



Center for Climate  
and Resilience Research  
[www.CR2.cl](http://www.CR2.cl)



UNIVERSIDAD  
DE CHILE



UNIVERSIDAD  
DE CONCEPCIÓN

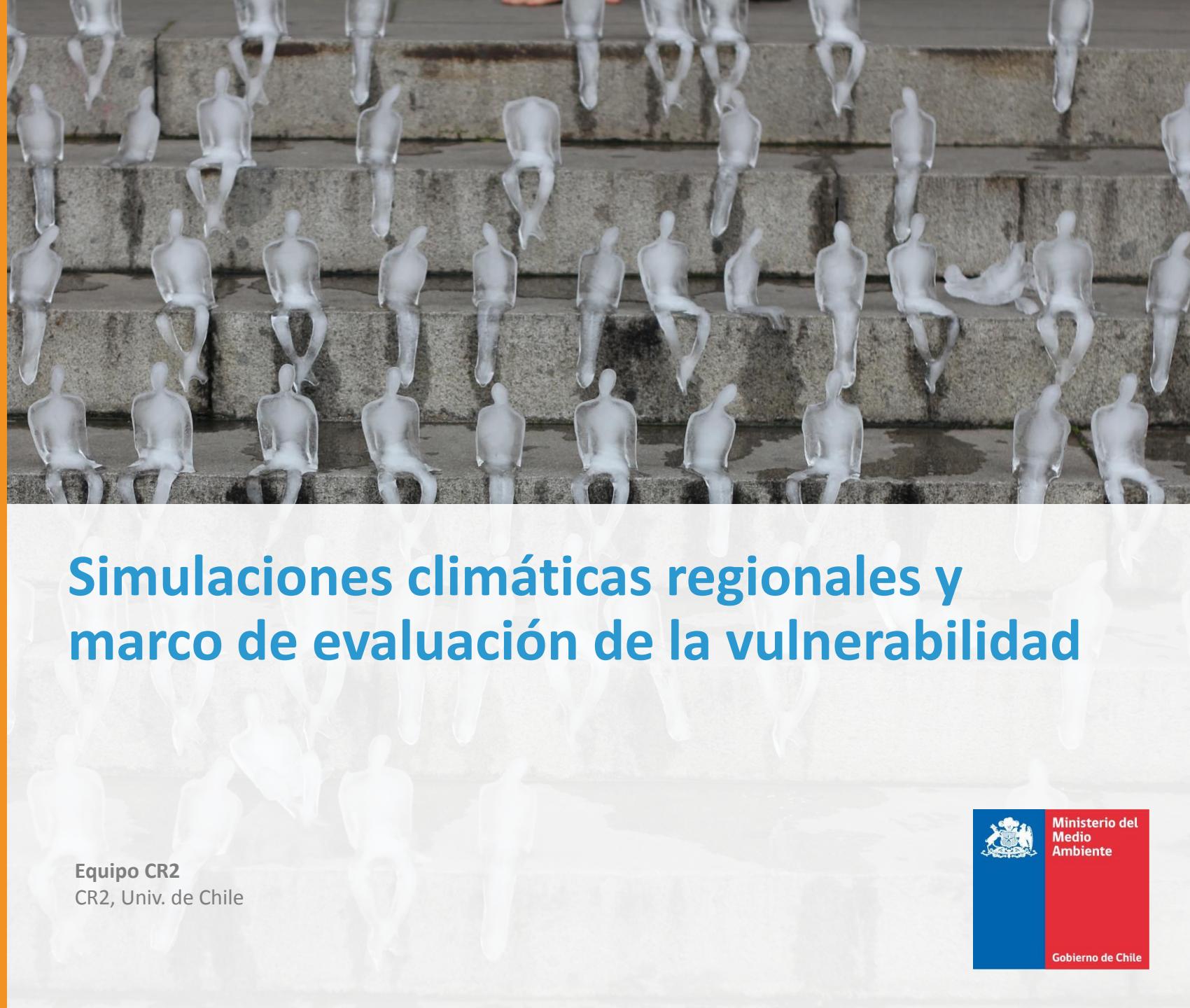


UNIVERSIDAD  
AUSTRAL DE CHILE



INSTITUCIONES ASOCIADAS

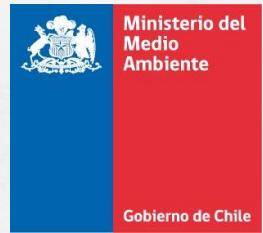
PATROCINA



# Simulaciones climáticas regionales y marco de evaluación de la vulnerabilidad

Equipo CR2  
CR2, Univ. de Chile

- [www.cr2.cl](http://www.cr2.cl)
- [@cr2\\_uchile](https://twitter.com/cr2_uchile)
- [/cr2uchile](https://facebook.com/cr2uchile)



## Objetivo General

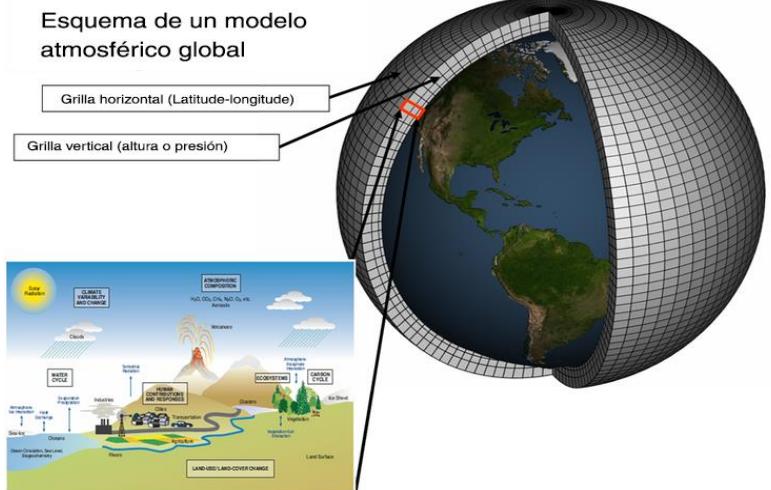
Generar información de proyecciones climáticas para Chile a través de la modelación climática a escala regional para la vulnerabilidad del país, que esté disponible en una plataforma interactiva y que permita apoyar el diseño de políticas públicas del país en el ámbito climático.

# Objetivos específicos

- Consolidar bases de datos de simulaciones climáticas regionales relevantes para Chile y dejarlas disponibles en bases de datos públicas.
  - Evaluar sistemáticamente las simulaciones climáticas disponibles, tanto globales como regionales.
  - Generar proyecciones climáticas regionales nuevas basadas en escenarios RCP a una mayor resolución espacial que las generadas hasta ahora poniendo especial atención respecto mejorar la representación de la precipitación en terreno complejo.
  - Definir e implementar una plataforma que mantenga disponible los resultados de las simulaciones climáticas globales y regionales.
- 
- Analizar los estudios de vulnerabilidad socio-ambiental del país frente a los nuevos escenarios climáticos
  - En base a información disponible en la plataforma, definir un marco de evaluación de vulnerabilidad climática para Chile incluyendo riesgos de eventos extremos.

# Tipos de modelos

## Modelos Globales

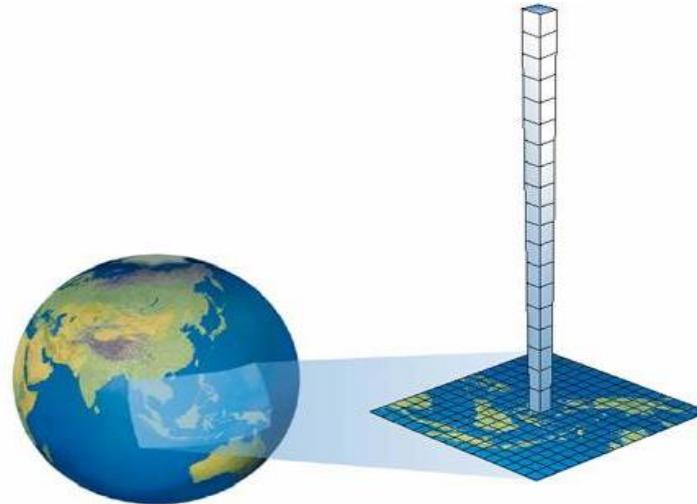


- Resuelven el sistema Atmósfera-Océano-vegetación-etc como un todo.
- No requieren de condiciones de borde.

**Pro:** ensamble grande, permite evaluar incertidumbre de manera más robusta.

**Contra:** resolución baja, mala representación de eventos extremos de precipitación

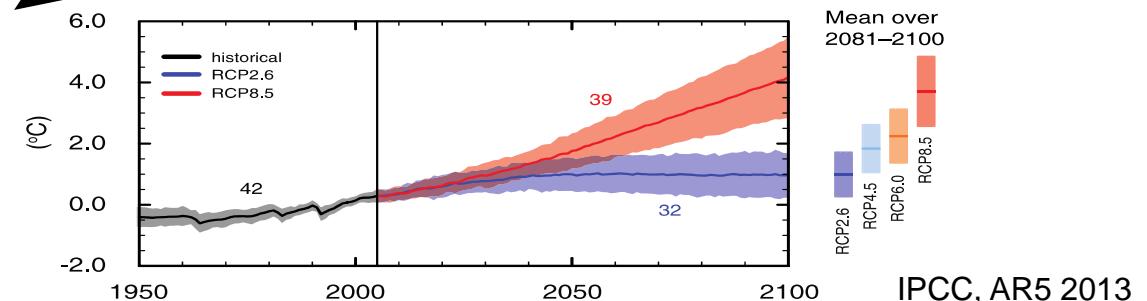
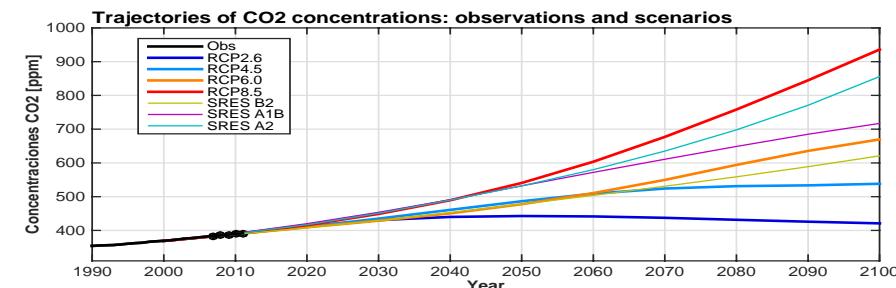
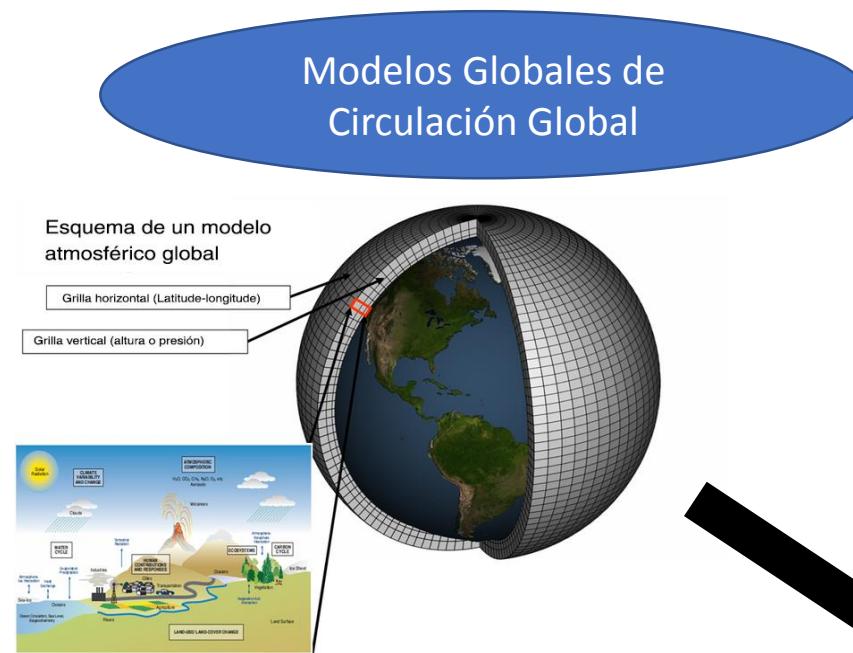
## Modelos Regionales



- También se llaman modelos de área limitada.
- Originalmente fueron desarrollados para predicción del tiempo.
- Requieren de condiciones de borde en el océano, como en los bordes laterales del dominio.

**Pro:** mayor resolución espacial, **Contra:** pocas simulaciones y por lo tanto no se puede evaluar bien la incertidumbre.

# Cómo se construyen las proyecciones de cambio climático?



## Coupled Modelling Intercomparison Project 5 (CMIP5)



- ~ 40 Modelos Climáticos: Acoplados Atmósfera-Océano desarrollados y corridos por distintos centros internacionales.
- Escenarios: **histórico** (1850-2005): forzado con concentraciones de GEI observados, aerosoles obs, erupciones volcánicas, variabilidad solar, destrucción de la capa de ozono, etc....
- Escenarios futuros: **RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 RCP8.5** (2006-2100): GEI, cambio de uso de suelo, aerosoles según escenario.

# Proyectos internacionales de modelación

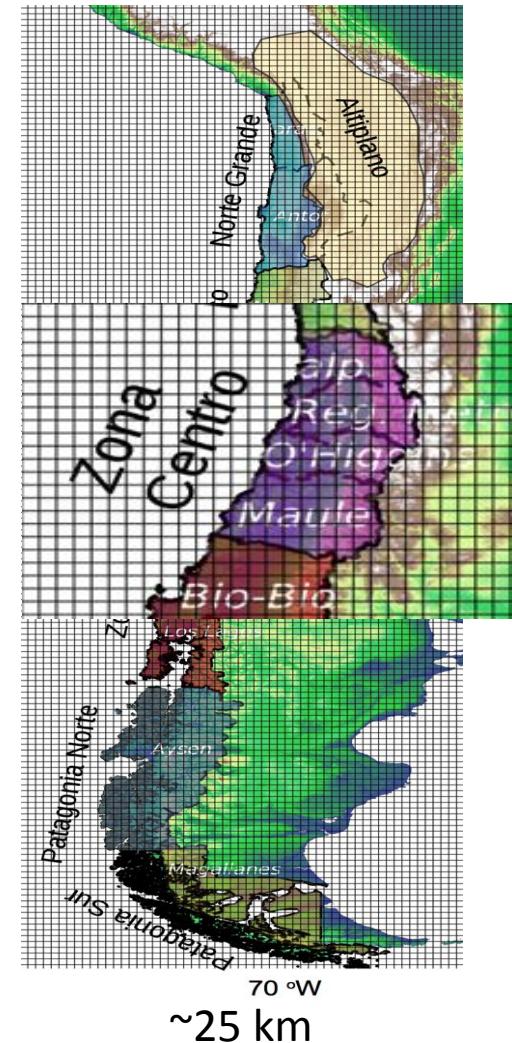
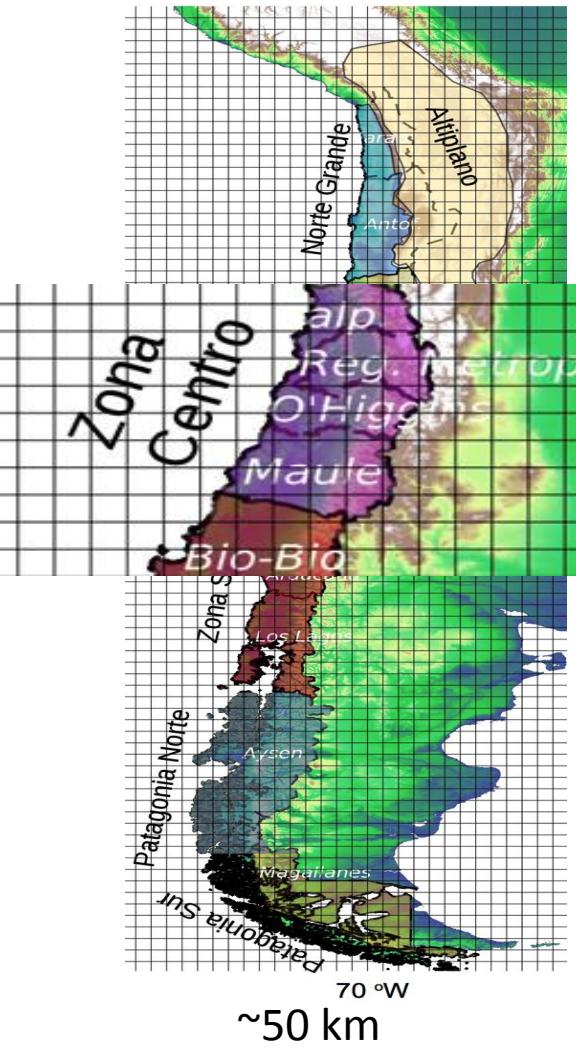
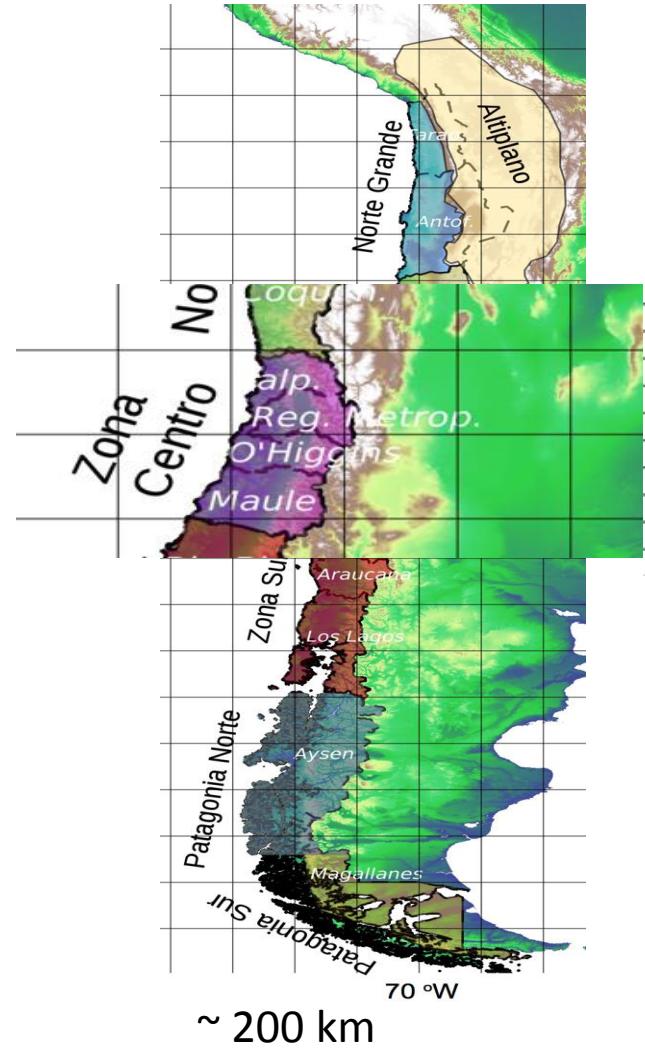
- CORDEX: *Coordinated Regional Downscaling Experiments.*  
Simulaciones regionales para distintos regiones del mundo.

The screenshot shows the homepage of the CORDEX website. At the top left is the WCRP-CORDEX logo, which includes a stylized globe icon. To its right is a teal-colored text box containing the project's vision: "The CORDEX vision is to advance and coordinate the science and application of regional climate downscaling through global partnerships." To the right of the text are two small social media icons: a blue square with a white 't' for Twitter and a red square with a white feed symbol for RSS. Below the header is a navigation bar with links: About (with a house icon), Domains, Experiment Guidelines, Data access, News & Events, and Publications. The main content area has a yellow background. On the left, there is a large image of a globe showing South America and Antarctica, with a small inset map of the same region. Below this image is the text "ANTARCTICA, SOUTH AMERICA". On the right, there is a black sidebar titled "CORDEX News" containing a list of recent news items:

- Bias-adjusted CORDEX data freely available
- Session "Regional Climate Modeling" at the fall Meeting of AGU
- SE13: Regional climate modelling at UGM meeting
- World Oceans Day Portal of the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) of UNESCO
- ICRC-CORDEX 2016 : The oral presentations are online !
- CORDEX: The science that underpins future climate change policy

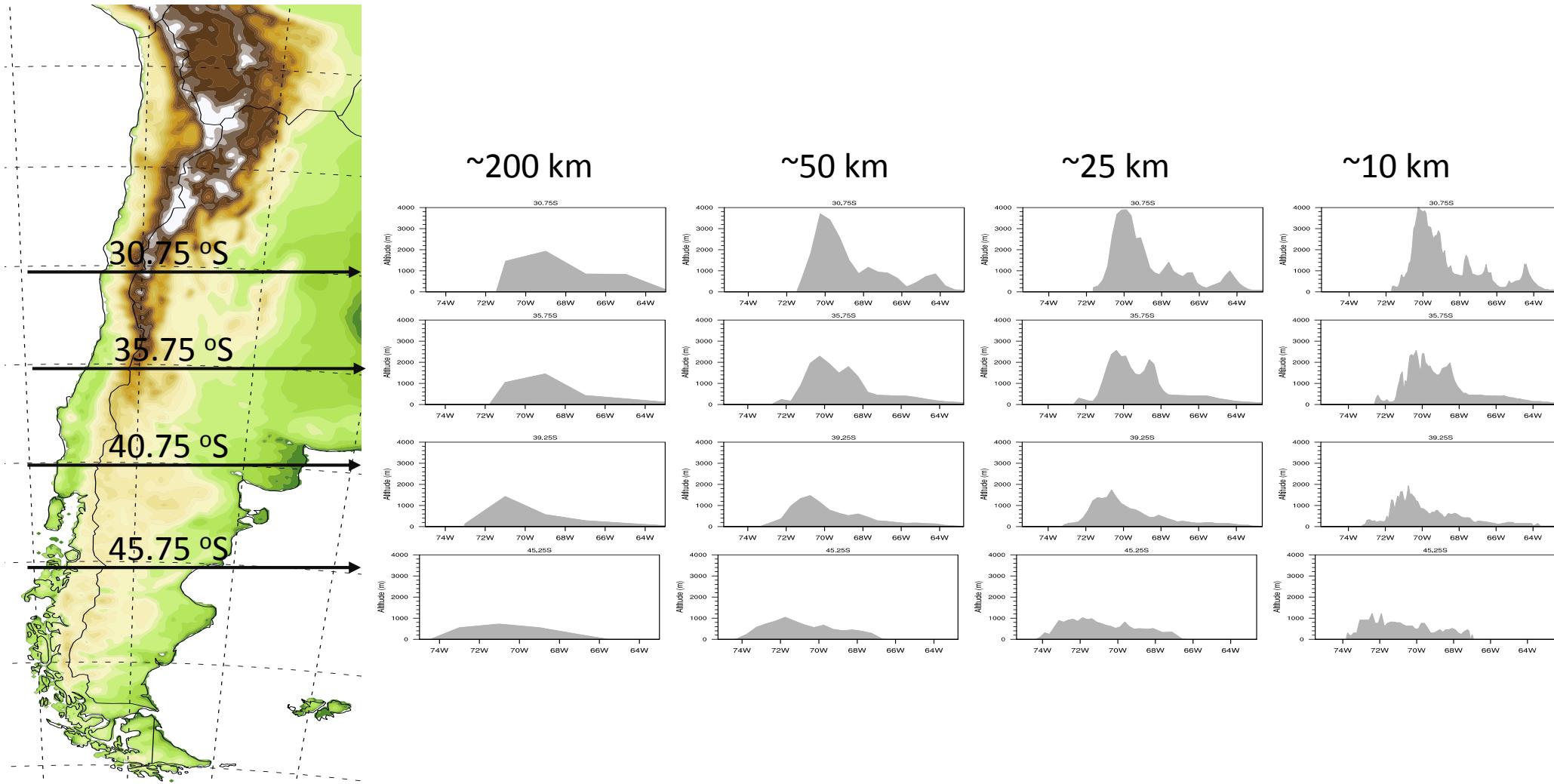
# La necesidad de usar simulaciones de modelos climáticos regionales para Chile

Más resolución espacial



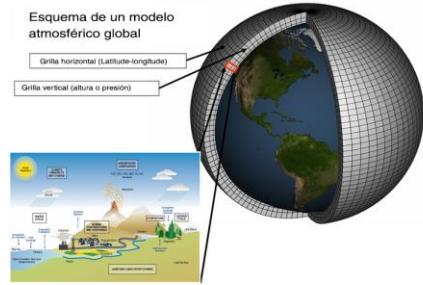
# La necesidad de usar simulaciones de modelos climáticos regionales para Chile

Más detalle en la topografía

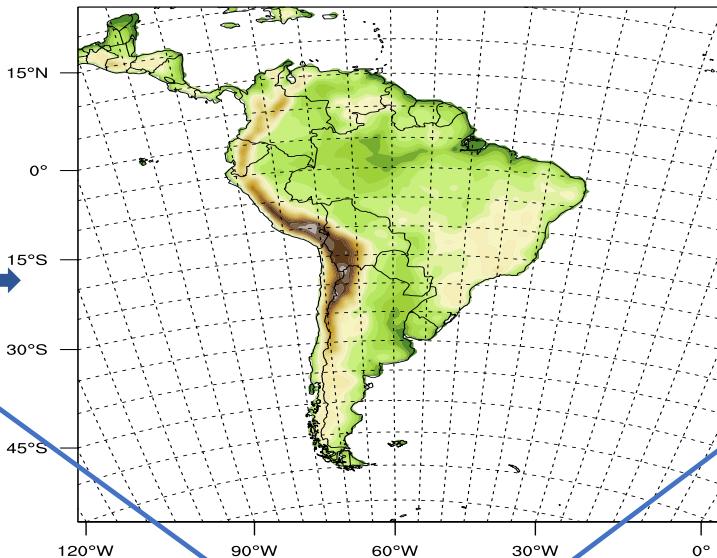


# Es importante evaluar tanto las condiciones de borde laterales como las simulaciones del modelo climático regional:

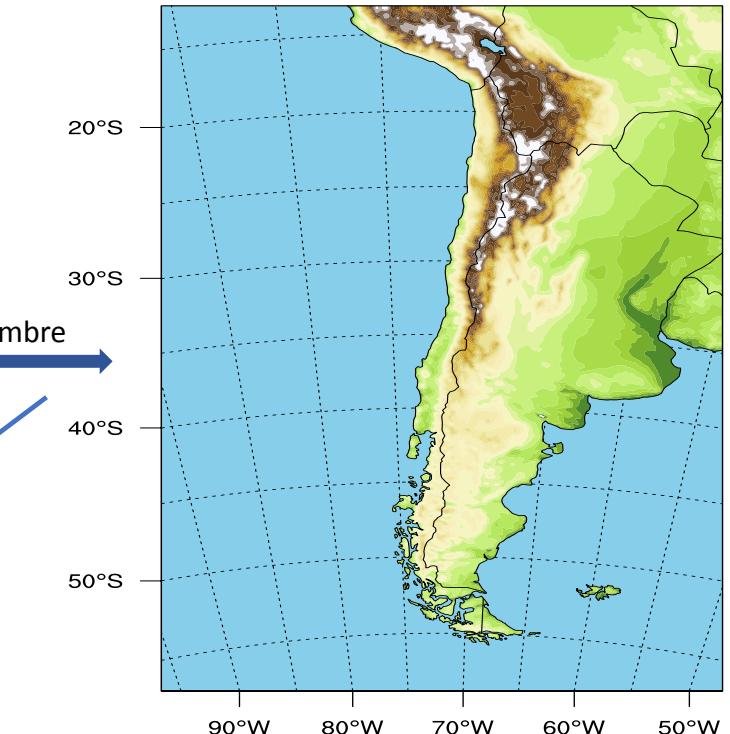
GCM



Incertidumbre



RCM

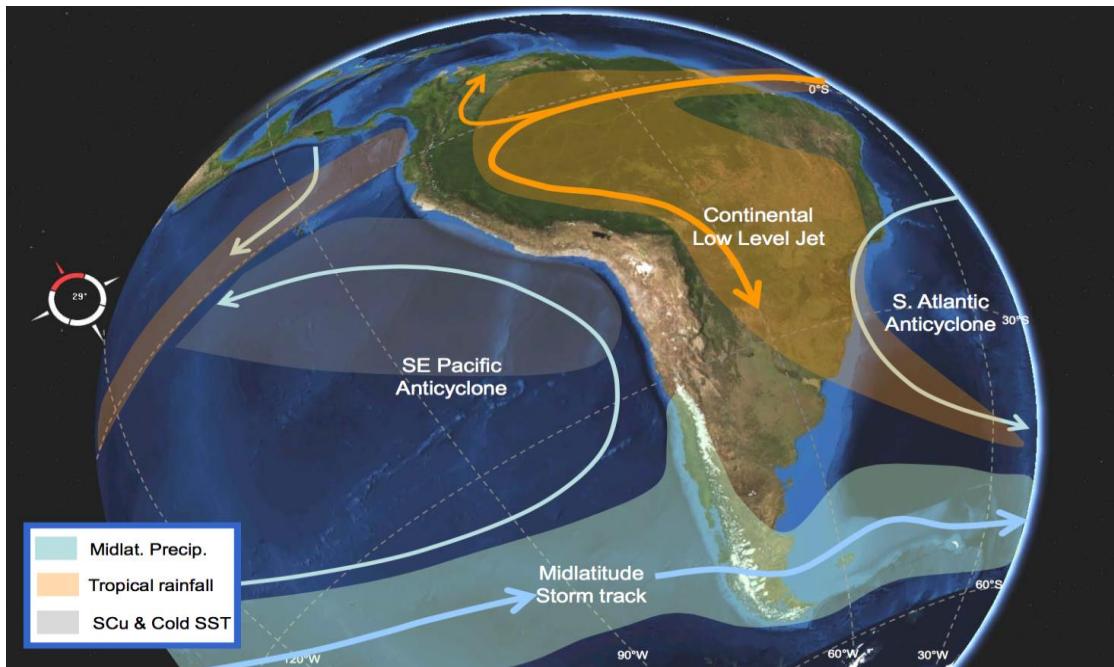


“Garbage in garbage out”

¿Qué modelo es el mejor para las condiciones de borde laterales?

# Métricas de Evaluación

## Evaluación a gran escala

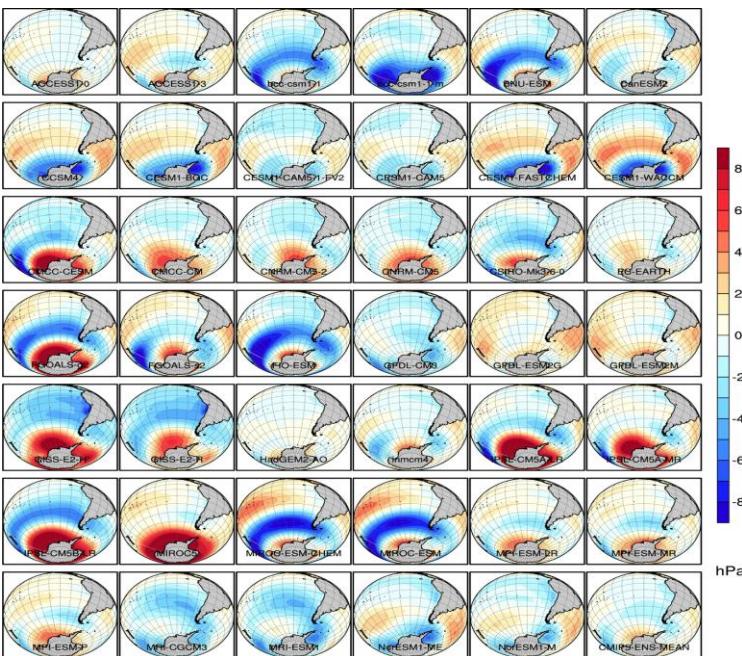


Climatología, intensidad y estacionalidad de:

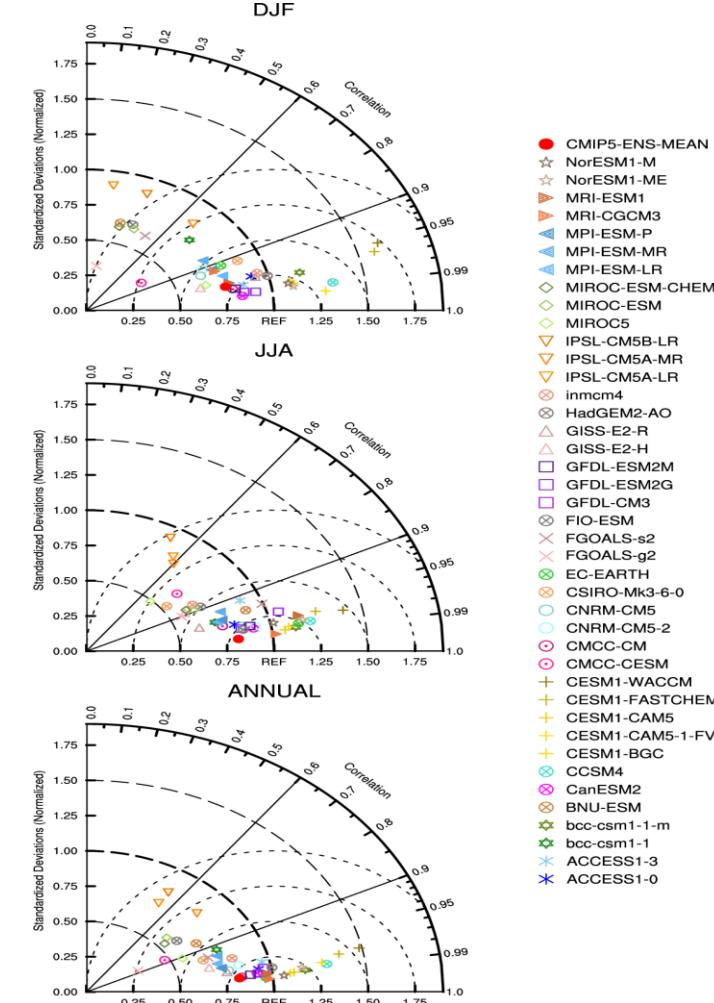
- Anticiclón del Pacífico Sur
- Vientos del Oeste del Sur
- Modo Anular del Sur

# Métricas de Evaluación

Mapas de climatología, sesgos...



Diagramas de Taylor



Tablas métricas de evaluación basadas en las estadísticas del diagrama de Taylor

METRICS	RATIO		CORR
	ANN	ANN	
ACCESS1-0	0.871	0.988	
ACCESS1-3	0.904	0.947	
bcc-csm1-1-m	0.889	0.918	
bcc-csm1-1-m	0.853	0.899	
BNU-ESM	0.882	0.892	
CanESM2	1.015	0.950	
CCSM4	0.979	0.913	
CESM1-BGC	0.993	0.915	
CESM1-CAM5-1-FV2	0.988	0.924	
CESM1-CAM5	0.986	0.948	
CESM1-FW-CM5	0.975	0.909	
CESM1-WACCM	1.138	0.804	
CMCC-CESM	0.900	0.913	
CMCC-CM	0.925	0.960	
CNRM-CM5	0.771	0.959	
CNRM-CM5	0.850	0.977	
CSIRO-Mk3-6-0	1.030	0.922	
EC-EARTH	0.922	0.995	
FIO-ESM	1.175	0.750	
FODAL-S-e2	0.924	0.888	
FIO-ESM	0.889	0.739	
GFDL-CM3	1.016	0.985	
GFDL-ESM2	0.869	0.941	
GISS-E2-H	0.778	0.911	
GISS-E2-H	0.796	0.954	
GISS-E2-R	0.799	0.932	
HadGEM2-AO	1.014	0.992	
IAP	0.935	0.977	
IPSL-CM5A-LR	1.095	0.916	
IPSL-CM5A-MR	1.081	0.983	
IPSL-CM5B-LR	1.202	0.760	
MIROC5	0.833	0.867	
MIROC-ESM	1.323	0.522	
MIROC-ESM-CHEM	1.376	0.528	
MIROC3-2	0.581	0.964	
MIROC3-2-T42	0.551	0.950	
MRI-ESM-P	0.549	0.859	
MRI-CGCM3	0.803	0.864	
MRI-ESM1	0.823	0.880	
NorESM1-ME	0.919	0.929	
NorESM1-M	0.889	0.959	
CMIP5-ENS-MEAN	0.869	0.972	

Otros: Series de tiempo, posiciones latitudinales...

**MSLP (SPSA):**

- 1) [HadGEM2-AO](#)
- 2) [GFDL-CM3](#)
- 3) [MPI-ESM-LR](#)
- 4) [CMCC-CM](#)
- 5) [EC-EARTH](#)
- 6) [IPSL-CM5A-MR](#)

**SAM:**

- 1) MIROC5
- 2) [EC-EARTH](#)
- 3) CESM1-BGC
- 4) NorESM1-M
- 5) CNRM-CM5-2
- 6) CNRM-CM5

**SST (Nino3.4)**

- 1) [ACCESS1-0](#)
- 2) [EC-EARTH](#)
- 3) CESM1-CAM5
- 4) [GFDL-ESM2G](#)
- 5) CESM1-CAM5-1-FV2
- 6) IPSL-CM5B-LR

**SST (Nino1.2)**

- 1) bcc-csm1-1-m
- 2) [ACCESS1-0](#)
- 3) [MPI-ESM-LR](#)
- 4) [MPI-ESM-P](#)
- 5) MPI-ESM-MR
- 6) [HadGEM2-AO](#)

**ENSO (Nino3.4)**

- 1) MPI-ESM-MR
- 2) [GFDL-ESM2G](#)
- 3) [EC-EARTH](#)
- 4) inmcm4
- 5) CESM1-FASTCHEM
- 6) [MPI-ESM-LR](#)

**ENSO (Nino1.2)**

- 1) CESM1-CAM5
- 2) CESM1-WACCM
- 3) CESM1-FASTCHEM
- 4) CESM1-BGC
- 5) GFDL-CM3
- 6) [EC-EARTH](#)

**PDO (Eq. Sub. Trop.)**

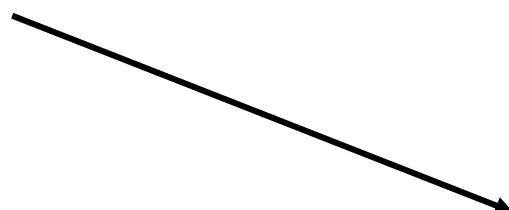
- 1) [CanESM2](#)
- 2) CESM1-BGC
- 3) IPSL-CM5A-MR
- 4) [MPI-ESM-P](#)
- 5) CCSM4
- 6) [HadGEM2-AO](#)

**UA-850hPa  
(Pacific sector)**

- 1) [HadGEM2-ES](#)
- 2) [CanESM2](#)
- 3) [ACCESS1-0](#)
- 4) [EC-EARTH](#)
- 5) [GFDL-ESM2G](#)
- 6) [HadGEM2-AO](#)

**UA-200hPa  
(Sub-tropical)**

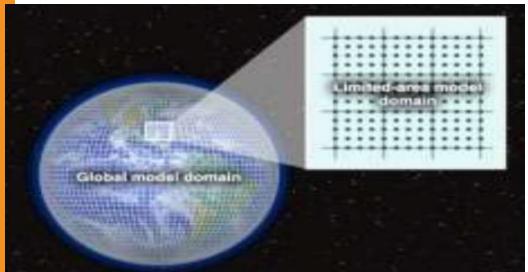
- 1) [ACCESS1-3](#)
- 2) MIROC5
- 3) [EC-EARTH](#)
- 4) CNRM-CM5
- 5) [ACCESS1-0](#)
- 6) [HadGEM2-AO](#)



**EC-EARTH**  
**HadGEM2**  
**MPI-ESM**  
**GFDL-ESM2G**  
**ACCESS1-0**  
**CESM1-BGC**

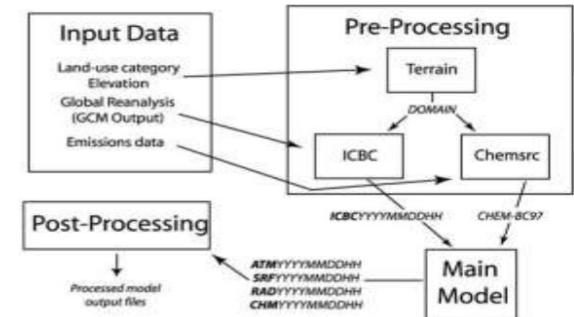
También  
disponibilidad de datos!

# Modelo Climático Regional: ICTP-RegCM4



**The ICTP regional climate model system  
RegCM4 (Giorgi et al. 2012, CR SI 2012)**

- **Dynamics:**  
Hydrostatic (Giorgi et al. 1993a,b)  
Adaptable to any region
- **Radiation:**  
CCM3 (Kiehl 1996)  
**RRTM (Solomon)**
- **Large-Scale Precipitation:**  
SUBEX (Pal et al 2000)
- **Cumulus convection:**  
Grell (1993)  
Anthes-Kuo (1977)  
MIT (Emanuel 1991)  
**Mixed convection**  
Tiedtke  
**Betts-Miller (never really worked)**
- **Planetary boundary layer:**  
Modified Holtslag, Holtslag (1990)  
**UW-PBL (O'Brien et al. 2011)**
- **Land Surface:**  
BATS (Dickinson et al 1993)  
SUB-BATS (Giorgi et al 2003)  
**CLM3.5 (Steiner et al. 2009)**
- **Ocean Fluxes**  
BATS (Dickinson et al 1993)  
Zeng (Zeng et al. 1998)  
**Diurnal SST**
- **Configuration**  
Adaptable to any region  
**Tropical belt configuration**  
**Extensive code remake**



simulaciones climáticas actuales

ERA-Interim  
(condiciones de borde laterales “perfectas”)

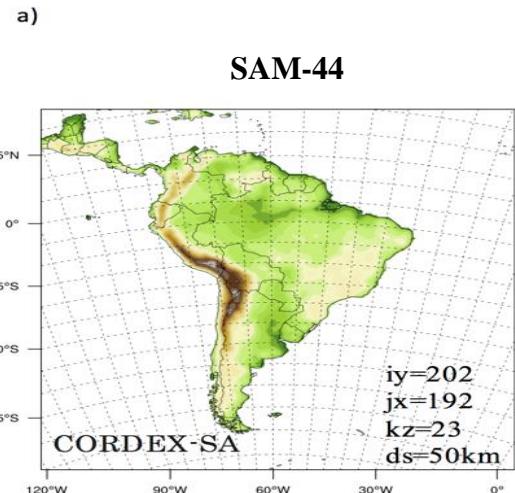
- Para evaluar y validar RCM

GCM (MPI-ESM-MR)

- Tener un período de referencia para comparar proyecciones
- Evaluar valor agregado

# Configuración de las simulaciones

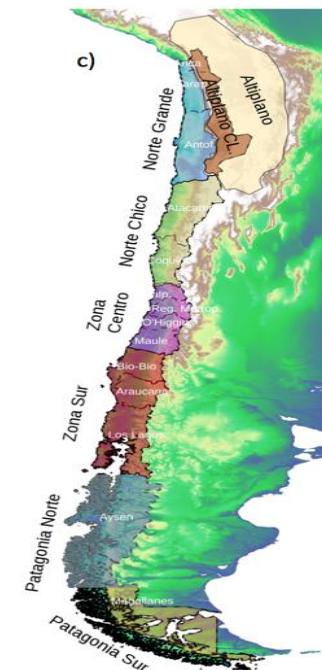
**DOMINIO CORDEX**



**DOMINIO REGIONAL**



**MACRO ZONAS para evaluación**



<b>Convección de Cúmulos</b>	Grell
<b>Esquema clausura de cúmulo Grell</b>	Fritsch&Chappel
<b>Superficie Terrestre</b>	BATS
<b>La capa límite planetaria</b>	Holtslag
<b>La esquema radiación</b>	NCAR-CCSM3

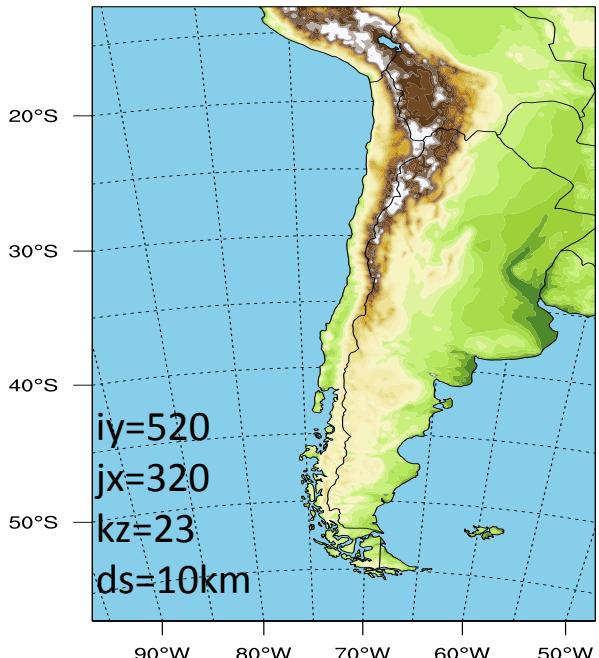
Configuración física del modelo RegCM4 usado en las simulaciones.

# Estado de las simulaciones de modelo climático regional que incluyan Sudamérica (SAM-44) y Chile (CL-09)

Nombre Dominio	Nombre Simulación	Forzantes/Condiciones de Borte	Resolución Especial	Periodo de Simulación	Estado
SAM-44	RegCM4-ERAINT-EVAL	ECMWF-ERAINT	0.44° x 0.44° (~50 km)	1979-2015	Terminado y analizado
	RegCM4-MPI-ESM-MR-HIST	MPI-ESM-MR-HISTÓRICO		1976-2005	Terminado y analizado
	RegCM4-MPI-ESM-MR-RCP26	MPI-ESM-MR-RCP26		2006-2050	Terminado y está analizando
	RegCM4-MPI-ESM-MR-RCP85	MPI-ESM-MR-RCP85		2006-2050	Terminado y está analizando
CL-09	RegCM4-ERAINT-EVAL	ECMWF-ERAINT	0.09° x 0.09° (~10 km)	1979-2015	Terminado y analizado
	RegCM4-MPI-ESM-MR-HIST	MPI-ESM-MR-HISTÓRICO		1976-2005	Terminado y analizado
	RegCM4-MPI-ESM-MR-RCP26	MPI-ESM-MR-RCP26		2006-2050	Terminado y está analizando
	RegCM4-MPI-ESM-MR-RCP85	MPI-ESM-MR-RCP85		2006-2050	Progresando

1976 → 2005 → 2006 → 2050

# Tiempo de computación y espacio



1 mes ~ 2.7 horas (300 procesador)  
1 año ~ 32 horas  
30 años ~ 40 días

**En total:**

**~ 155 años para 50-km**  
**~ 155 años para 10-km**

## Entrada (10-km)

1 mes de ICBC ~ 7GB

1 año ~ 84 GB

30 años ~ 2.5 TB

## Salida (10-km)

30 año de SRF ~ 1.7 TB

30 año de ATM ~ 1.1 TB

30 año de RAD ~ 500 GB

Total de salida ~ 3.3 TB

**Total de entrada y salida para solo  
30 años ~ 6 TB**

ICBC: Condiciones de borde laterales interpolado  
SRF: Salidas superficiales  
ATM: Salidas de atmósfera  
RAD: Salidas de radiación



CMM - Centro de Modelamiento Matemático  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
(FCFM) Universidad de Chile

# Lista de variables producidas en las simulaciones

Variable	Unidad	Frecuencia del Tiempo	Nombre Largo	Formato de Datos
tas	K		Temperatura del aire en superficie	
tasmax			Temperatura máxima del aire en superficie	
tasmin			Temperatura mínima del aire en superficie	
pr	kg/m <sup>-2</sup> /s-1	Diario, Mensual, 3-hr	Precipitación	
ps	Pa		Presión en superficie	
psl			Presión al nivel del mar	
huss	1		Humedad específica en superficie	
hurs	%		Humedad relativa en superficie	
hfss			Flujo de calor sensible desde la superficie	
rsds	W/m <sup>-2</sup>		Radiación de onda corta (diumiento) en superficie	
rsdl			Radiación de onda larga (fundimiento) en superficie	
rsnl			Radiación de onda larga (floramiento) en superficie	
rsns			Radiación de onda corta (floramiento) en superficie	
evpsbl			Evaporación	
mrro	kg/m <sup>-2</sup> /s-1		Escorrentía total	
mrros			Escorrentía superficie	
sund	s		Duración del sol	
sfcWindmax	m/s-1		Velocidad máxima del viento en superficie	
snv	kg/m <sup>-2</sup>		Equivalente en agua de nieve	
smelt			Nieve derretida	
uas	m/s-1		Viento del este en superficie	
vas			Viento del norte en superficie	
ta1000			Temperatura del aire	
ta925				variable Dominio_forzantes_experimento_ensemble_instituto_frecuenciadetiempo_año. nc e.g., pr_CL-09_ECMWF-ERAINT_evaluation_r1ip1_ICTP-RegCM4- 6_v4_day_20100101-20101231.nc e.g., tas_SAM-44_MPI-M-MPI-ESM-MR_historical_r1ip1_ICTP-RegCM4- 6_v4_day_200501-200512.nc
ta850	K			
ta700				
ta600				
ta500				
ta200				
ua1000			Viento del este	
ua925				
ua850				
ua700	m/s-1			
ua600				
ua500				
ua200				
va1000			Viento del norte	
va925				
va850				
va700	m/s-1			
va600				
va500				
va200				
zg1000			Altura geopotencial	
zg925				
zg850				
zg700				
zg600				
zg500				
zg200				
hus1000			Humedad específica del aire	
hus925			Humedad específica del aire	
hus850			Humedad específica del aire	
hus700	1		Humedad específica del aire	

De acuerdo con los protocolos de CORDEX y CMIP5

# Metodología y Datos Utilizados

La evaluación se basa principalmente en la **climatología, la variabilidad interanual, la tendencia y los extremos de precipitación y temperatura**. Cada producto grillado se ha interpolado a una grilla común de 0.09x0.09 grados (~10 km) para poder hacer los mismos cálculos.

## Descripción de los productos grillados utilizados

Nombre	Productor	Variable	Frecuencia de Tiempo	Resolución (grado)
CR2MET	Universidad de Chile	Precipitación, Temperatura	Diario, mensual	0.05 x 0.05
CRU	University of East Anglia	Precipitación, Temperatura	Mensual	0.5 x 0.5
CHIRPS	Climate Hazards Group, University of South Carolina	Precipitación	Diario, mensual	0.05 x 0.05 y 0.25 x 0.25
ERA-Interim	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	Precipitación, Temperatura	Diario, mensual	0.75 x 0.75

# Metodología y Datos Utilizados

De los diferentes índices de extremos climáticos, se han seleccionado cinco relacionados con la temperatura y tres relacionados con la precipitación

Código de Índice (Cast.)	Nombre de Índice	Descripción de Índice	Unidad
<b>Precipitación</b>			
CDD (DSC)	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos sin precipitación o con precipitación inferior a 1mm	Días
SDII (ISID)	Índice simple de intensidad diaria	Precipitación total anual dividida entre el número de días con $P \geq 1$ mm	mm/día
R95pTOT (P95pTOT)	Precipitación intensa	Fracción de la precipitación total anual (en días que $P \geq 1$ mm) debida a eventos que superan el percentil 95 del periodo de referencia	%
<b>Temperatura</b>			
TX90 (TX90)	Percentil 90	Percentil 90 de la temperatura máxima diaria	°C
TX90p (TX90p)	Días cálidos	Porcentaje de tiempo en que la temperatura máxima es superior al percentil 90 de la temperatura máxima diaria del periodo de referencia	%
HWDI (IDOC)	Indicador de duración de las olas de calor	El número máximo de días consecutivos ( $\geq 5$ ), con temperatura máxima diaria es más de 5°C por encima de un valor de referencia (calculado como la media de las temperaturas máximas de cinco días del periodo de referencia)	Días, Períodos
TN90p (TN90p)	Noches cálidas	Porcentaje de tiempo en que la temperatura mínima es superior al percentil 90 de la temperatura mínima diaria del periodo de referencia	%
FD (DH)	Días de heladas	Número de días en que la temperatura mínima es inferior a 0°C	Días

## Metodología y Datos Utilizados

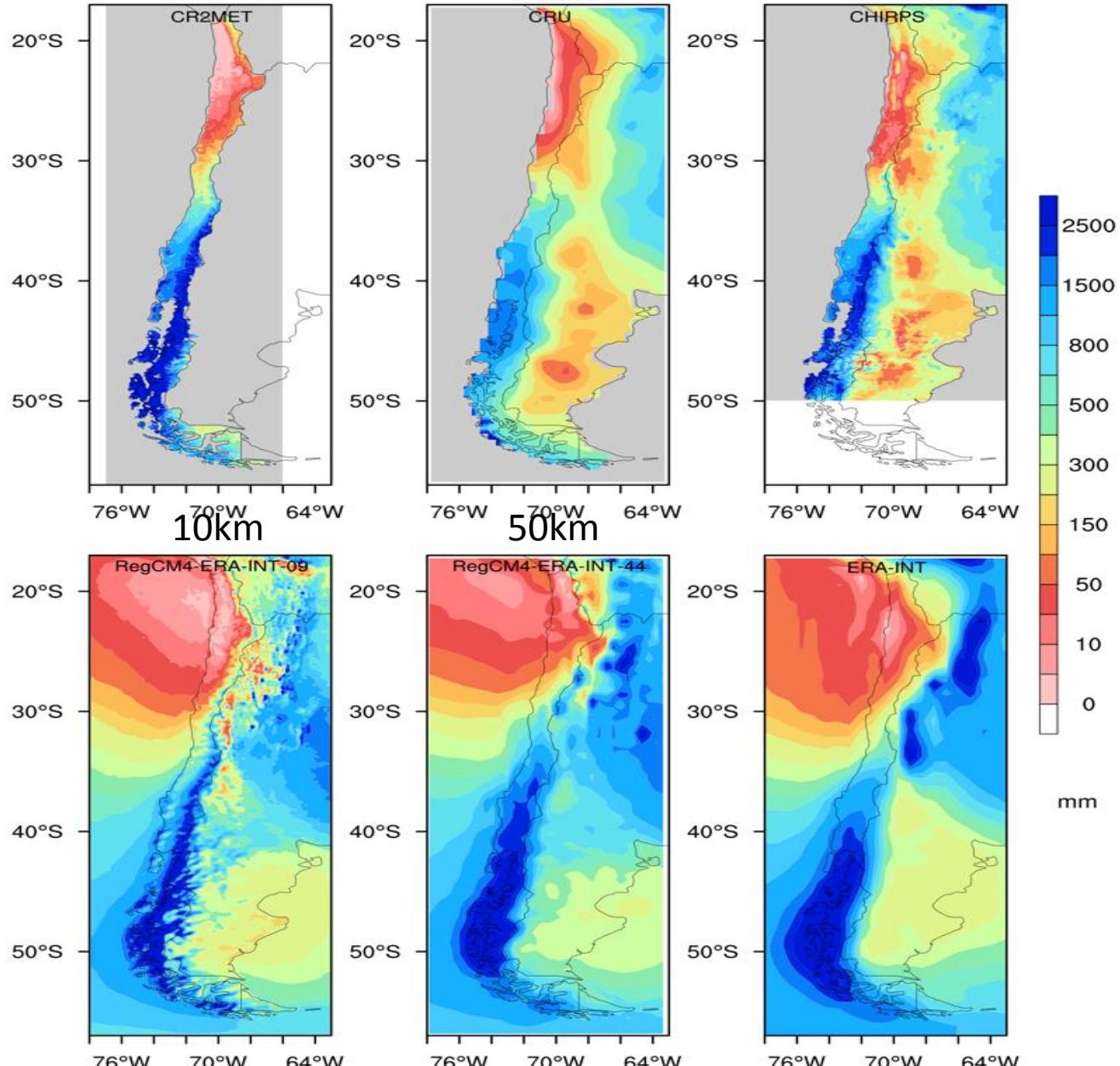
En término de simulaciones históricos (1976-2005) forzado por MPI-ESM-MR, hemos usado el concepto de “**valor agregado**” (AV), busca evaluar si el ejercicio de correr un modelo regional a partir de las condiciones de borde tomado de un modelo global mejora la simulación de algún aspecto o variable del clima.

El AV está dado por la formula:

$$AV = \frac{\left( (X_{CMIP5} - X_{OBS})^2 - (X_{CORDEX} - X_{OBS})^2 \right)}{\max \left( (X_{CMIP5} - X_{OBS})^2, (X_{CORDEX} - X_{OBS})^2 \right)}$$

donde  $X_{OBS}$ ,  $X_{CMIP5}$  y  $X_{CORDEX}$  corresponden a los valores medios de las observaciones (i.e. CR2MET), CMIP5 (MPI-ESM-MR) y CORDEX (RegCM4). Esta fórmula se aplica a cada punto de grilla y donde se obtiene un valor positivo de AV hemos achurado el punto para mostrar que el modelo regional mejora la simulación en comparación con el modelo global.

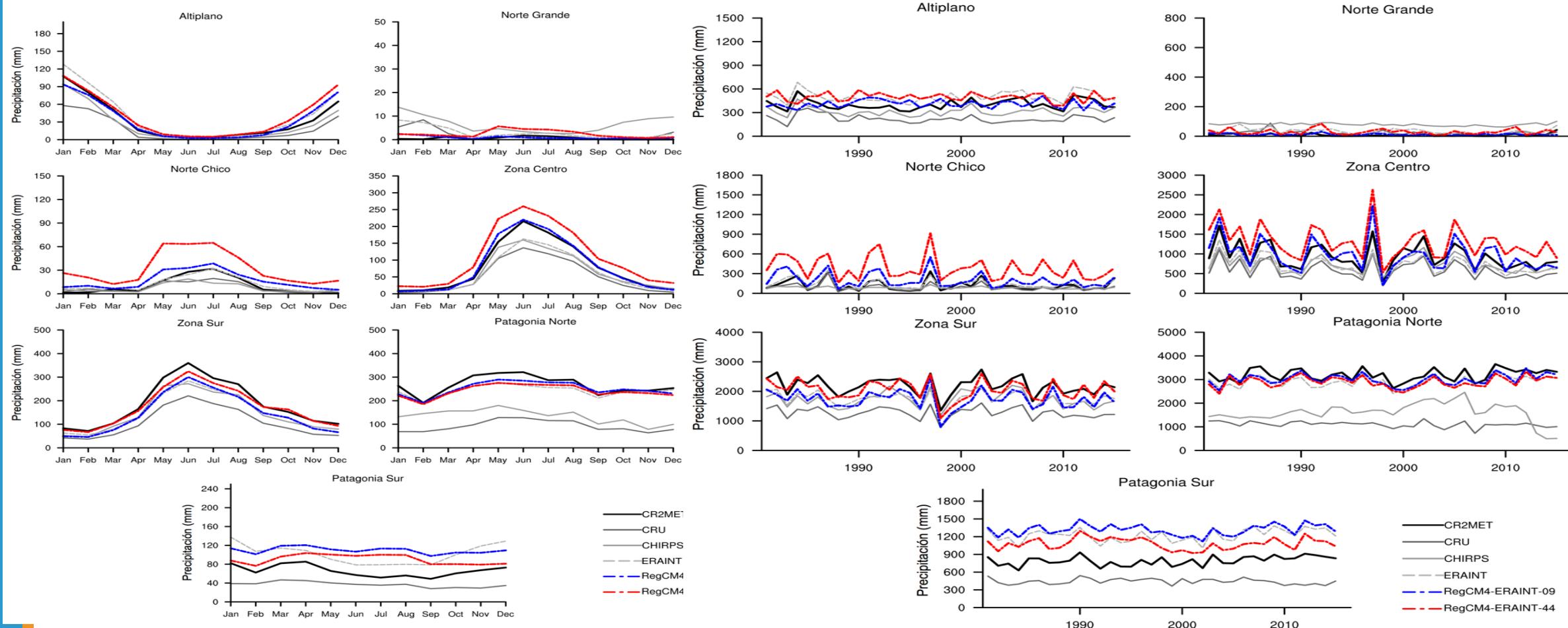
# Resultados del Periodo de Evaluación y Histórico



Periodo de evaluación (1980-2015): Precipitación

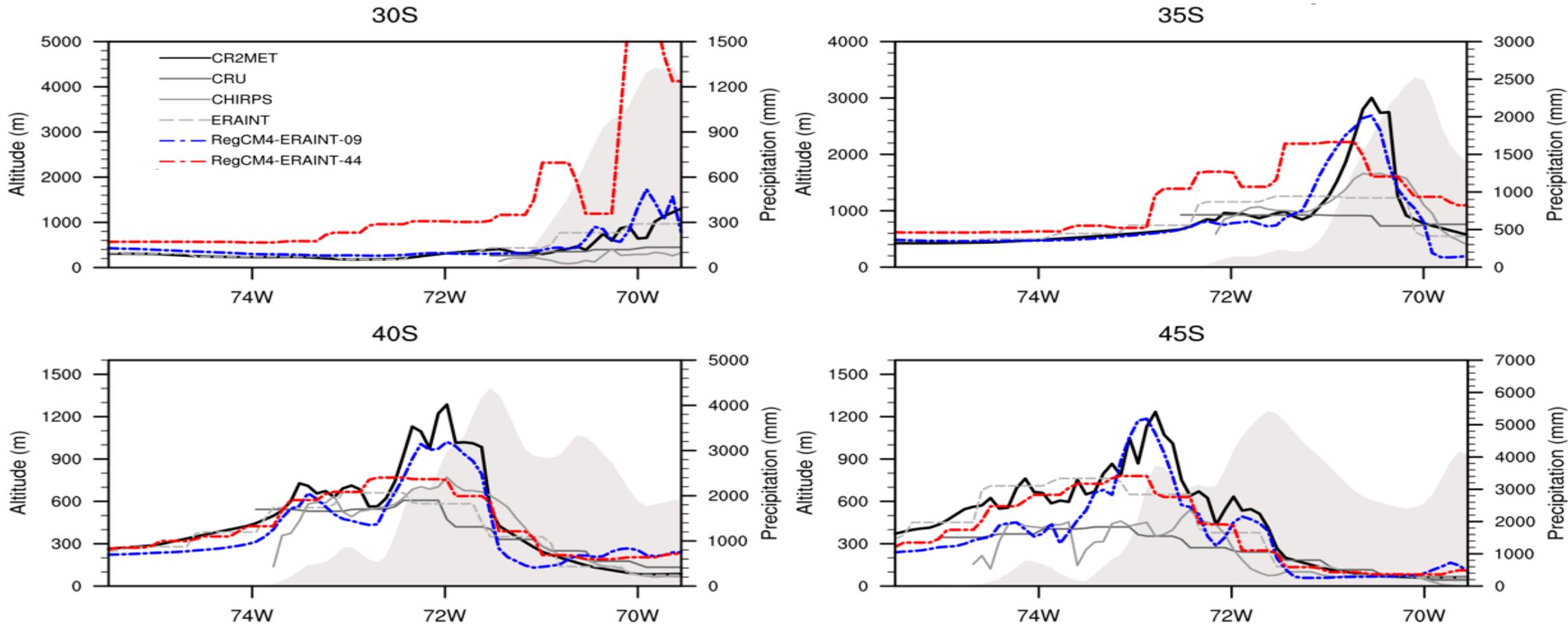
Las simulaciones a 10 km resolución representan mejor la climatología en términos de precipitación orográfica y distribución de precipitación sur a norte

# Ciclo anual y serie de tiempo la precipitación anual (1980-2015)



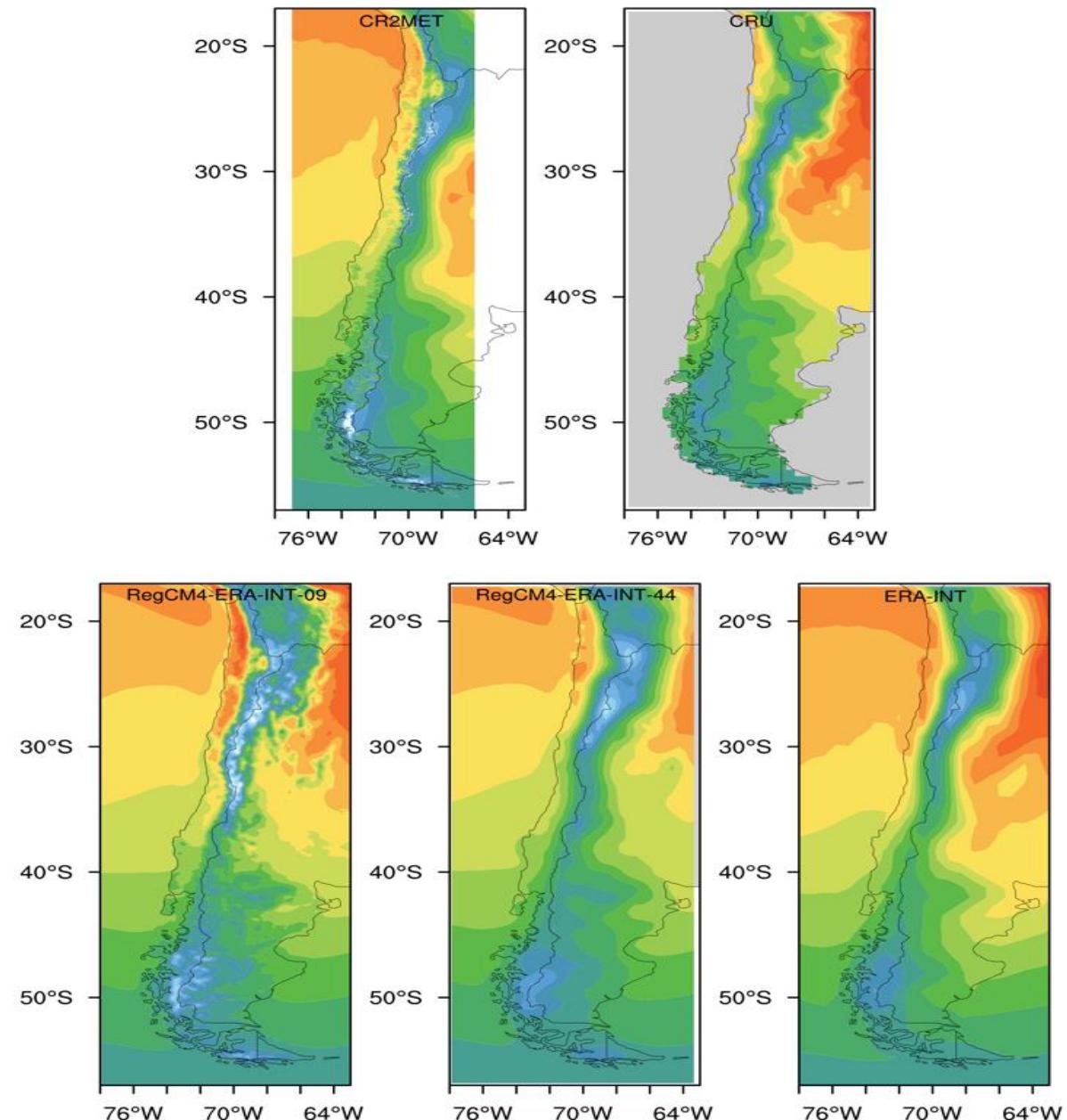
Una pronunciada sobreestimación de la precipitación en las simulaciones forzado por ERA-Interim en 50 km para las regiones de Norte Grande, Norte Chico y Zona Centro. Las dos simulaciones tienen sobreestimación de la precipitación en la región de Patagonia Sur.

# Sección longitudinal de precipitación anual

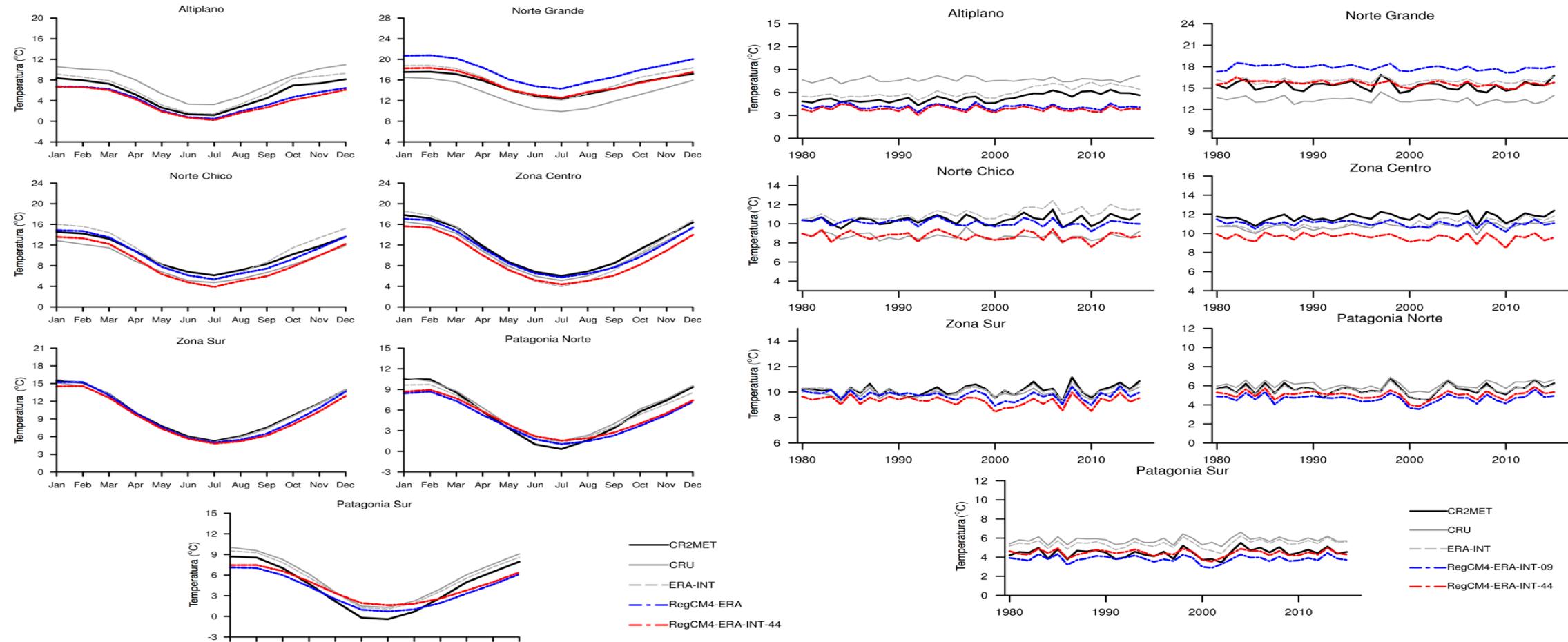


Las simulaciones forzado por ERA-Interim en 10 km resolución representan mejor la variación longitudinales de la precipitación y suprime la sobreestimación de la precipitación sobre la Cordillera.

## Temperatura



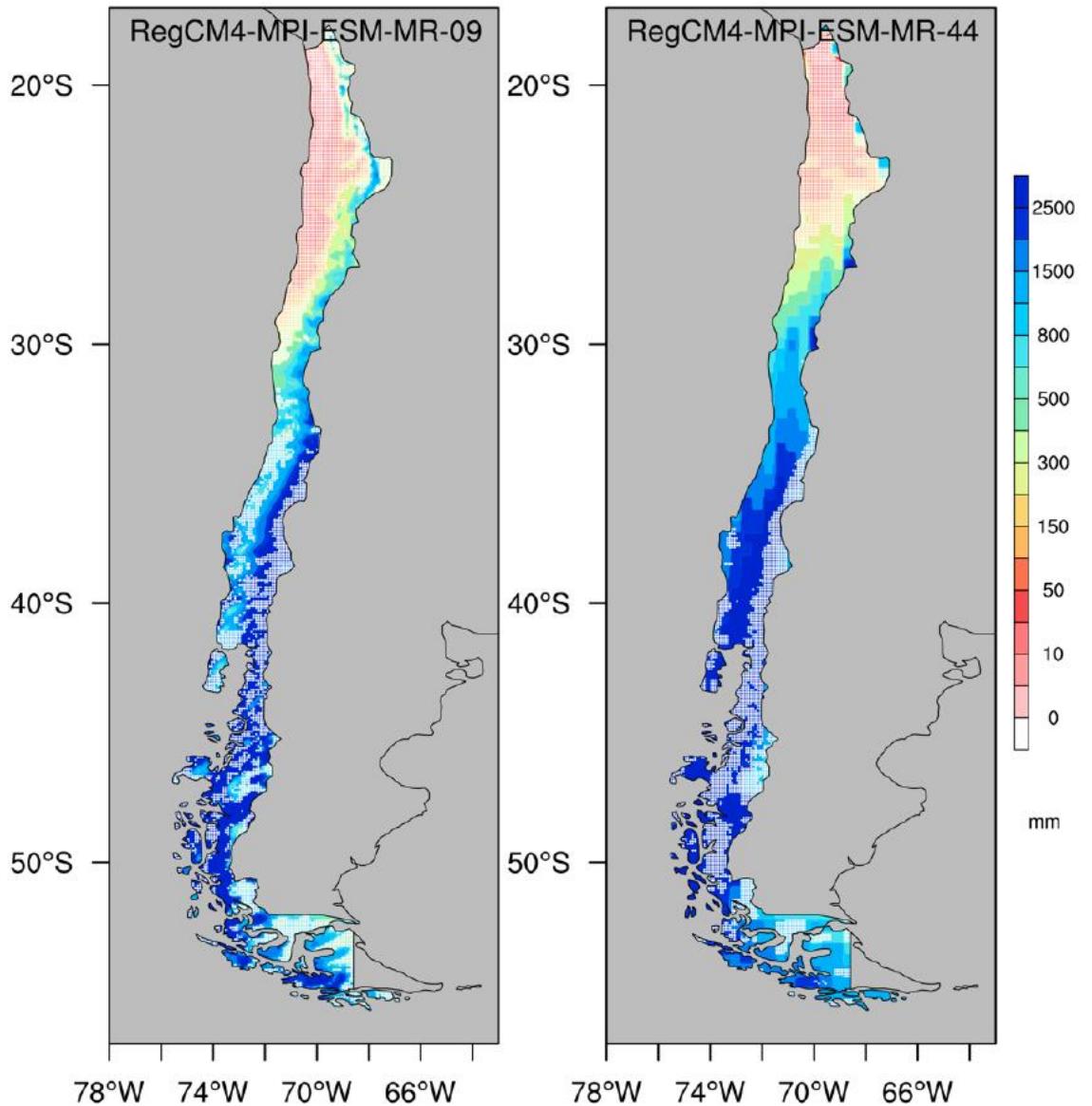
**Climatología anual de la temperatura (°C) para el periodo 1980-2015** basado en los datos observacionales grillados (panel superior) y las simulaciones forzado por ERA-Interim en 10 y 50 km resoluciones (panel inferior). El panel inferior también incluye ERA-Interim.



**Ciclo anual y serie de tiempo de la temperatura (1980-2015) en las 7 subregiones.** Líneas negra y grises corresponden a los productos grillados utilizados y líneas azul y roja son las simulaciones forzado por ERA-Interim en 10 y 50 km resoluciones.

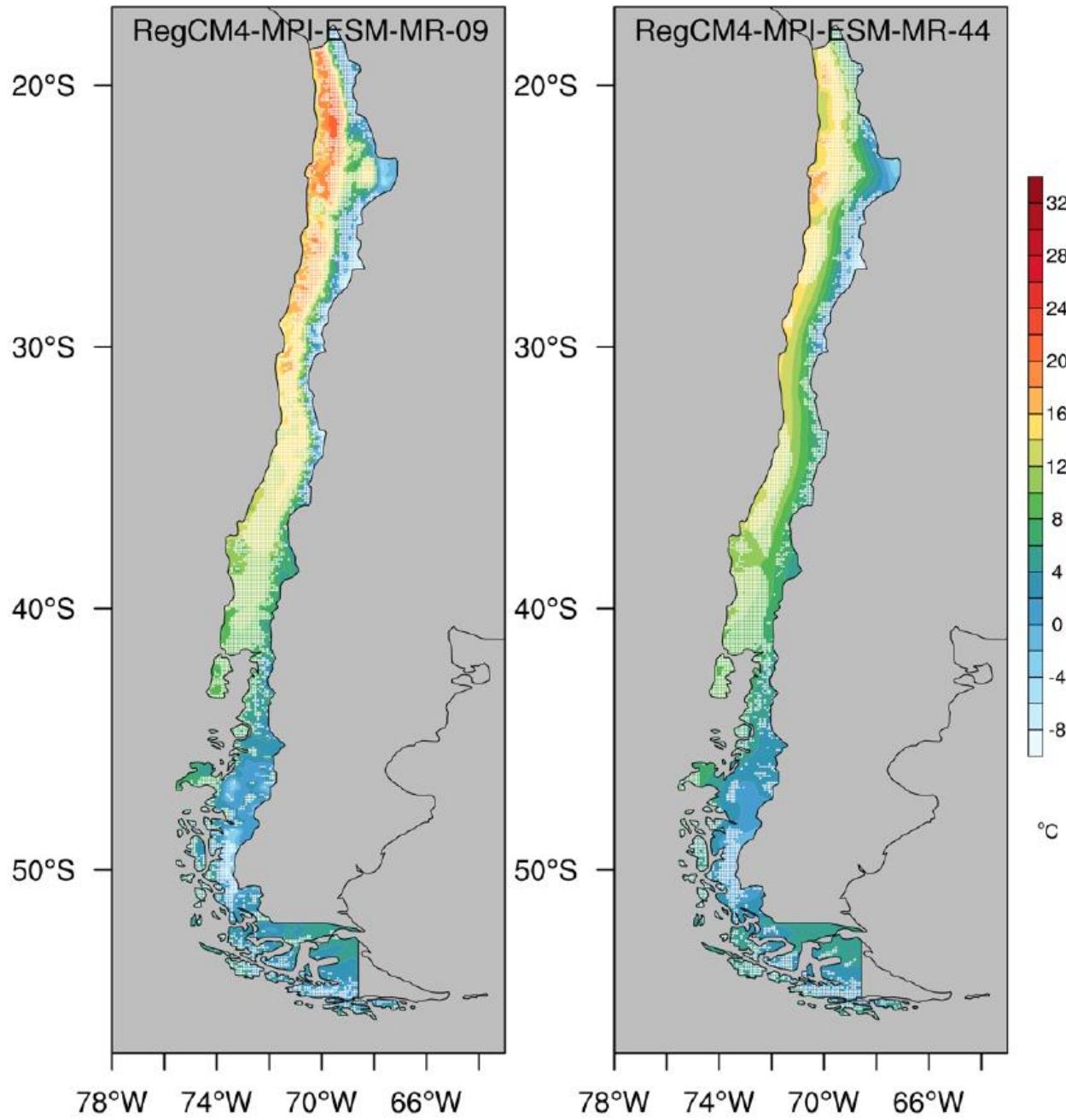
- Las simulaciones forzado por ERA-Interim en 10 km resolución tienen importantes sesgos sistemáticos positivos en las temperaturas en el desierto de Atacama y Norte Grande.
- En Patagonia Norte y Sur, las ambas simulaciones tiendan a sobreestimar la temperatura en el invierno (JJA) y subestimar en resto del año.

## Valor agregado Precipitación:



Las simulaciones muestran importantes AV positivos (basados en el conjunto de datos de las observaciones) en la Cordillera, el norte y el sur de Chile indican que el modelo climático regional reduce sustancialmente los sesgos en modelo climático global. Además, la simulación con resolución más alta (10 km) ilustra los AV positivos en el Zona Centro y las regiones costeras.

## Valor agregado Temperatura:

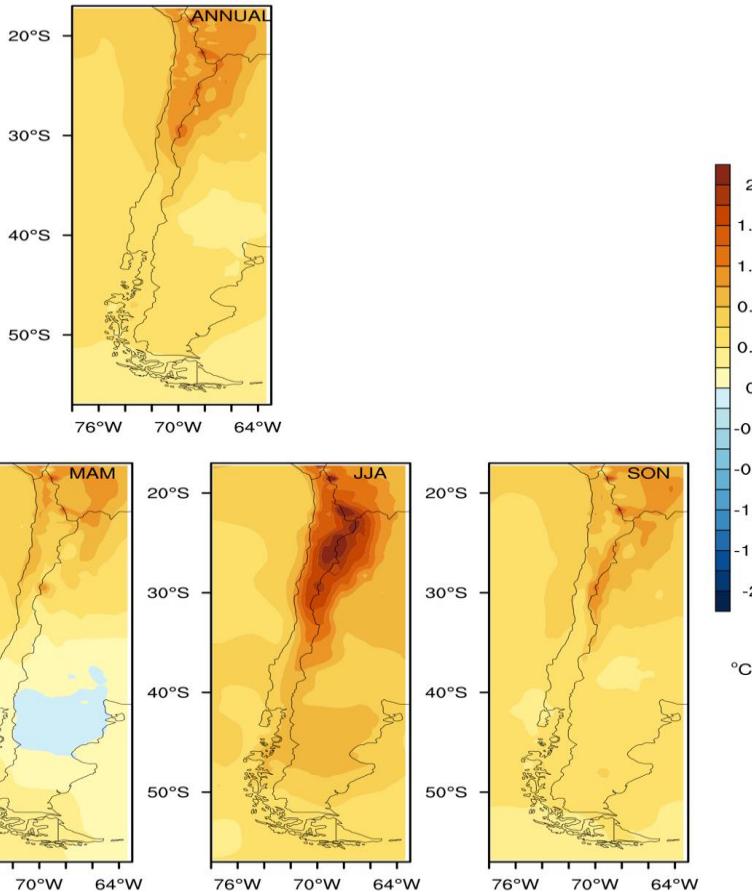


- Las simulaciones en 10 km resolución muestran mas AV positivos en Zona Centro y Norte Chico. Ambas simulaciones de 10 y 50 km muestran menos AV en Patagonia en comparación con los de otras regiones.

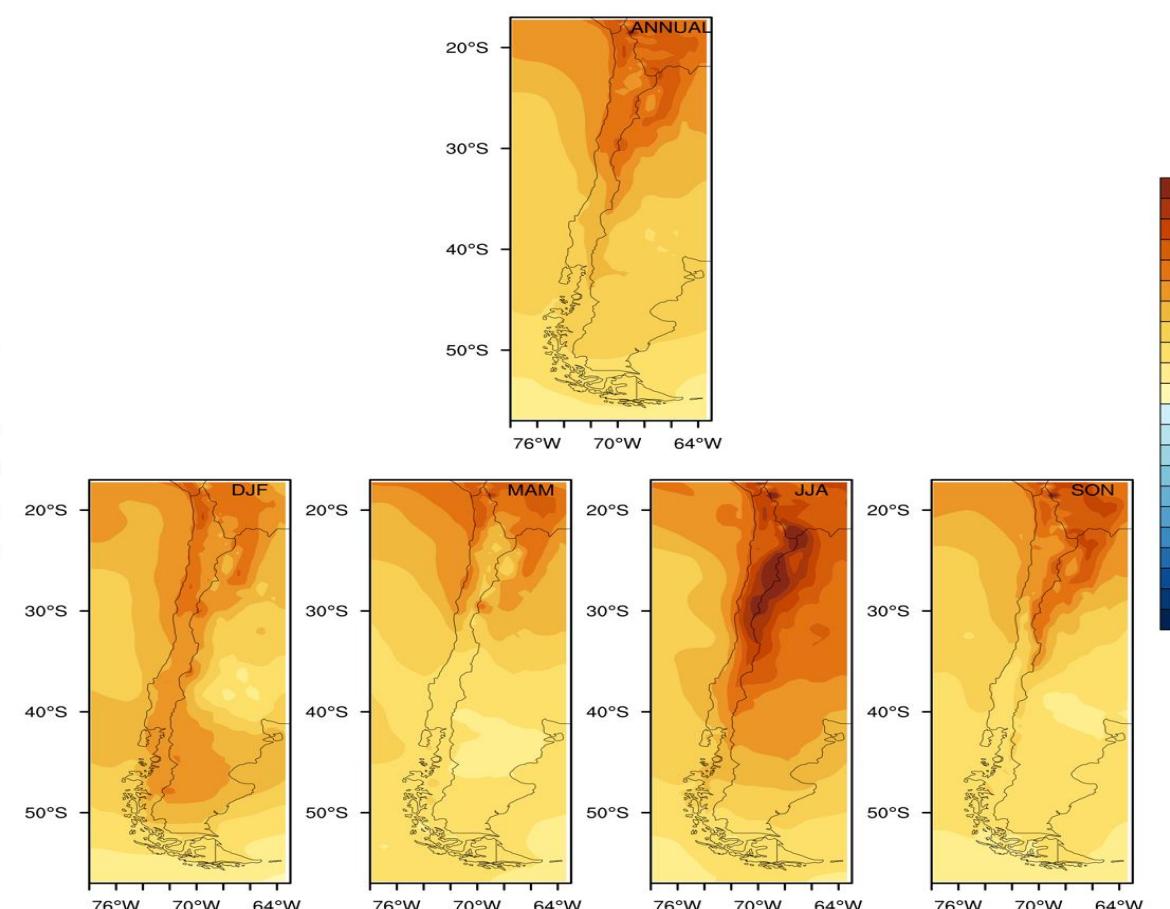
# Resultados preliminares de proyecciones

Temperatura: (2021-2050) – (1976-2005)

RCP26-50 km



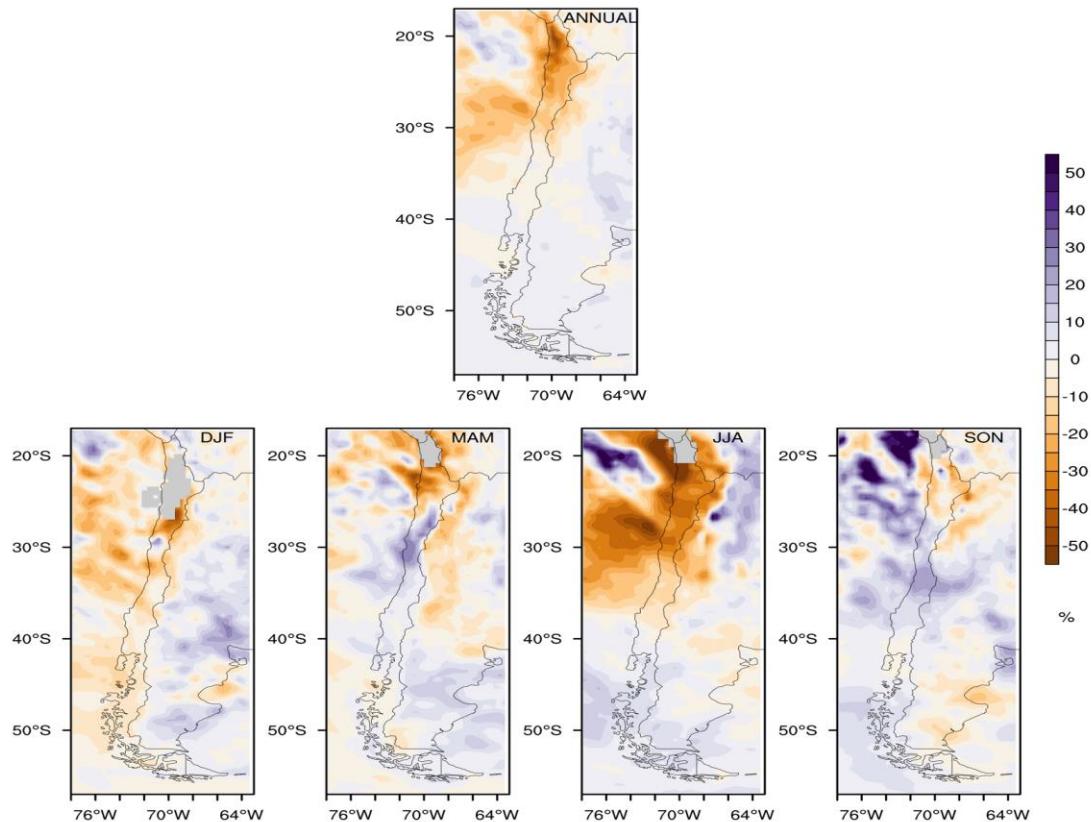
RCP85-50 km



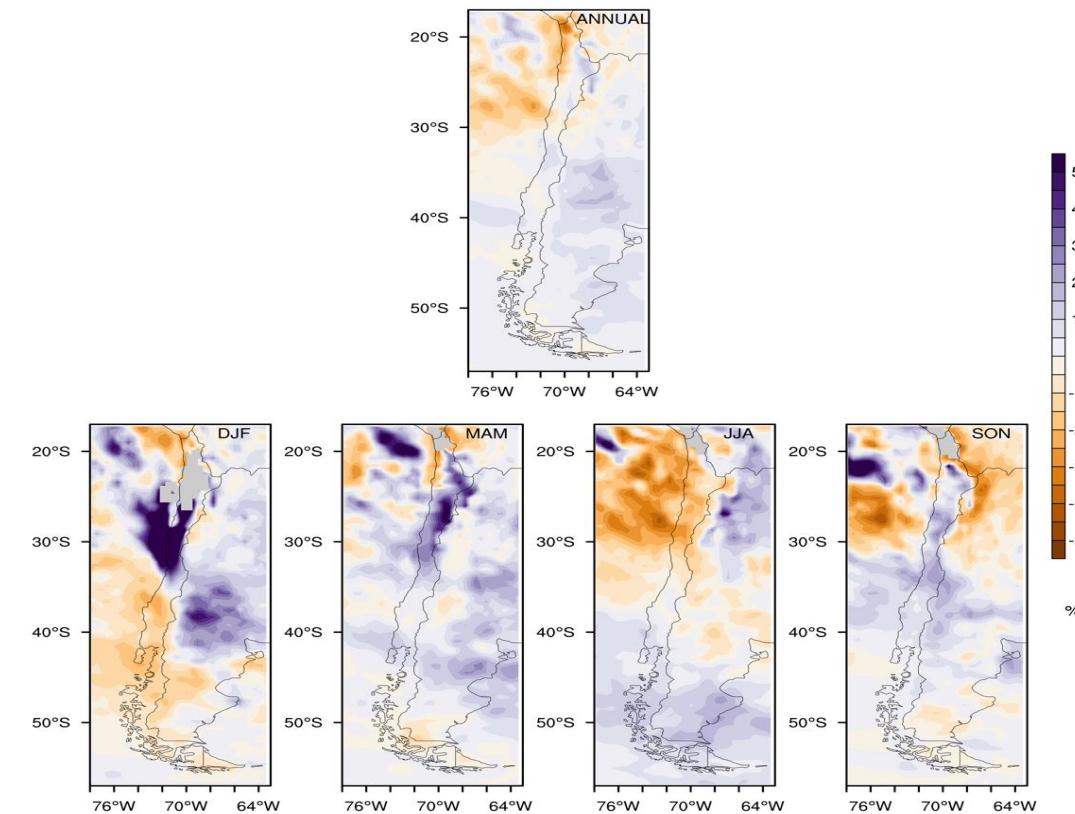
# Resultados preliminares de proyecciones

Precipitación: (2021-2050) – (1976-2005)

RCP85-50 km



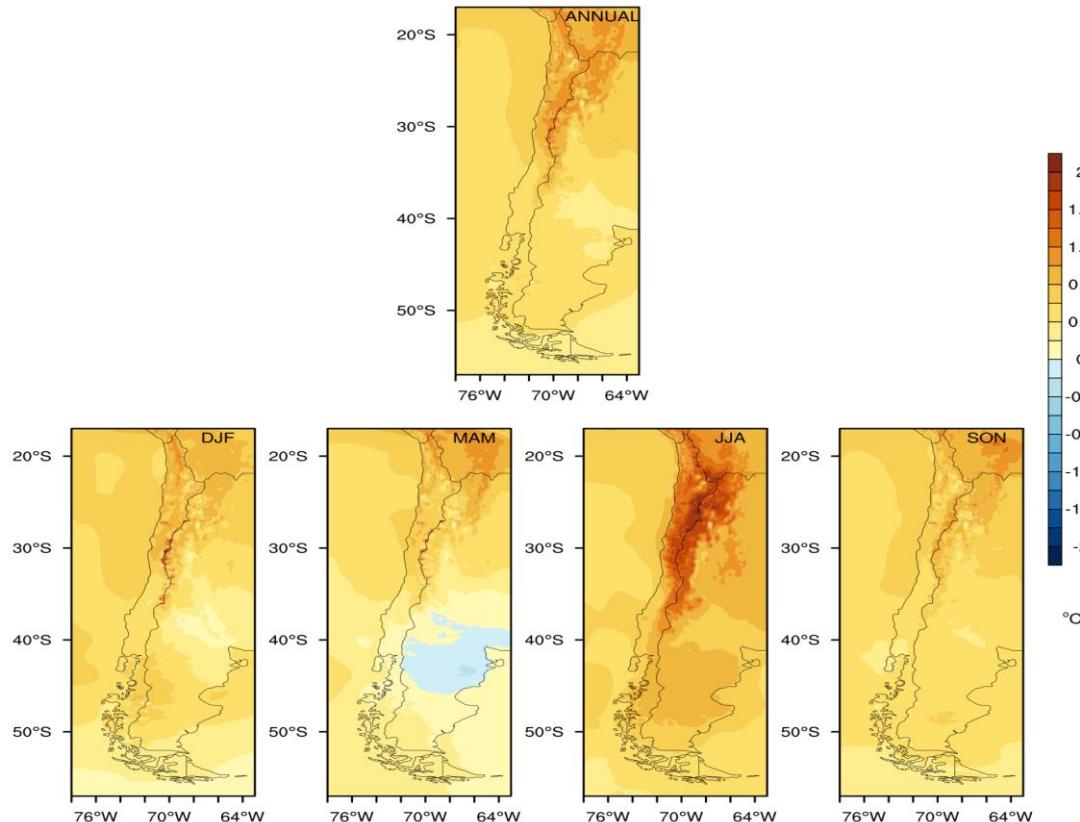
RCP26-50 km



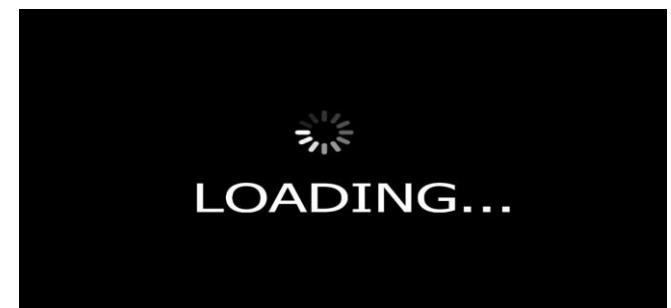
# Resultados preliminares de proyecciones

Temperatura: (2021-2050) – (1976-2005)

RCP26-10 km



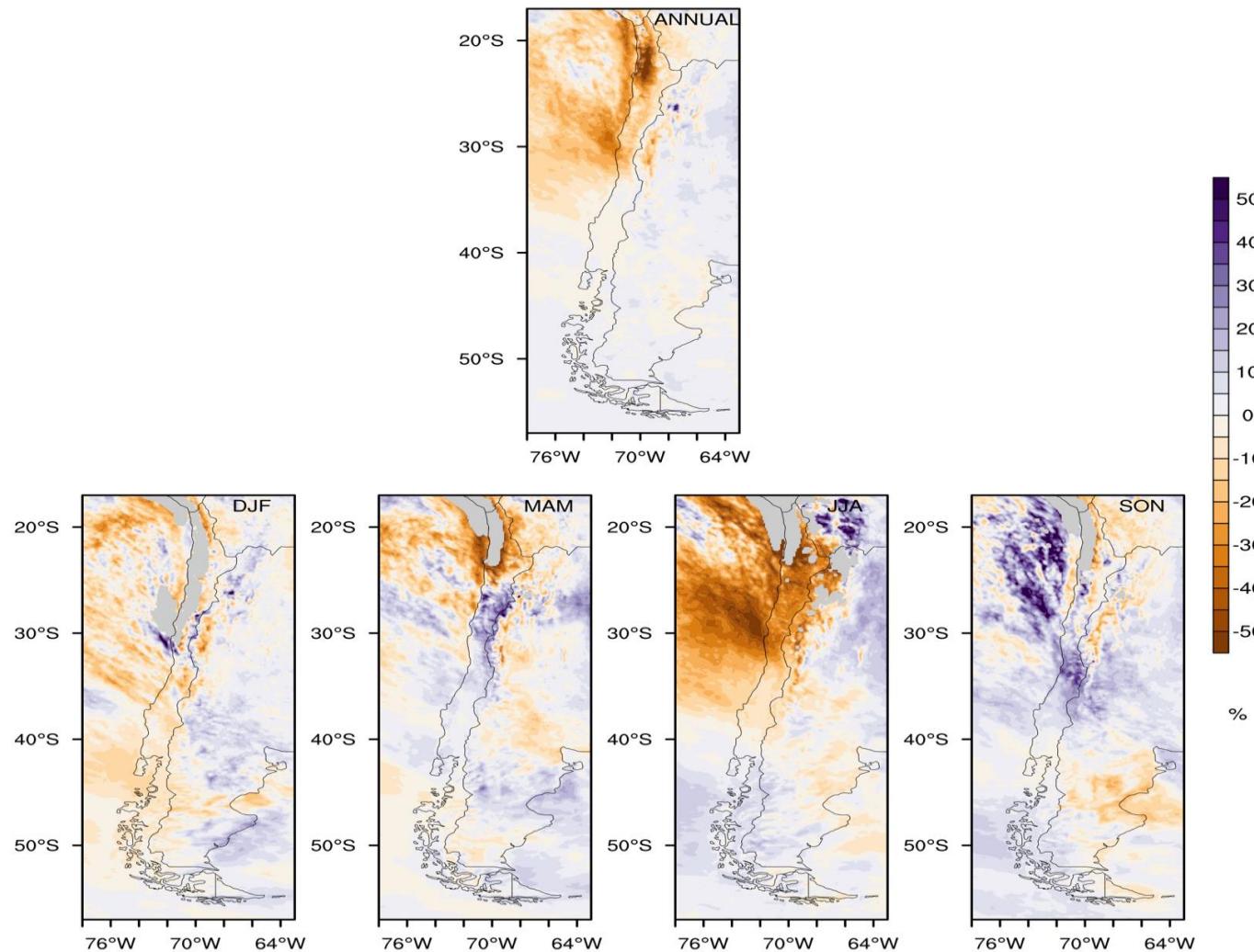
RCP85-10 km



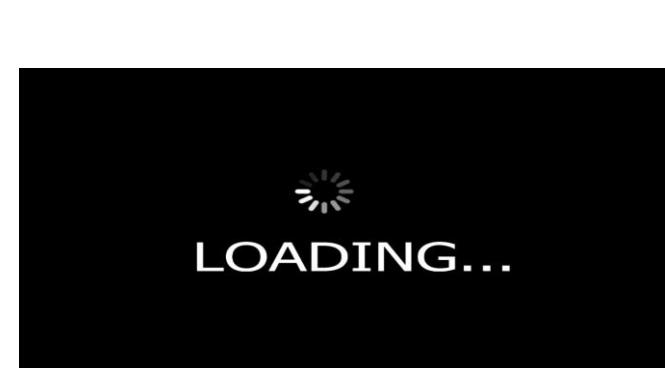
# Resultados preliminares de proyecciones

Precipitación: (2021-2050) – (1976-2005)

RCP26-10 km



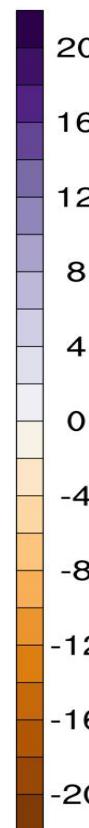
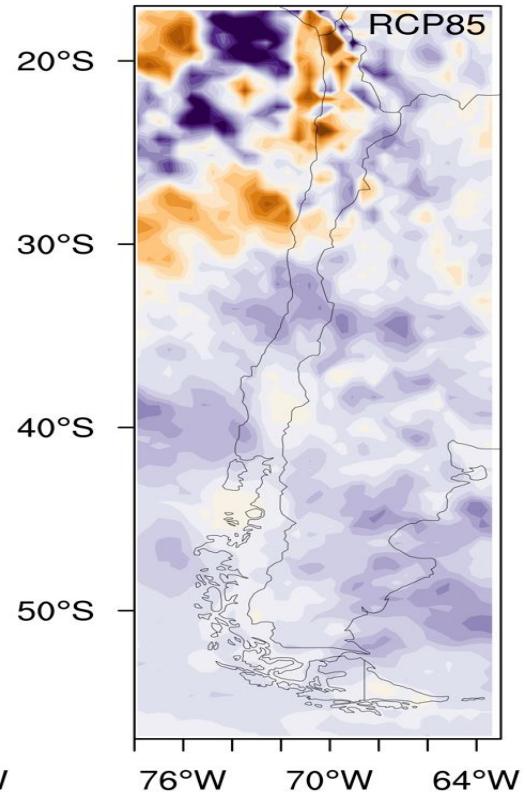
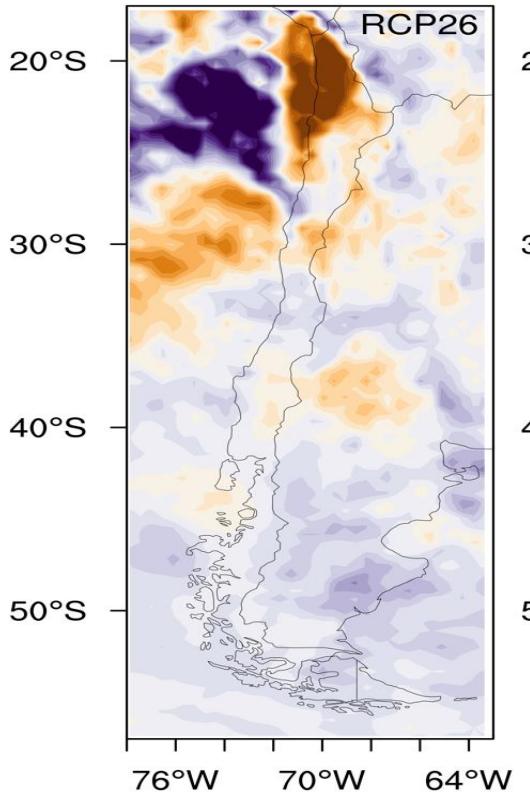
RCP85-10 km



# Resultados preliminares de proyecciones

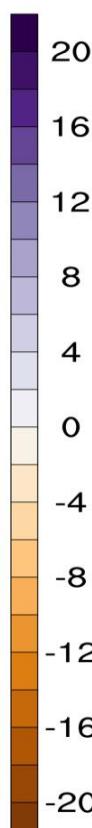
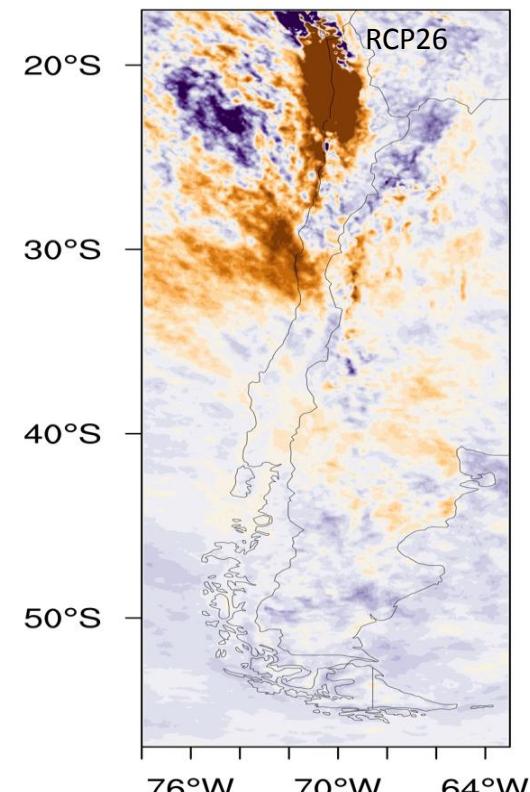
Intensidad diaria de precipitación (ISID) : (2021-2050) – (1976-2005)

50-km



%

10-km

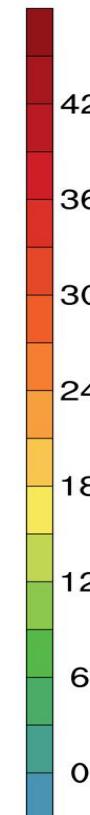
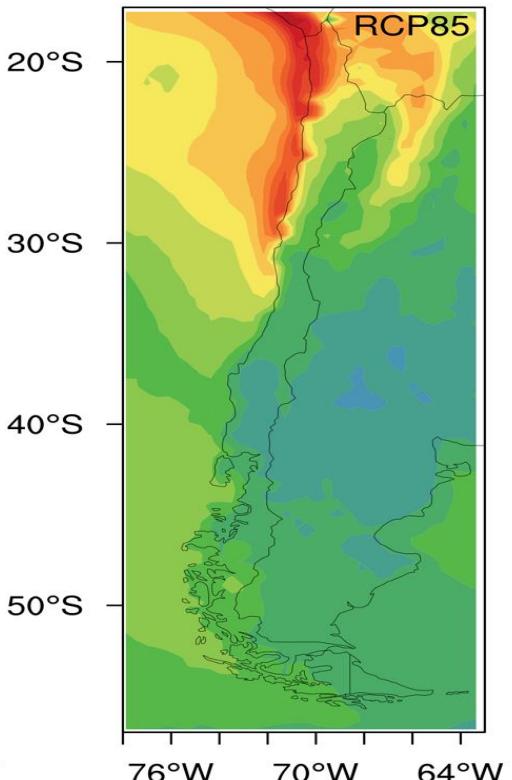
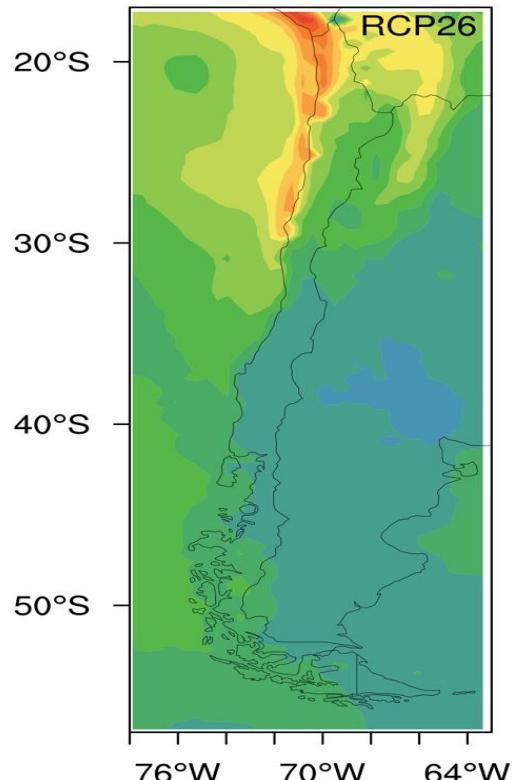


%

# Resultados preliminares de proyecciones

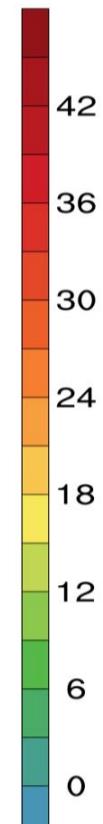
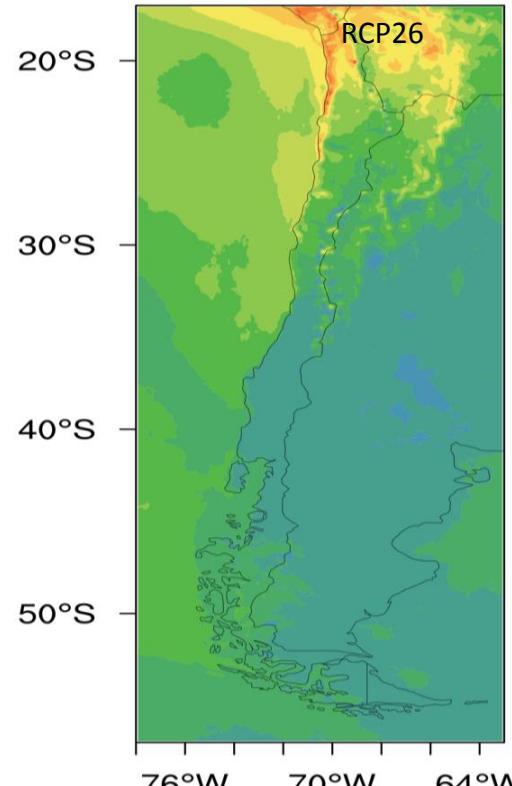
Días cálidos (TX90p): (2021-2050) – (1976-2005)

50-km



%

10-km

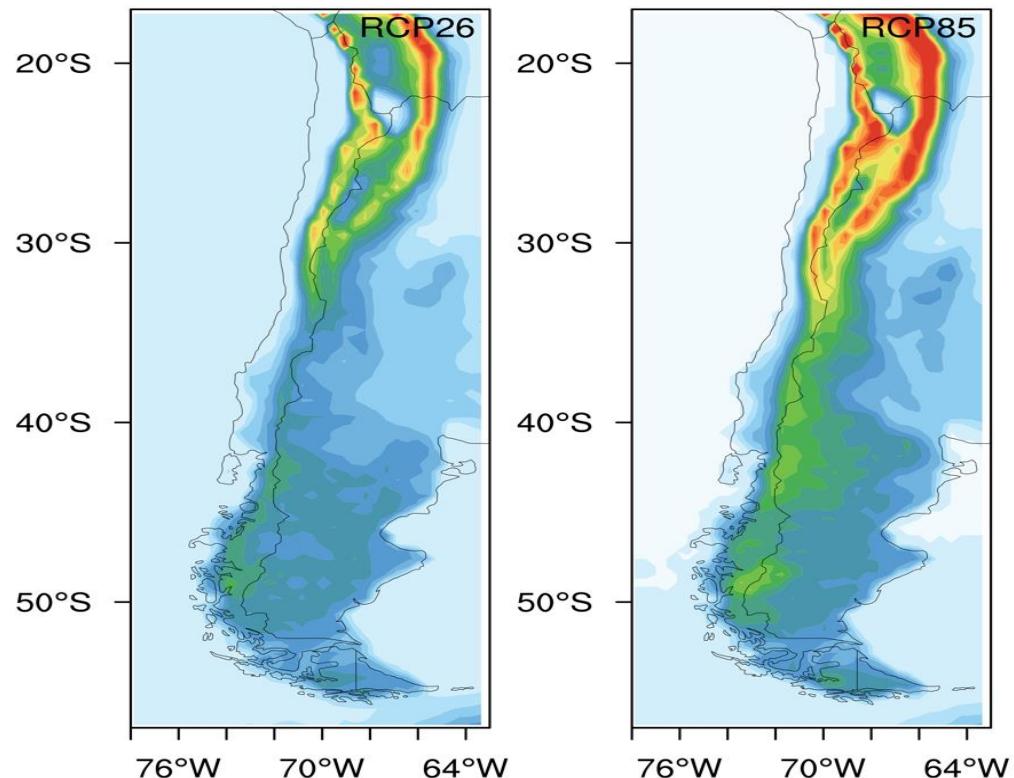


%

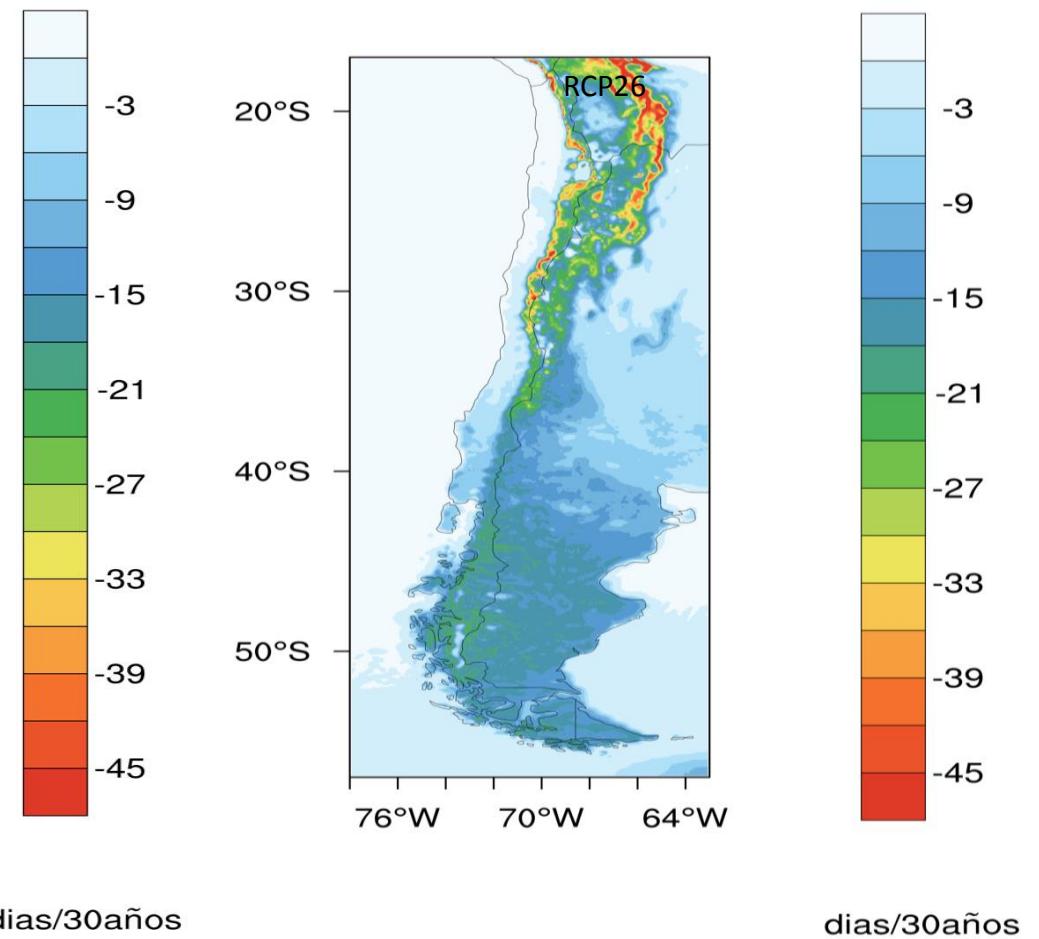
# Resultados preliminares de proyecciones

Días heladas (DH): (2021-2050) – (1976-2005)

50-km

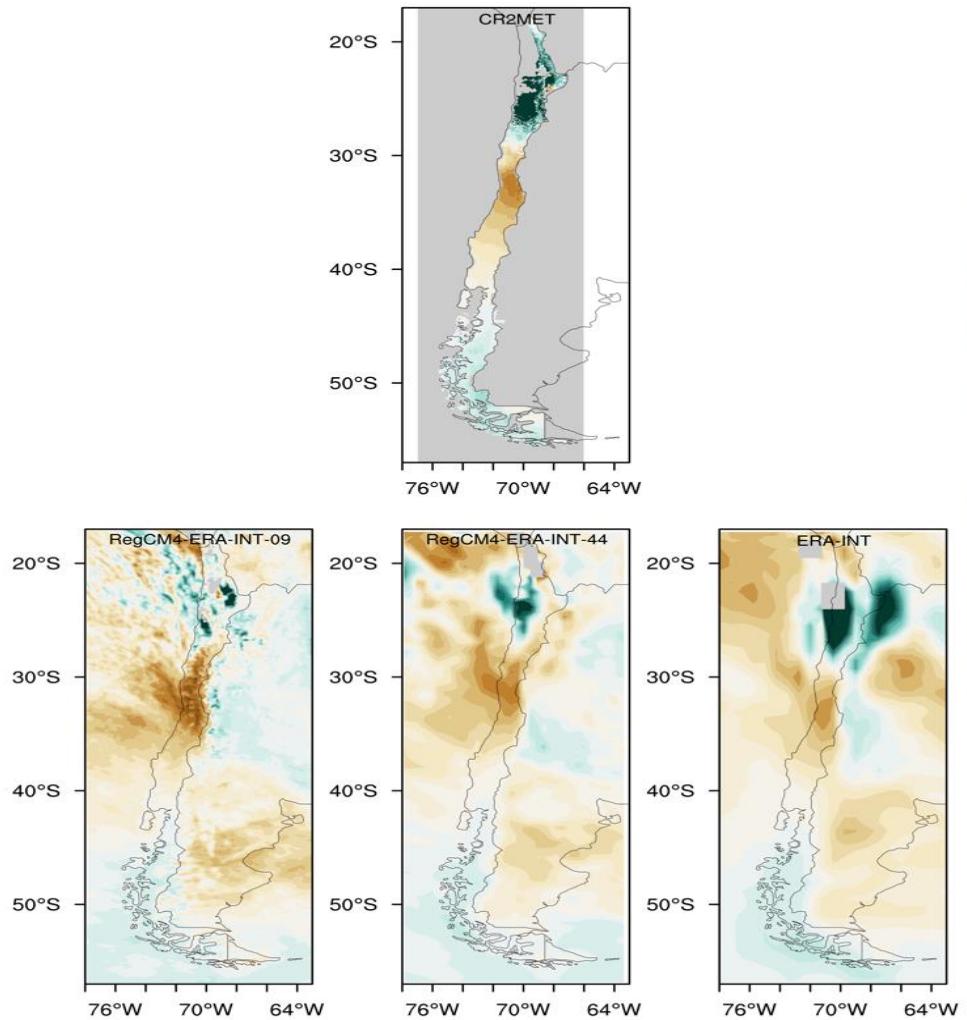


10-km

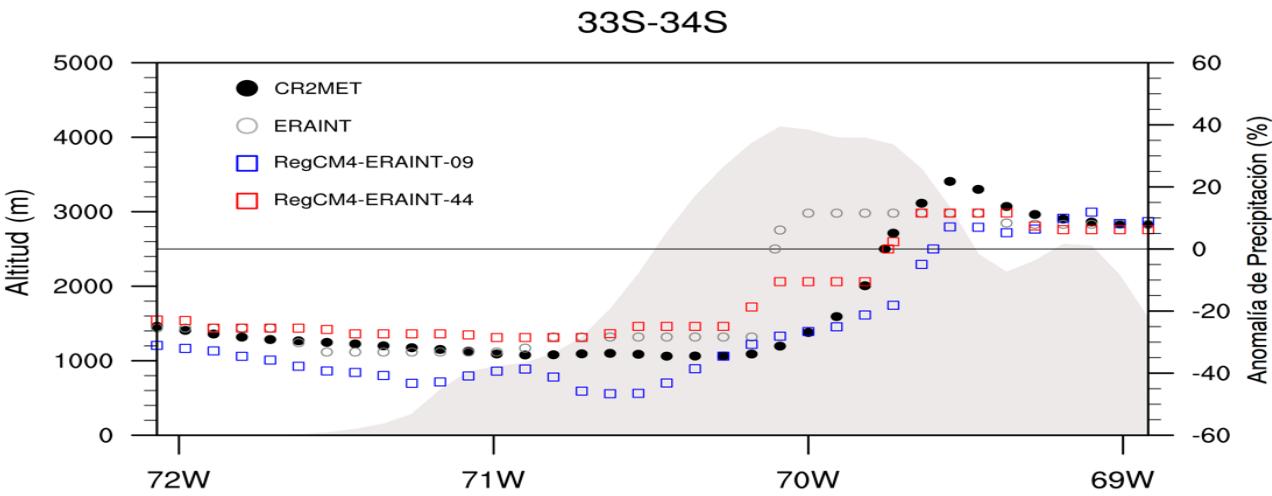


Otras .....

# Mega-sequía ?

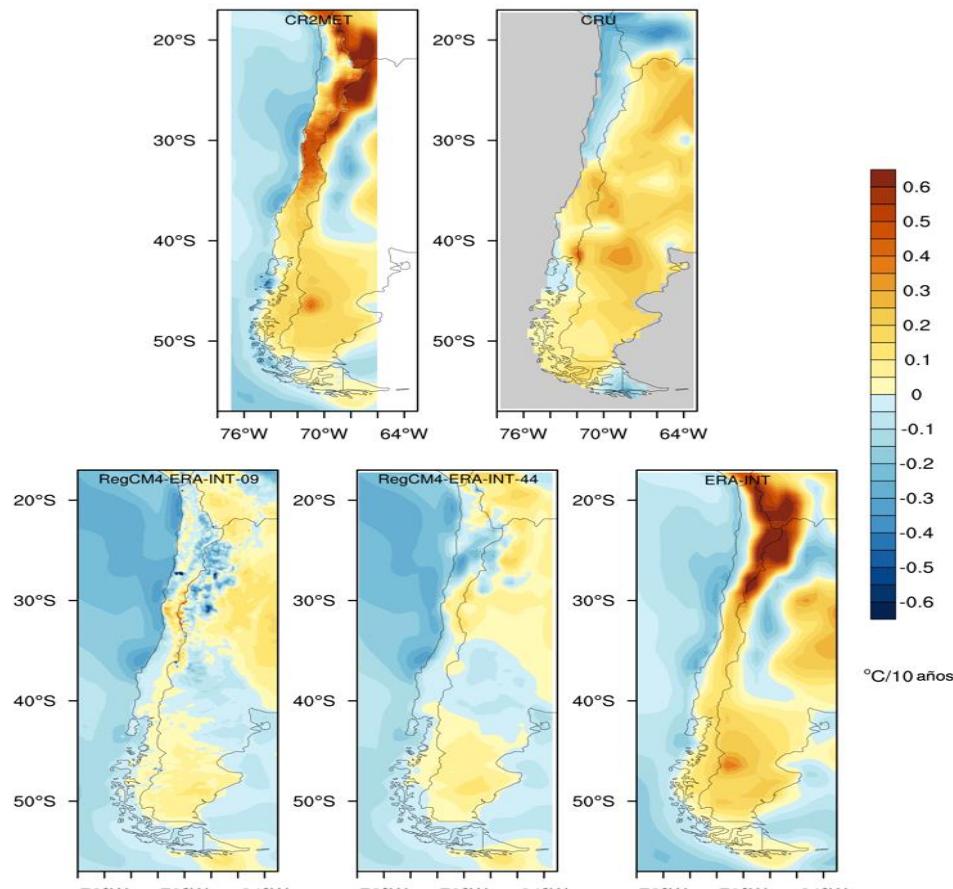


Anomalía porcentual de precipitación para el periodo “Mega Sequía” (2010-2015) con respecto al periodo 1980-2010 basado en el dato observación grillado (CR2MET, panel superior) y las simulaciones forzado por ERA-Interim en 10 y 50 km resoluciones (panel inferior). El panel inferior también incluye ERA-Interim

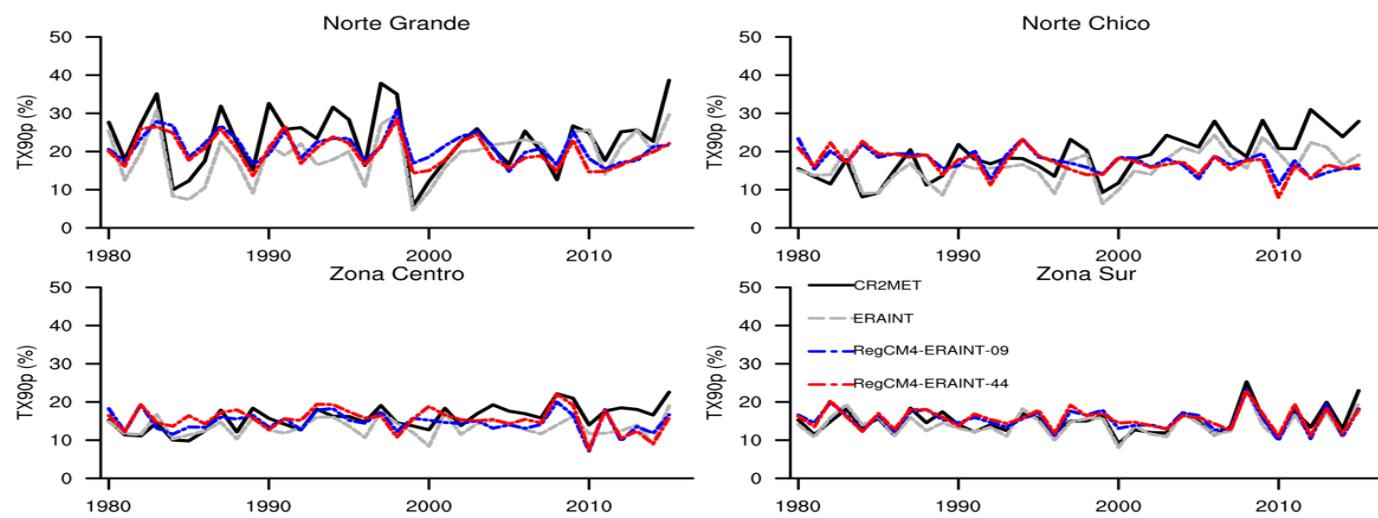


Sección longitudinal de anomalía porcentual de precipitación para el periodo “Mega Sequía” (2010-2015) con respecto al periodo 1980-2010. Marcadores negros y grises corresponden al dato observación grillado (CR2MET) y ERA-Interim, respectivamente. Marcadores azul y roja son las simulaciones forzado por ERA-Interim en 10 y 50 km resoluciones.

Las dos simulaciones simulan correctamente anomalía porcentual de precipitación para el periodo “Mega Sequía” (2010-2015) con respecto al periodo 1980-2010. Las simulaciones en alta resoluciones (10 km) representan anomalías negativas de precipitación más pronunciadas en Zona Centro.



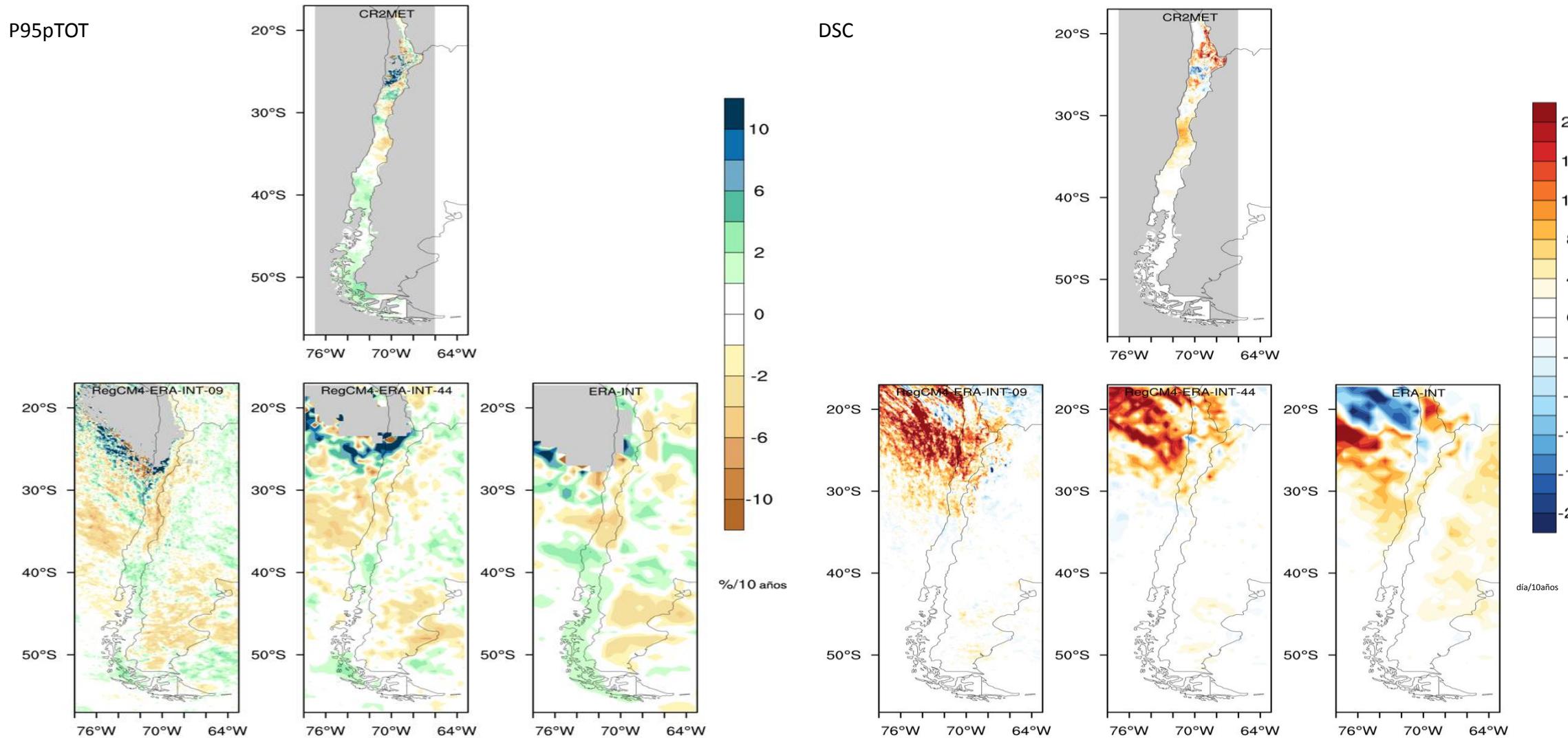
**Tendencia de la temperatura máxima anual para el periodo 1980-2015** basado en los datos observacionales grillados (panel superior) y las simulaciones forzadas por ERA-Interim en 10 y 50 km resoluciones (panel inferior). El panel inferior también incluye ERA-Interim.



**Variabilidad interanual (1980-2015) de días cálidos (TX90P)** en Norte Grande, Norte Chico, Zona Centro y Zona Sur. Líneas negras y grises corresponden al dato observación grillado (CR2MET) y ERA-Interim, respectivamente. Líneas azul y roja son las simulaciones forzadas por ERA-Interim en 10 y 50 km resoluciones.

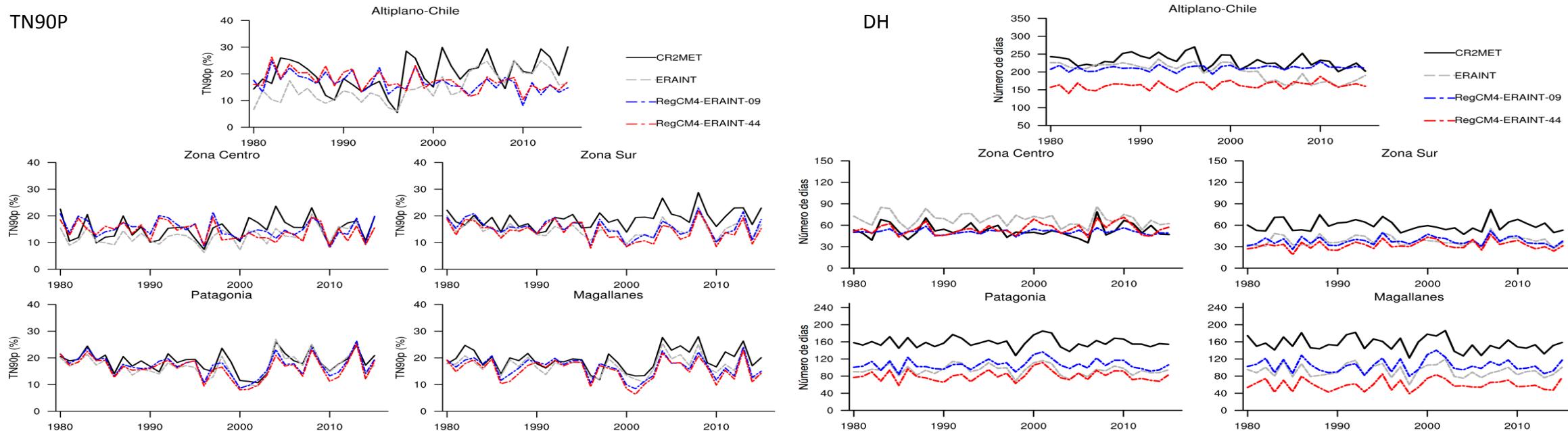
- En término de la tendencia de la temperatura máxima (y también media), hay importantes inconsistencias no solo entre las simulaciones y las observaciones, sino también entre los productos observados en grillas. Particularmente, las simulaciones representan un enfriamiento costero más pronunciado y una tendencia menos cálida en las partes centrales y Patagonia.

# Tendencia de precipitación intensa y días secos consecutivos 1980-2015



Tendencia de precipitación intensa (P95pTOT) y días secos consecutivos (DSC) para el periodo 1980-2015 basado en el dato observación grillado (CR2MET, panel superior) y las simulaciones forzado por ERA-Interim en 10 y 50 km resoluciones (panel inferior). El panel inferior también incluye ERA-Interim.

# Variabilidad interanual (1980-2015) de noches cálidos (TN90P) y número de días helados (DH)



**Variabilidad interanual (1980-2015) de noches cálidos (TN90P) y número de días helados (DH)** en Altiplano-Chile, Zona Centro, Zona Sur, Patagonia y Magallanes. Líneas negras y grises corresponden al dato observación grillado (CR2MET) y ERA-Interim, respectivamente. Líneas azul y roja son las simulaciones forzado por ERA-Interim en 10 y 50 km resoluciones.

- Generalmente, las dos simulaciones capturan la variabilidad interanual, sin embargo las simulaciones tienden a fallar la marcada tendencia de aumento en noches cálidos y días cálidos en Altiplano-Chile y Norte Chico, respectivamente.