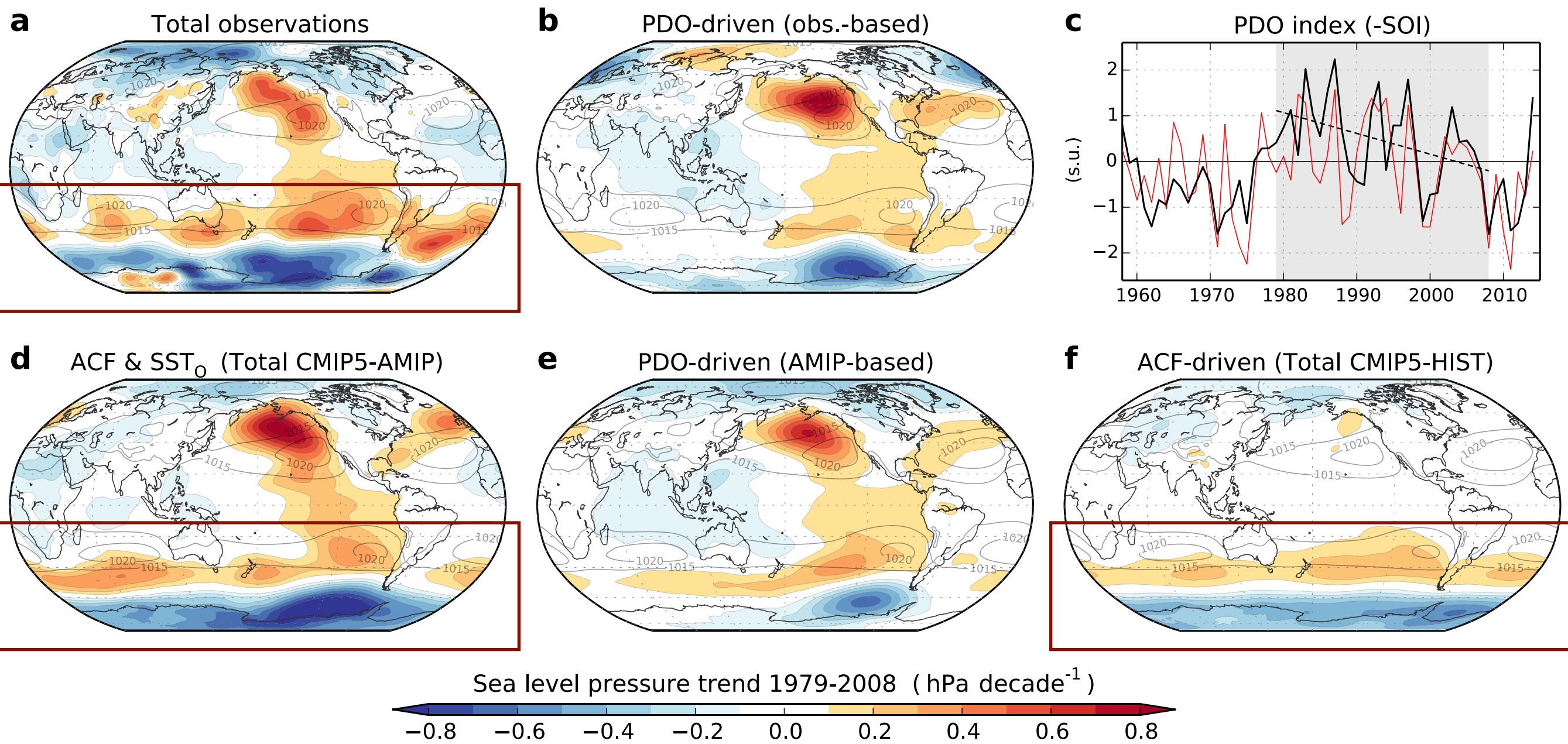
Cambios en la circulación de gran escala



Los cambios simulados 'forzados' (AMIP) son coherentes con los observados.

Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

Cambios en la circulación de gran escala

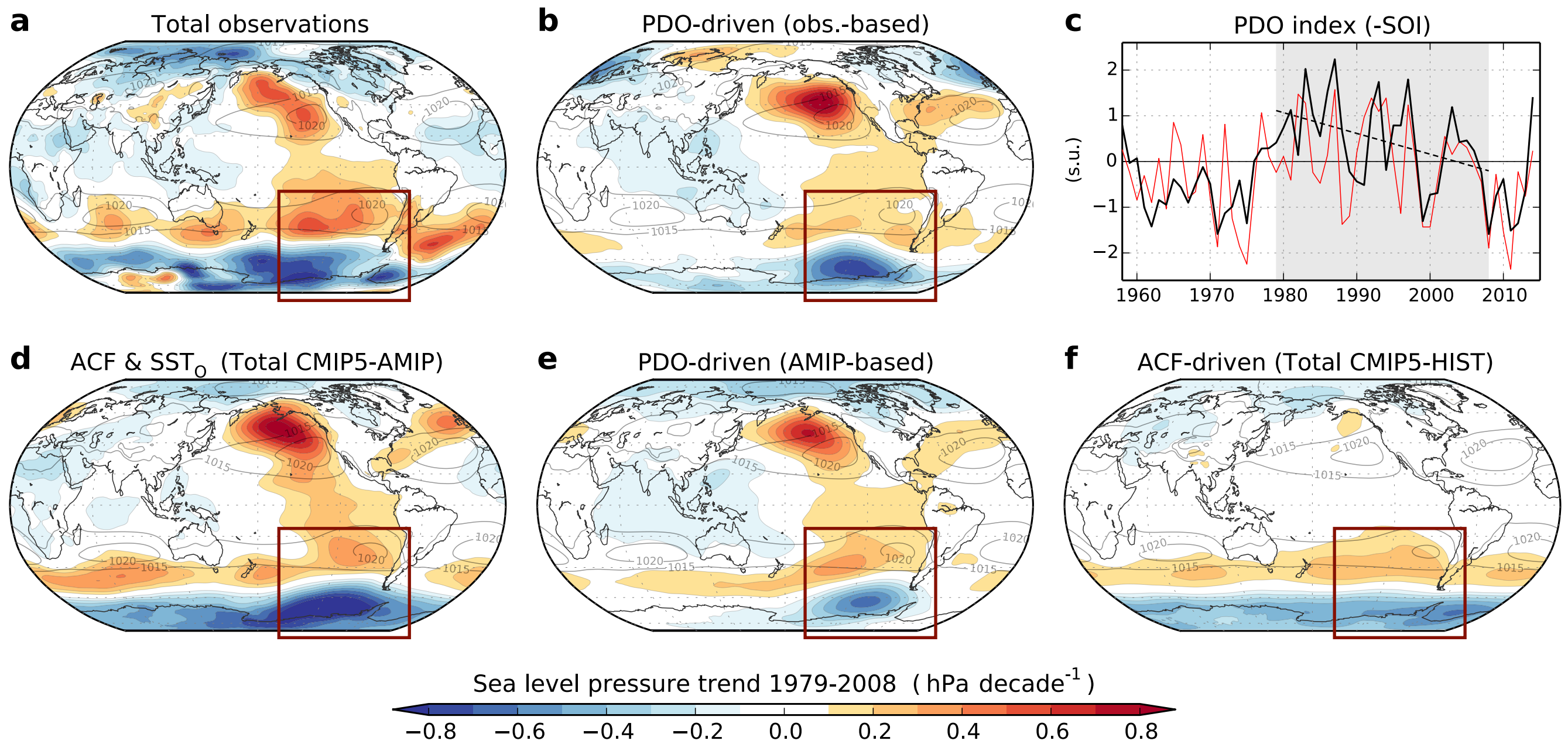


Contribución significativa de la forzante antrópica (patrón circumpolar en el H. Sur)

Este patrón está presente en las simulaciones y en las observaciones

Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

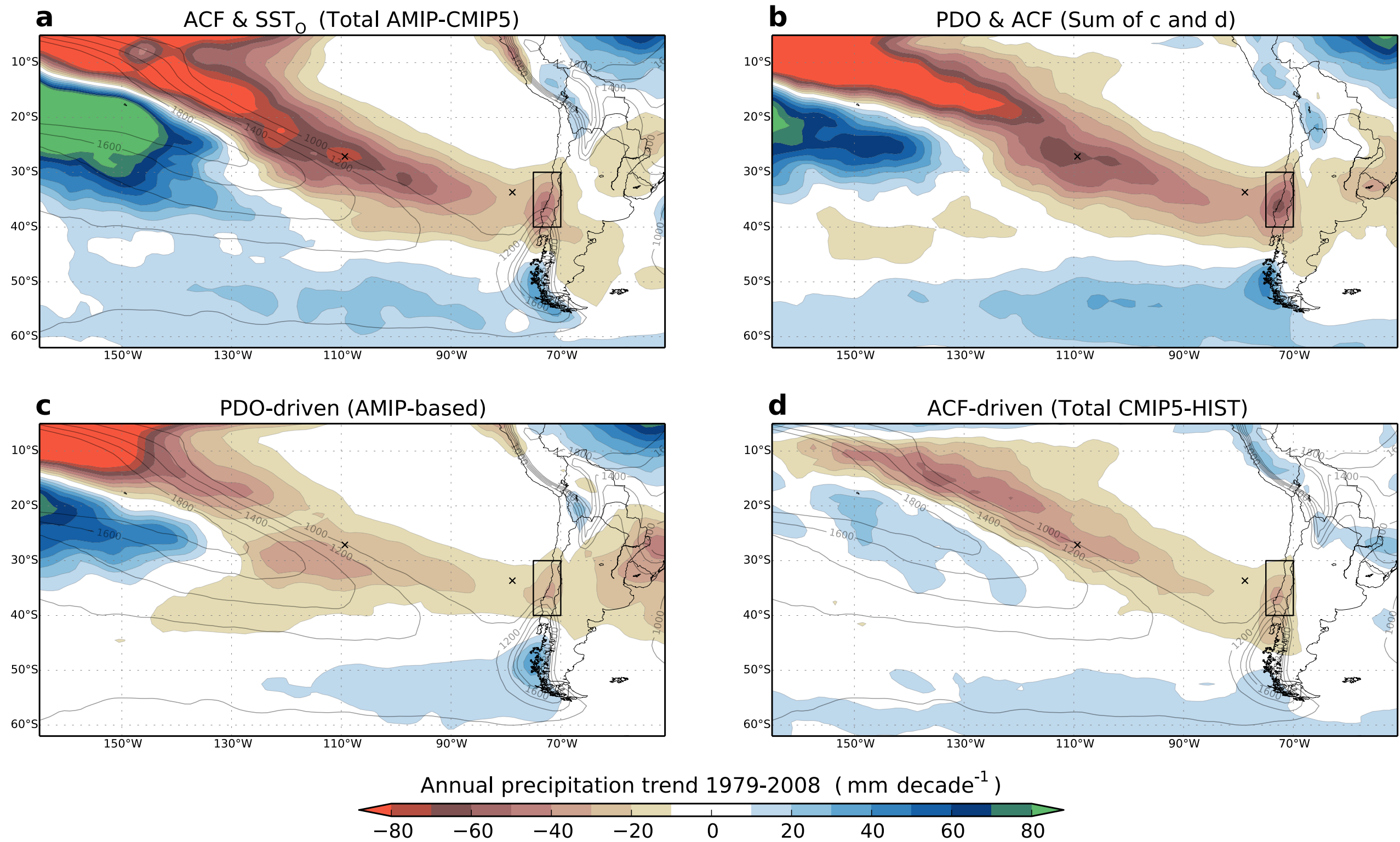
Cambios en la circulación de gran escala



Factores naturales (PDO) y antrópicos 'conspiran' en Pacífico sur oriental, aumentando del gradiente meridional de presión

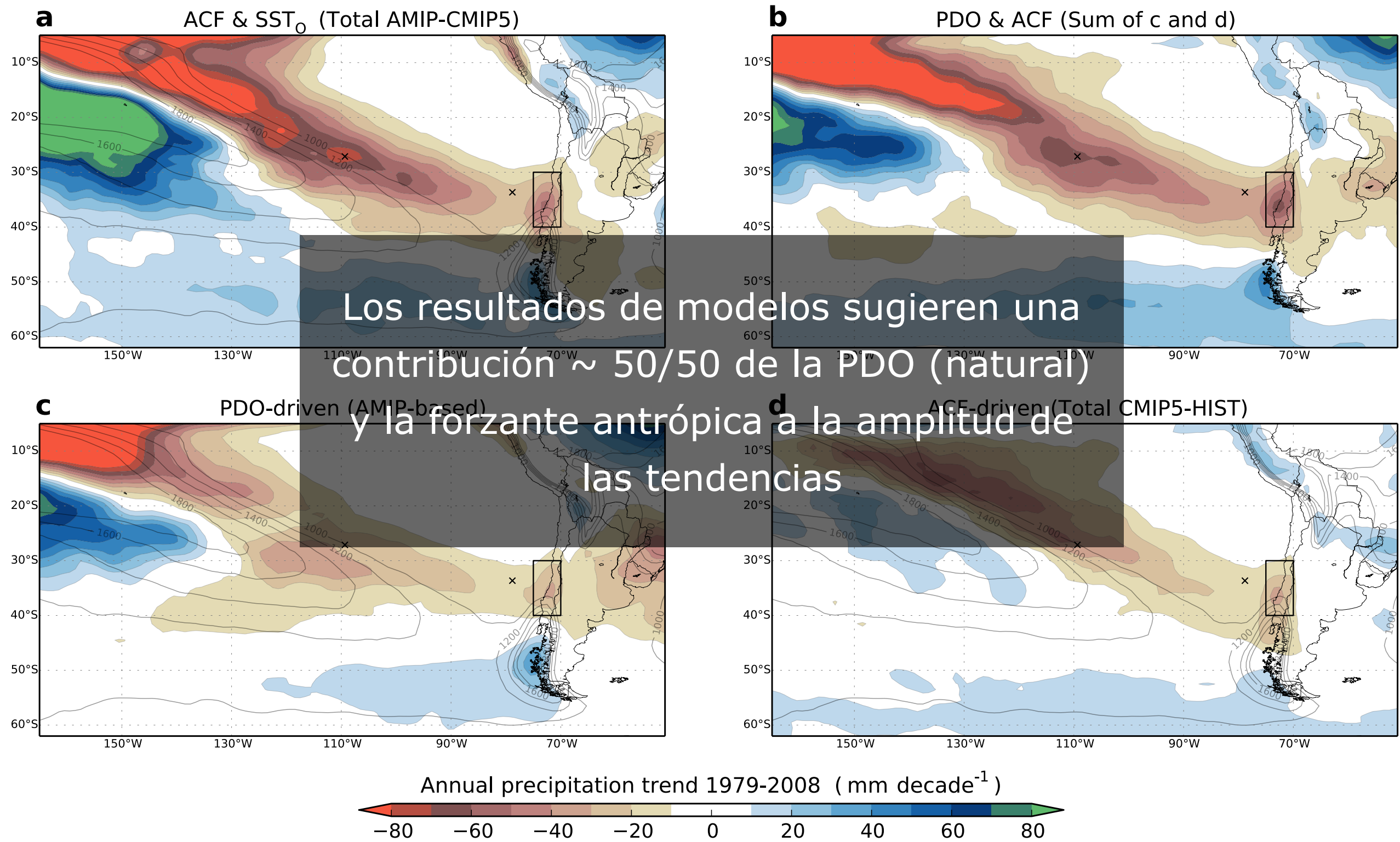
Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

Cambios en la precipitación en el Pacífico sur



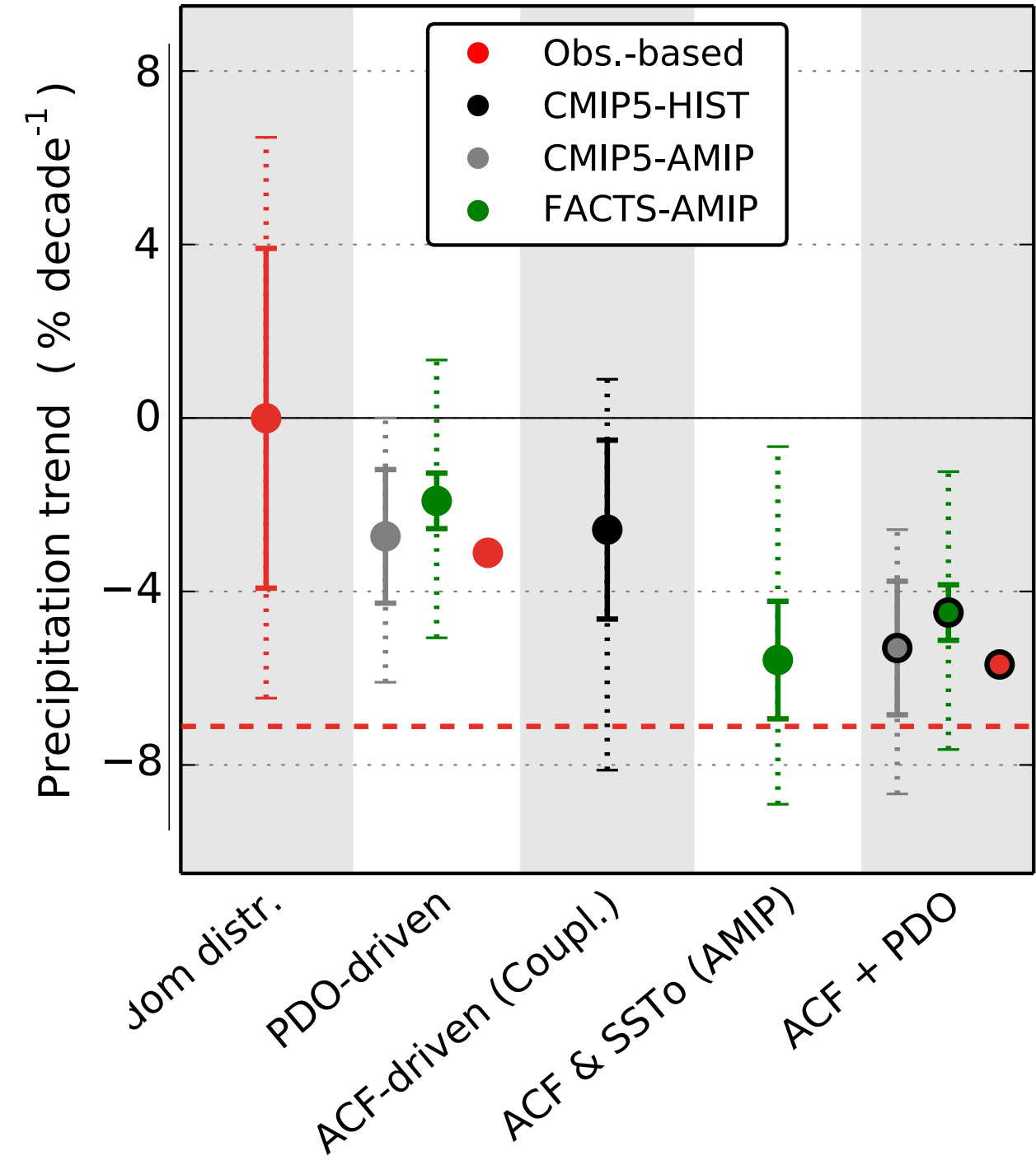
Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

Cambios en la precipitación en el Pacífico sur



Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

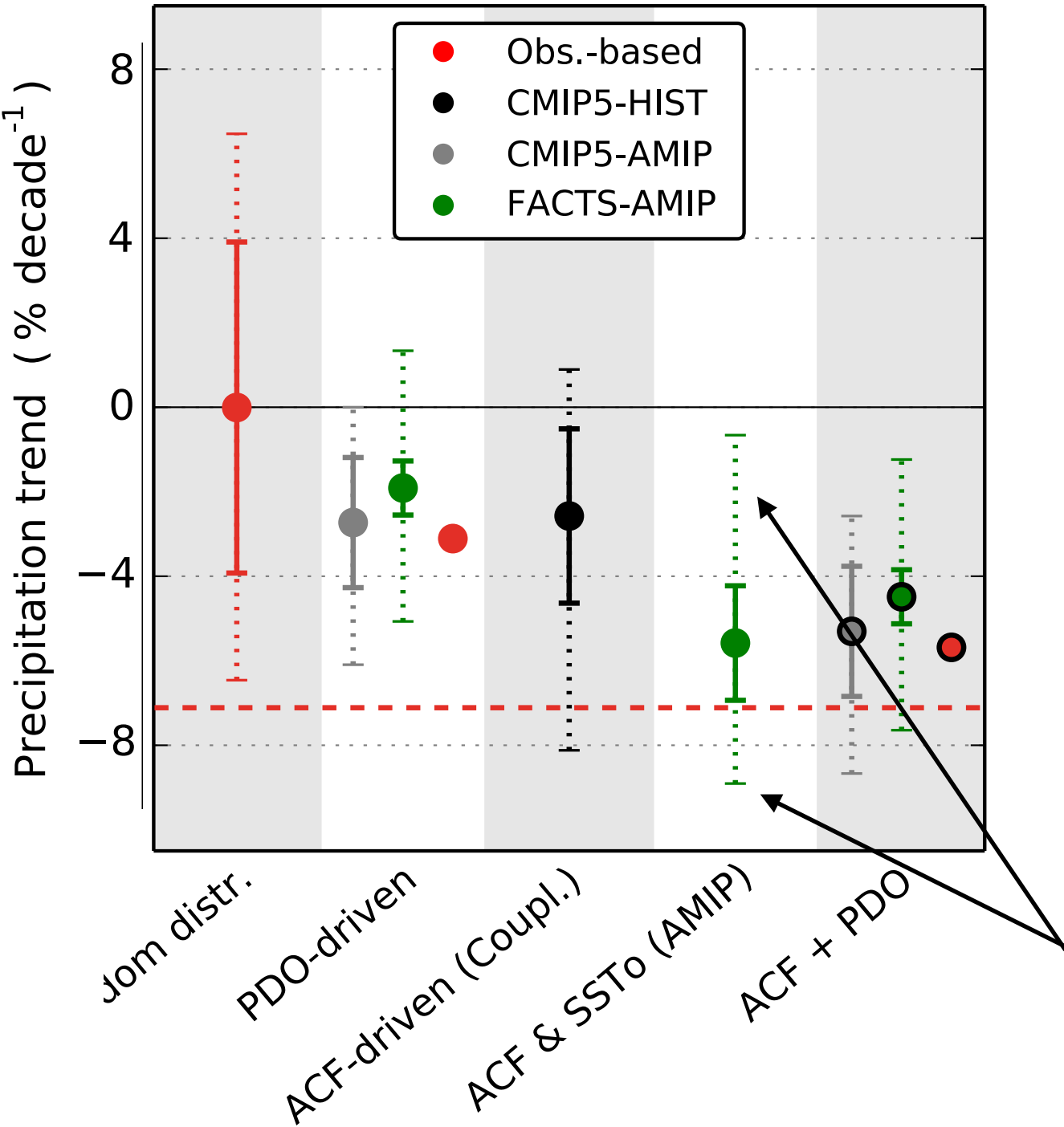
Trend 1979-2014



PDO ($\sim 1/3$ to $1/2$) +
ACF ($\sim 1/3$) +
?

Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central

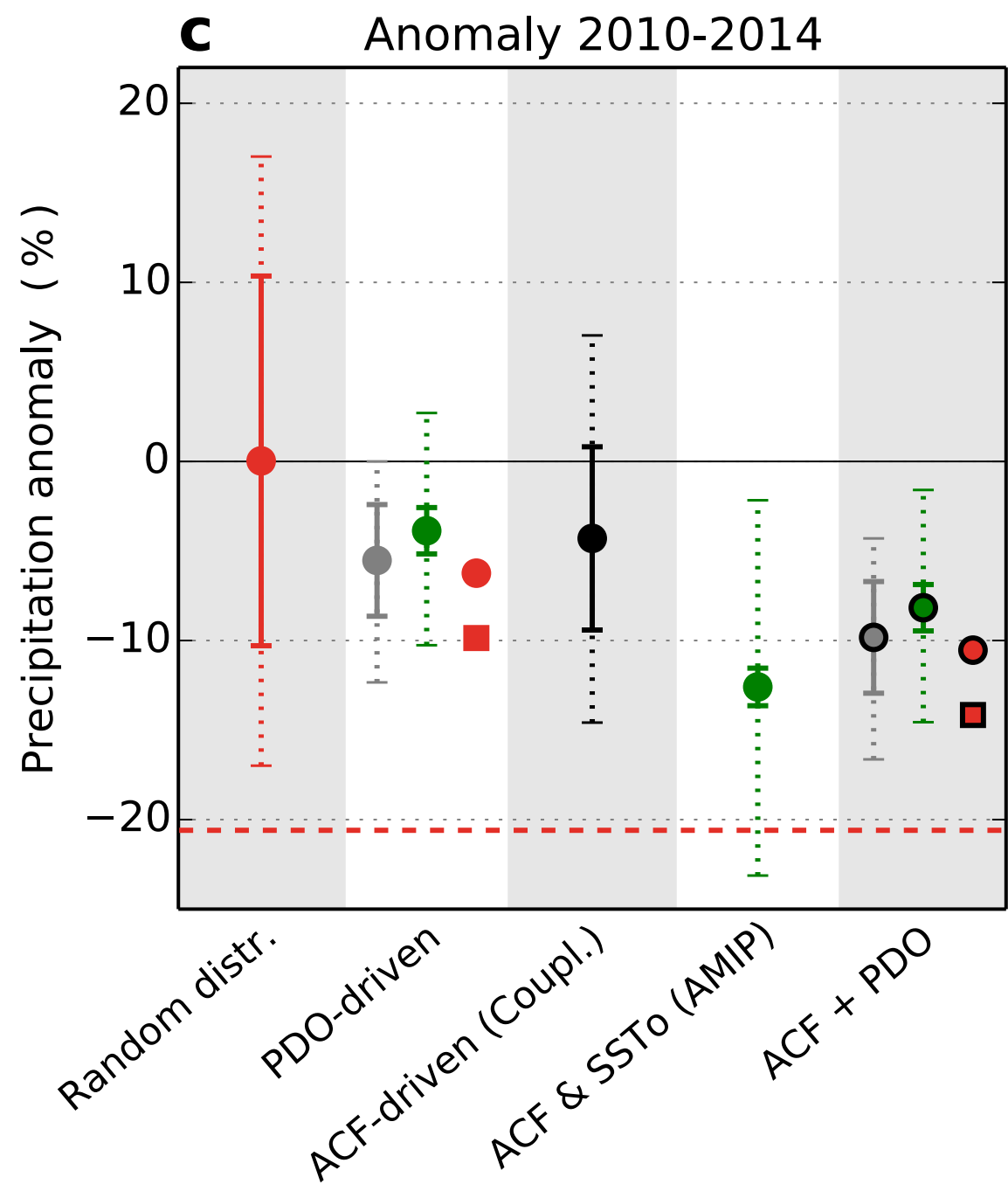
Trend 1979-2014



PDO ($\sim 1/3$ to $1/2$) +
ACF ($\sim 1/3$) +
?

Alta incertidumbre debido a
variabilidad interna atmosférica

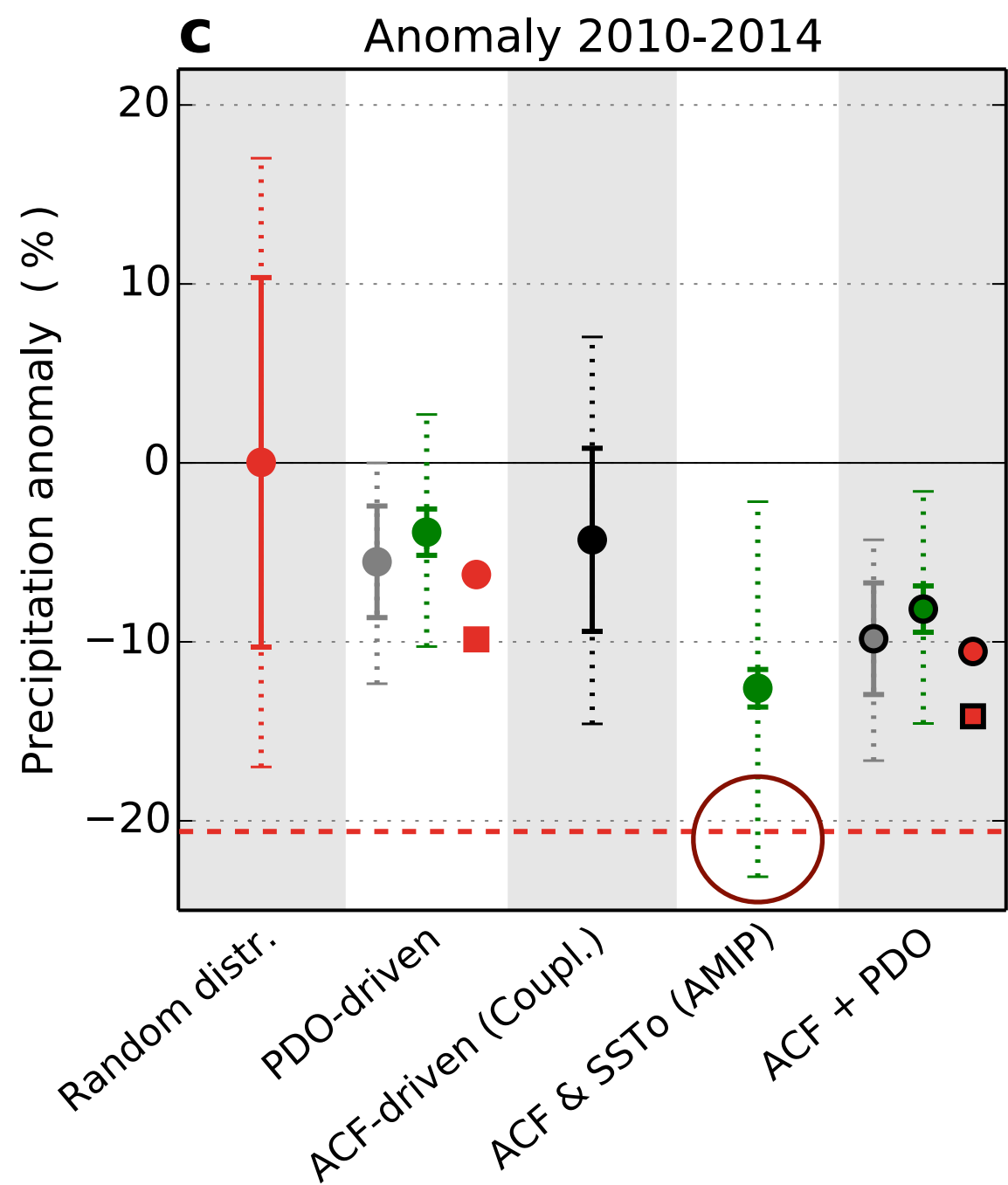
Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central



PDO ($\sim 1/4$)

ENSO ($\sim 1/2$) + ACF ($\sim 1/4$) + ?

Atribución de cambio recientes (1979-2014) en Chile central



Non explained fraction may be due to:

- (1) a systematic bias in models sensitivity to ACF in this region, or
- (2) Bad luck (a purely atmospheric & nat. phenomena)

Tendencias y proyecciones de largo plazo (1960-2016 >> 2100)

Atribución a cambios en la concentración de (1) Gases de efecto invernadero (GHG)
(2) Ozono estratosférico (O_3)

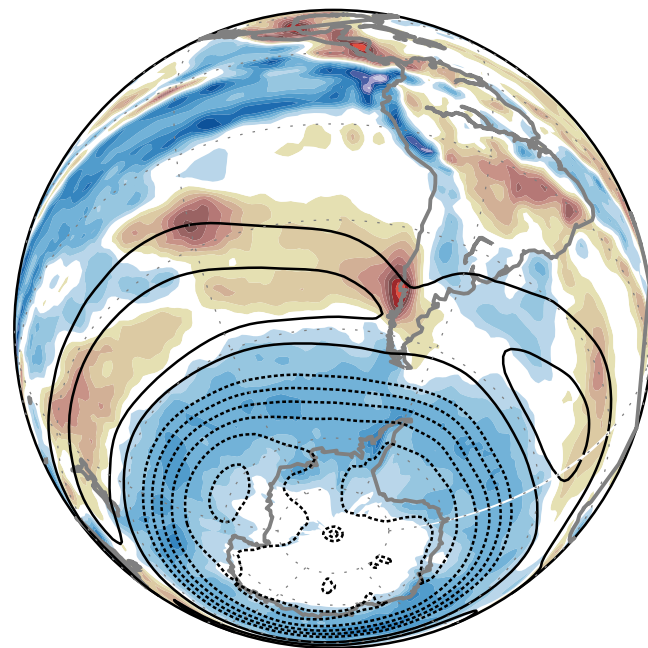
6 GCMs: CCSM4, CSIRO-Mk3-6-0, FGOALS-g2, GISS-E2-H, IPSL-CM5A-LR & MIROC-ESM-CHEM

~ 3 ensemble members per model (depend on the GCM & simulation type)

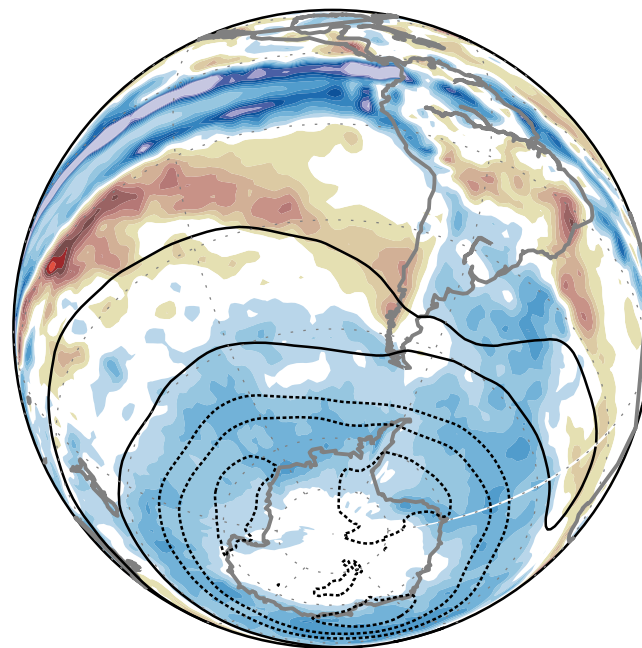
Sources: CMIP5 (Misc runs) + others

Tendencias de presión y precipitation (anual; promedio multi-GCM)

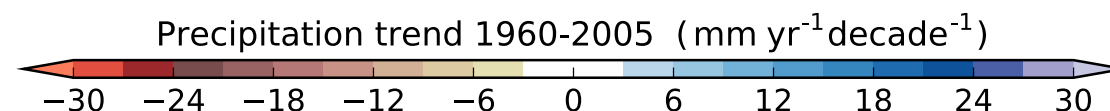
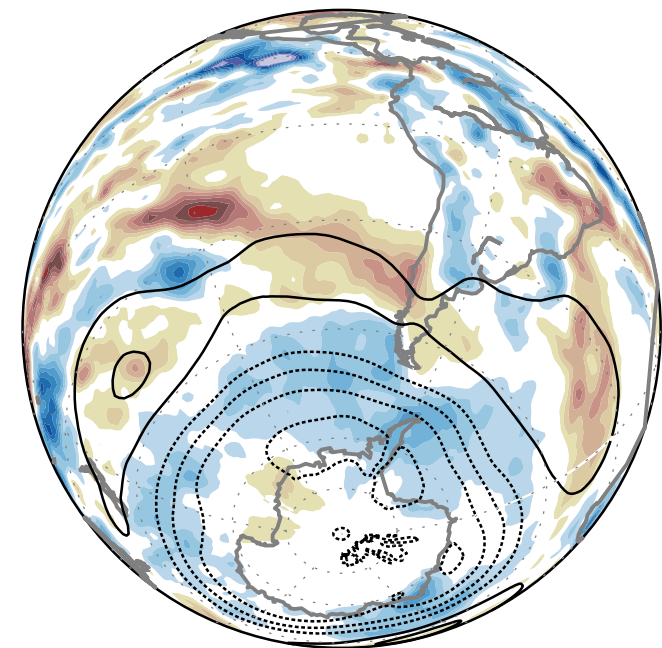
a. All forcing



b. GHG only

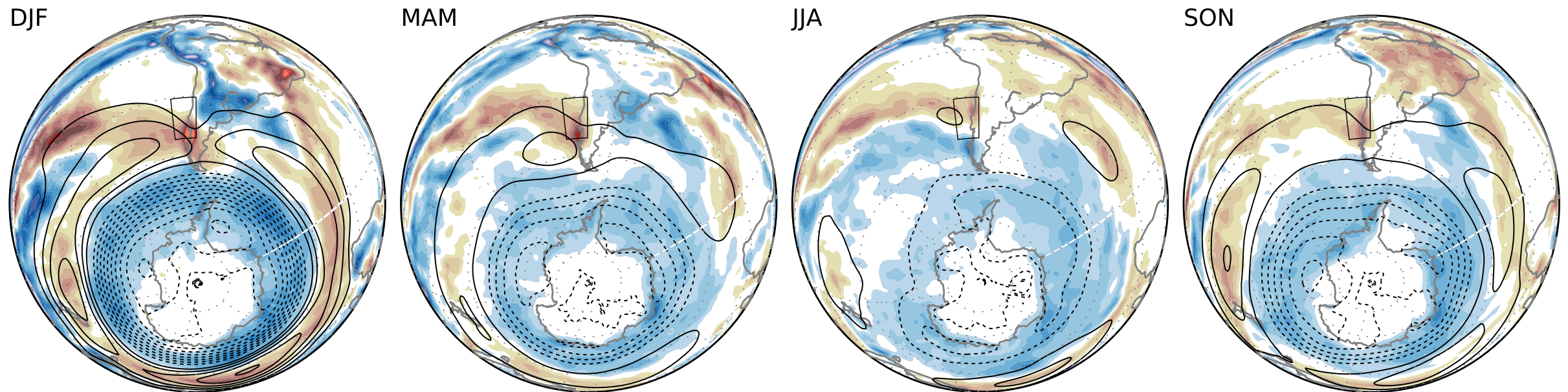


c. O_3 only

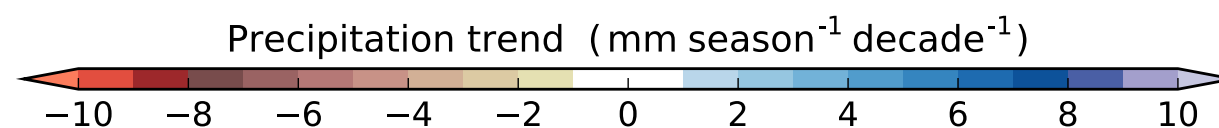
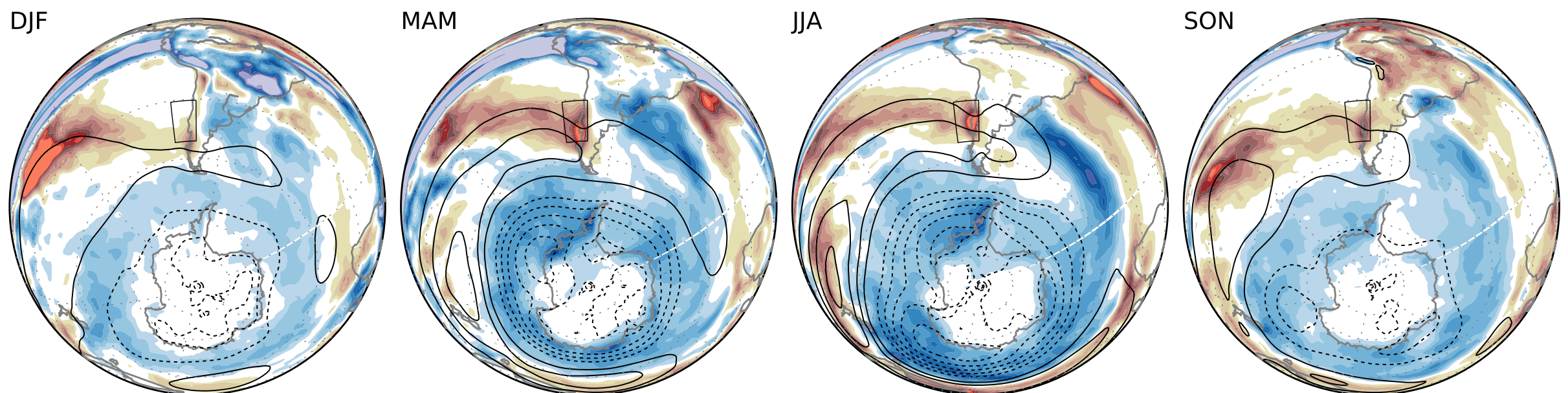


Tendencias y proyecciones de largo plazo (1960-2016 >> 2100)

Historical all-forcing 1960-2005

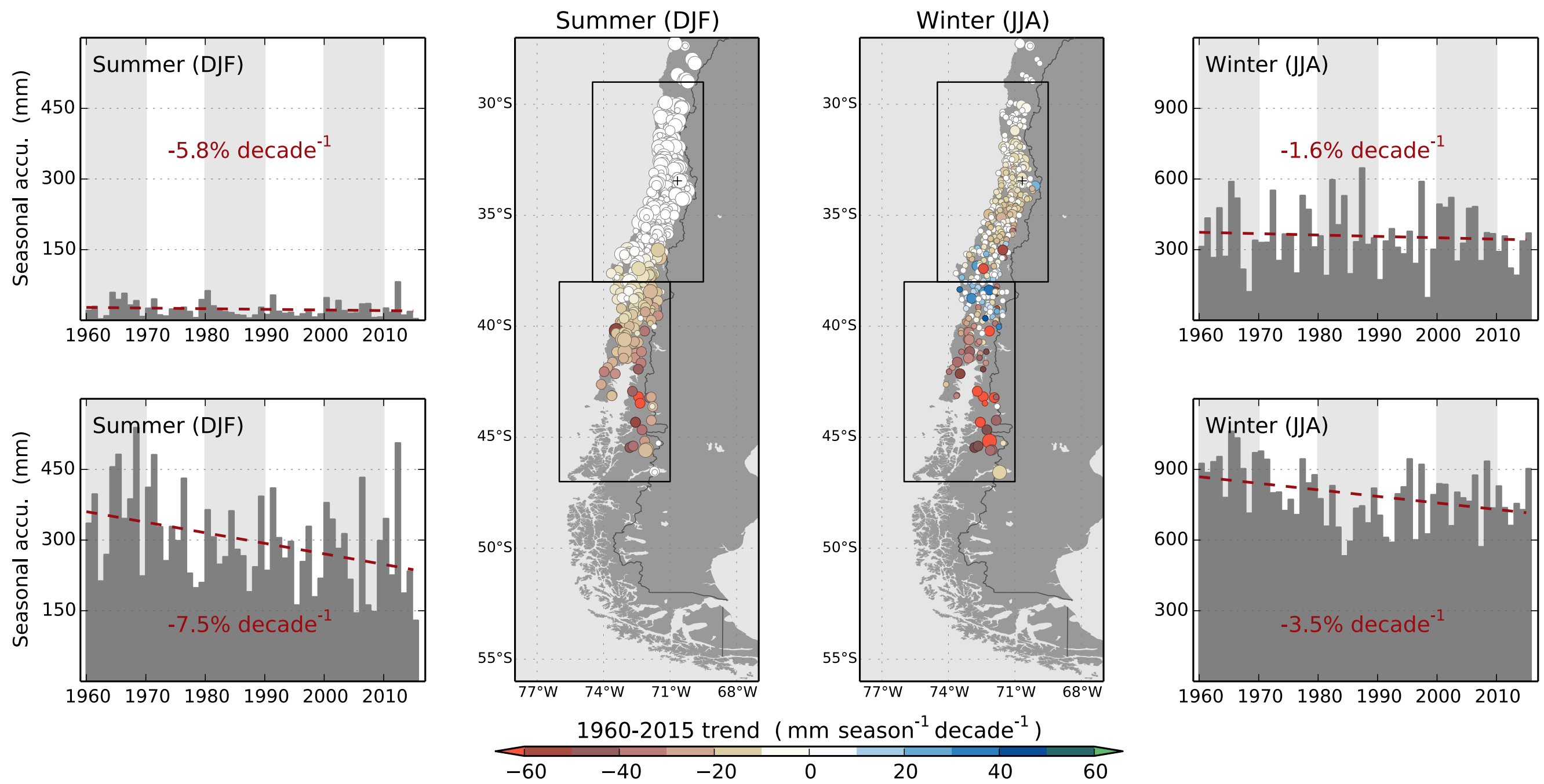


RCP 8.5 projection 2006-2050



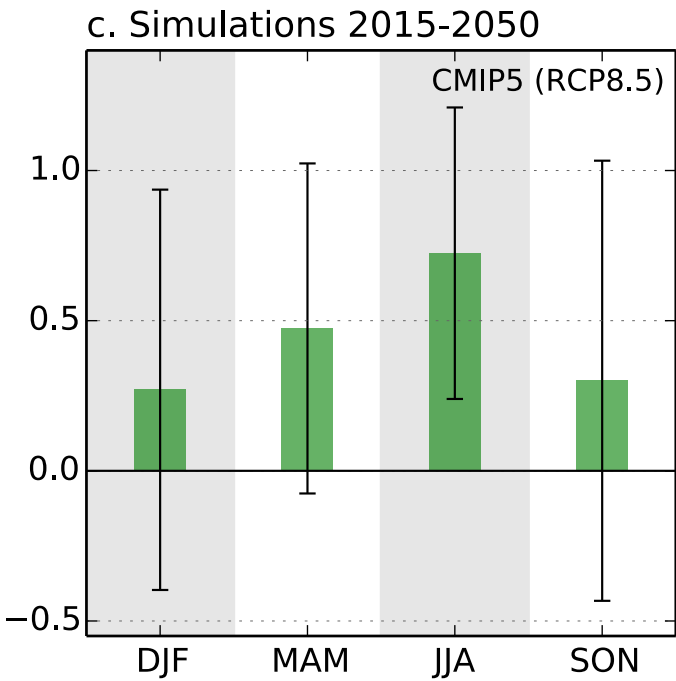
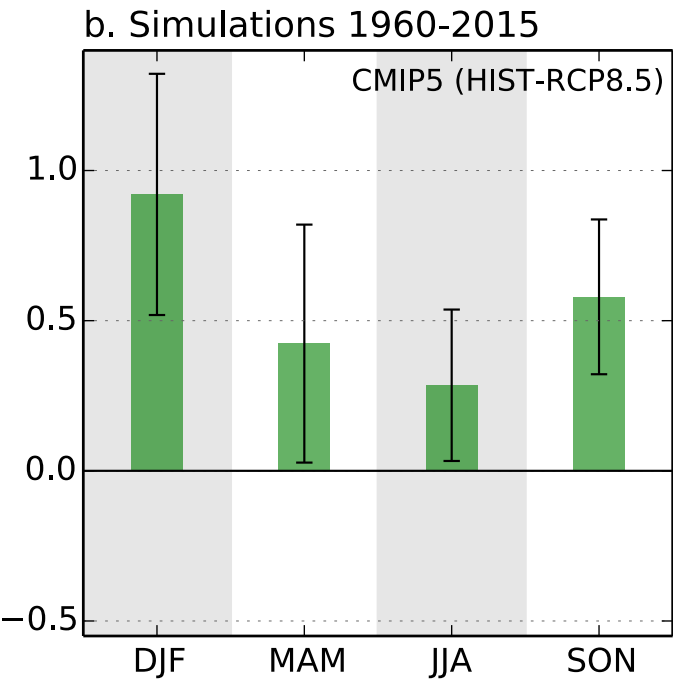
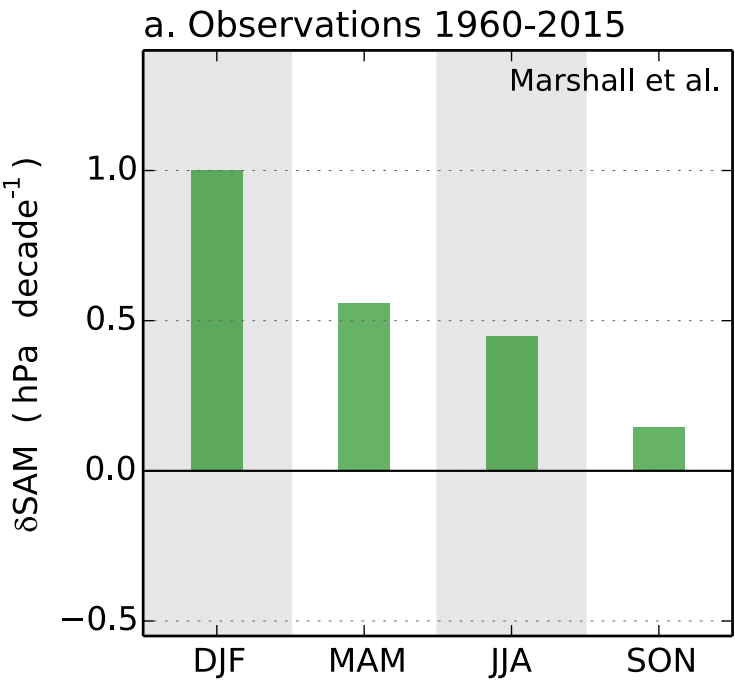
Tendencias y proyecciones de largo plazo (1960-2016 >> 2100)

Cambios observados por estación (1960-2015)

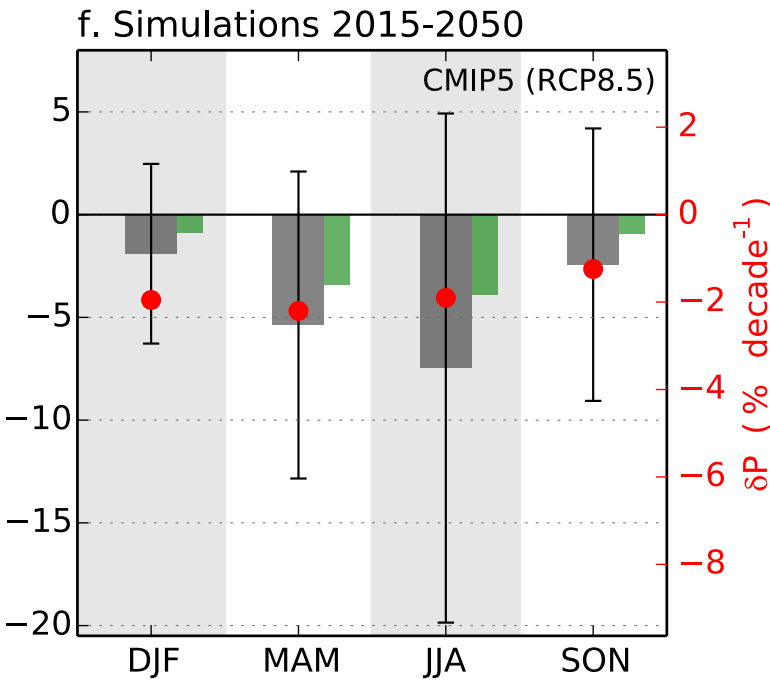
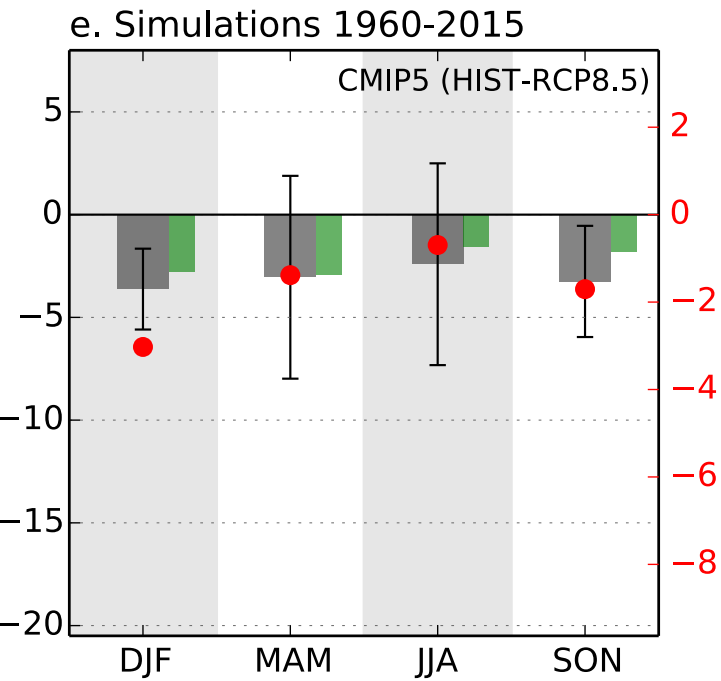
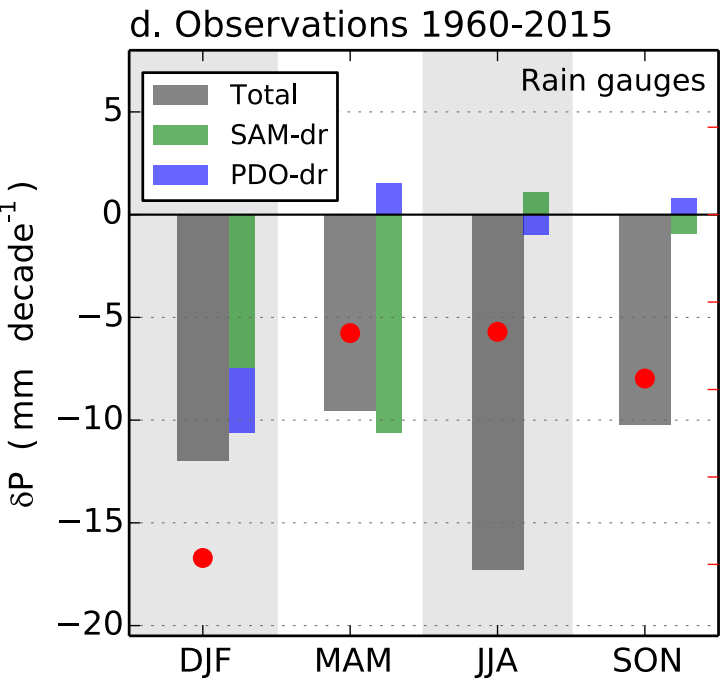


Tendencias y proyecciones de largo plazo (1960-2016 >> 2100)

Trends in Southern Annular Mode



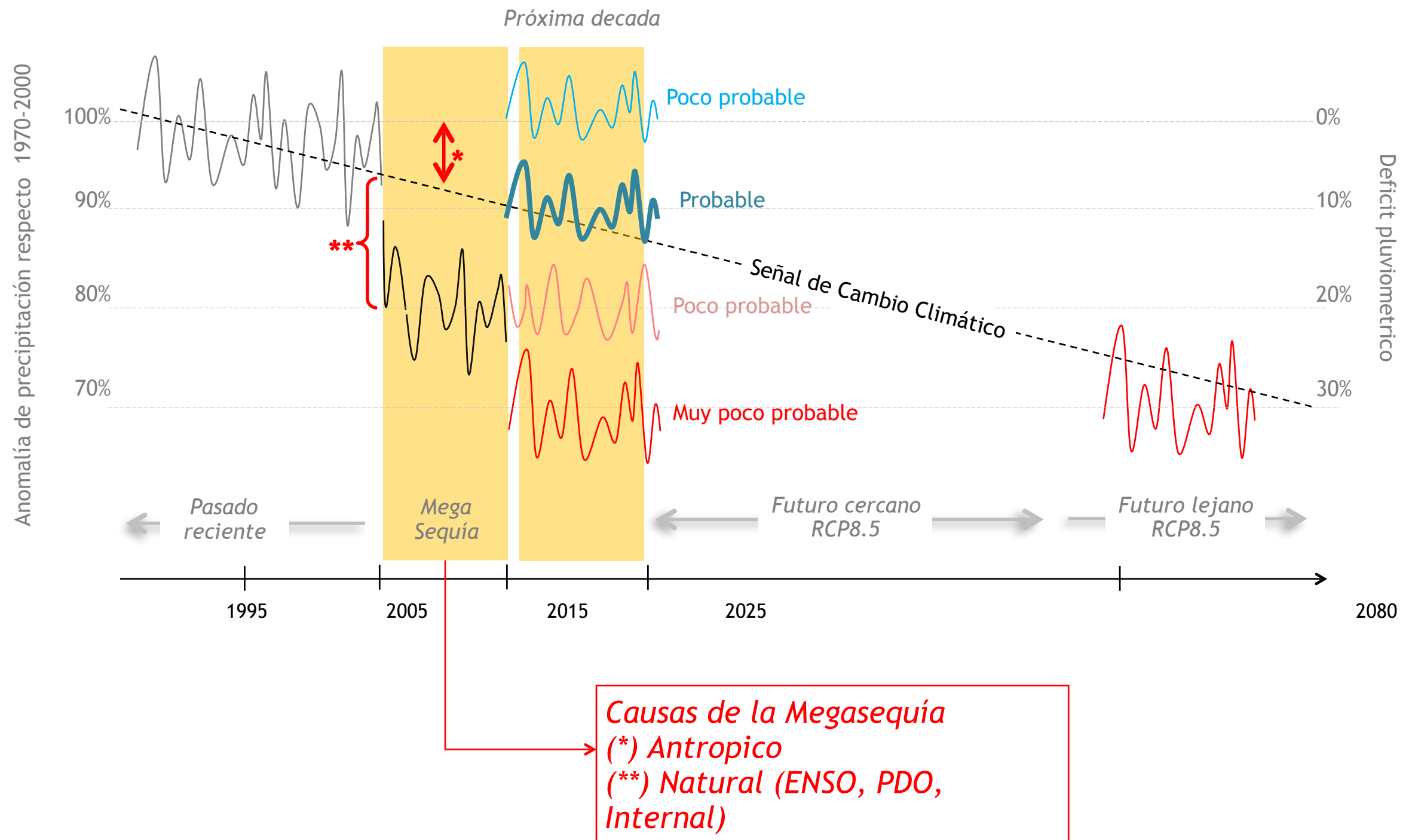
Trends in south-central Chile precipitation



Boisier et al. (in prep)

Tendencias y proyecciones de largo plazo (1960-2016 >> 2100)

El desafío de la próxima década by Rene G.



Conclusiones

- Ciclos naturales, como ENSO y la PDO, han tenido una influencia mayor, pero no exclusiva en la variabilidad de precipitación del centro y sur de Chile durante las últimas 3 a 4 décadas, y en la amplitud de la reciente mega-sequía.
- Hay una evidencia cada vez más clara de una componente antrópica en la reducción de la precipitación en esta región.
 - Explicaría un 20 a 50% de la amplitud de la tendencias observada desde 1980.
 - Probablemente, el factor principal en cambios en periodos largos (50+ años).
 - El adelgazamiento de la capa de O₃ ha jugado un rol clave en las tendencias secas de verano en el sur de Chile.
 - Esta señal de verano debería menguar en los próximos decenios.
- A pesar de la coherencia geográfica y estacional de los cambios en la precipitación respecto de simulaciones climáticas, las observaciones muestran cambios de mayor amplitud que los esperados.
 - ¿Están los modelos subestimando de los efectos del cambio climático en el régimen de precipitación de Pacífico sur oriental?