



LA GOBERNANZA DEL AGUA EN LA PROVINCIA PARA EL MEDIANO Y LARGO PLAZO

Conferencia del Dr. Diego Araneo que tendrá lugar el jueves 15 de Junio, a las 18 hs, en el Anfiteatro Este de la Facultad de Ingeniería



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

"VARIABILIDAD HIDRICA EN LA CUENCA DEL ATUEL"

**Conferencia a cargo de:
DR. DIEGO ARANEO**

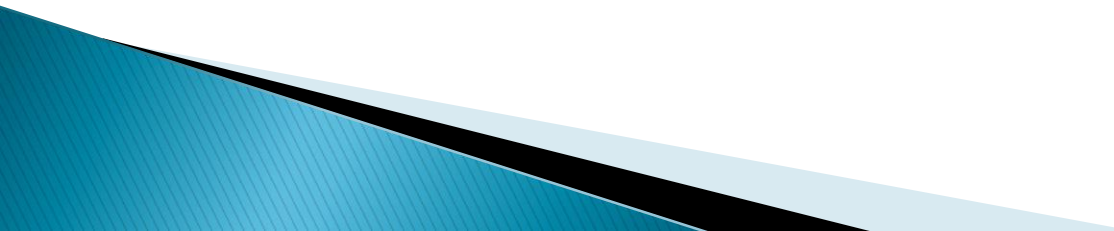
**Presentacion a cargo de:
Ing. Dante Bragoni Director GRUPO GIHCA
Instituto de Hidraulica F. de Ingeniería UNCuyo**

LA GOBERNANZA DEL AGUA EN LA PROVINCIA PARA EL MEDIANO Y LARGO PLAZO (Atuel y Grande con trasvase)

- ▶ El Área Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo considera que no debe estar ajena al avance de este tema, y por lo tanto deberíamos concretar un estudio con el fin de encontrar **“alternativas”** para este problema
- ▶ Este proyecto que se inicia desde la Facultad de Ingeniería será abordado con áreas del conocimiento científico que permita lograr una **“senda de búsqueda de solución”** a un problema interprovincial de uso de aguas de larga data.

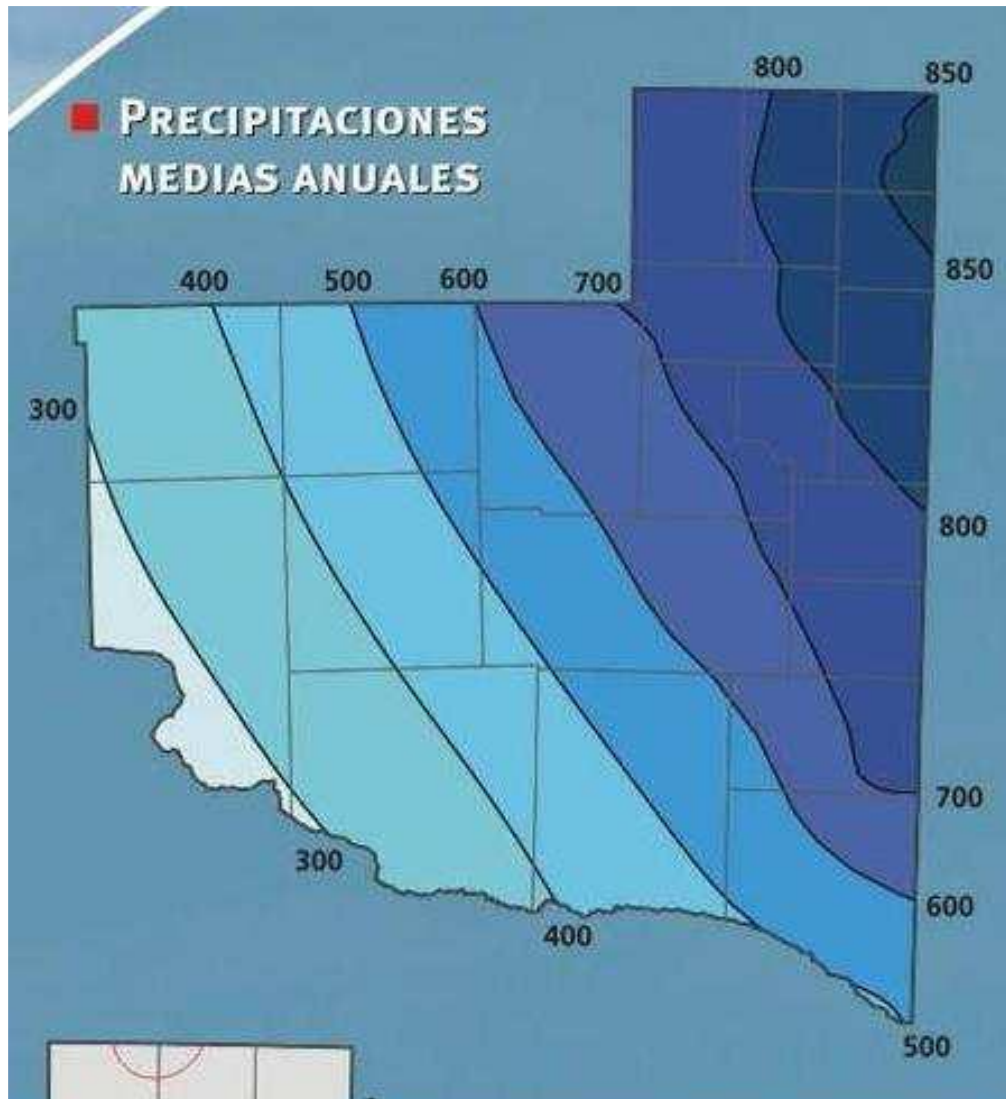
- ▶ ***“Sin consenso y concertación no hay desarrollo. Mirando hacia el futuro de las generaciones venideras, si no pautamos nuestra estrategia provincial para el desarrollo de estas dos cuencas, el río Grande y el río Atuel, estamos perdiendo una oportunidad histórica de dejar a nuevas generaciones un camino acordado sobre el cual puedan poner manos a la obra.” (Ing N. Arias diario Los Andes 10/10/2008)***

***EN CONFERENCIAS ANTERIORES SE HAN
PRESENTADO REFERENCIAS A LA TEMATICA DE LA
CONFERENCIA DE HOY COMO FUERON LAS DE LA
Dra M. del ROSARIO PRIETO Y DEL Ing. NESTOR
ARIAS RESPECTIVAMENTE***



Conclusiones en Conferencia de la Dra M. del Rosario Prieto

- ▶ De acuerdo con los datos históricos, dendrocronológicos e instrumentales se ha producido una importante disminución del caudal de todos los ríos de la región incluyendo el Atuel, por el uso intensivo del agua en los oasis, pero también por la intensificación de las sequías y el retroceso de los glaciares.
- ▶ Ya se desprende de las observaciones de científicos a fines del siglo XIX,en.....afirmar que los ríos del sistema traen mucho caudal solamente cuando se producen grandes nevadas en la cordillera.



Presentacion en Conferencia del Ing. Nestor Arias

<http://www.camposdelapampa.com.ar>

BREVE RESUMEN DEL C.V. DEL DR. DIEGO ARANEO

- ▶ DOCTOR DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES en el área de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos.
- ▶ INVESTIGADOR CIENTÍFICO del CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET) Lugar de trabajo: INSTITUTO ARGENTINO DE NIVOLOGÍA, GLACIOLOGÍA Y CS. AMBIENTALES (IANIGLA). CCT-Mendoza
- ▶ Mencionamos algunos de sus trabajos por su exposición en la tematica
 - ▶ • Araneo D. C. and Villalba R. (2015). "Variability in the annual cycle of the Rio Atuel streamflows and its relationship with tropospheric circulation".
 - ▶ • Moreiras S., Araneo D. y Simonelli S. (2015): "Predicción de episodios de precipitación que ocasionan aludes en el área montañosa del noroeste de la provincia de Mendoza, argentina".
 - ▶ • Araneo D. C., Rivera J. A. y Villalba R. (2015): "Variabilidad intraestacional de las condiciones níveas en los andes centrales relacionadas con los cambios en el régimen hidrológico del río Atuel".
 - ▶ • Torrero M. P., Agosta E. A. y Araneo D. C. (2016): "Características de la circulación troposférica asociada a las variaciones interanuales del caudal del río Tecka–Gualjaina, Argentina".
 - ▶ • Otero F., Norte F. and Araneo D. (2016): "A probability index for surface zonda wind occurrence at Mendoza city through vertical sounding principal components analysis".
- ▶ Posee innumerables trabajos en la temática, también posee bajo su dirección de Proyectos de Investigación y formación de Recursos Humanos

Link sobre Conferencias

- ▶ En el link de referencia Uds. podrán disponer de las Conferencias que a la fecha han sido presentadas en este Ciclo de «***La Gobernanza del Agua para el Mediano y Largo Plazo***»

<http://ingenieria.uncuyo.edu.ar/proyecto-de-investigacion-gobernanza-del-agua>



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

Muchas Gracias y

con Uds. el Dr. DIEGO ARANEO

LA GOBERNANZA DEL AGUA EN LA PROVINCIA PARA EL MEDIANO Y LARGO PLAZO: "VARIABILIDAD HIDRICA EN LA CUENCA DEL ATUEL"



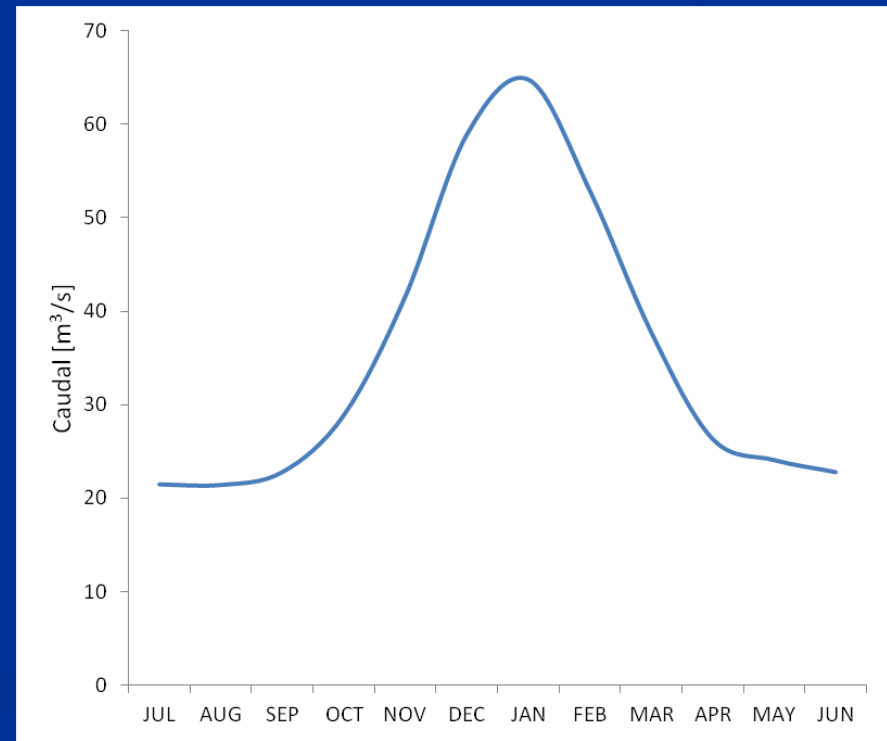
Diego C. Araneo



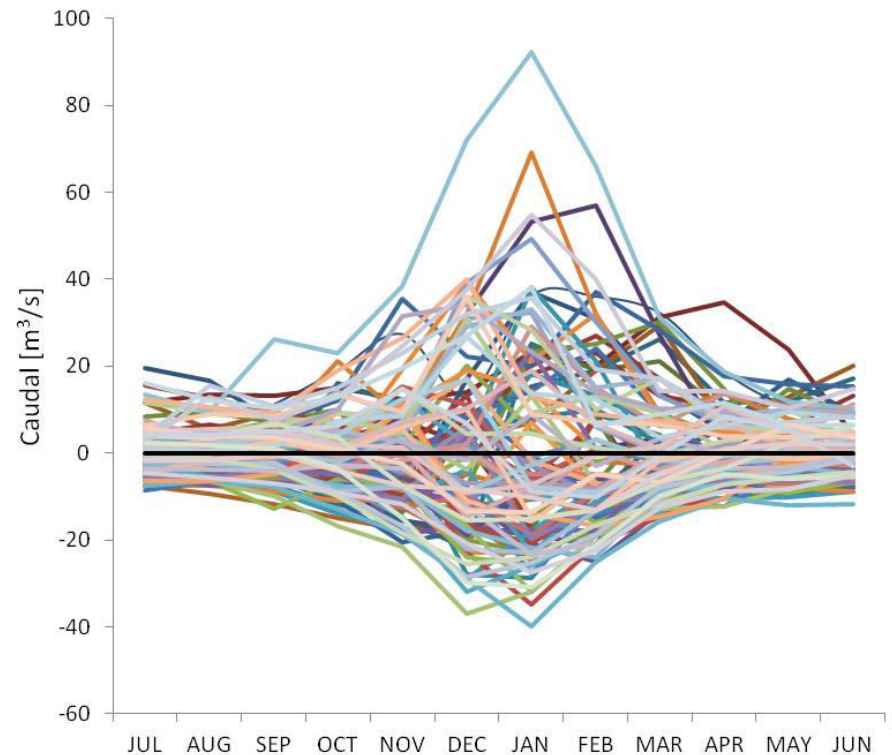
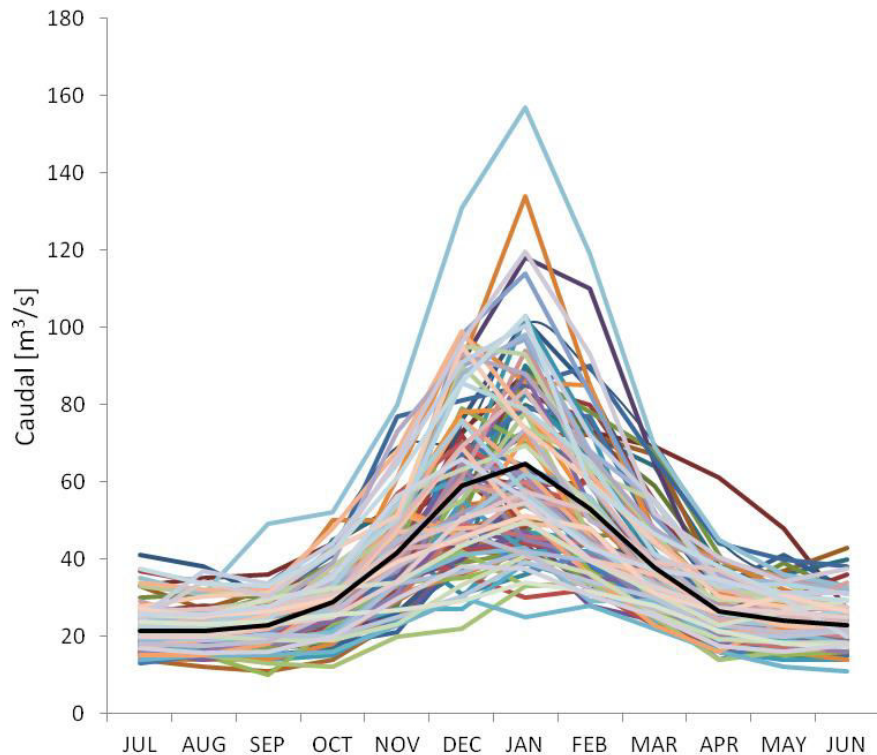
*Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, CONICET,
CCT-Mendoza*

En los Andes centrales de Argentina y Chile (30-35° S), la nieve acumulada en las altas cumbres durante el invierno es el componente dominante de los caudales en la temporada de fusión de primavera-verano.

Los ciclos anuales de caudales para los ríos de Cuyo, se caracterizan por un máximo estival —debido principalmente a la acumulación y posterior derretimiento de nieve invernal— y un mínimo invernal de caudal de base.



Hidrogramas de 1906 a 2011



En este estudio se identifican los modos principales de variabilidad del ciclo hidrológico anual del río Atuel y las condiciones atmosféricas responsables de su fluctuación en escala interanual a intraestacional

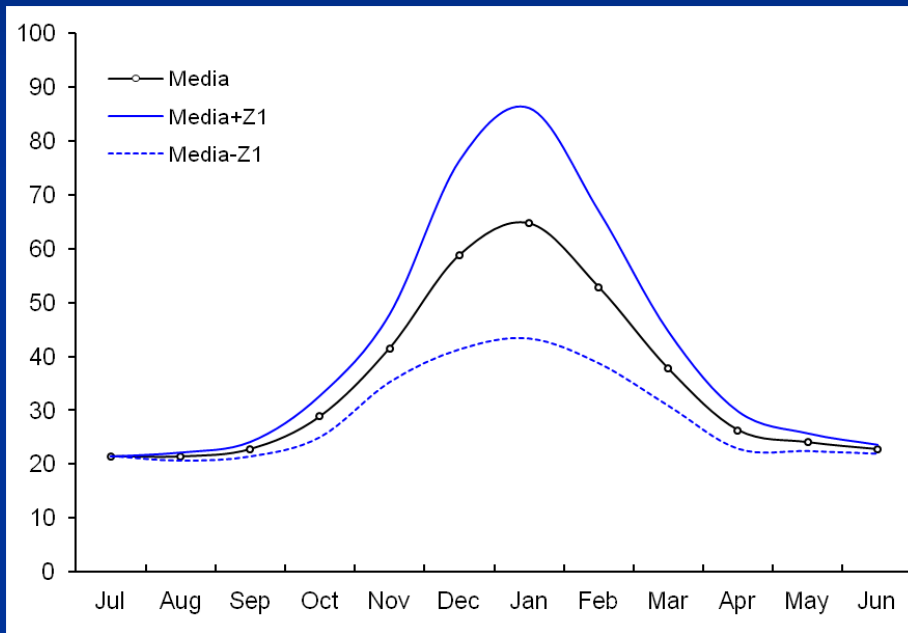
VARIABILIDAD INTERANUAL A INTERESTACIONAL



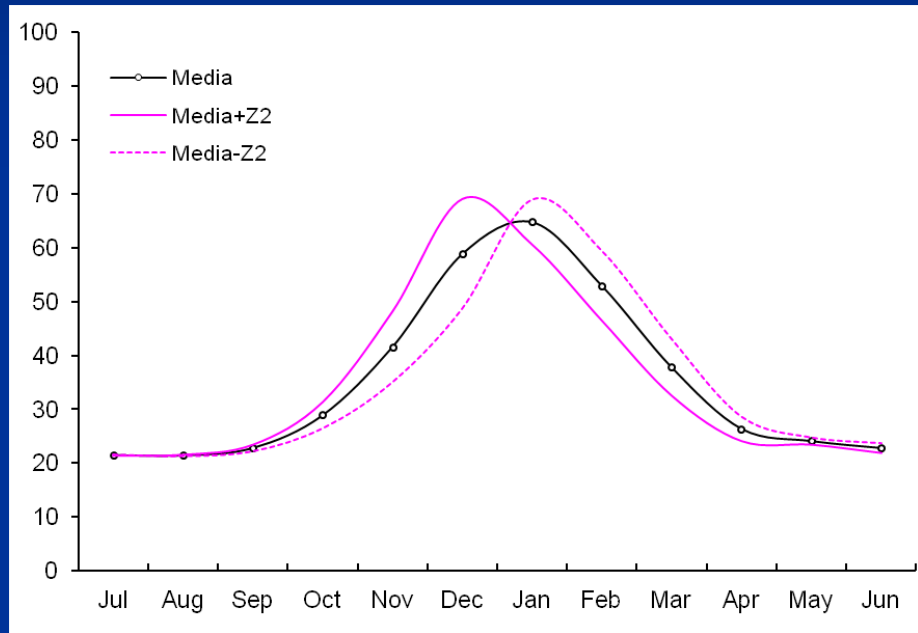
Análisis de Componentes Principales

La primer (PC1) y segunda (PC2) Componentes Principales explican el 49.3% y el 21.1% de la varianza total en el ciclo anual de caudales, respectivamente.

Componentes de Puntaje (patrones)



El PC1 en modo directo (indirecto) corresponde a ciclos anuales caracterizados por caudales por encima (por debajo) de la media.



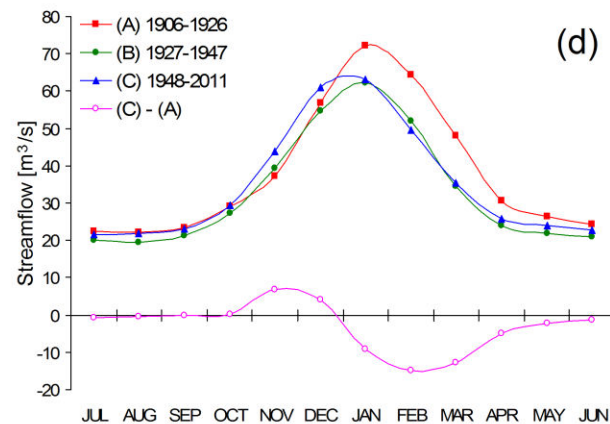
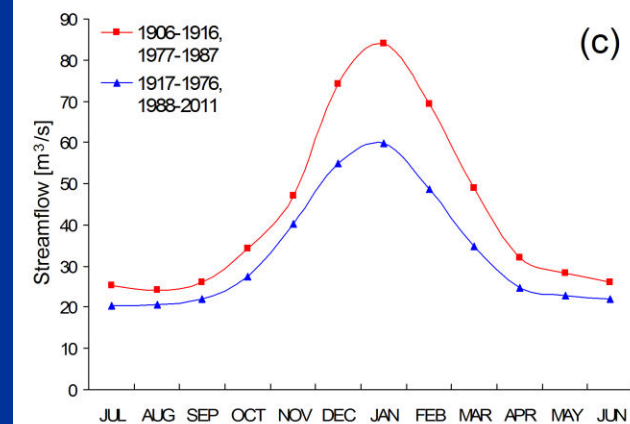
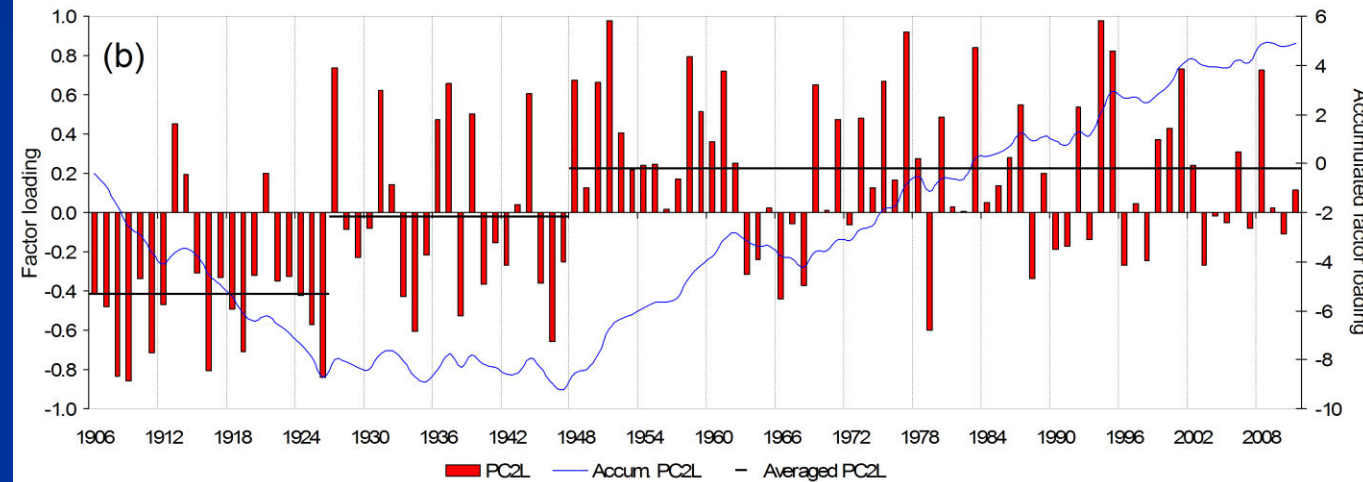
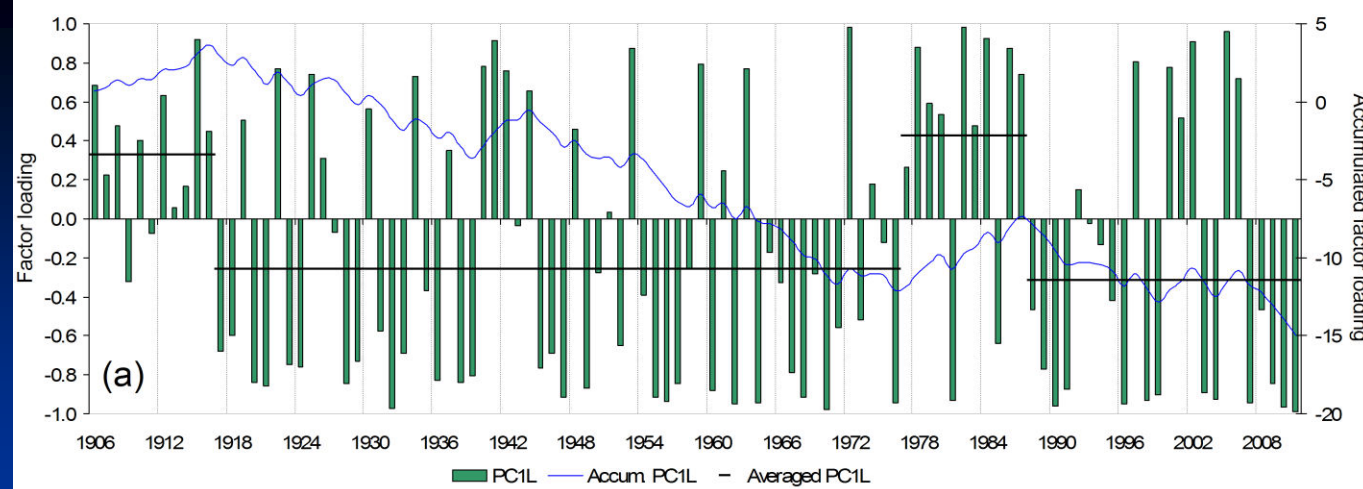
El PC2 representa cambios estacionales del pico anual de caudal: hacia finales de primavera / principios de verano (en modo directo) o hacia mediados / finales de verano (en modo indirecto).

Componentes de Peso (PCL)

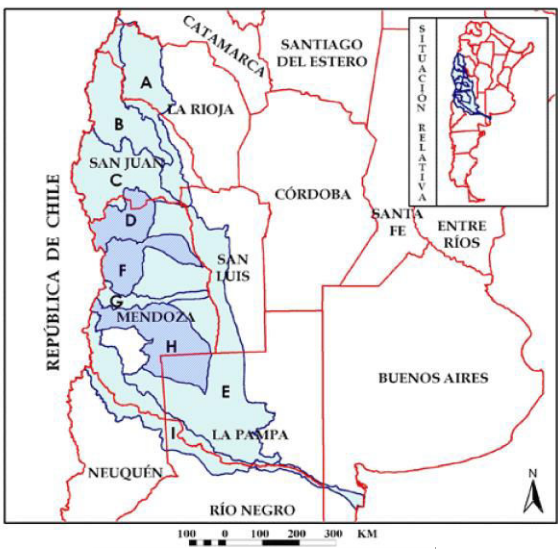
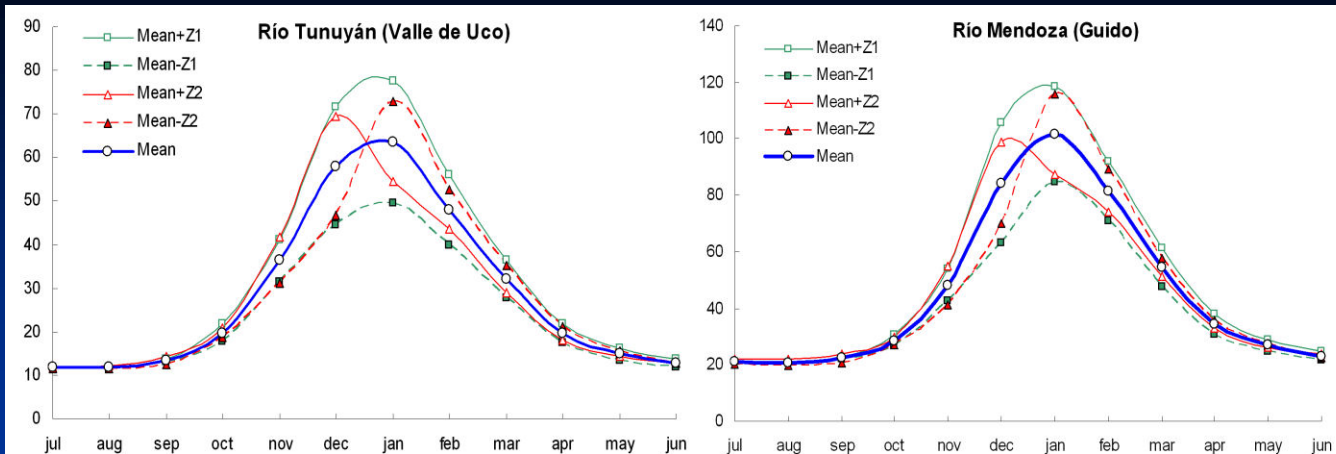
Los valores son los coeficientes de correlación entre cada ciclo anual y cada PC patrón.

Los valores positivos corresponden al modo directo (+Z) y los negativos al indirecto (-Z).

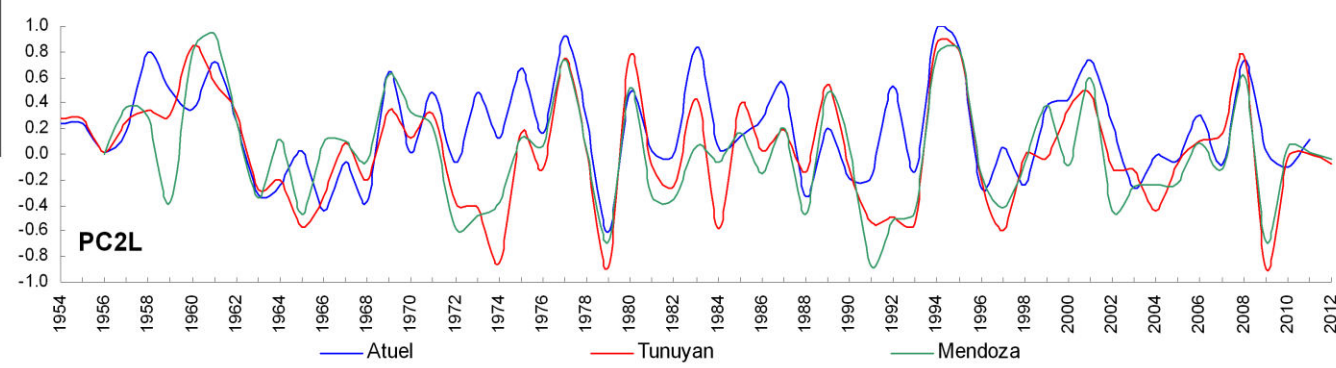
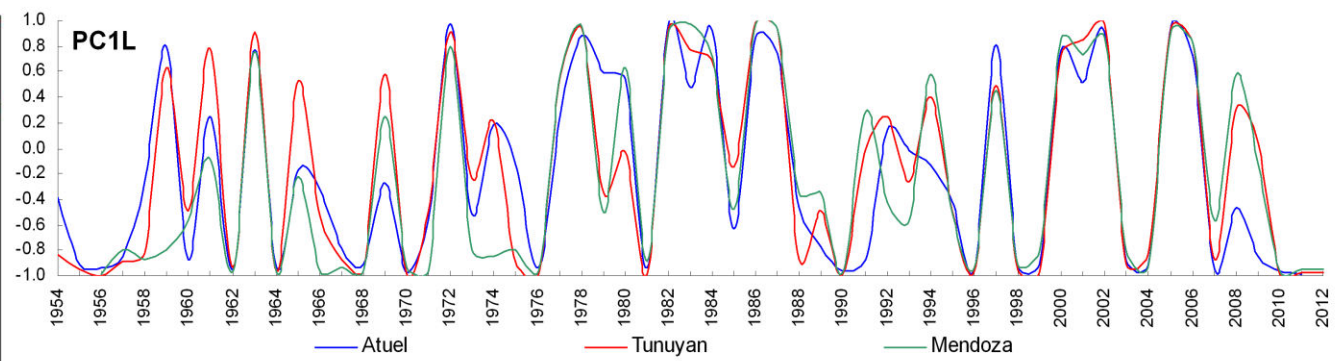
Hidrogramas promediados para periodos con PCL mayormente positivos o negativos



Análisis para otros ríos de la región



- A Río Vinchina-Bermejo basin
- B Río Jachal basin
- C Río San Juan basin
- D Río Mendoza basin
- E Río Desaguadero basin
- F Río Tunuyán basin
- G Río Diamante basin
- H Río Atuel basin
- I Río Colorado basin



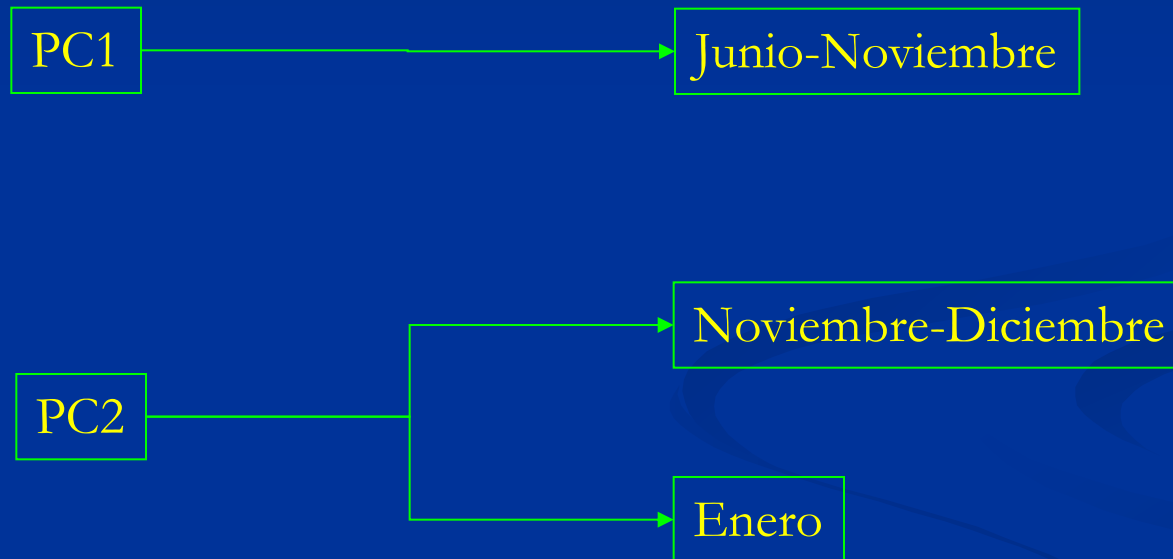
PC1L	Atu	Tun
Tun	0.8806	
Men	0.8024	0.8933

PC2L	Atu	Tun
Tun	0.6770	
Men	0.6101	0.8554

Resultados campos de correlaciones

Componente Principal

Variable atmosférica-oceánica



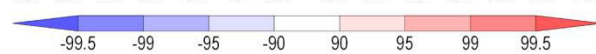
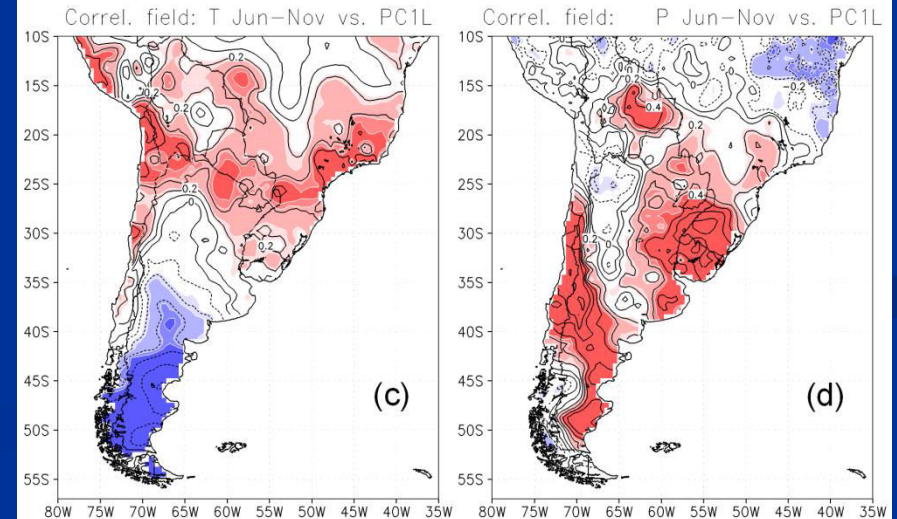
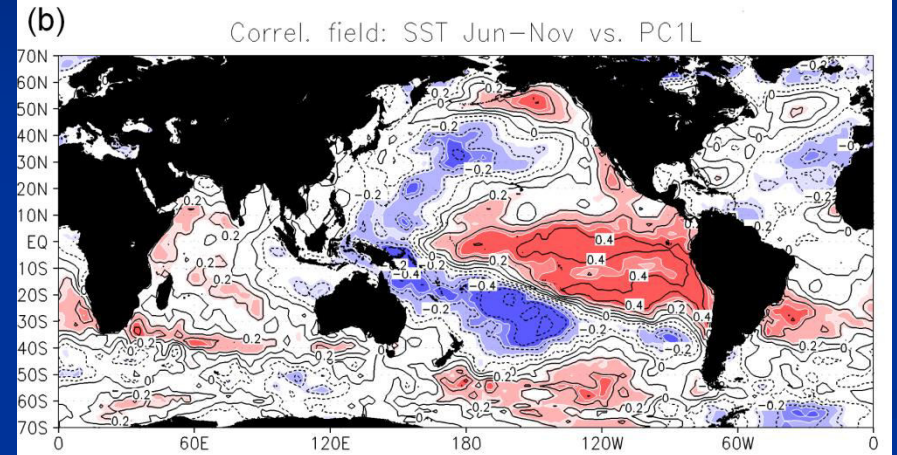
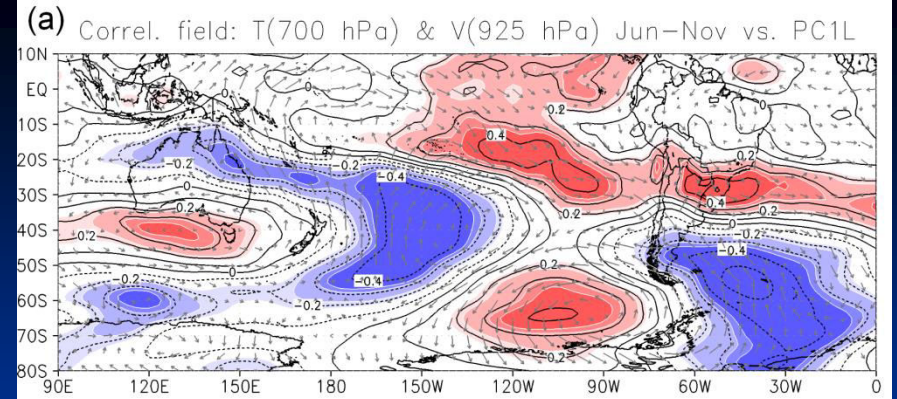
PC1 → **Junio-Noviembre**

Temperatura en 700 hPa y Viento en 925 hPa (a)

Temperatura Superficial del Mar (b)

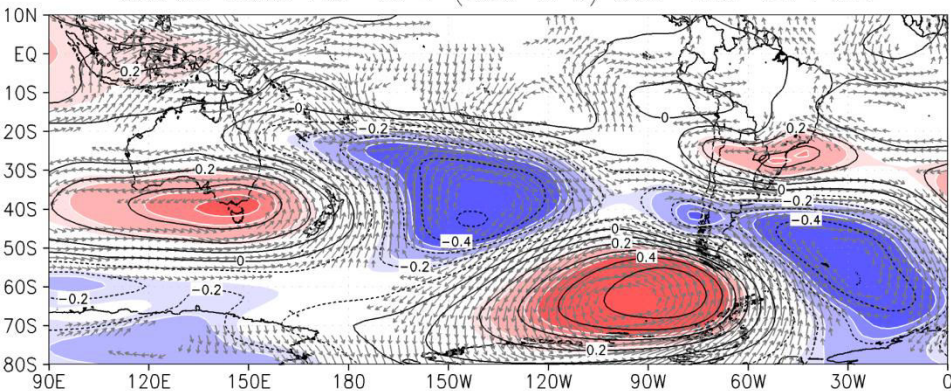
Temperatura a 2m (c)

Precipitación (d)

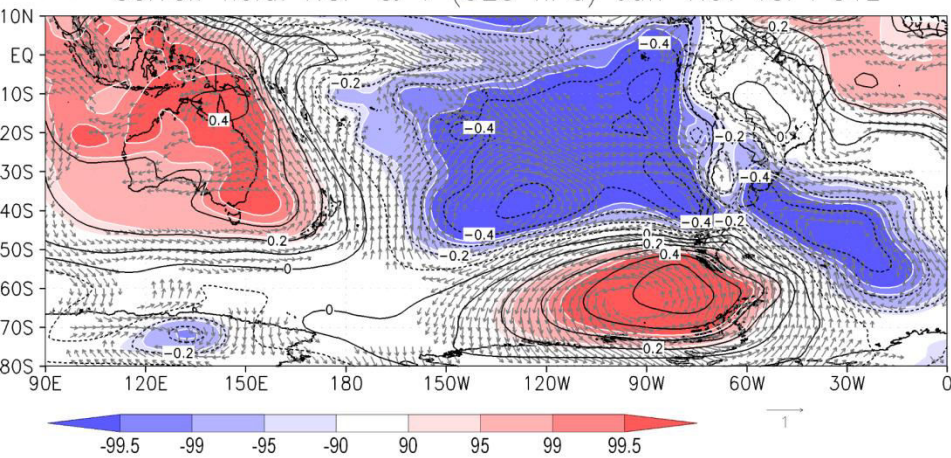


Altura Geopotencial y Viento en 500 (a) y 925 hPa (b)
 Función corriente en $\sigma = 0.25$ (c)
 Función corriente en $\sigma = 0.99$ y Agua Precipitable (d)

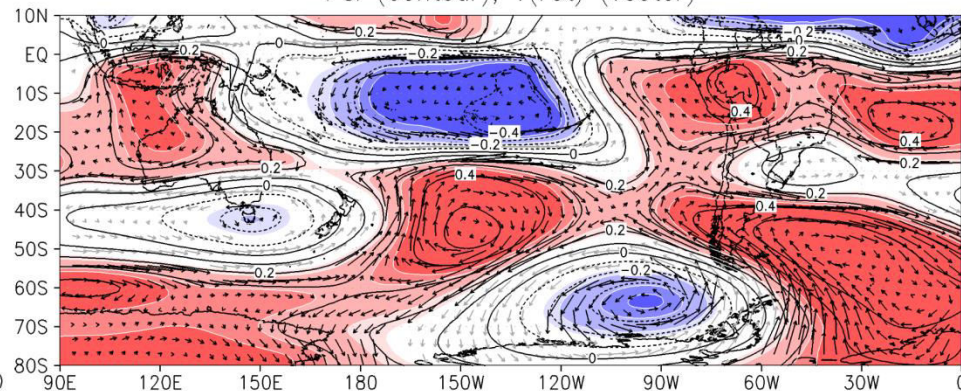
(a) Correl. field: HGP & V (500 hPa) Jun–Nov vs. PC1L



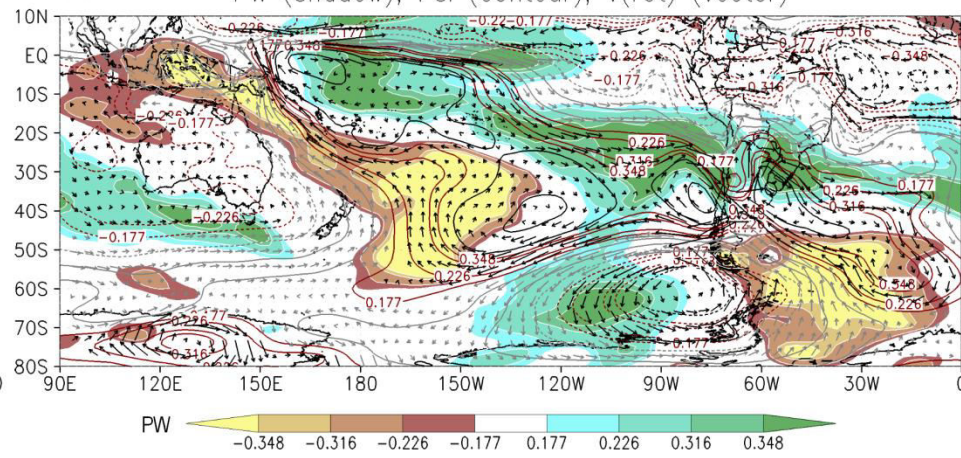
(b) Correl. field: HGP & V (925 hPa) Jun–Nov vs. PC1L



(c) Correl. field: Psi(.2582) Jun–Nov vs. PC1L
 Psi (contour), V(rot) (vector)

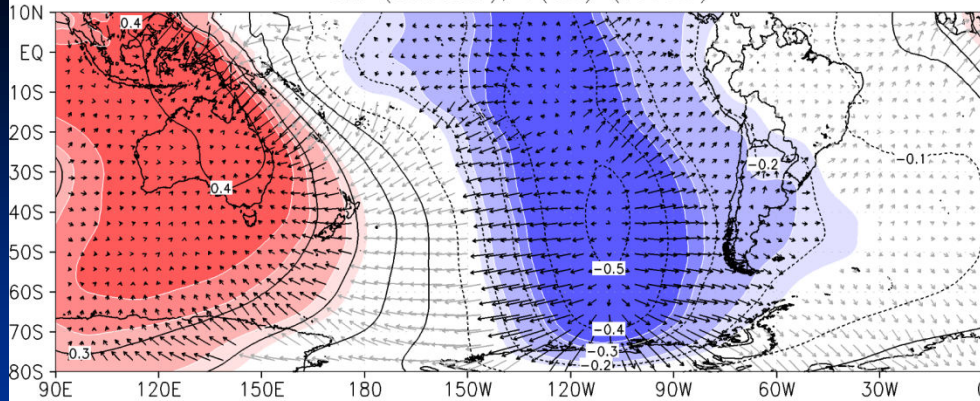


(d) Correl. field: PW, Psi(.995) Jun–Nov vs. PC1L
 PW (shadow), Psi (contour), V(rot) (vector)



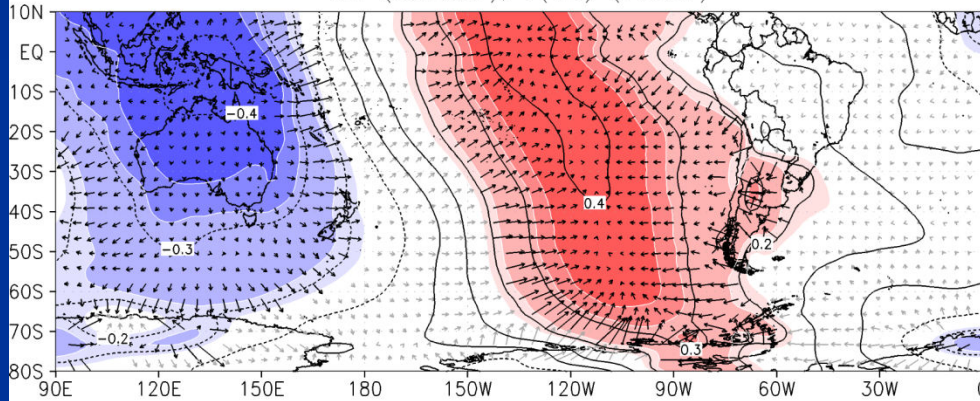
(a)

Correl. field: Chi(.170) Jun–Nov vs. PC1L
Chi (contour), V(div) (vector)



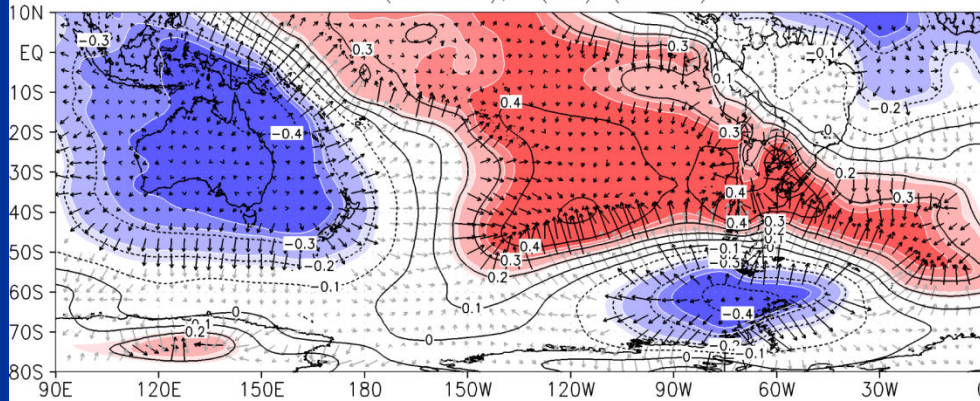
(b)

Correl. field: Chi(.850) Jun–Nov vs. PC1L
Chi (contour), V(div) (vector)



(c)

Correl. field: Chi(.995) Jun–Nov vs. PC1L
Chi (contour), V(div) (vector)



Potencial de velocidad en

$\sigma = 0.17$ (a)

$\sigma = 0.85$ (b)

$\sigma = 0.99$ (c)

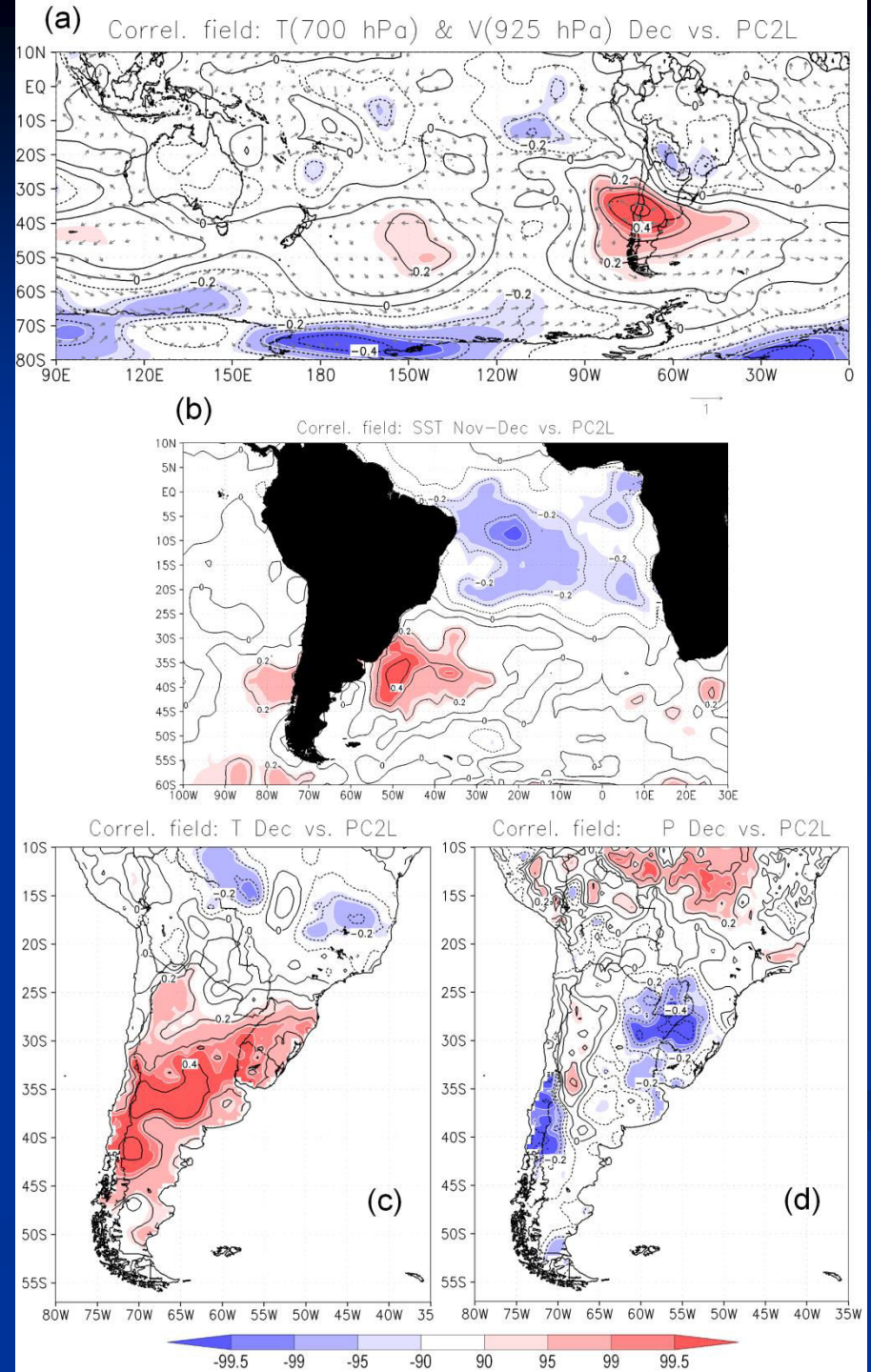
PC2 → Noviembre-Diciembre

Temperatura en 700 hPa y Viento en 925 hPa (a)

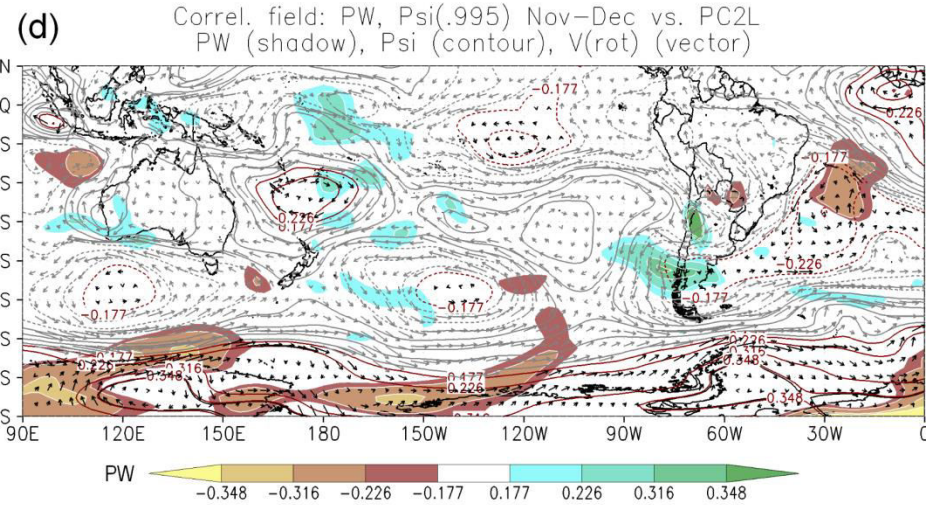
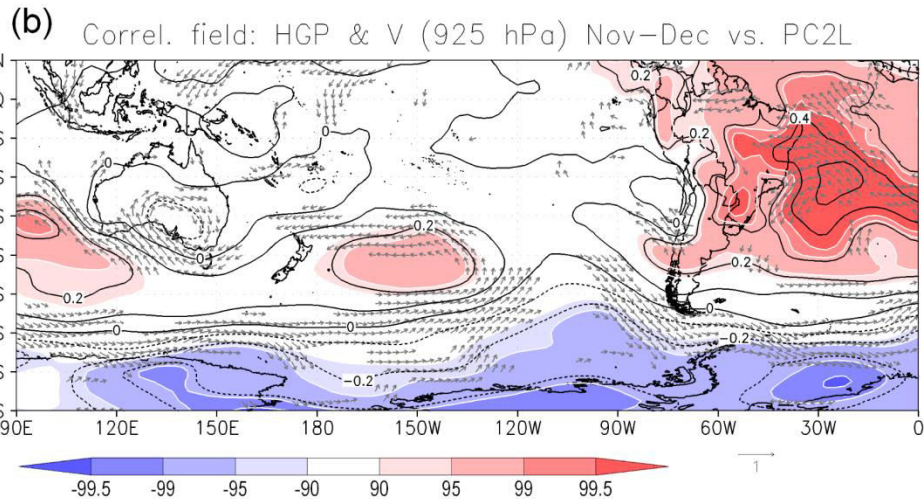
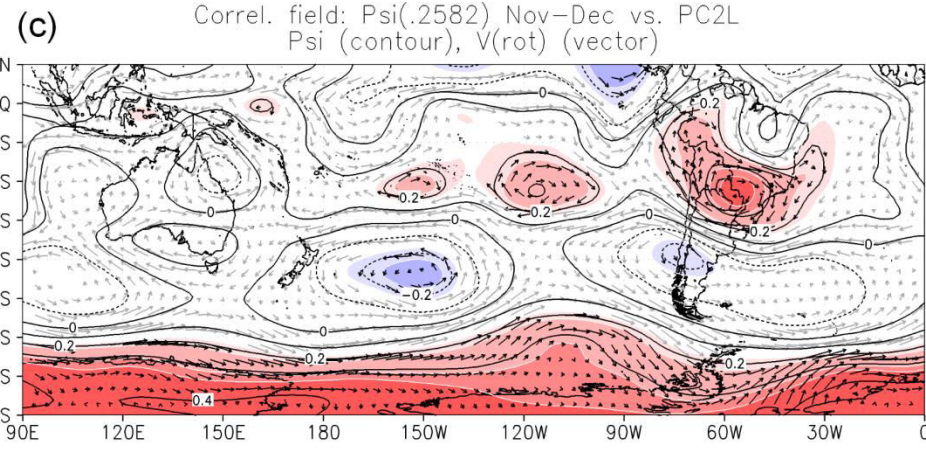
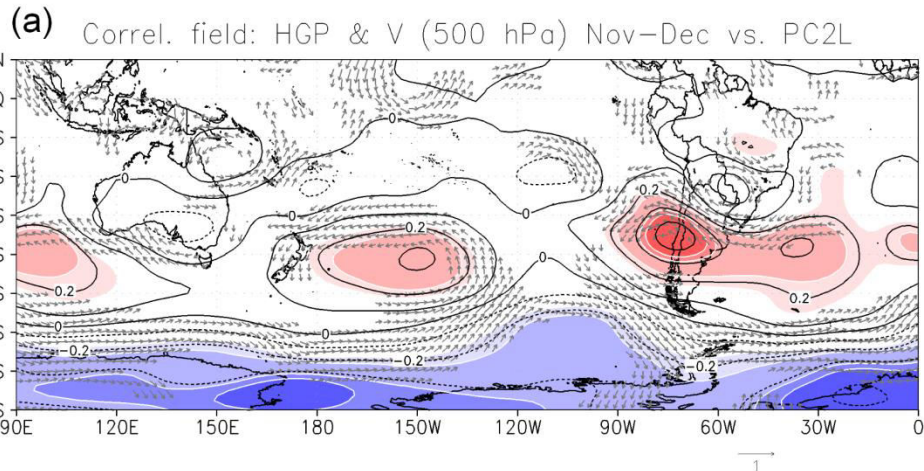
Temperatura Superficial del Mar (b)

Temperatura a 2m (c)

Precipitación (d)



Altura Geopotencial y Viento en 500 (a) y 925 hPa (b)
 Función corriente en $\sigma = 0.25$ (c)
 Función corriente en $\sigma = 0.99$ y Agua Precipitable (d)

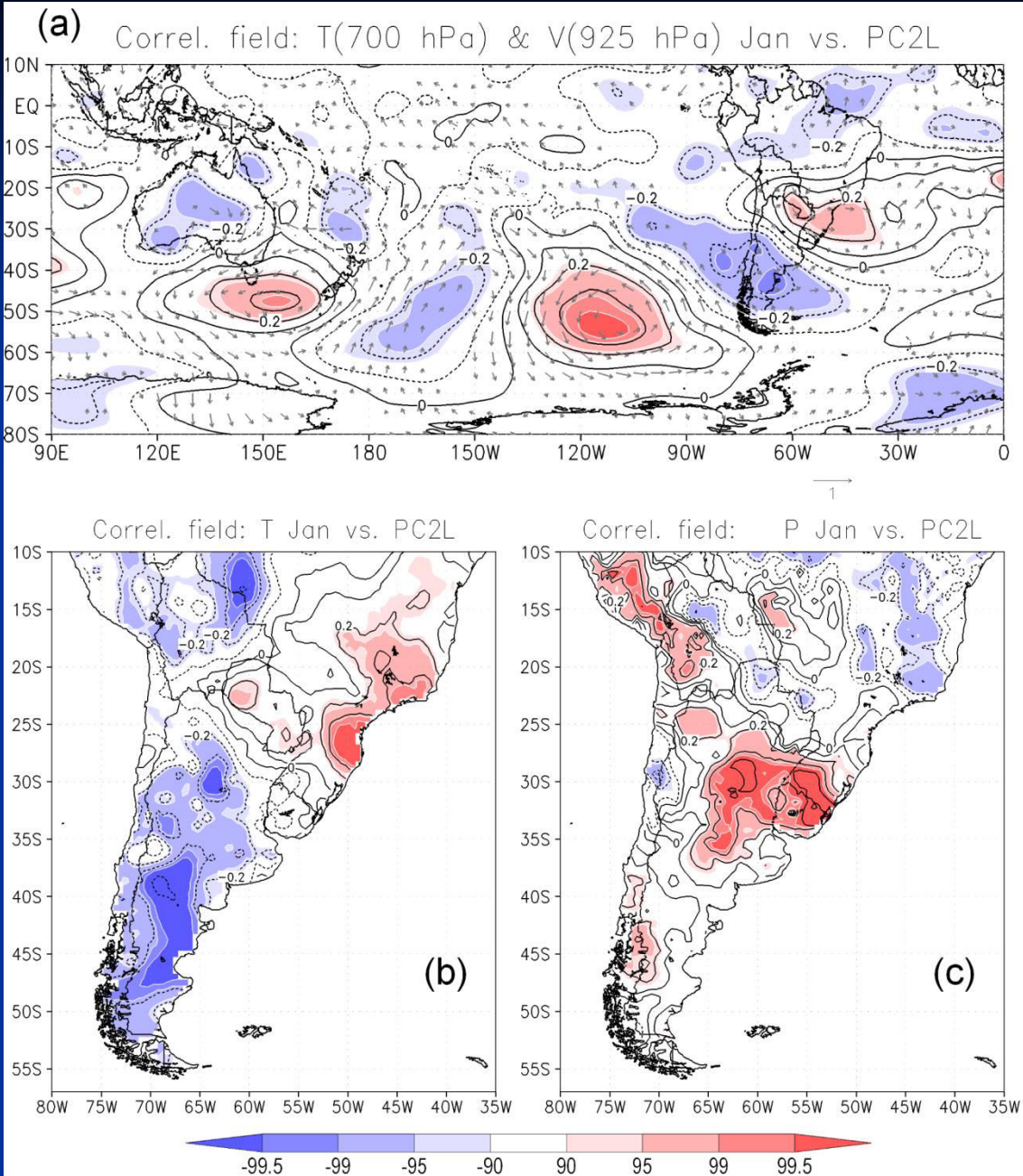


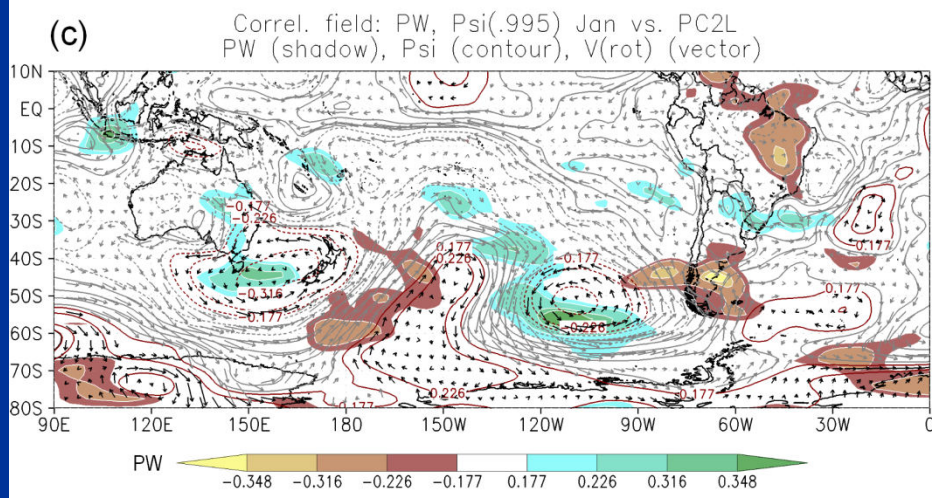
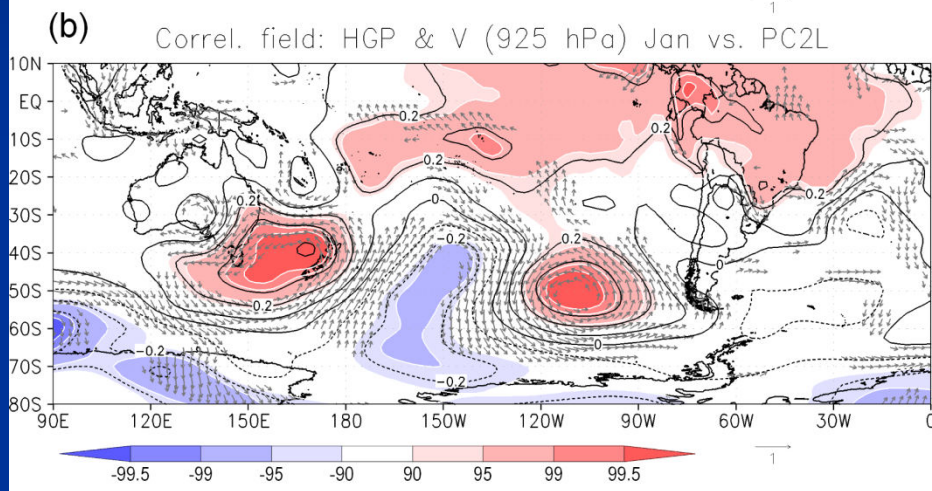
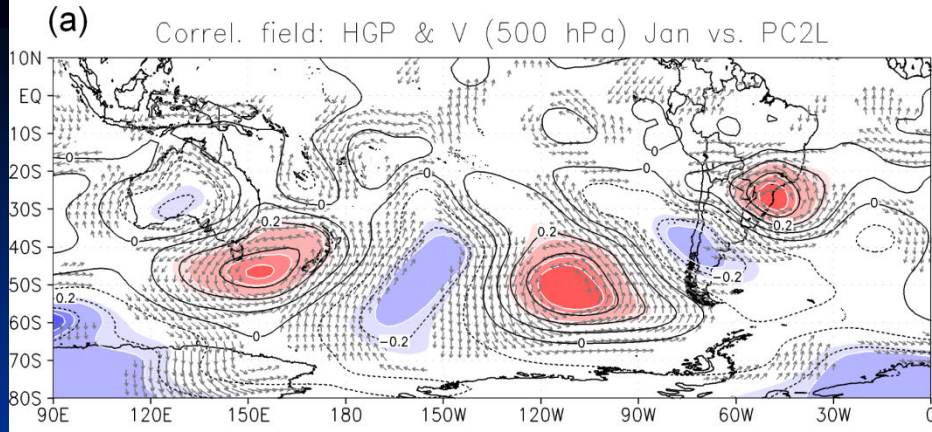


Temperatura en 700 hPa y
Viento en 925 hPa (a)

Temperatura a 2m (b)

Precipitación (c)

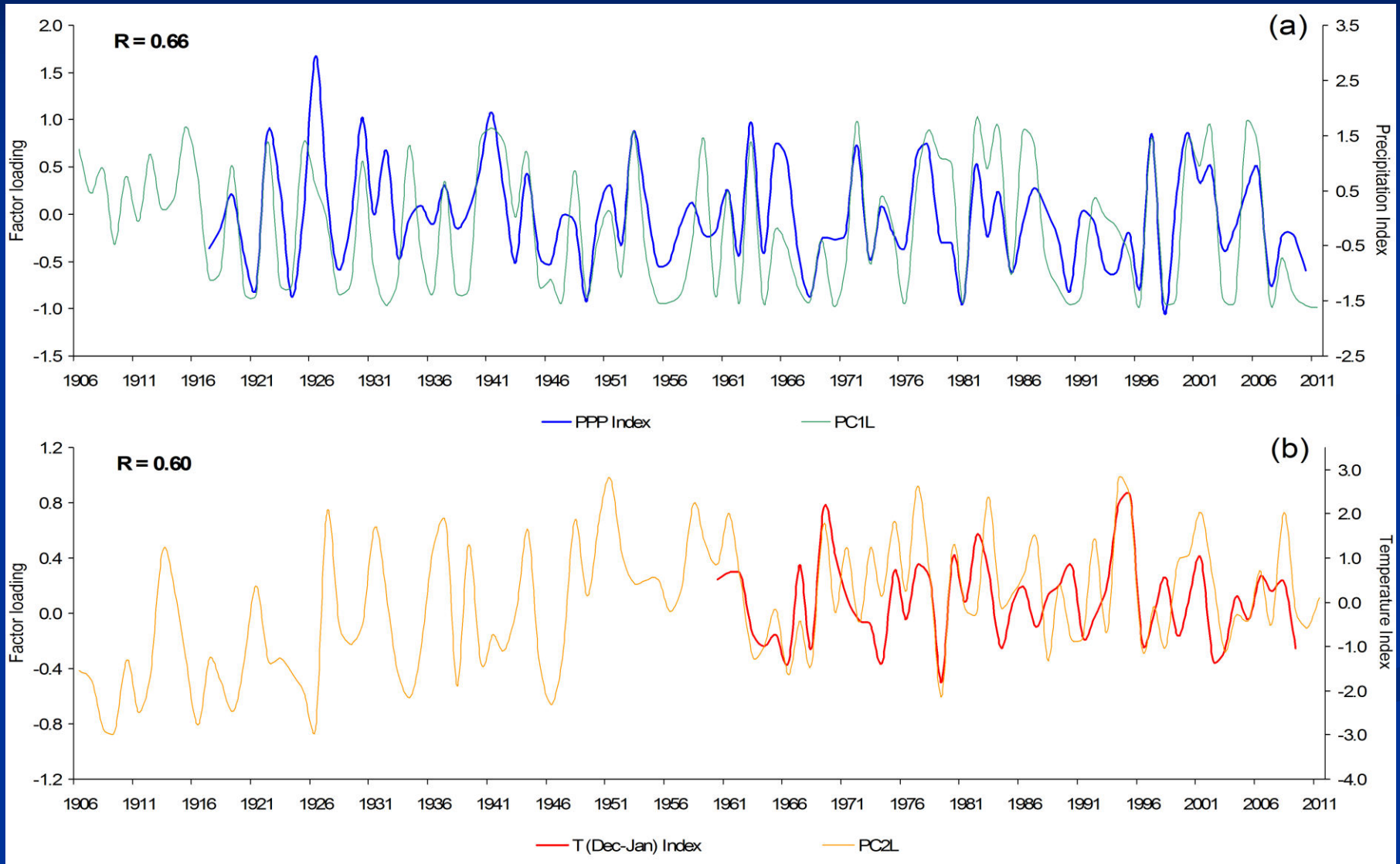




Altura Geopotencial y Viento en 500 (a) y 925 hPa (b)

Función corriente en $\sigma = 0.99$ y Agua Precipitable (c)

PC1L e Índice areal de precipitación (Santiago, Curicó y Concepción) (a)
PC2L e Índice areal de temperatura $T_{[Dic-Ene]}$ (San Luis, San Rafael, Santa Rosa) (b)



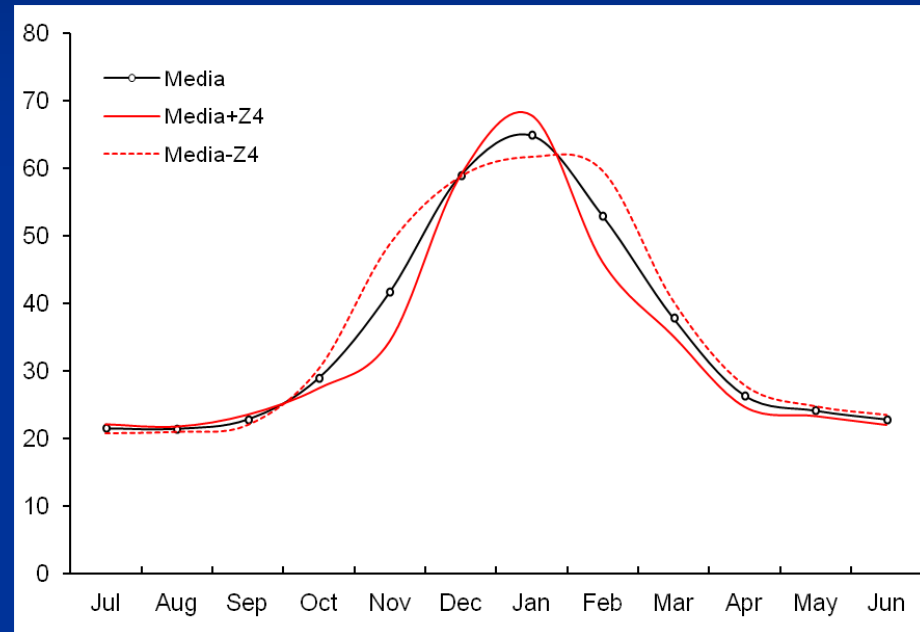
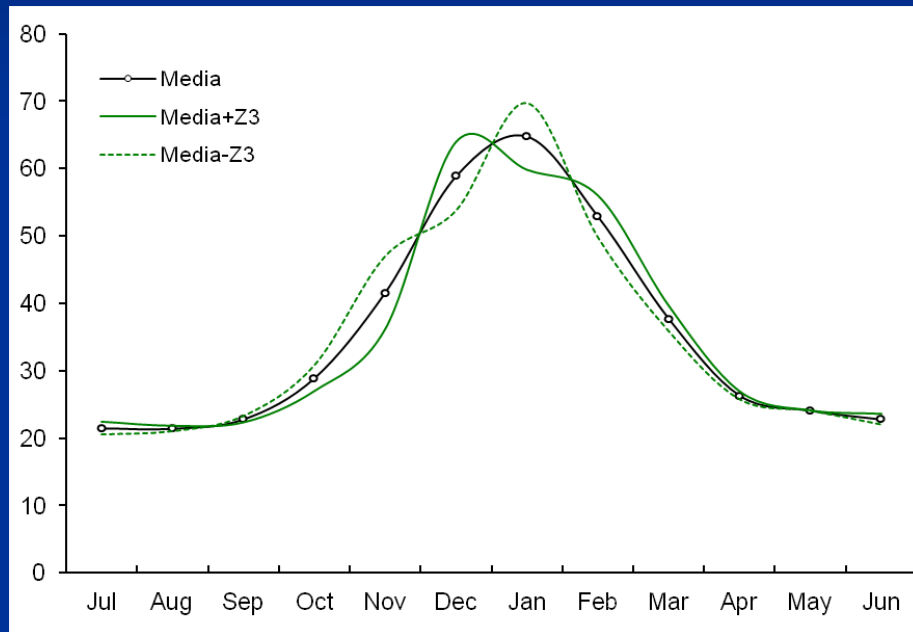
VARIABILIDAD INTRAESTACIONAL



Análisis de Componentes Principales

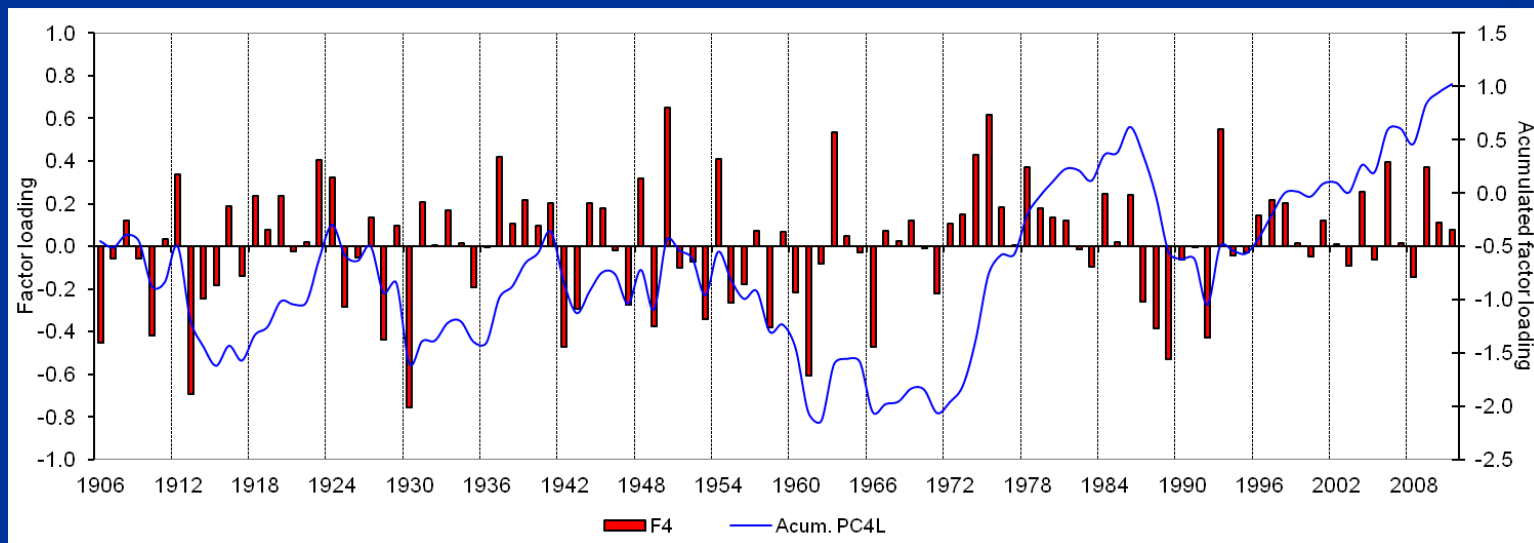
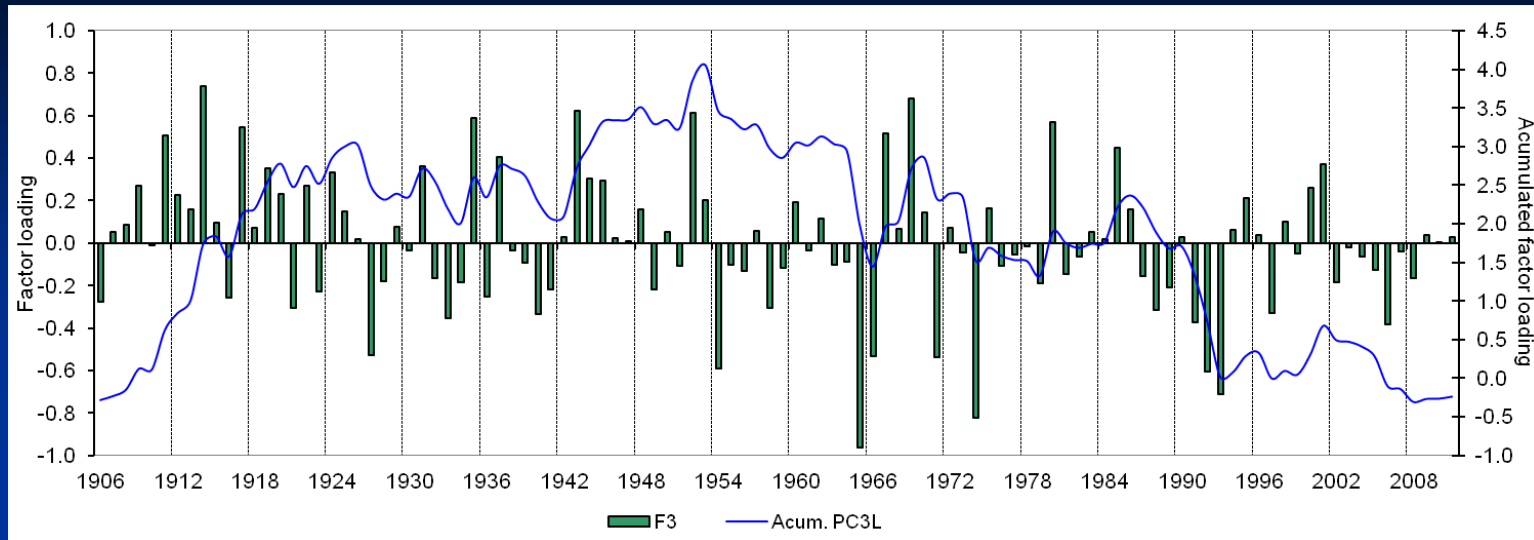
La tercera (PC3) y cuarta (PC4) Componentes Principales explican el 9.7% y el 7.5% de la varianza total en el ciclo anual de caudales, respectivamente.

Componentes de Puntaje (patrones)



Estas componentes representan fluctuaciones de caudal que generan anomalías en períodos de no más de 2 meses de duración (respecto del ciclo medio), principalmente entre octubre y marzo, y cuyo signo se va alternando a lo largo de ese período.

Componentes de Peso (PCL)



Los valores son los coeficientes de correlación entre cada ciclo anual y cada PC patrón. Los valores positivos corresponden al modo directo (+Z) y los negativos al indirecto (-Z).

PC3

→ Oct-Nov

Dic

Ene

Feb

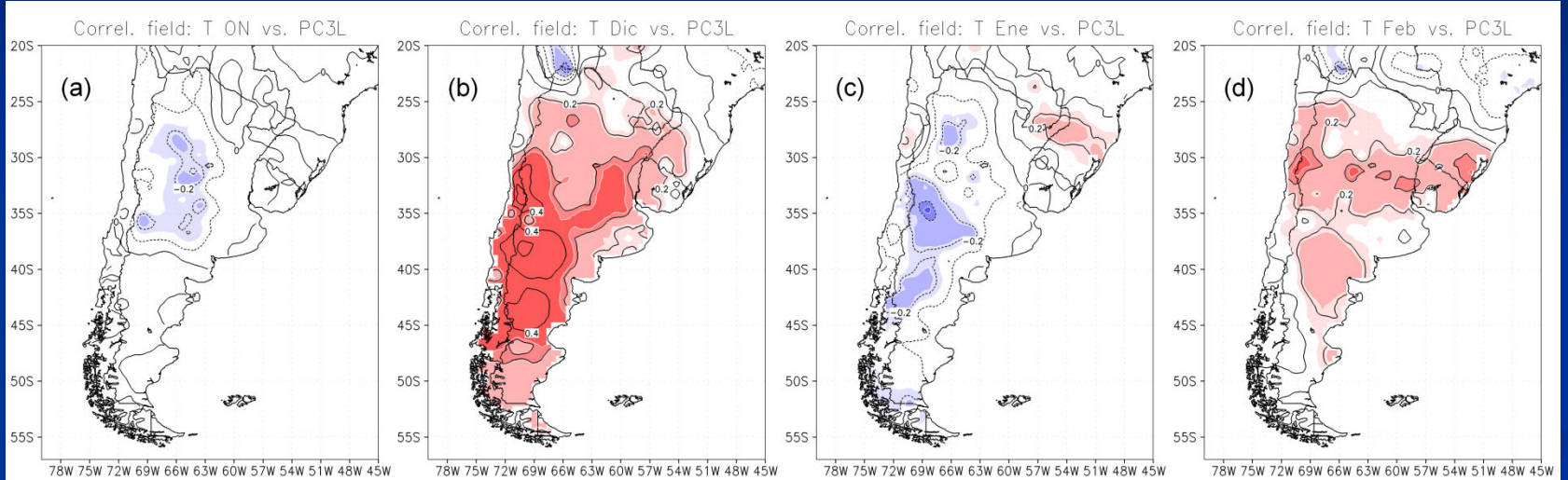
Oct-Nov

Dic.

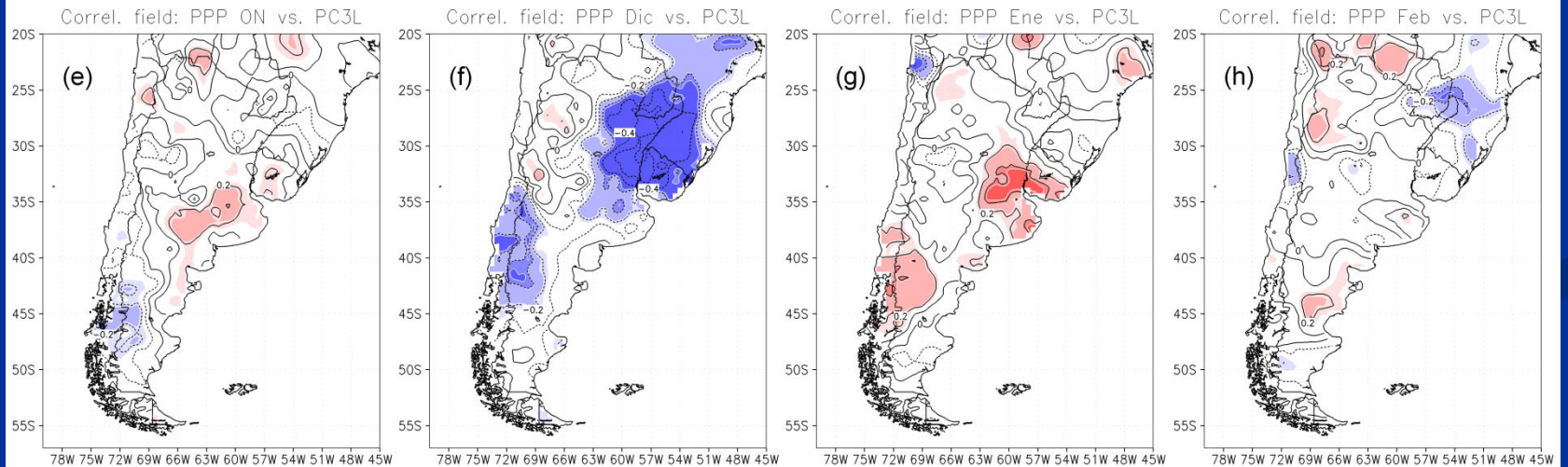
Ene.

Feb.

T



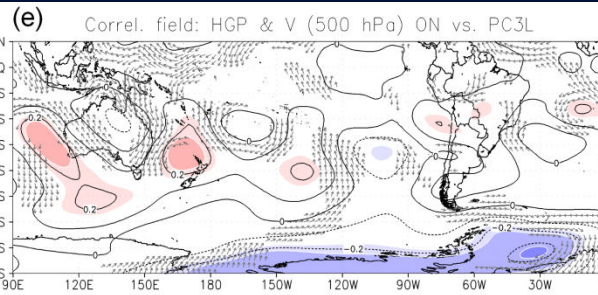
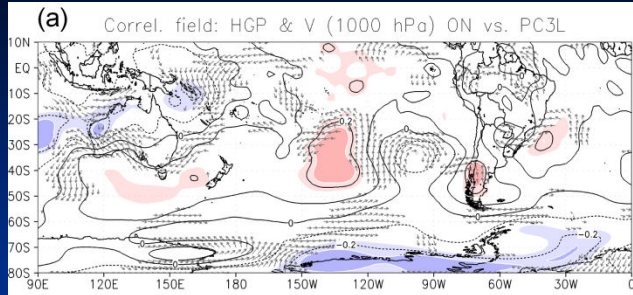
PPP



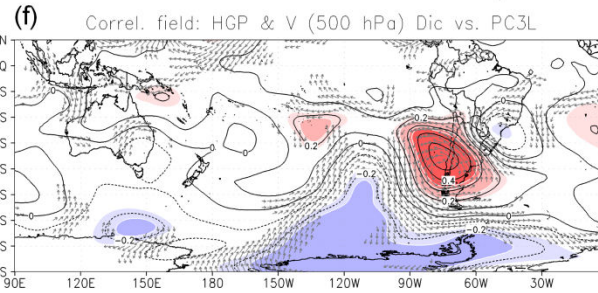
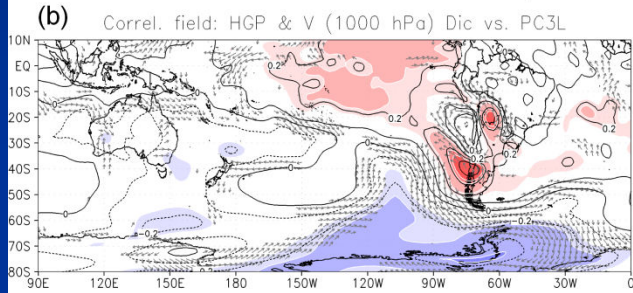
HGP 1000

HGP 500

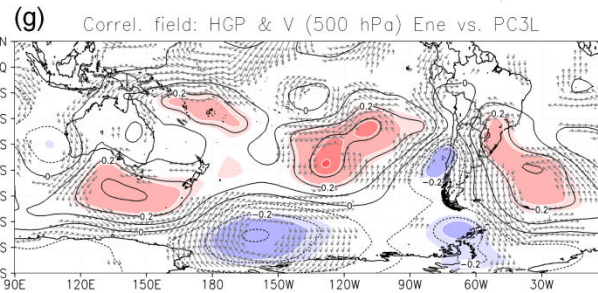
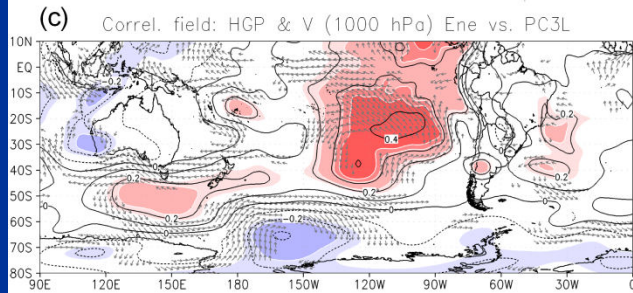
Oct-Nov



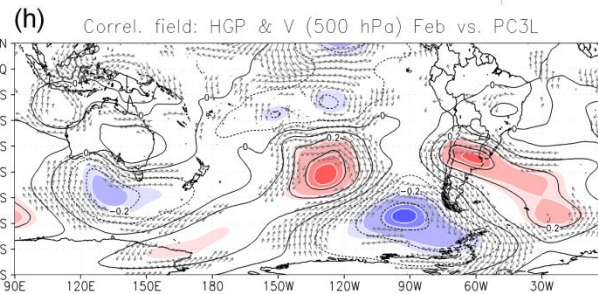
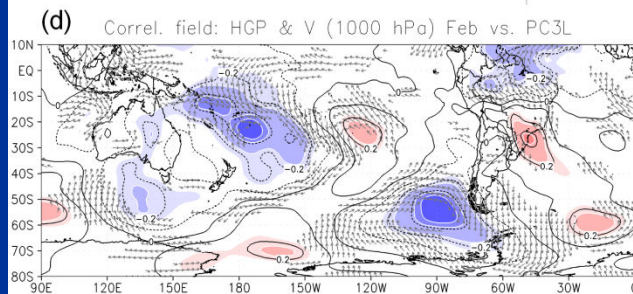
Dic.



Ene.



Feb.



Altura Geopotencial
y Viento en:
1000 (a-d) y
500 hPa (e-h)

PC4

Nov

Ene

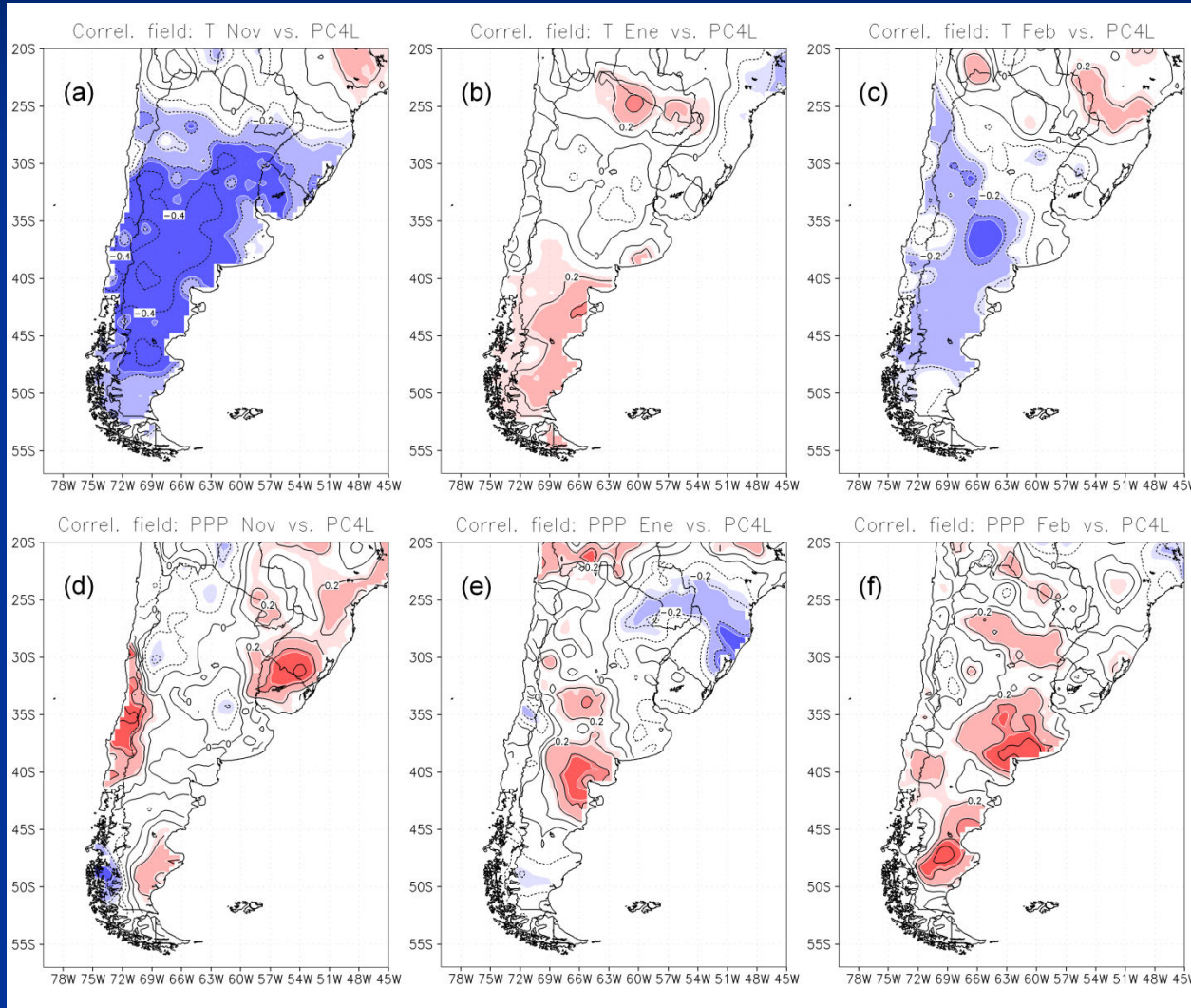
Feb

Nov.

Ene.

Feb.

T

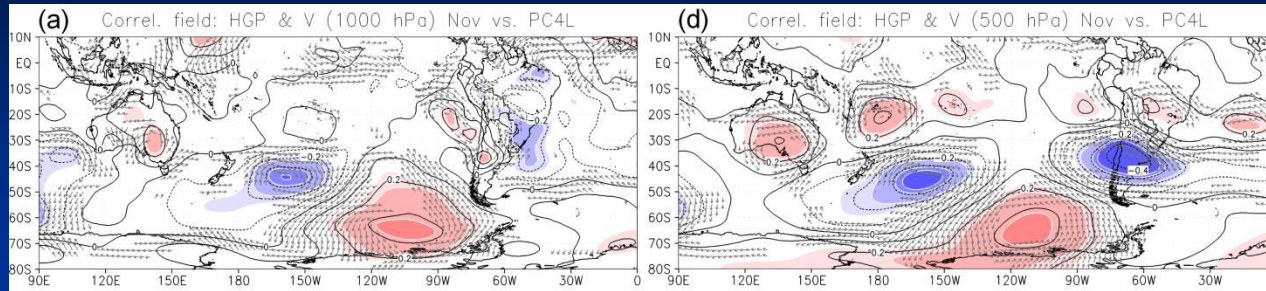


PPP

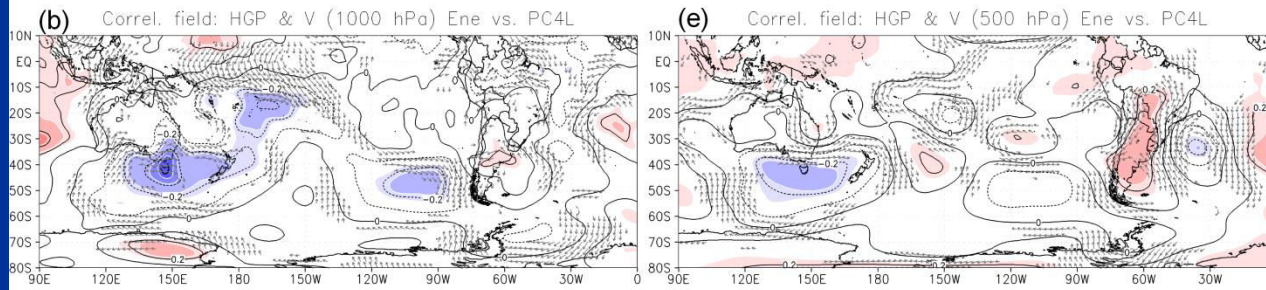
HGP 1000

HGP 500

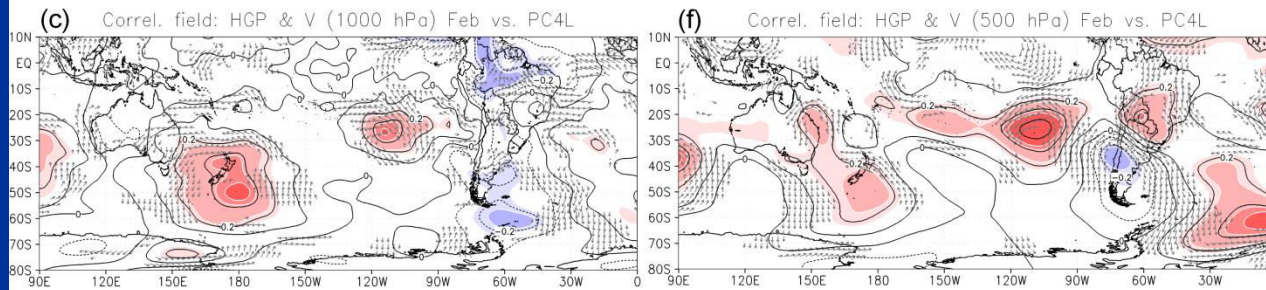
Nov.



Ene.



Feb.

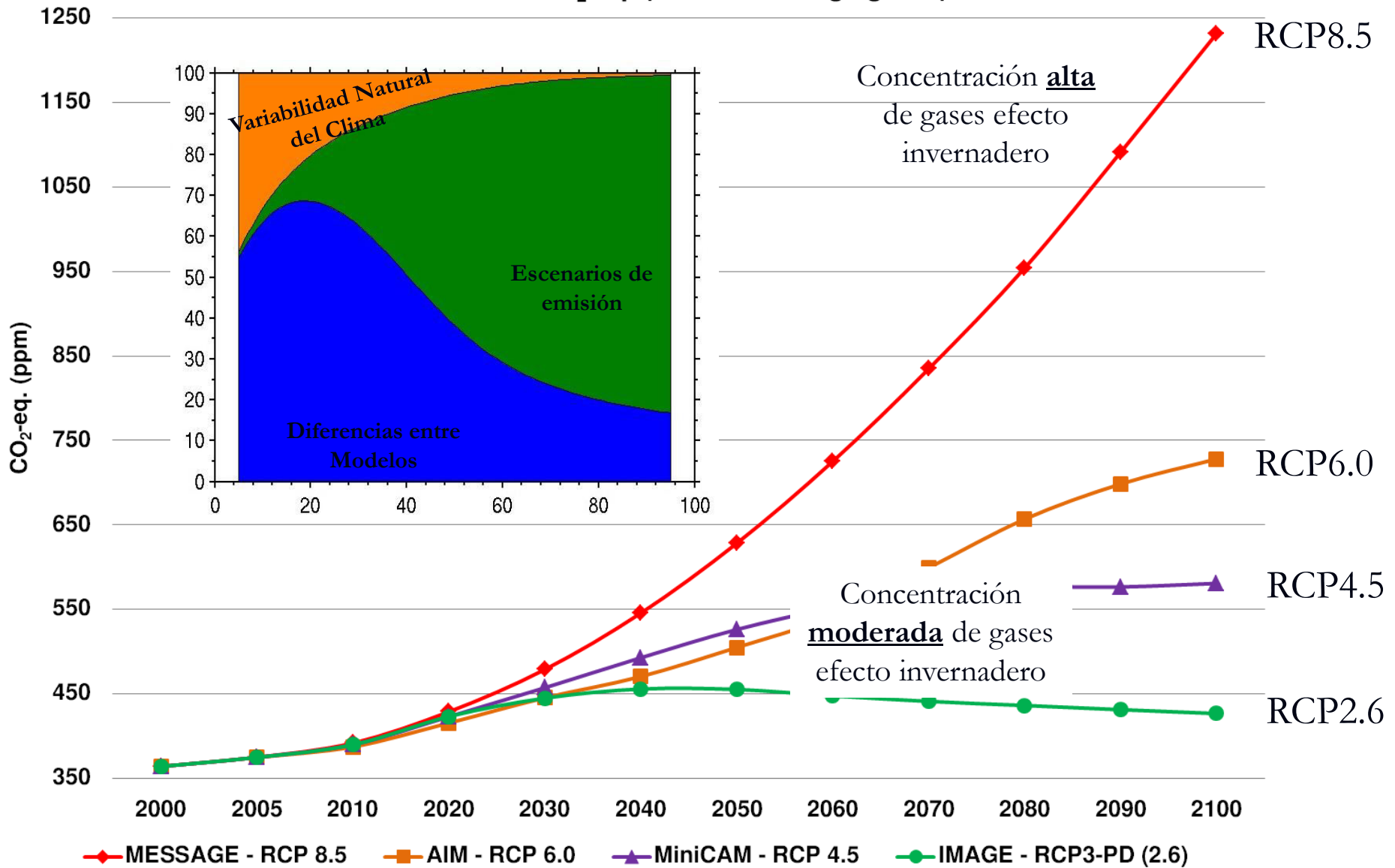


Altura Geopotencial
y Viento en:
1000 (a-c) y
500 hPa (d-f)

ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIO CLIMÁTICO



Concentration - CO₂-eq. (incl. all forcing agents)



Cambios en la Temperatura Media Anual

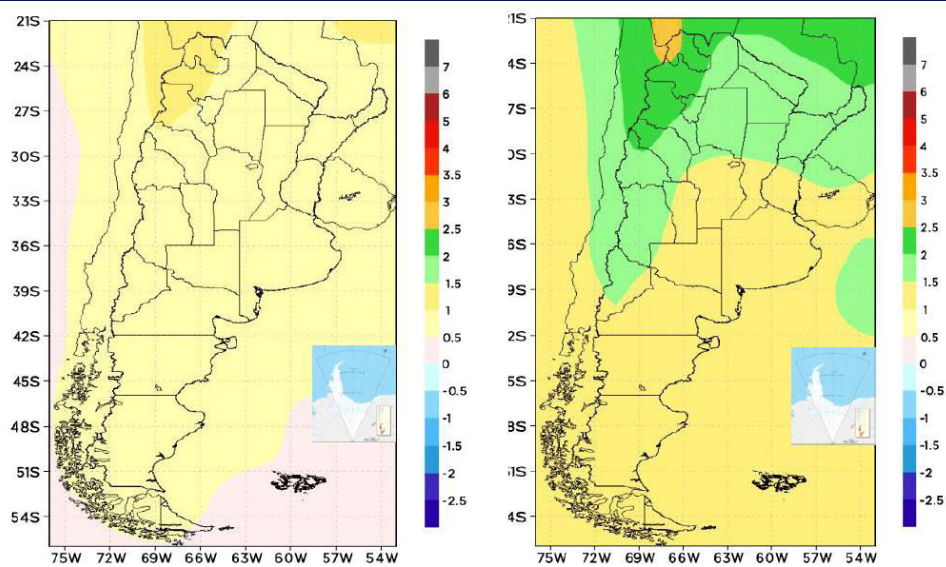
Respecto de 1981-2005

En el futuro cercano, el aumento de la temperatura media no depende mucho de los escenarios y sería de 0,5 a 1°C en casi todo el país, lo que implicaría una aceleración del calentamiento observado en los últimos 50 años (confianza media).

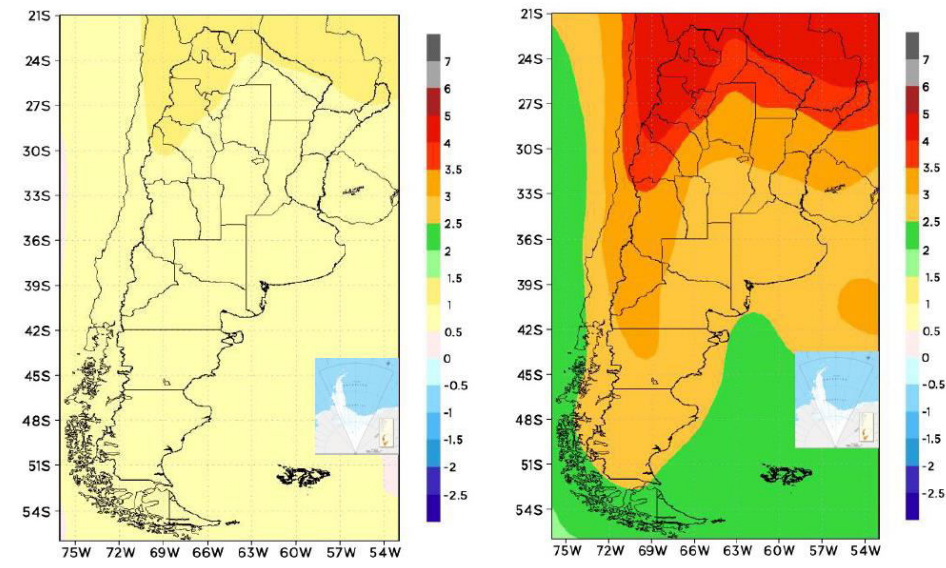
2015-2039

2075-2099

RCP
4.5



RCP
8.5



Promedios de 42 modelos de la base CMIP5.

Cambio porcentual en la Precipitación Anual

Respecto de 1981-2005

Los cambios proyectados por el promedio de todos los modelos CMIP5 en la precipitación media en todo el país no serían relevantes, y excepto para el escenario de mayor emisión (RCP8.5) en el futuro lejano, los cambios proyectados estarían entre menos 10% y más 10% (confianza baja).

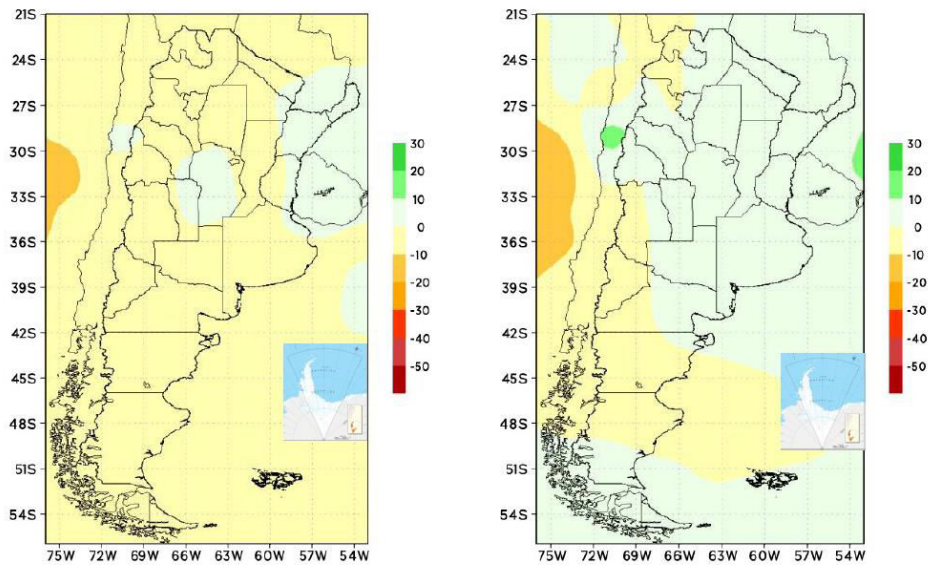
Las proyecciones indican en promedio un aumento de los índices extremos relacionados con las altas temperaturas y las precipitaciones extremas en la mayoría de las regiones del país (confianza media).

Promedios de 42 modelos de la base CMIP5.

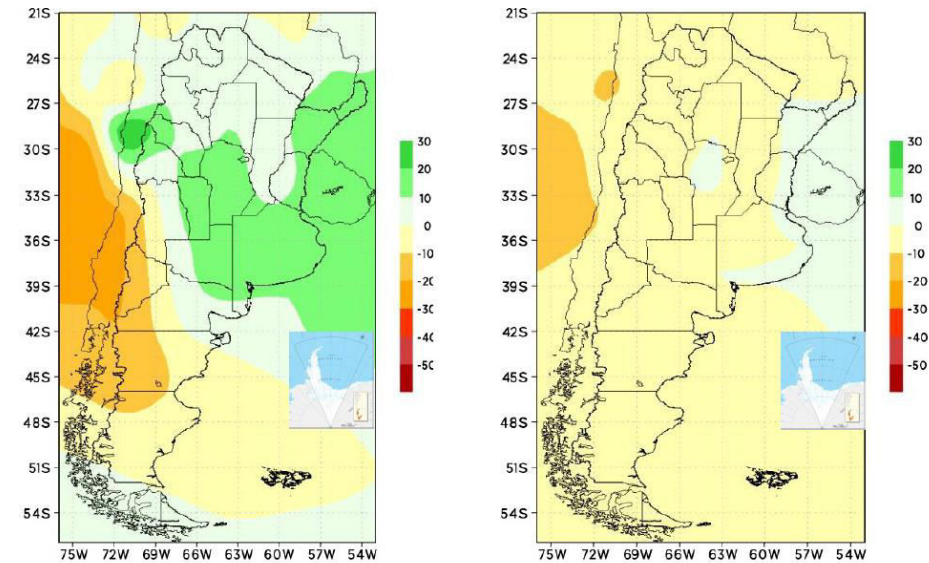
2015-2039

2075-2099

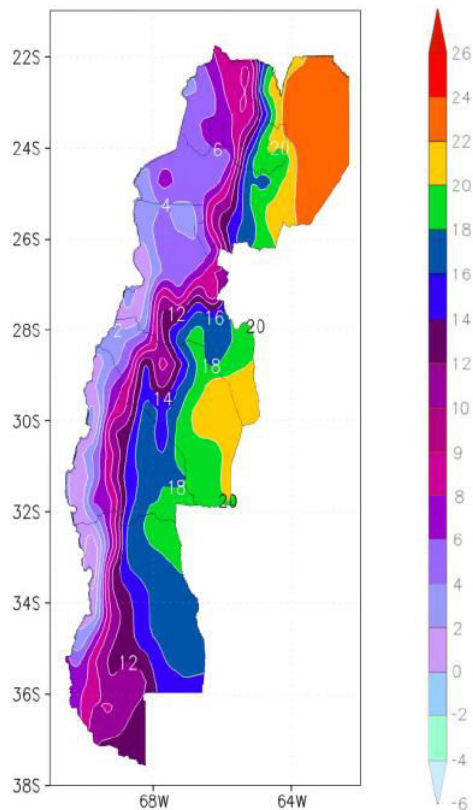
RCP
4.5



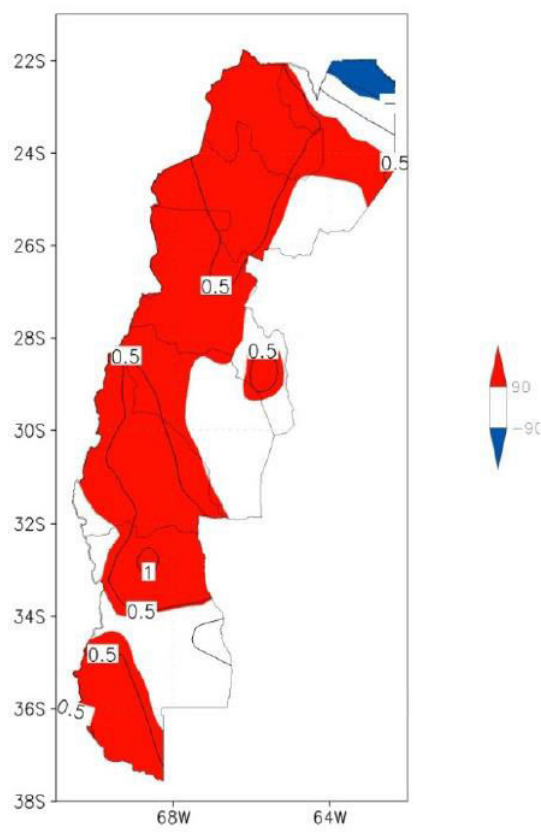
RCP
8.5



Campo medio

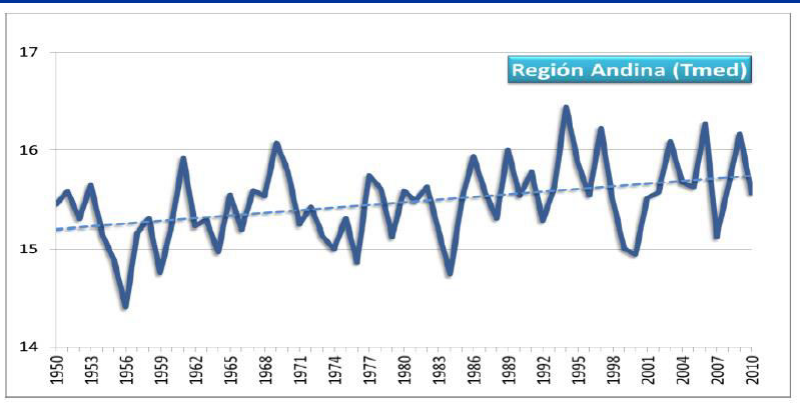


Cambio (1960-2010)



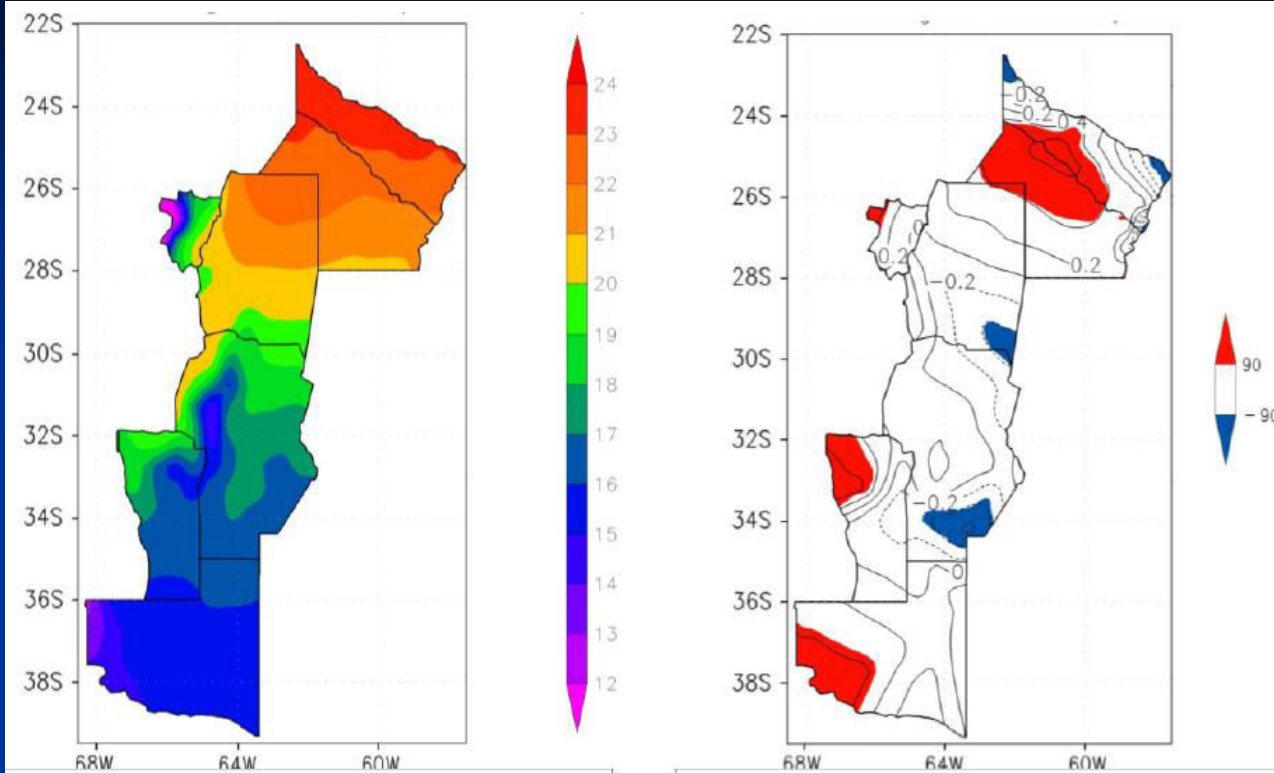
Temperatura Media Anual

La temperatura media anual aumentó (alta confianza) entre 1960 y 2010 sobre casi la totalidad de las subregiones NOA-Norte y Cuyo



		TEMPERATURA MEDIA 1950-2010				
		DEF	MAM	JJA	SON	ANUAL
Mendoza - San Juan	Medio	18,3	17,5	5,2	12,1	11,8
	Cambio	0,5*	0,6**	0,3	0,8**	0,5**

Campo medio

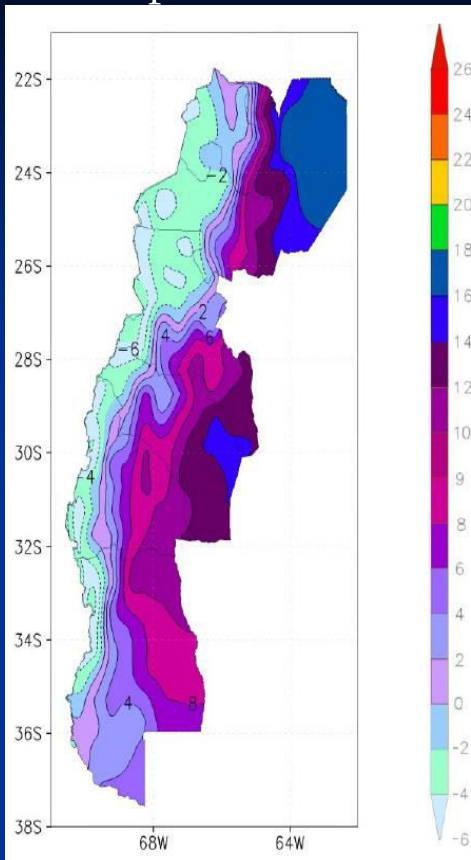


Temperatura Media Anual



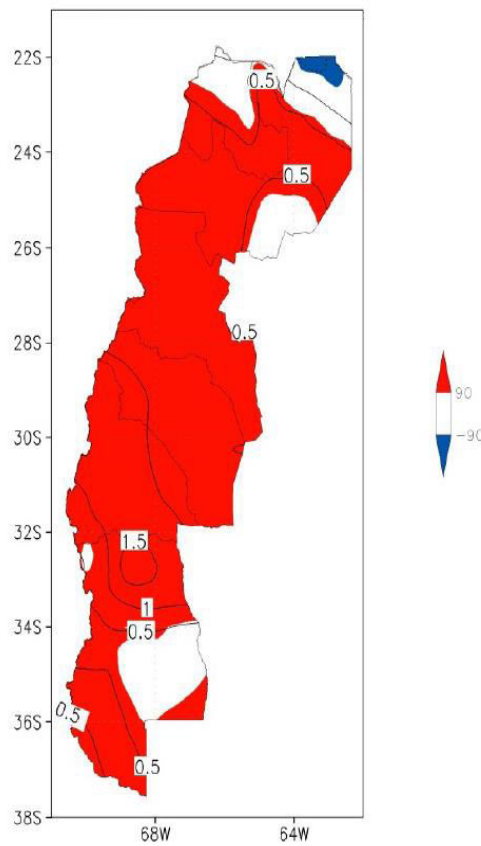
		TEMPERATURA MEDIA 1960-2010				
		DEF	MAM	JJA	SON	ANUAL
CENTRO SUR	Medio	23,1	16,1	9,3	17,0	16,4
	Cambio	-0,3	-0,3	0,0	0,5	-0,0

Campo medio



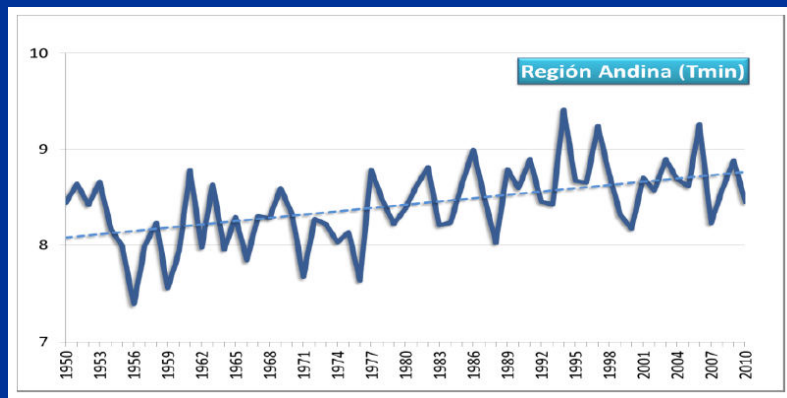
Cambio (1960-2010)

b)



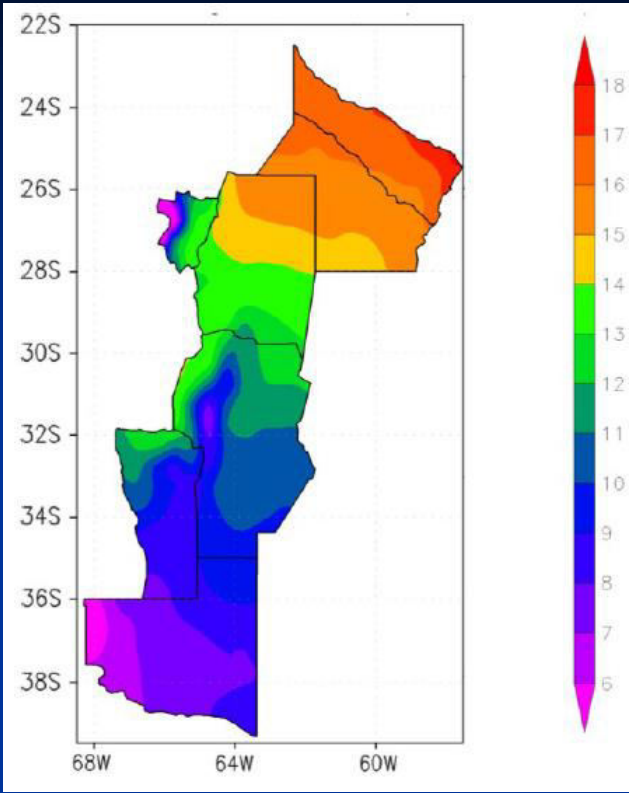
Temperatura Mínima Media

En casi la totalidad de la región Andes la temperatura mínima media aumentó en el período 1960-2010, en algunas localidades en más de 0,5°C y en más de 1°C en el norte de Cuyo, alcanzando a superar 1,5°C sobre el oasis norte de Mendoza (alta confianza),

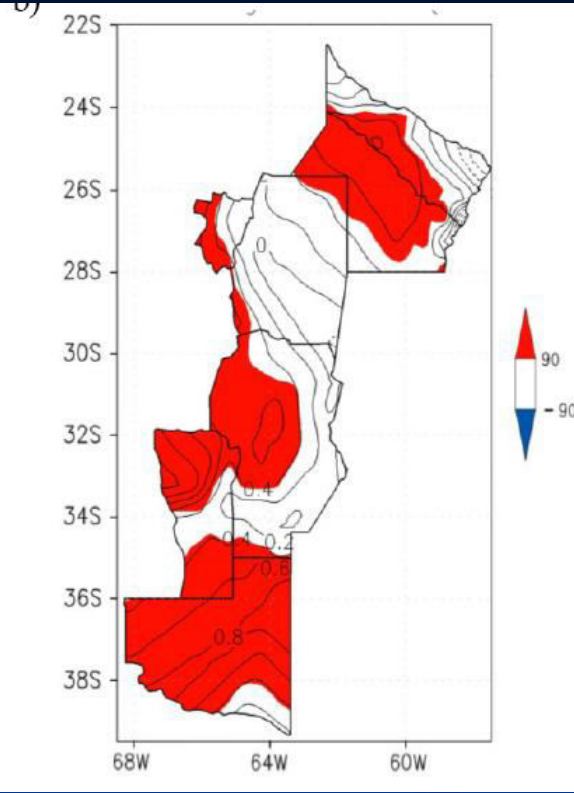


		TEMPERATURA MÍNIMA 1950-2010				
		DEF	MAM	JJA	SON	ANUAL
Mendoza - San Juan	Medio	11,0	5,1	-1,4	4,9	4,9
	Cambio	0,8**	0,6*	0,5	1,0**	0,7**

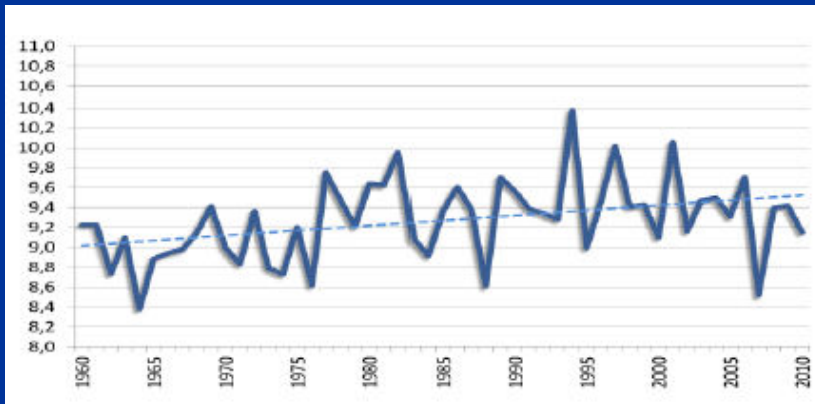
Campo medio



Cambio (1960-2010)

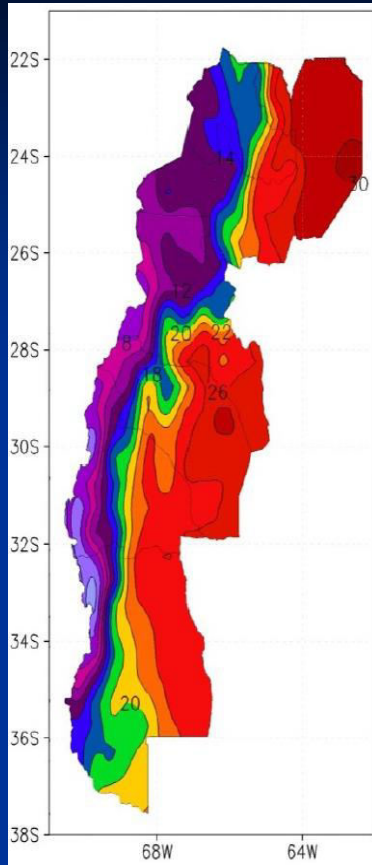


Temperatura Mínima Media

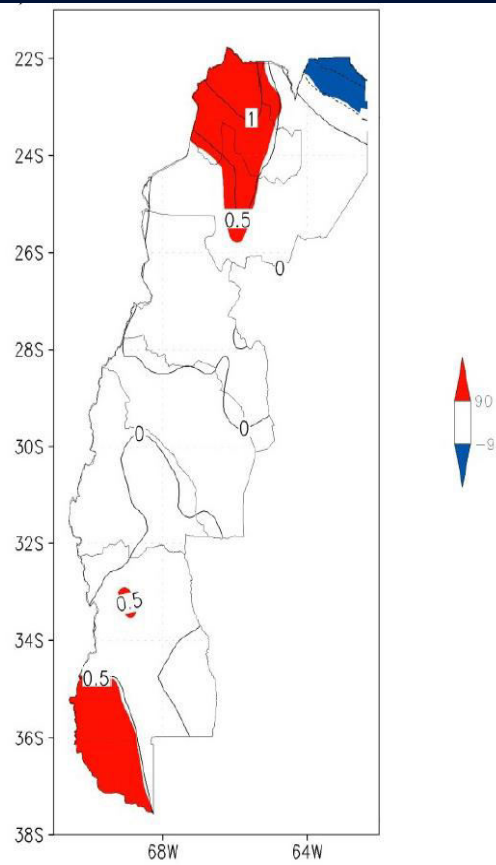


		TEMPERATURA MINIMA 1960-2010				
		DEF	MAM	JJA	SON	ANUAL
CENTRO SUR	Medio	15,7	9,3	2,5	9,6	9,3
	Cambio	0,6*	0,3	0,4	0,8**	0,5**

Campo medio

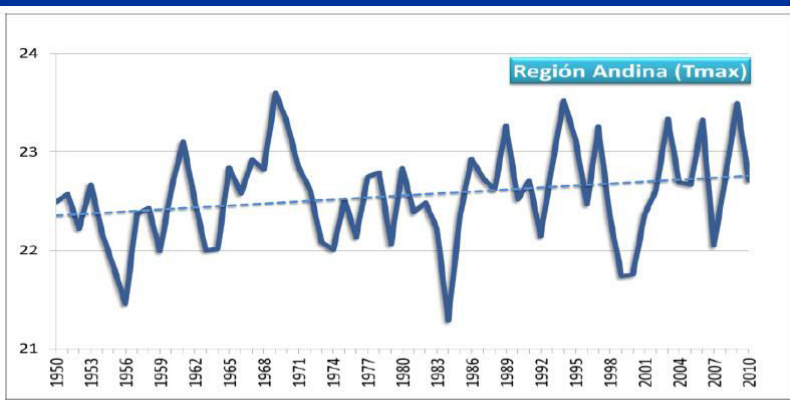


Cambio (1960-2010)



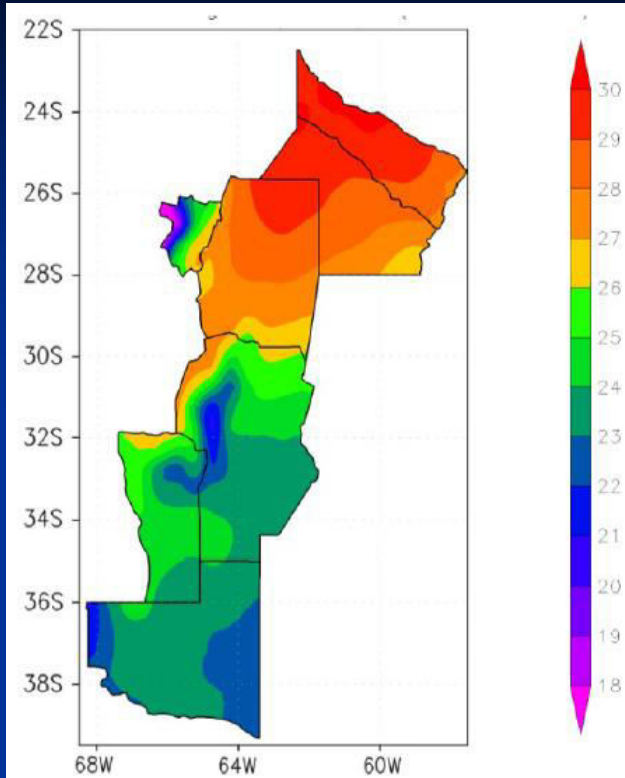
Temperatura Máxima Media

Entre 1960 y 2010, las temperaturas máximas, sólo tuvieron incrementos significativos (al 95% de confianza) superiores a 0,5°C en los extremos norte y sur de la región,

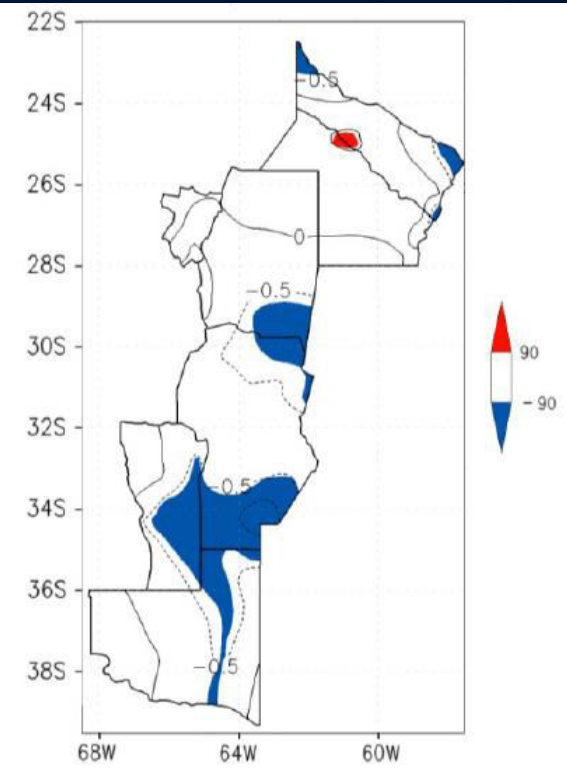


		TEMPERATURA MAXIMA 1950-2010				
		DEF	MAM	JJA	SON	ANUAL
Mendoza -	<i>Medio</i>	25,5	18,5	11,9	19,4	18,8
San Juan	<i>Cambio</i>	0,2	-0,0	0,1	0,6*	0,2

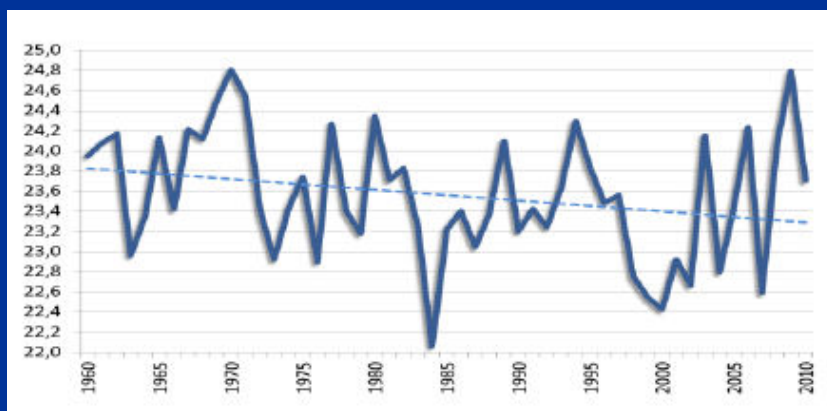
Campo medio



Cambio (1960-2010)



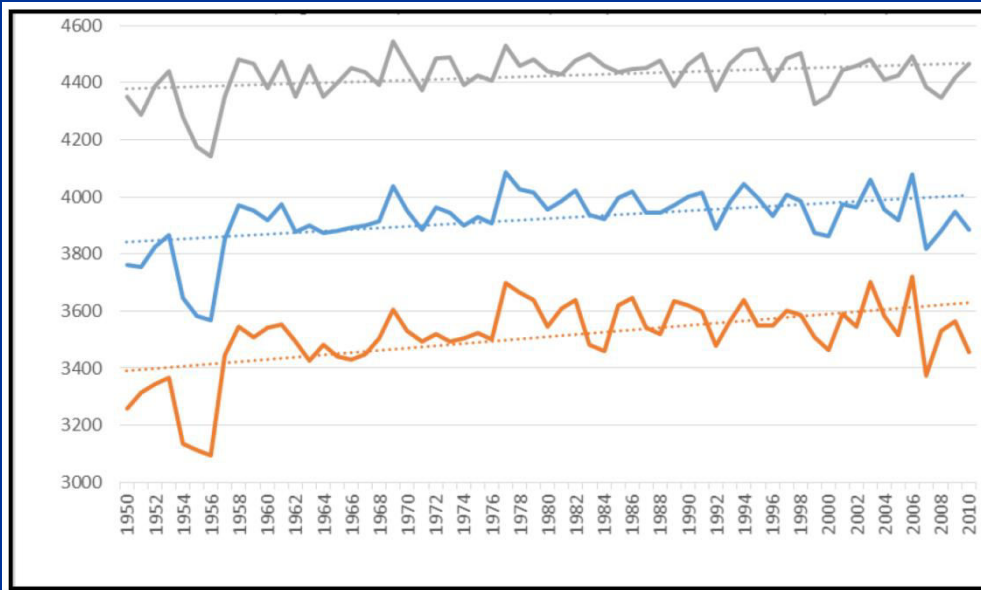
Temperatura Máxima Media



		TEMPERATURA MAXIMA 1960-2010				
		DEF	MAM	JJA	SON	ANUAL
CENTRO SUR	<i>Medio</i>	30,6	23,0	16,2	24,4	23,6
	<i>Cambio</i>	-1,1**	-0,9*	-0,3	0,2	-0,5*

ISOTERMA DE 0°C 1950-2010

		DEF	MAM	JJA	SON	ANUAL
Salta – Jujuy	Medio	4690	4485	4130	4396	4423
	Cambio	98**	107**	109*	72	96**
Catamarca - La Rioja	Medio	4323	4014	3368	3759	3859
	Cambio	161**	172**	162**	164**	164**
Mendoza - San Juan	Medio	4086	3713	2929	3345	3508
	Cambio	183**	210**	322**	280**	252**
REGION ANDES	Medio	4363	4091	3509	3861	3955
	Cambio	144**	160**	201**	171**	170**



Zona N

Andes

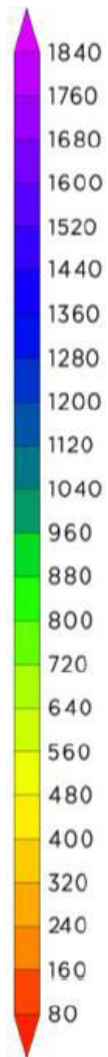
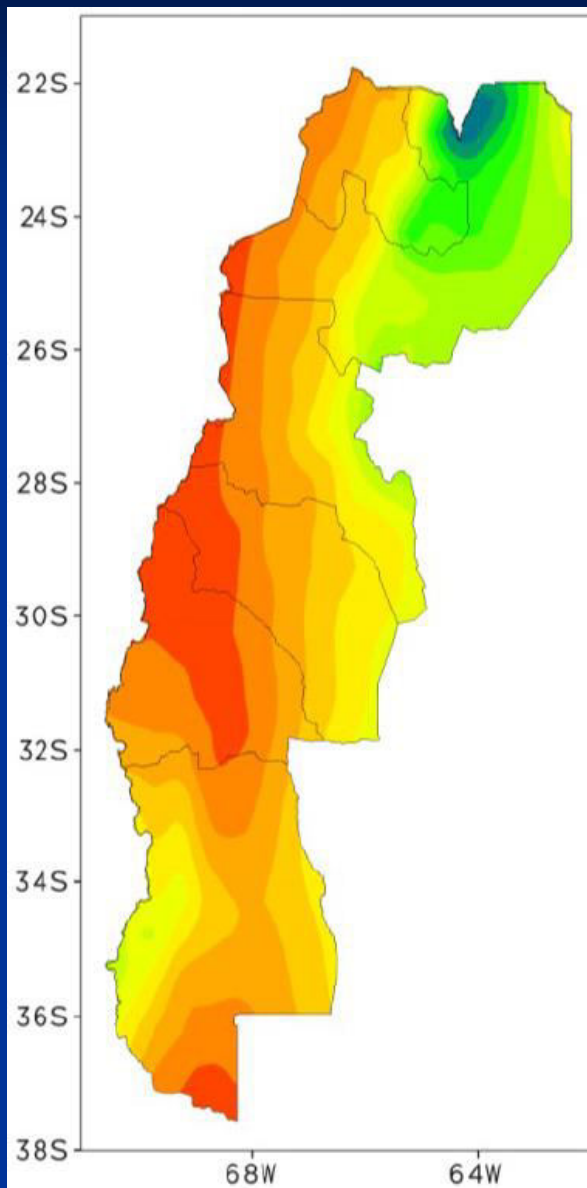
Zona S

Cambios proyectados
con respecto al período
1981-2005

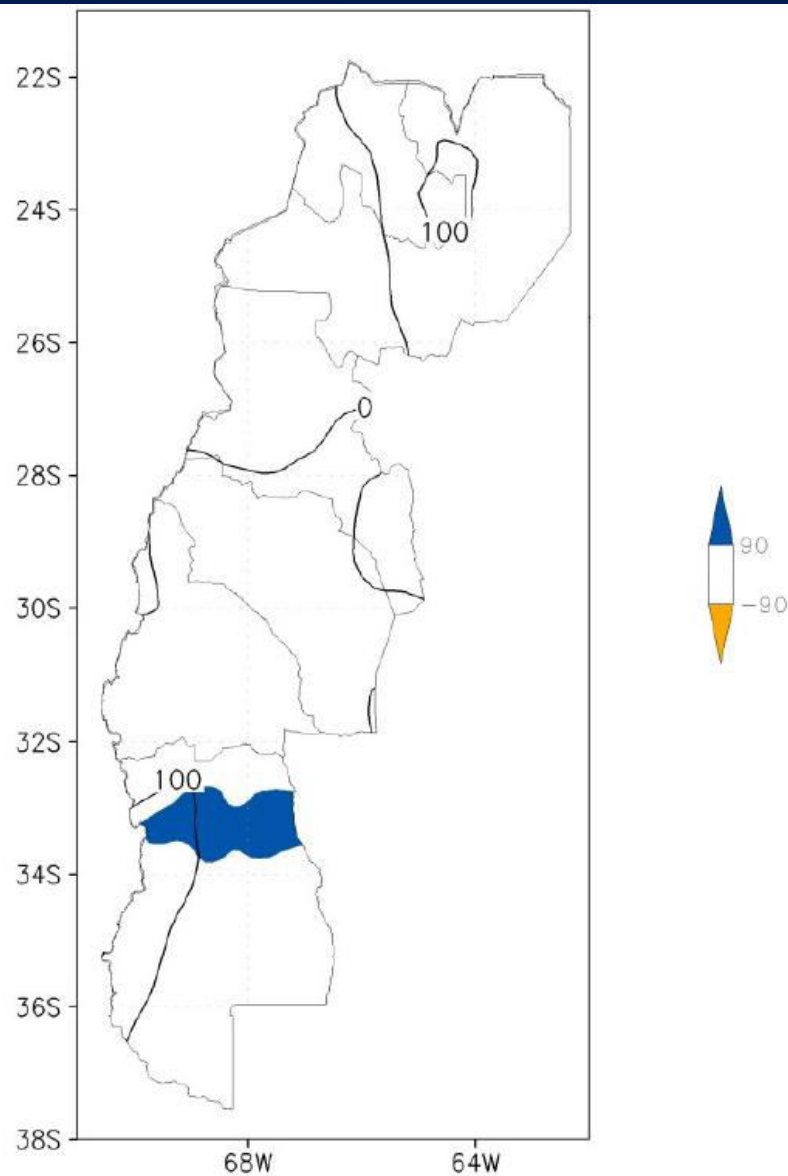
	NOA-S	NOA-N	Región Andes
CAMBIO 2015-2039	260	221	236
CAMBIO 2075-2099	513	478	492

Precipitación Media Anual

Campo medio

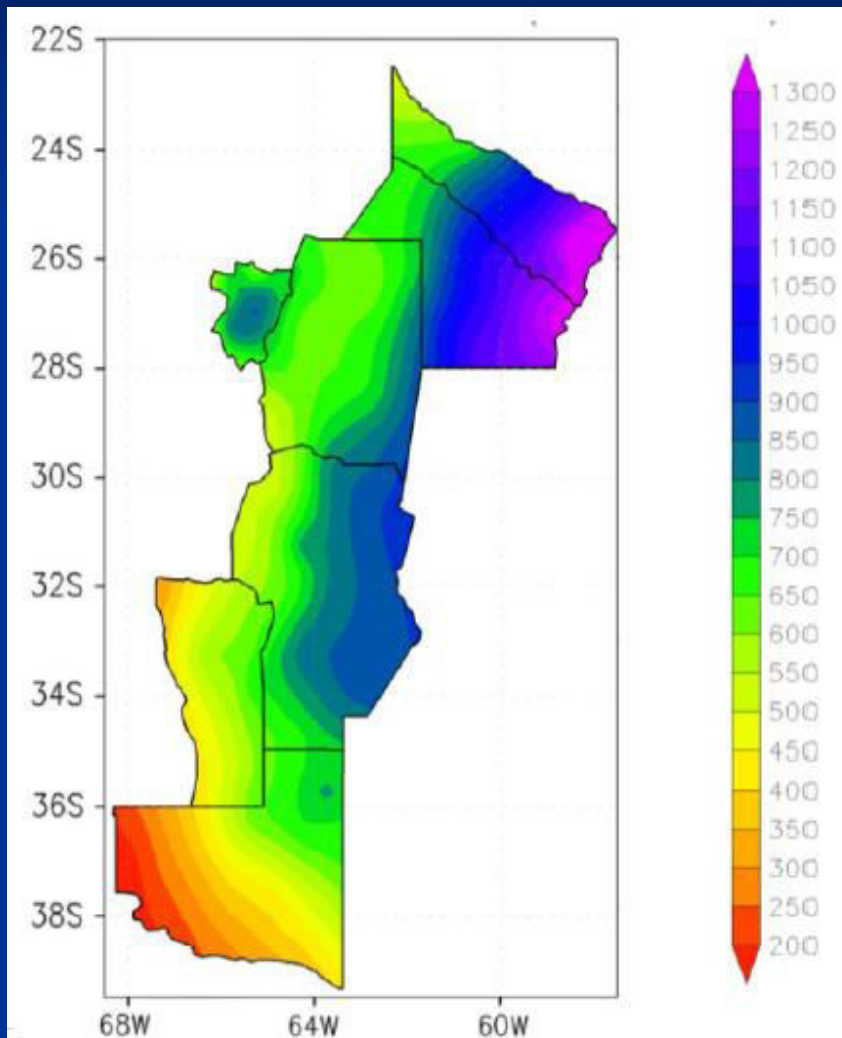


Cambio (1960-2010)

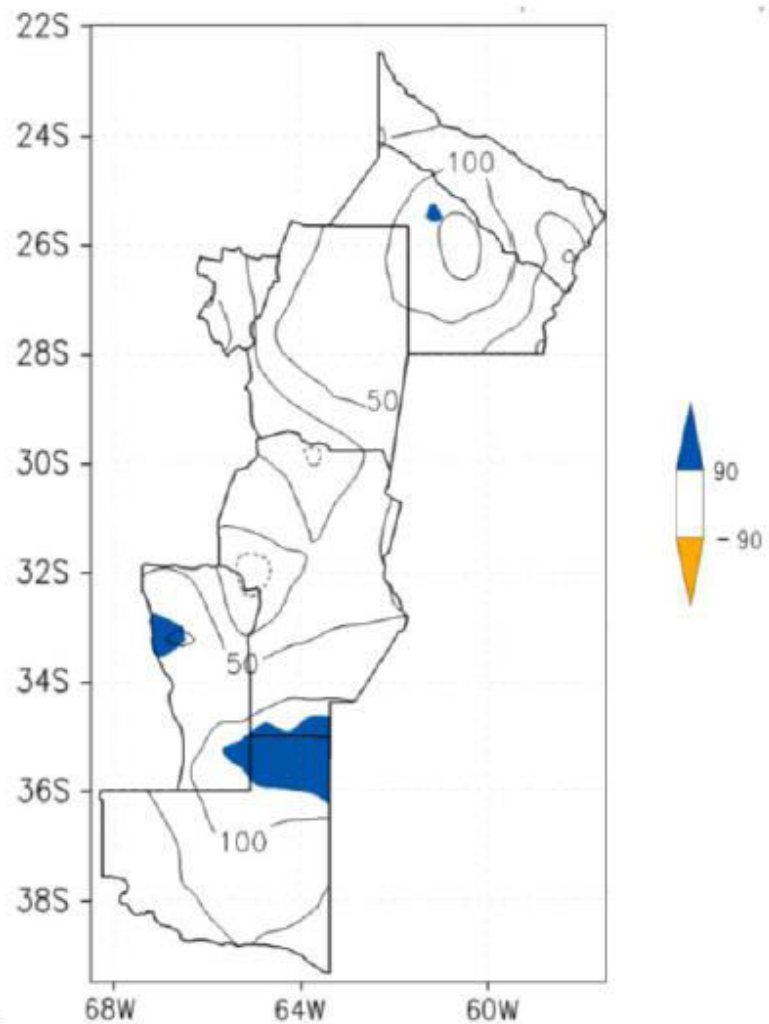


Precipitación Media Anual

Campo medio

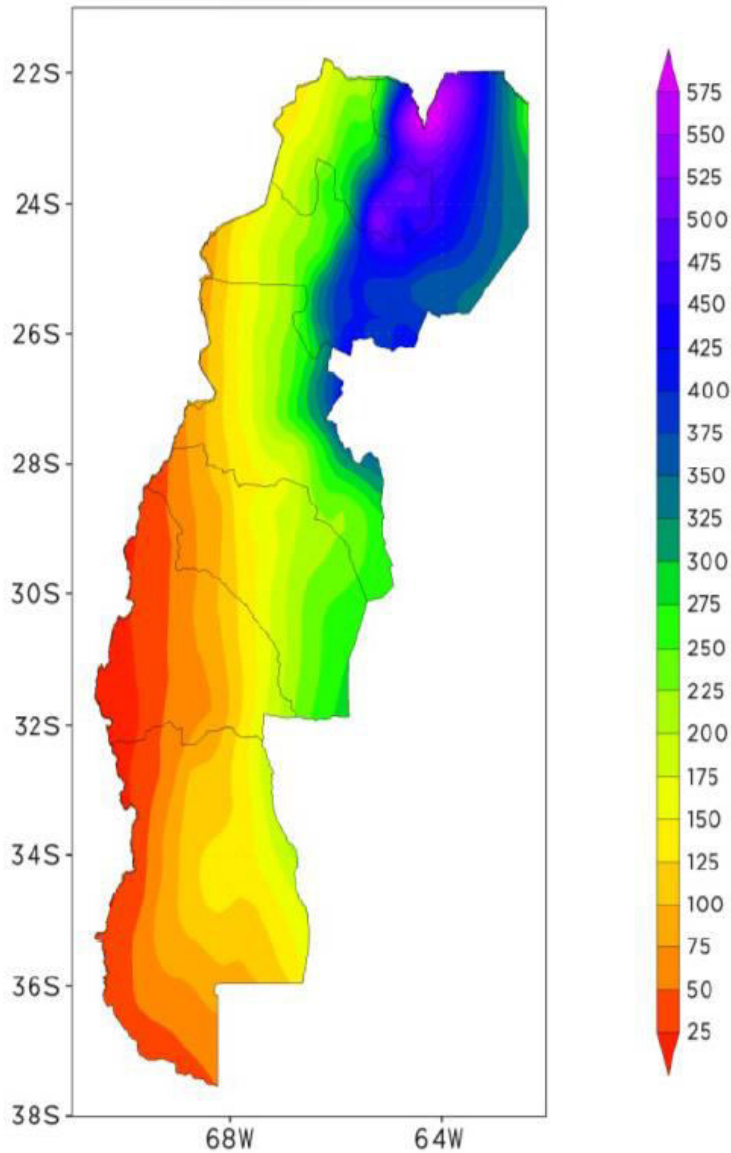


Cambio (1960-2010)



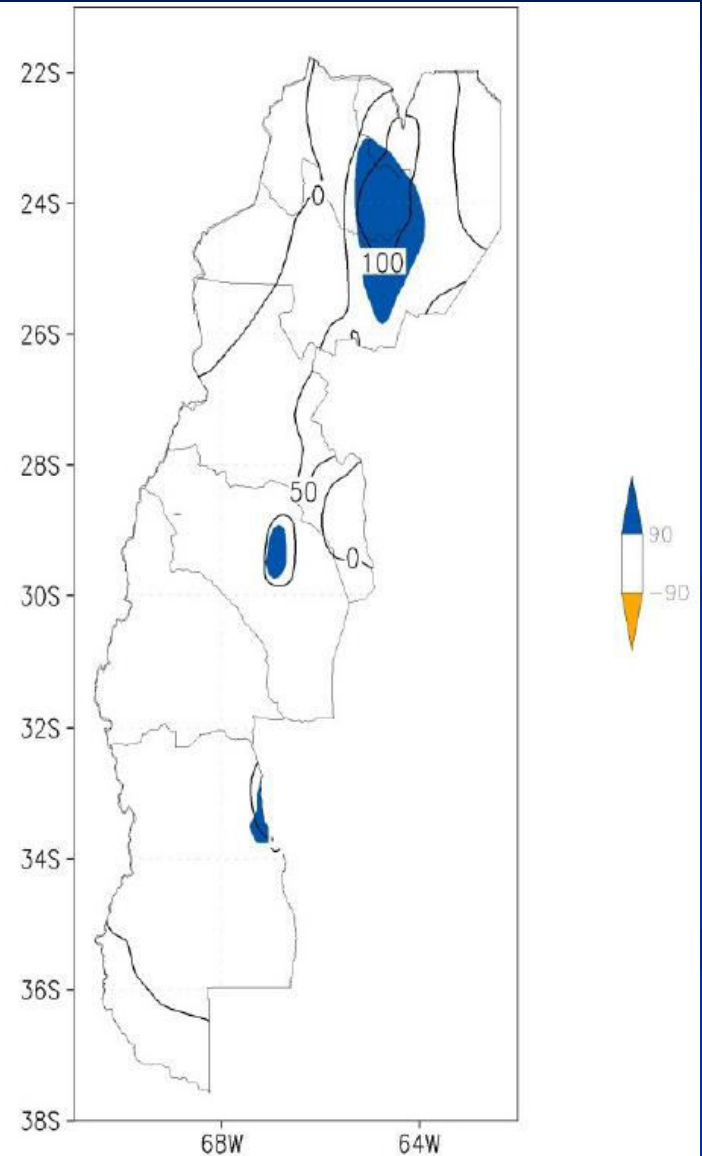
Precipitación Media DEF

Campo medio



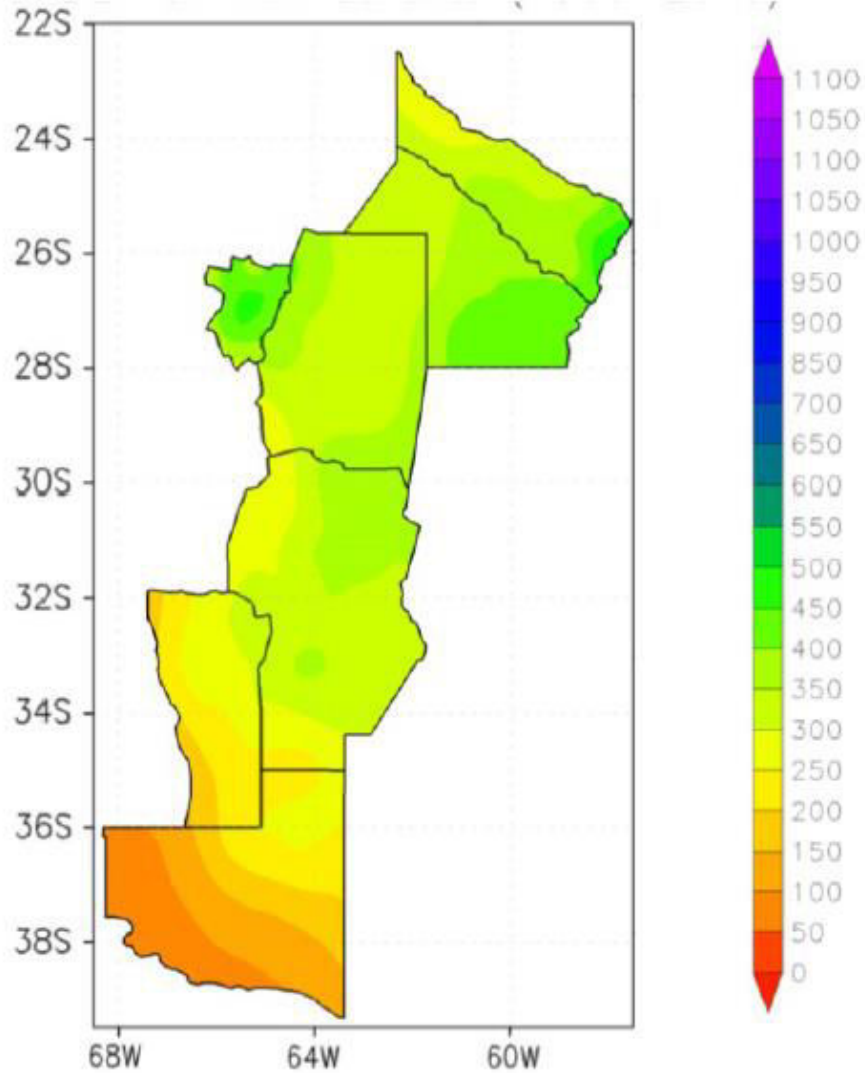
Cambio (1960-2010)

b)

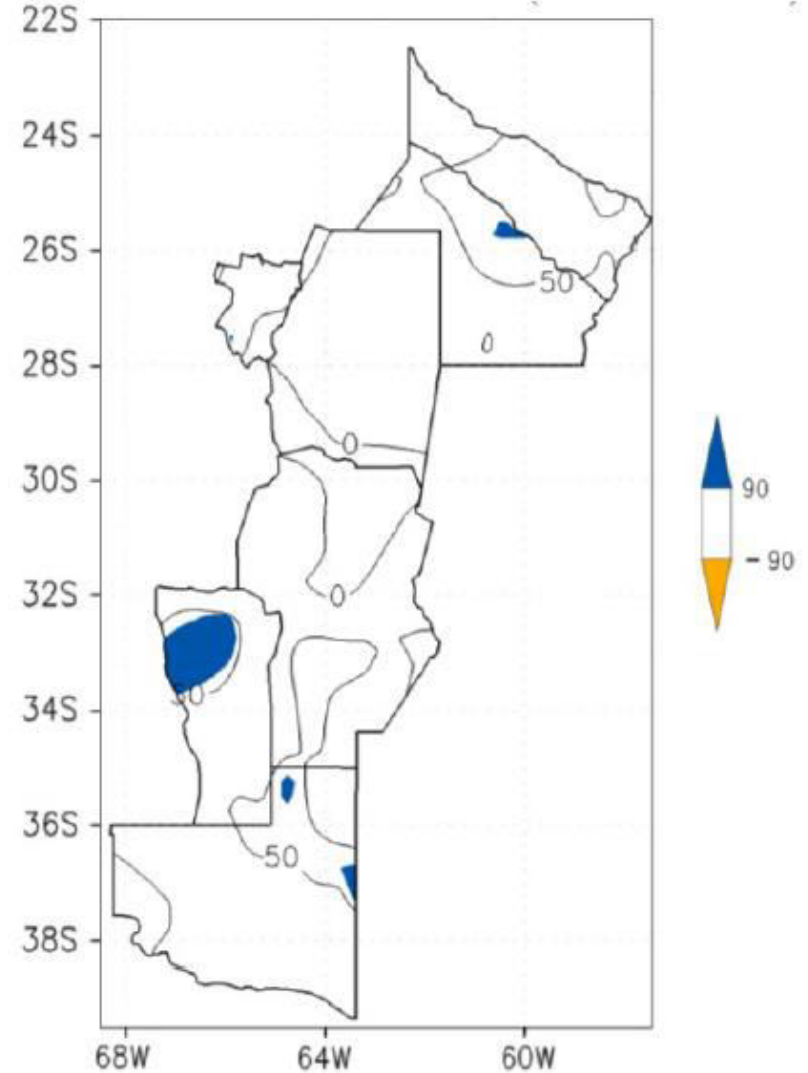


Precipitación Media DEF

Campo medio

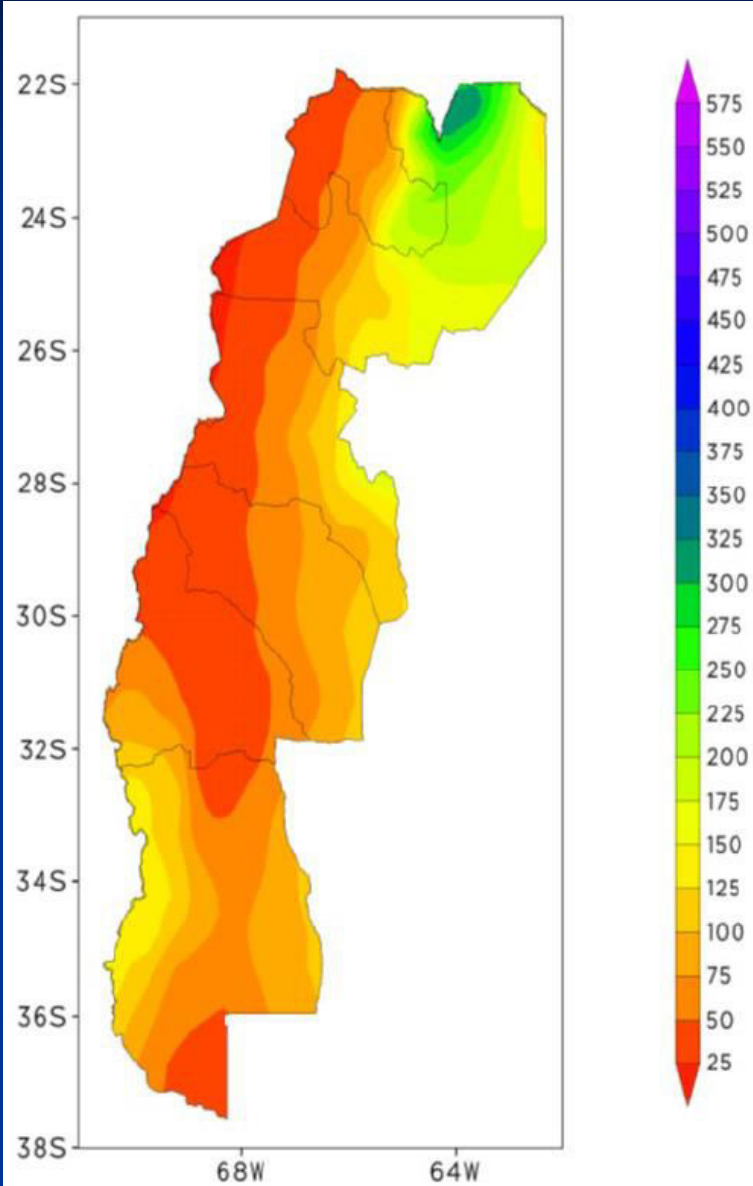


Cambio (1960-2010)

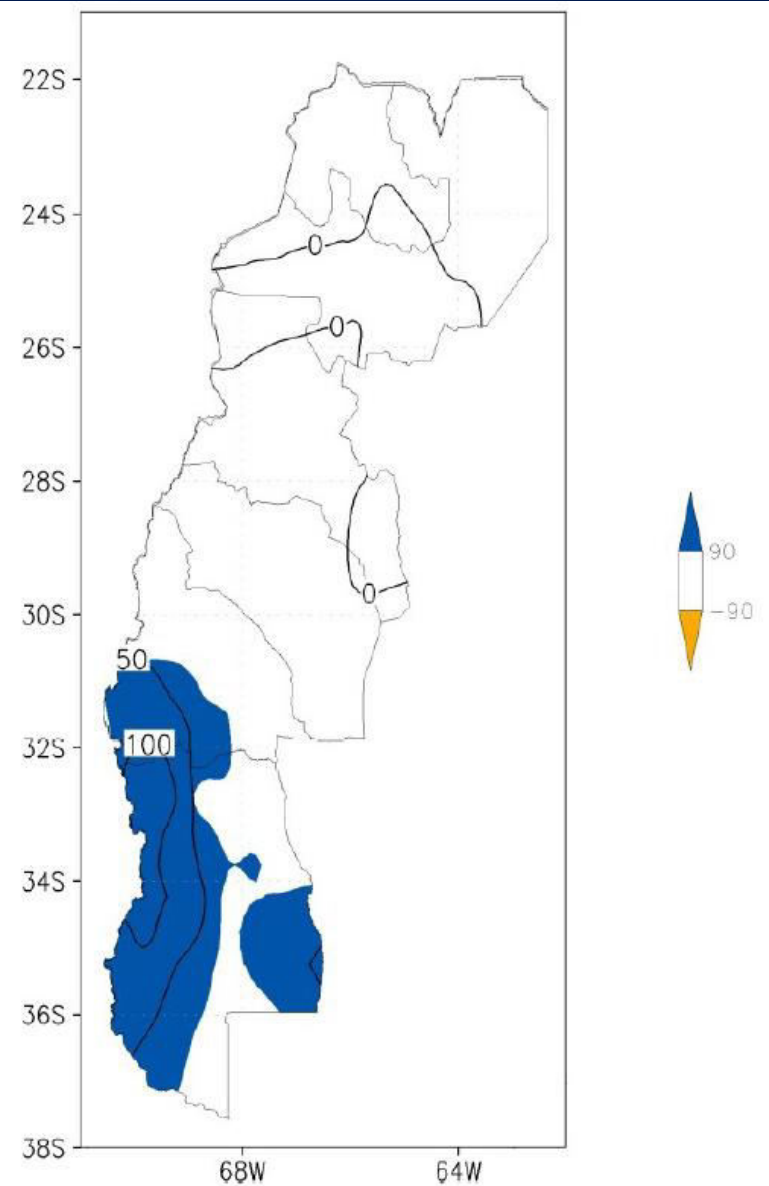


Precipitación Media MAM

Campo medio

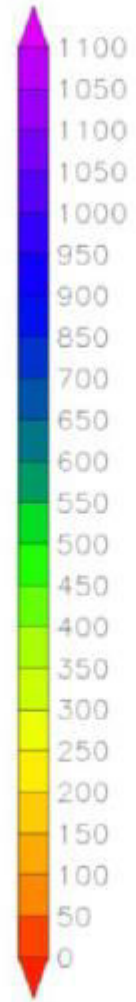
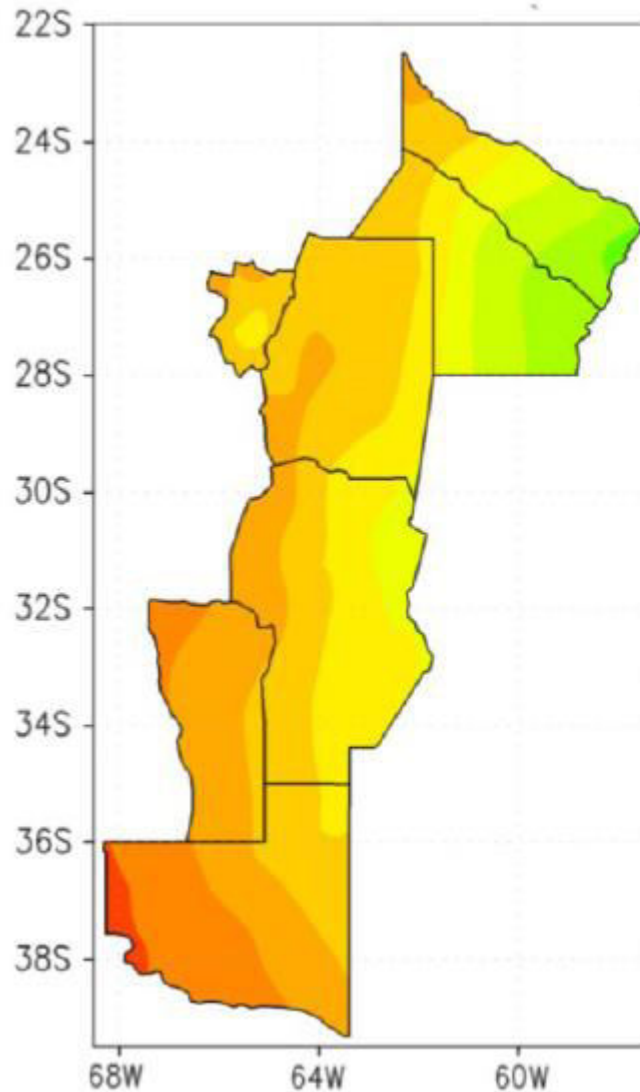


Cambio (1960-2010)

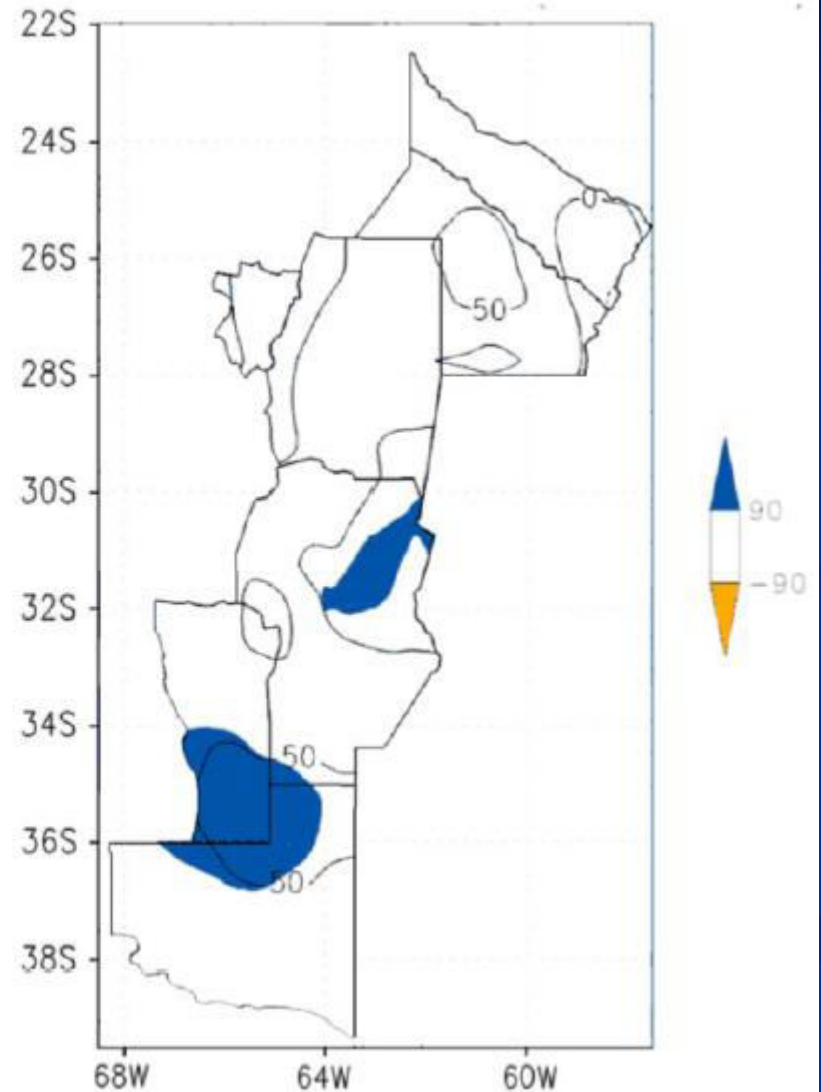


Precipitación Media MAM

Campo medio

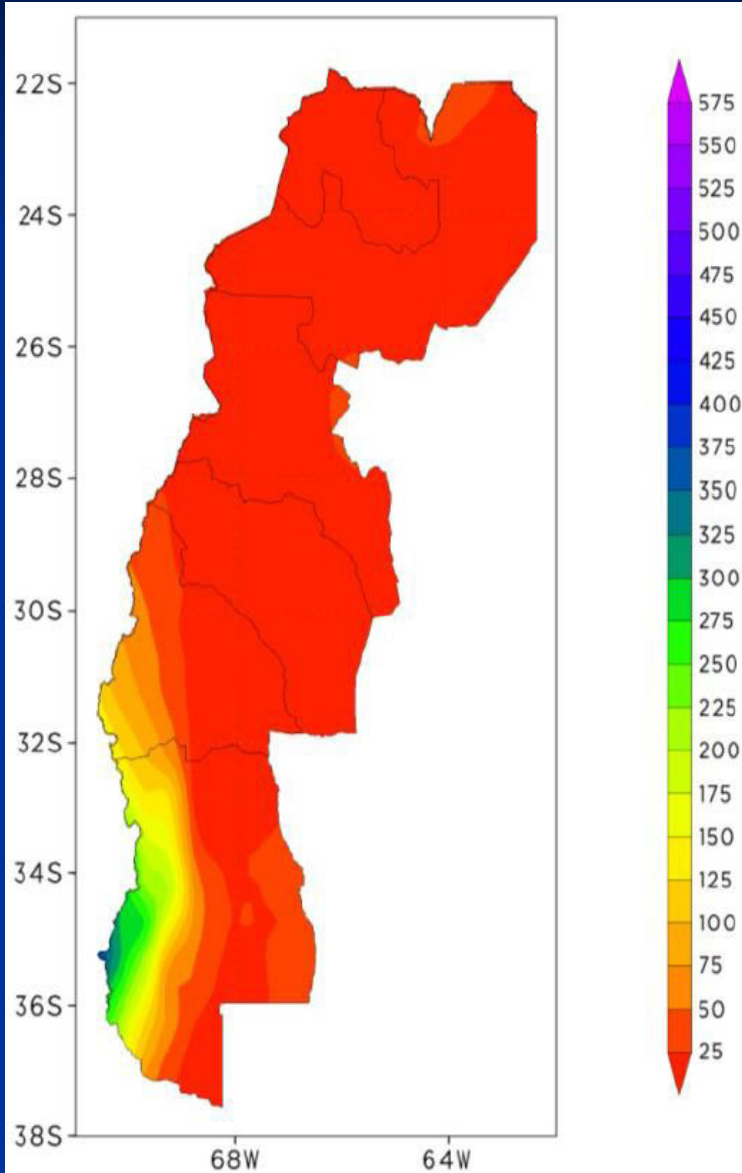


Cambio (1960-2010)

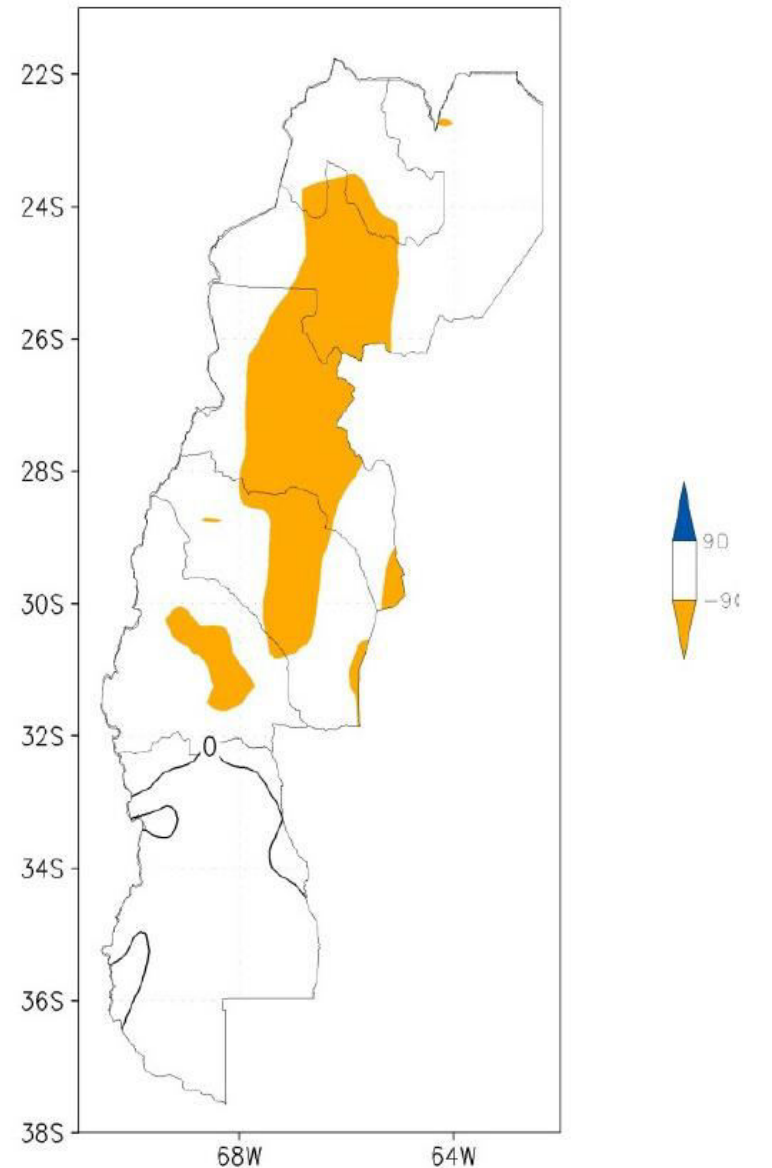


Precipitación Media JJA

Campo medio

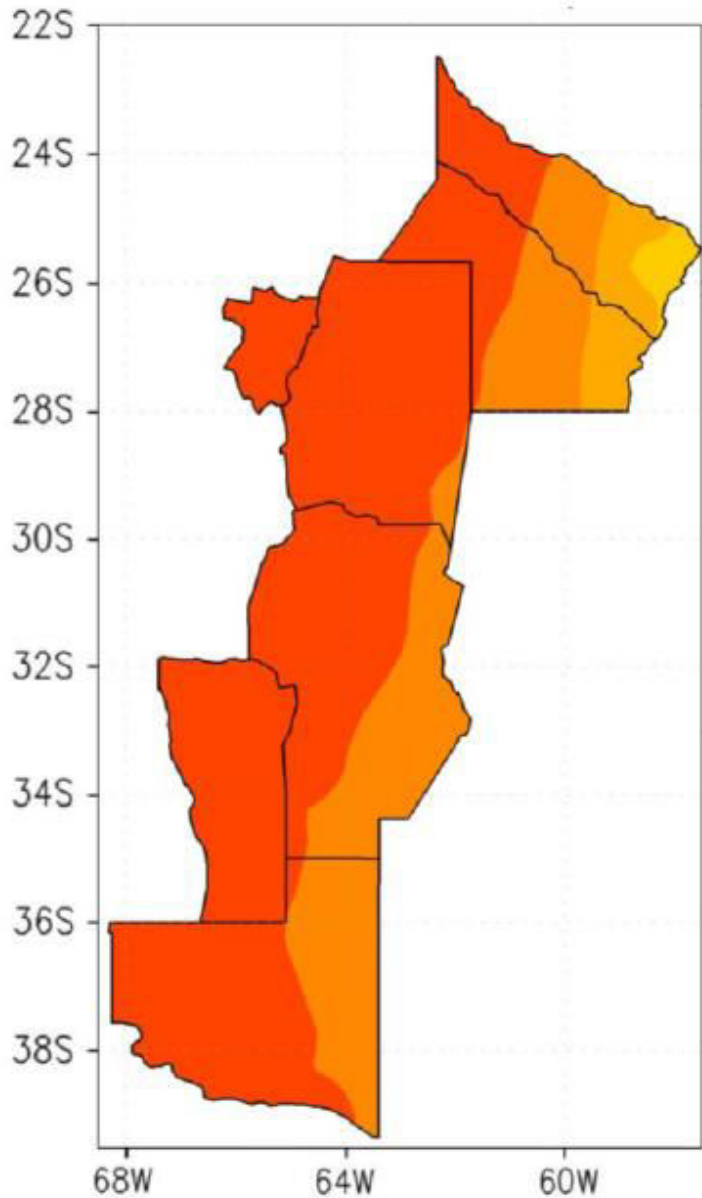


Cambio (1960-2010)

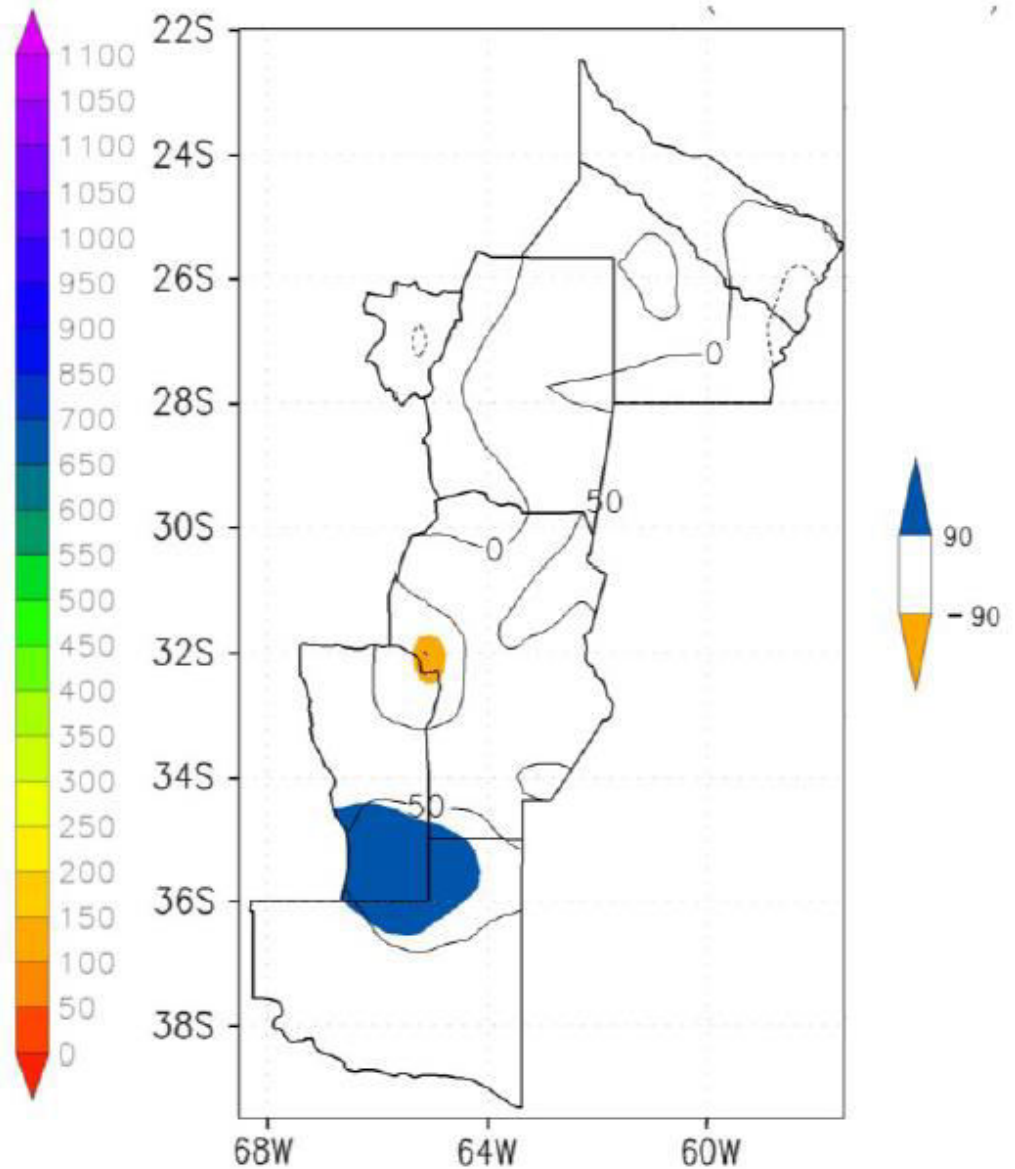


Precipitación Media JJA

Campo medio

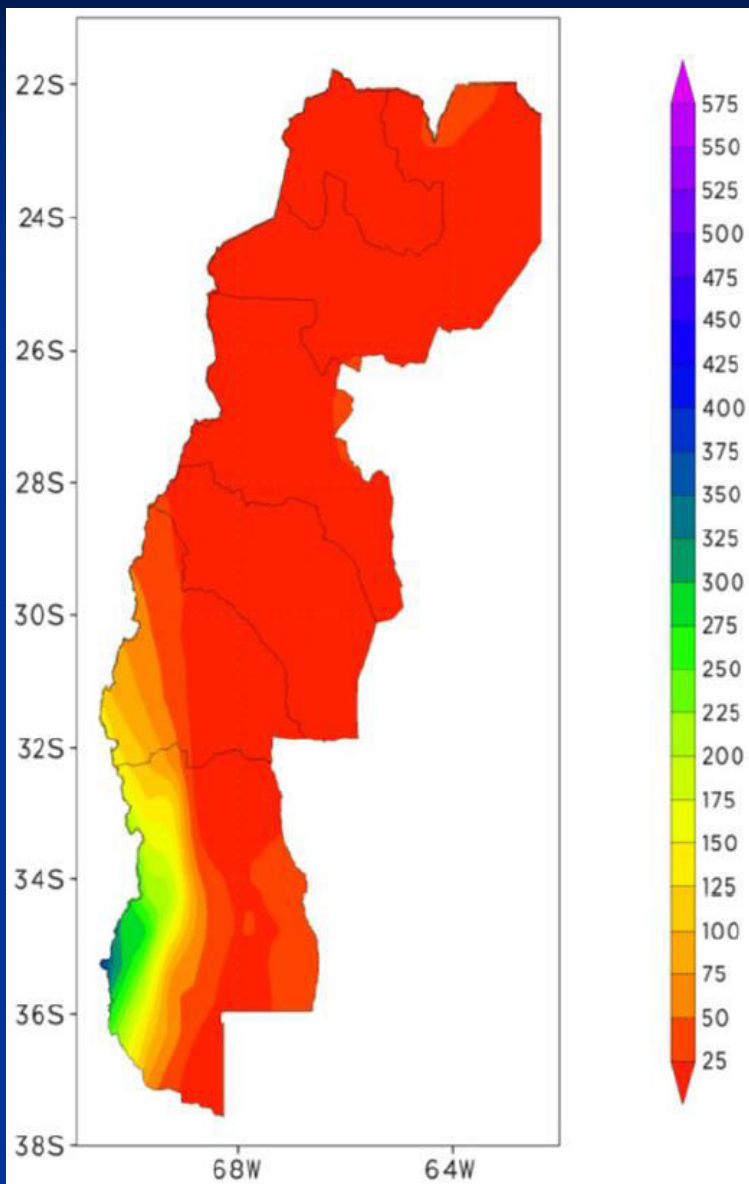


Cambio (1960-2010)

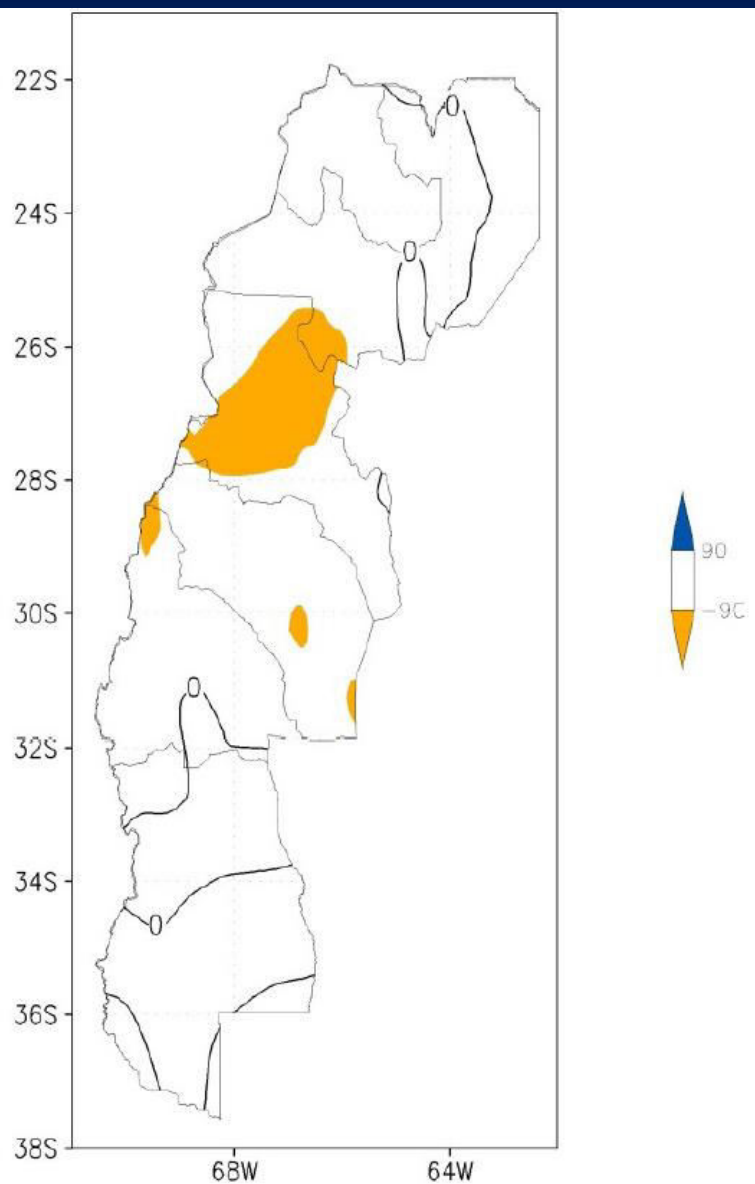


Precipitación Media SON

Campo medio



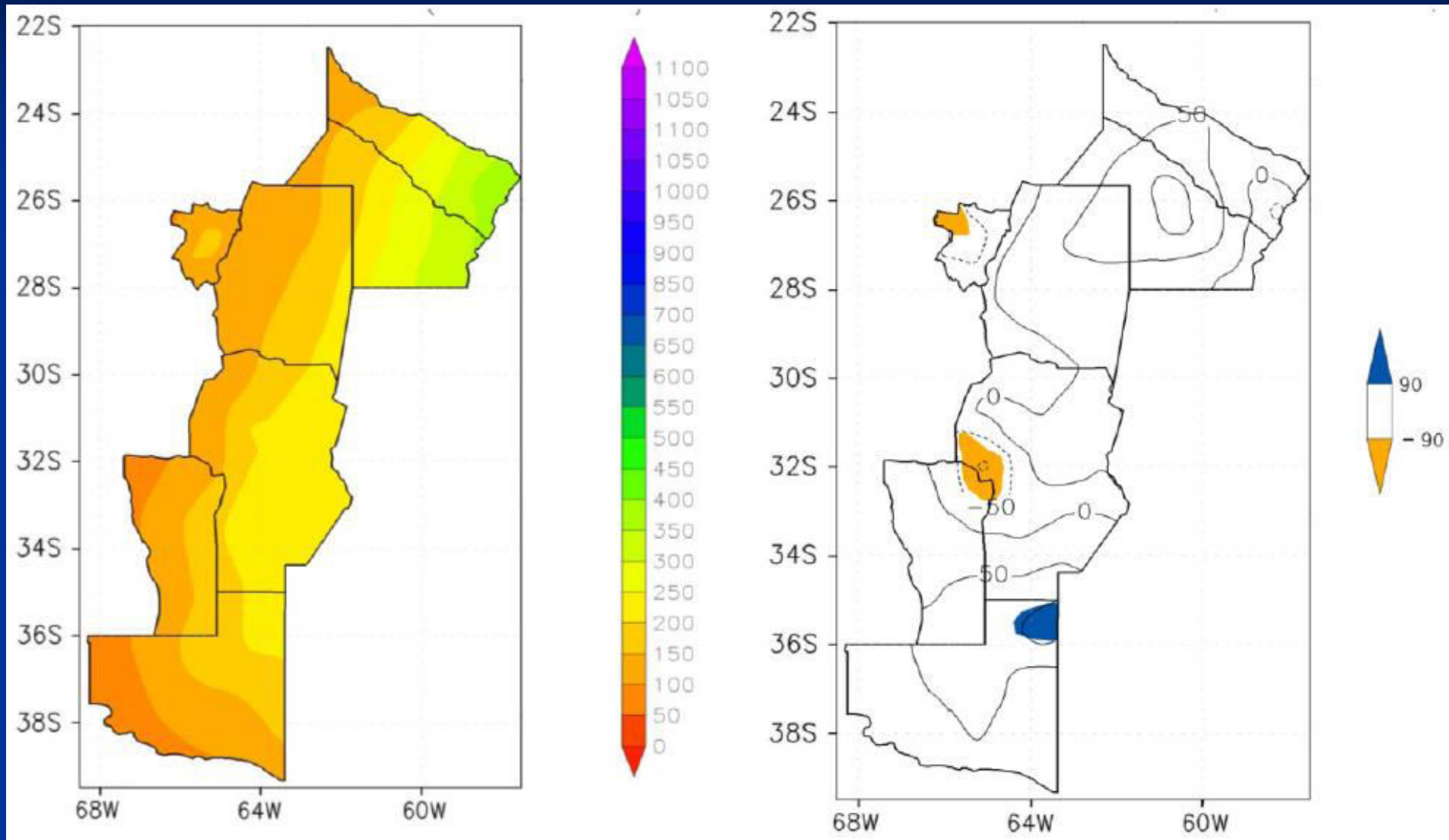
Cambio (1960-2010)



Precipitación Media SON

Campo medio

Cambio (1960-2010)



Cambios por tendencias de precipitación (mm) 1960-2010

	MENDOZA	LA PAMPA
Anual	56.6	114
DEF	24.4	47
MAM	31.6	56
JJA	3.8	0
SON	-6.6	10

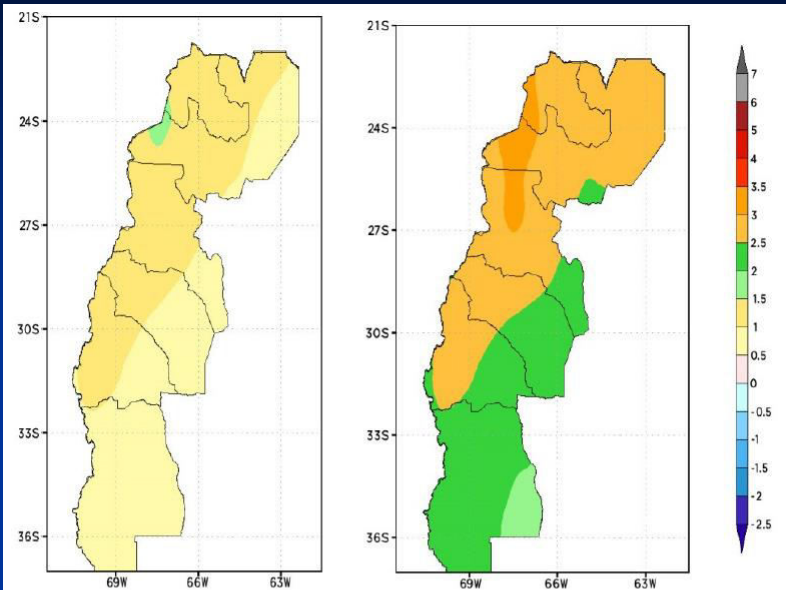
Cambios en la Temperatura Media Anual

Respecto de 1986-2005

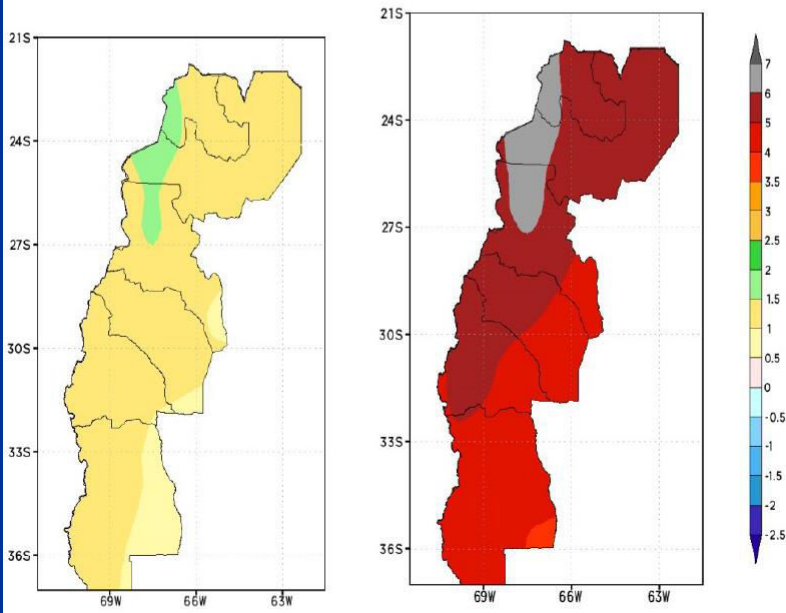
RCP
4.5

2015-2039

2075-2099



RCP
8.5

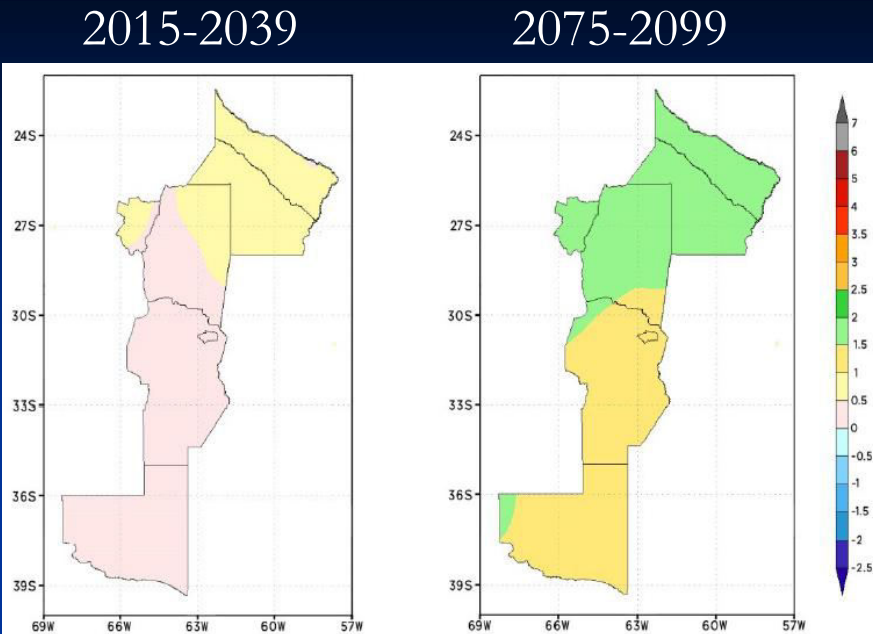


Modelos IPSL_CM5A y MPI.ESM-LR

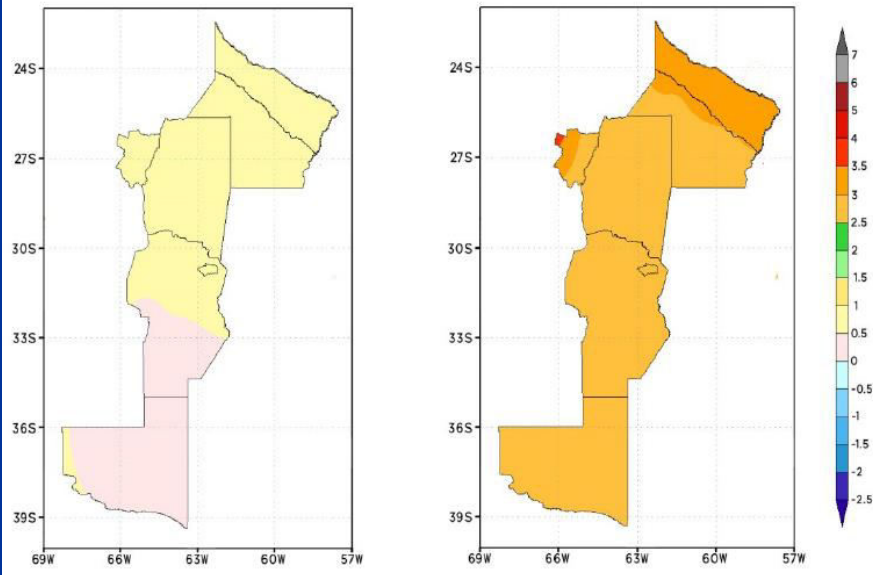
Cambios en la Temperatura Media Anual

Respecto de 1986-2005

RCP
4.5



RCP
8.5



Modelos IPSL_CM5A y MPI.ESM-LR

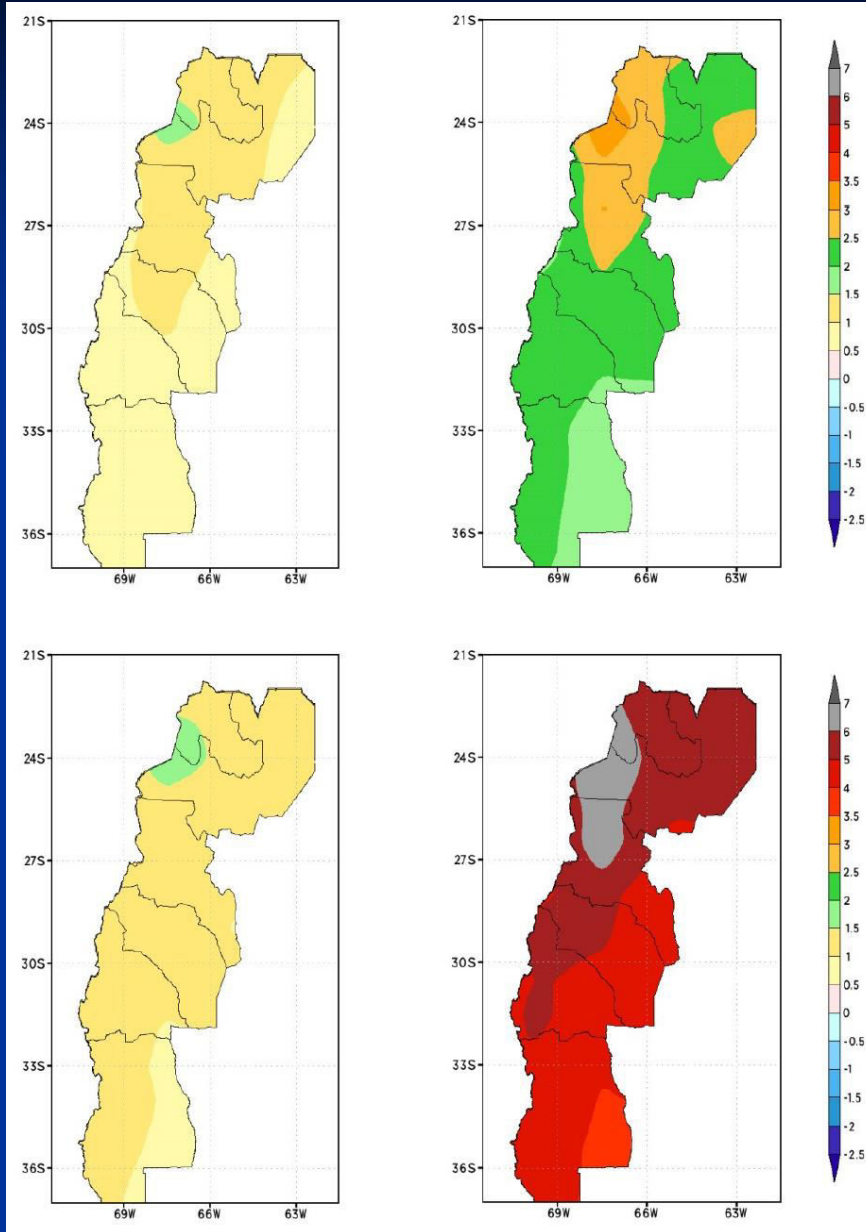
Cambios en la Temperatura Mínima Media Anual

Respecto de 1986-2005

RCP
4.5

2015-2039

2075-2099



RCP
8.5

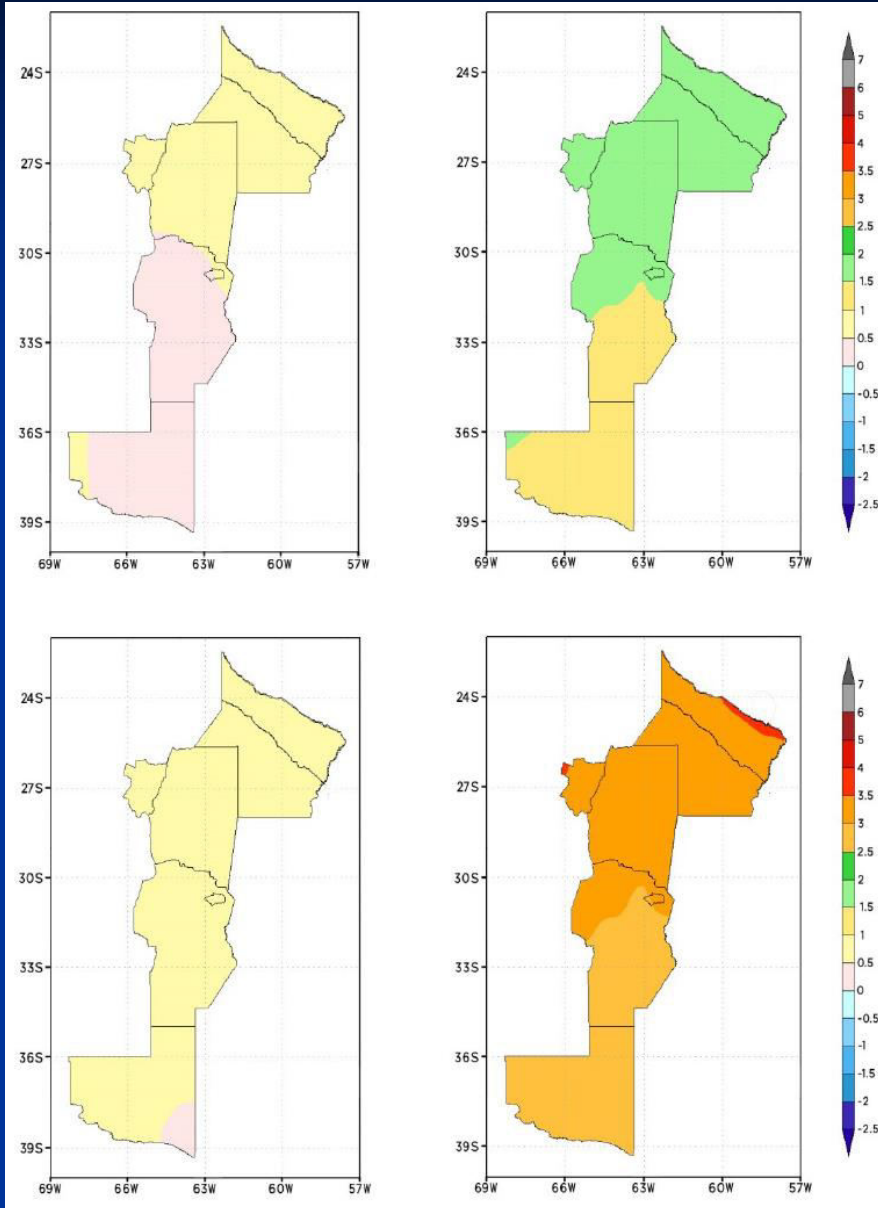
Cambios en la Temperatura Mínima Media Anual

Respecto de 1986-2005

RCP
4.5

2015-2039

2075-2099



RCP
8.5

Modelos IPSL_CM5A y MPI.ESM-LR

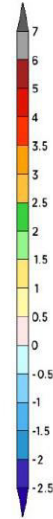
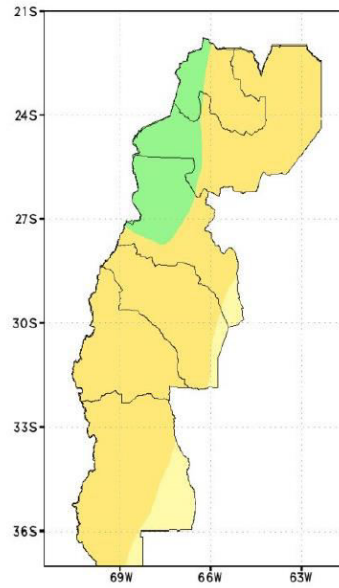
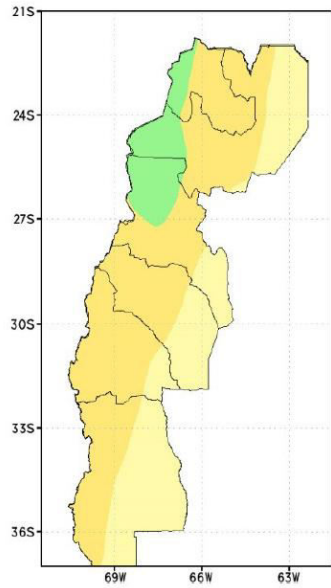
2015-2039

2075-2099

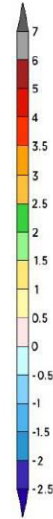
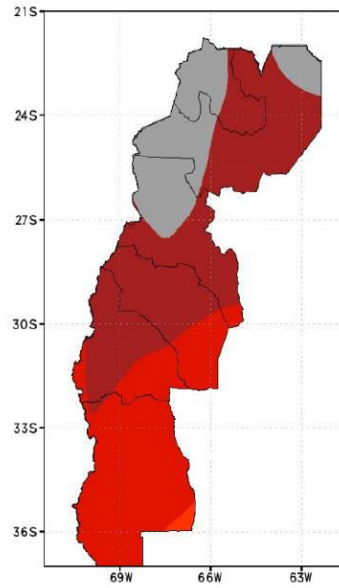
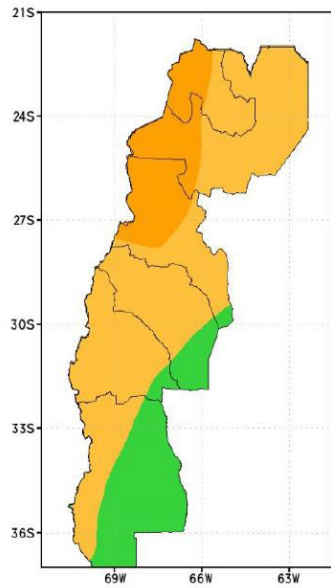
Cambios en la Temperatura Máxima Media Anual Respecto de 1986-2005

Respecto de 1986-2005

RCP
4.5



RCP
8.5



Modelos IPSL_CM5A y MPI.ESM-LR

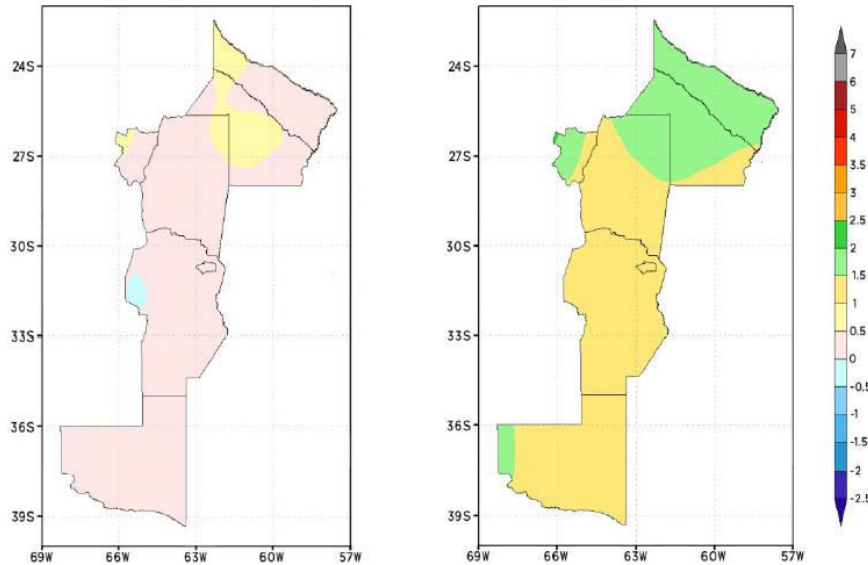
2015-2039

2075-2099

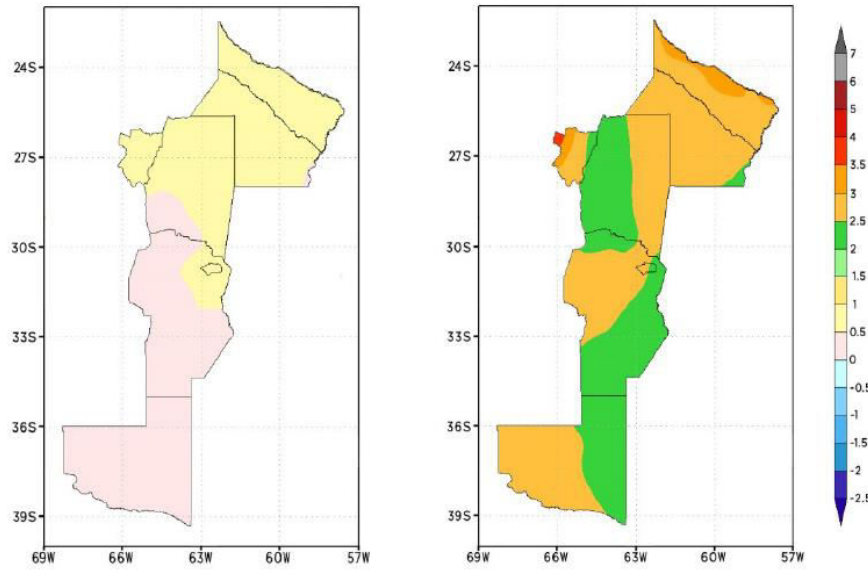
Cambios en la Temperatura Máxima Media Anual

Respecto de 1986-2005

RCP
4.5



RCP
8.5



Modelos IPSL_CM5A y MPI.ESM-LR

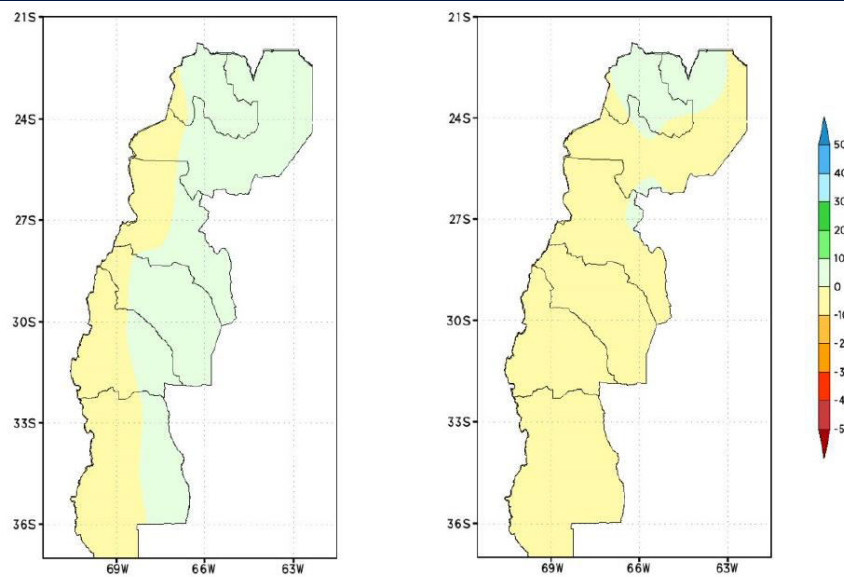
Cambios en la Precipitación anual

Respecto de 1986-2005

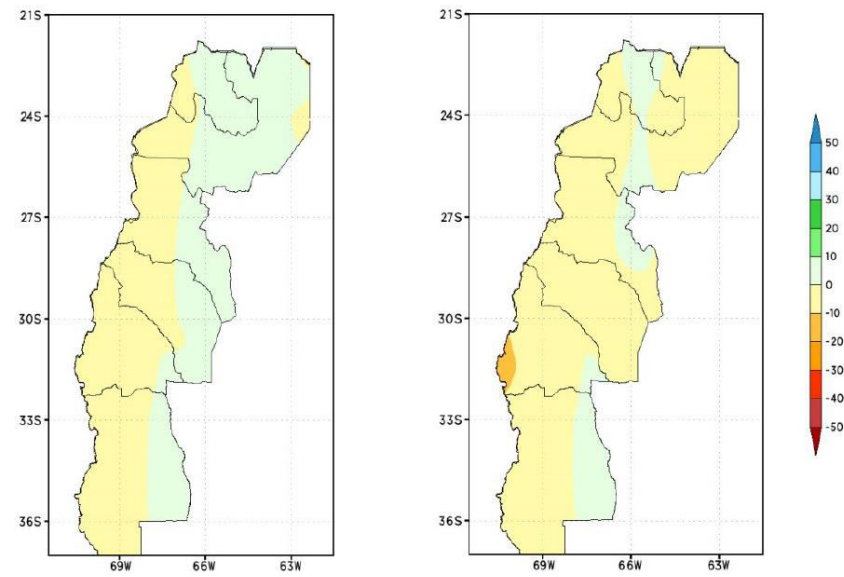
2015-2039

2075-2099

RCP
4.5



RCP
8.5



Modelos IPSL_CM5A y MPI.ESM-LR

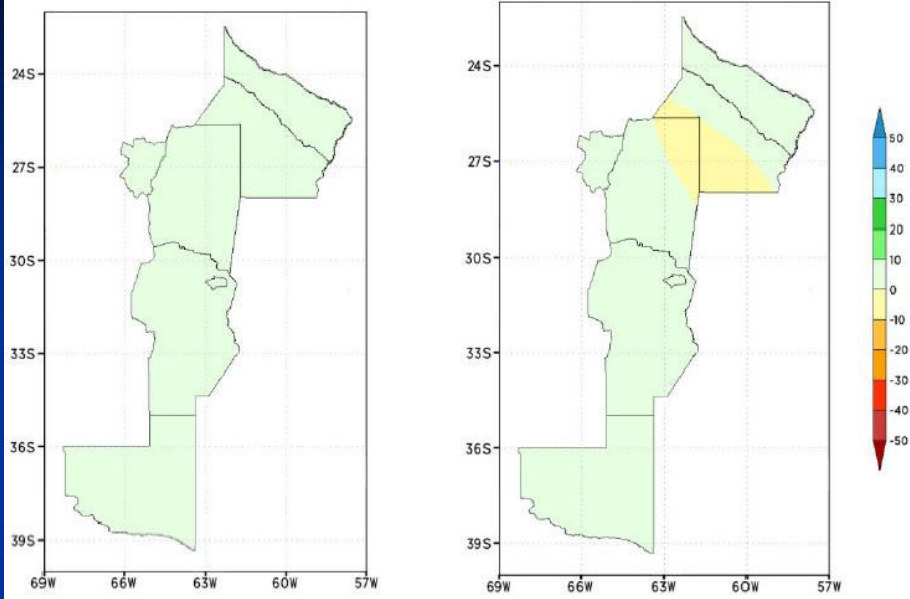
2015-2039

2075-2099

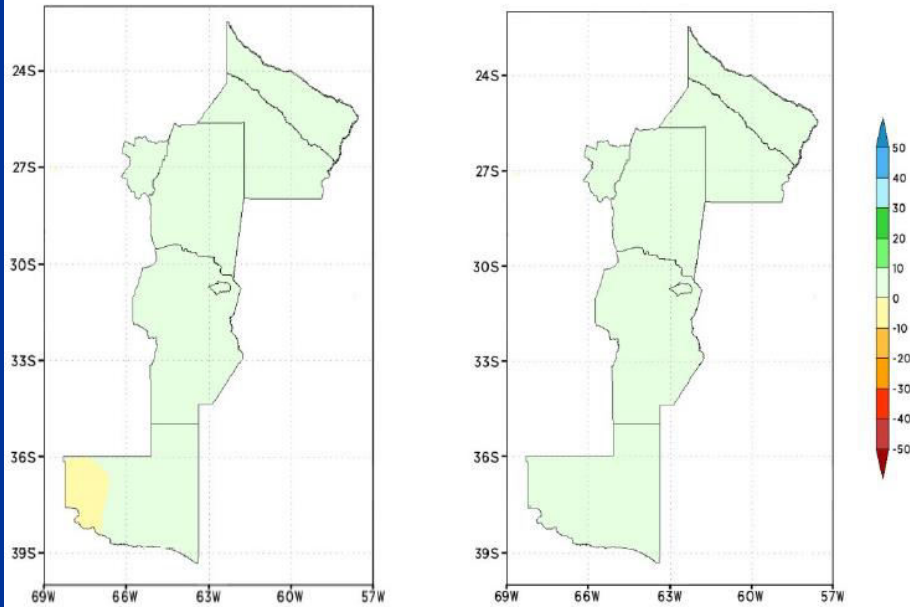
Cambios en la Precipitación anual

Respecto de 1986-2005

RCP
4.5



RCP
8.5



Modelos IPSL_CM5A y MPI.ESM-LR

Conclusiones

El ciclo hidrológico anual del Atuel se puede descomponer en:

* Una componente invernal dependiente de la acumulación de nieve que determina la variabilidad interanual de años con superávit o déficit de caudal (PC1, 49.3% de la varianza). Se encuentra forzada principalmente por la variabilidad del ciclo ENSO y la PDO.

* Una componente estival dependiente de la temperatura que determina la variabilidad interestacional de adelantamiento/retraso del pico de caudal mensual (PC2, 21.1% de la varianza). Se encuentra forzada principalmente por la variabilidad del Modo Anular del Sur (SAM) en Diciembre y Ondas de Rossby cuasiestacionarias en Enero.

* Componentes estivales de orden superior dependientes de la temperatura que determinan la variabilidad intraestacional de anomalías intermensuales alternadas de caudales por encima y por debajo del caudal medio mensual (PC3 y 4, 17.2% de la varianza). Se encuentra forzada principalmente por Ondas de Rossby cuasiestacionarias de variabilidad interna atmosférica.

- En los últimos 50 años se observaron aumentos significativos de temperatura (mayores en Mendoza que en La Pampa) y de precipitación (mayores en La Pampa que en Mendoza)

Resultados de modelos a futuro:

Temperatura

- Aumentos similares de T para el futuro cercano (sólo algo mayores en Mendoza)
- Incrementos mayores en Mendoza para el futuro lejano (ambos escenarios)

Precipitación

- Las mayores diferencias se prevén para el escenario RCP8.5 en el futuro cercano y el RCP4.5 en el futuro lejano. En todos los casos se prevén disminuciones de PPP para el W de Mendoza y aumentos para La Pampa.

¡Muchas gracias!