This project was undertaken with the financial support of:
Ce projet a été réalisé avec l'appui financier de :

Environment Canada | Environnement Canada

Eventos extremos y cambio climático en Chile

Francisco Meza

Director Centro Cambio Global

9 Enero, 2013

Centro de Cambio Global UC

Temario

- Contexto: Conclusiones SREX
- Revisión potenciales impactos del cambio climático en Chile
- Conclusiones

Centro de Cambio Global UC

Special IPCC Report on Extreme Events (SREX)

WORKING GROUPS I+II

Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)

ipcc INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change WMO UNEP

Get Fact Sheet | Overview | Report | Contributors | Press & Events | IPCC Process | Background

Special Report

Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)

SUMMARY FOR POLICYMAKERS

PDF - 29 pages - 5.6MB

FULL SREX REPORT

Available February 2012

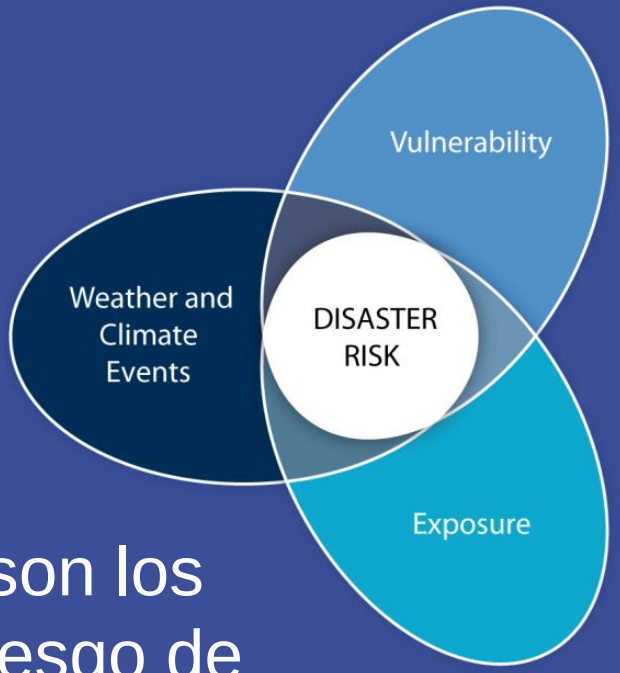
Read the Press Release and see Generic Presentation

http://ipcc-wg2.gov/SREX/

Centro de Cambio Global UC

El desarrollo socioeconómico interactúa con las variaciones naturales del clima y el cambio climático causado por el hombre para influir en el riesgo de desastres

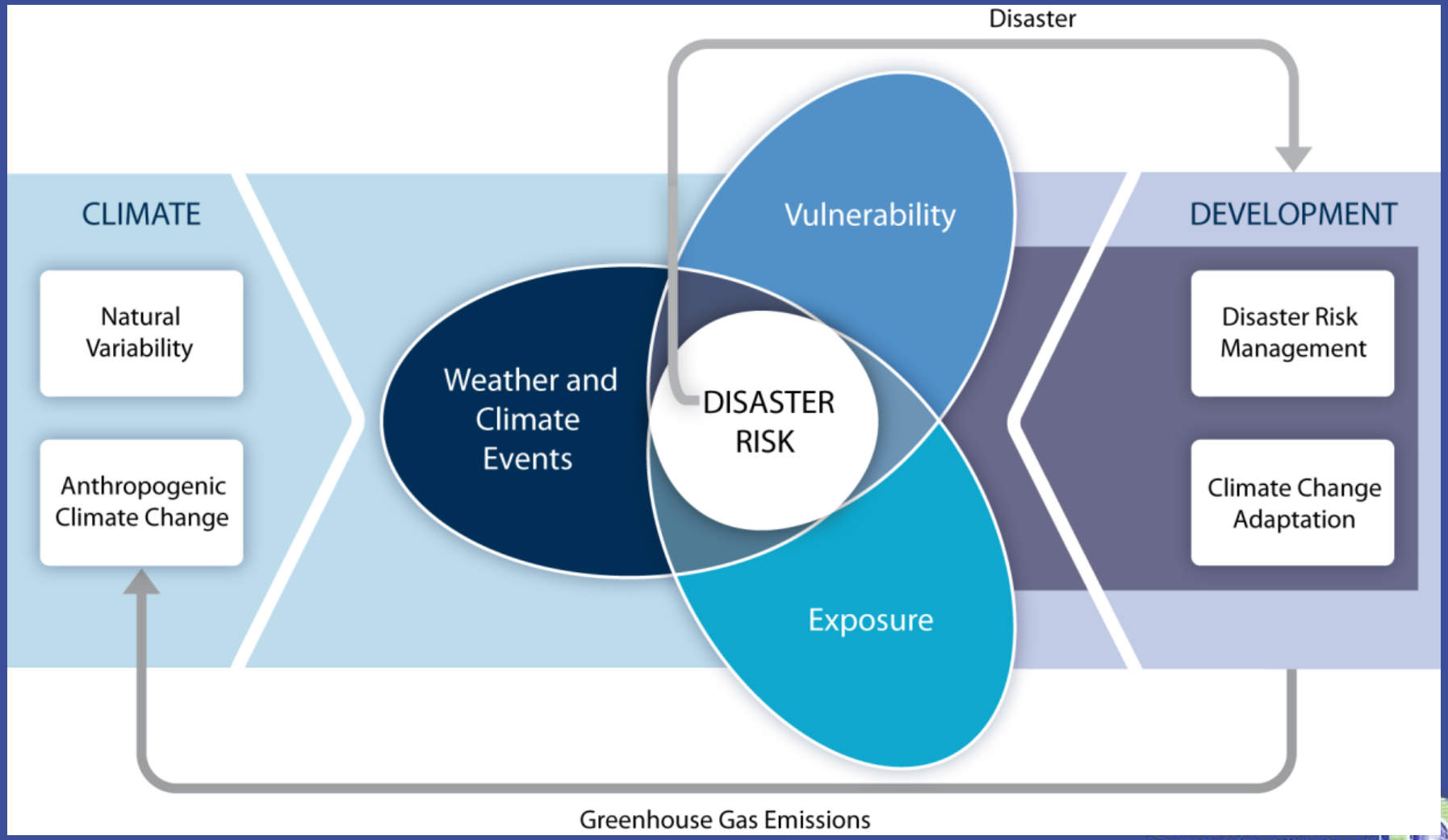
El aumento de la vulnerabilidad, la exposición, o la severidad y frecuencia de los fenómenos climáticos aumenta el riesgo de desastres



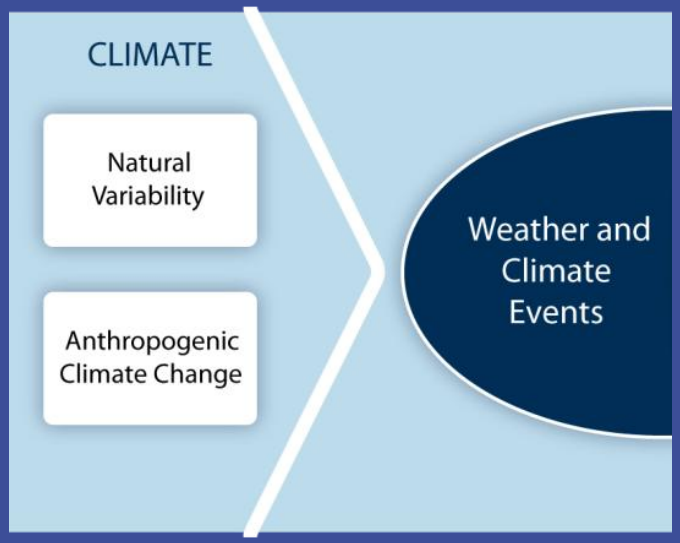
La vulnerabilidad social y la exposición son los principales factores determinantes del riesgo de desastres y ayudan a explicar por qué eventos físicos que no son extremos o peligros crónicos también pueden conducir a impactos extremos y desastres, mientras que algunos eventos extremos no.

Centro de Cambio Global UC

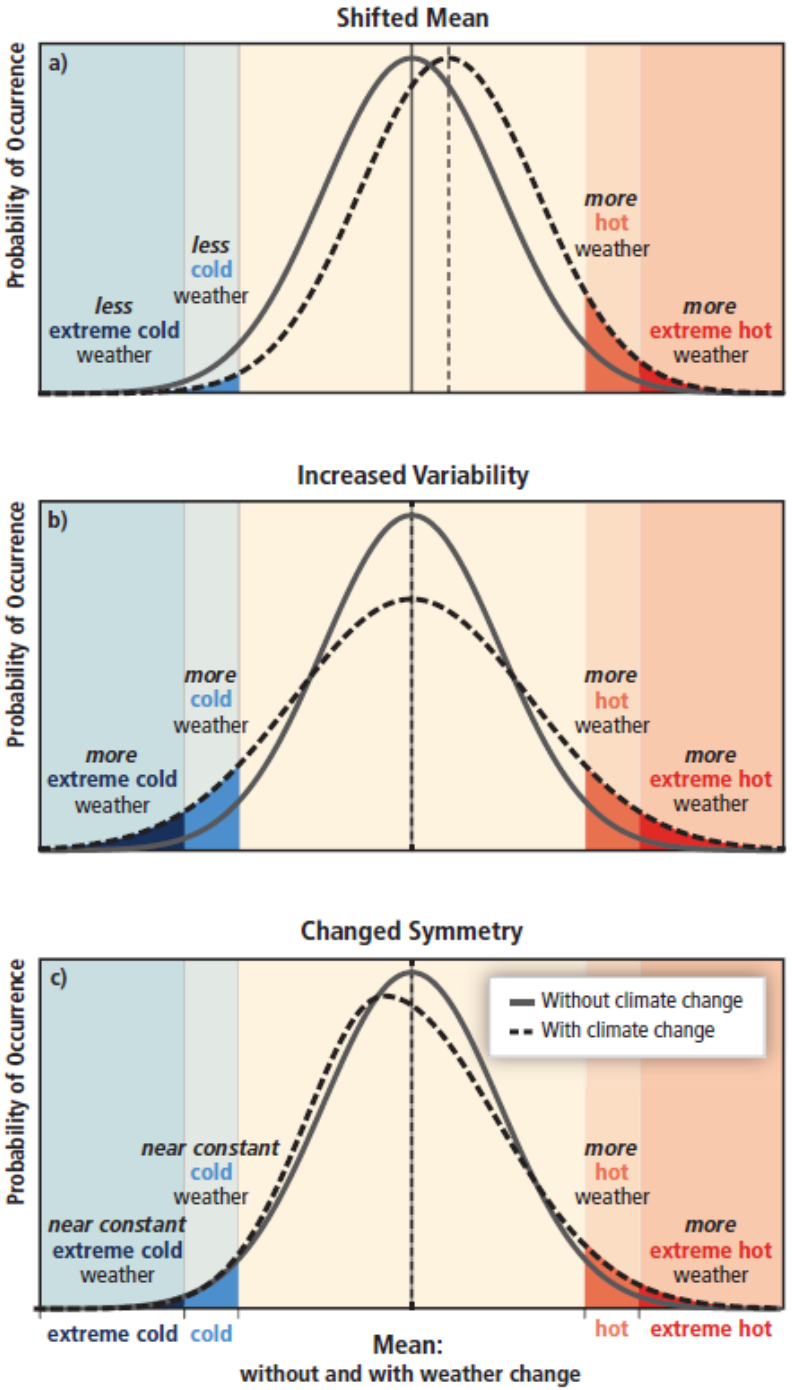
Marco conceptual que relaciona adaptación al cambio climático y gestión de riesgos de desastres



Cambio Global UC



Un clima cambiante puede provocar cambios en la frecuencia, la intensidad, la extensión espacial, duración y temporalidad de fenómenos extremos meteorológicos y climáticos, y puede resultar en eventos meteorológicos y climáticos sin precedentes



Special IPCC Report on Extreme Events (SREX)

Es muy probable que haya habido una disminución general en el número de días y noches fríos, y un aumento general en el número de días cálidos y noches, para la mayoría de las áreas terrestres con datos suficientes.

Se han observado tendencias estadísticamente significativas en el número de episodios de precipitaciones intensas en algunas regiones. Es probable que más de estas regiones han experimentado aumentos que disminuciones, aunque hay fuertes variaciones regionales y subregionales en estas tendencias.

Centro de Cambio Global UC

Special IPCC Report on Extreme Events (SREX)

Hay evidencia limitada para evaluar cambios inducidos por el clima en la magnitud y frecuencia de inundaciones ... En especial debido a los efectos complementarios de los cambios en el uso del suelo y la ingeniería.

Algunos fenómenos climáticos extremos (por ejemplo, sequías) pueden ser el resultado de una acumulación de fenómenos meteorológicos o climáticos que no son extremos cuando se consideran de forma independiente.

Centro de Cambio Global UC

Temario

- Contexto: Conclusiones SREX
- Revisión potenciales impactos del cambio climático en Chile
- Conclusiones

Centro de Cambio Global UC

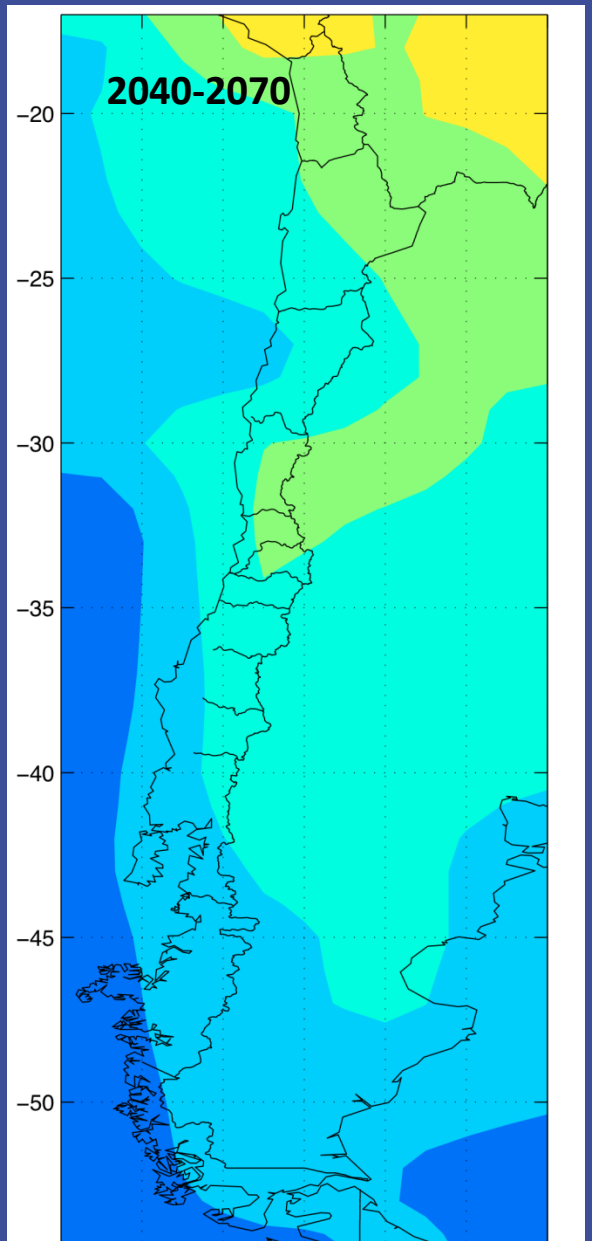
Posibles cambios en extremos hidroclimáticos

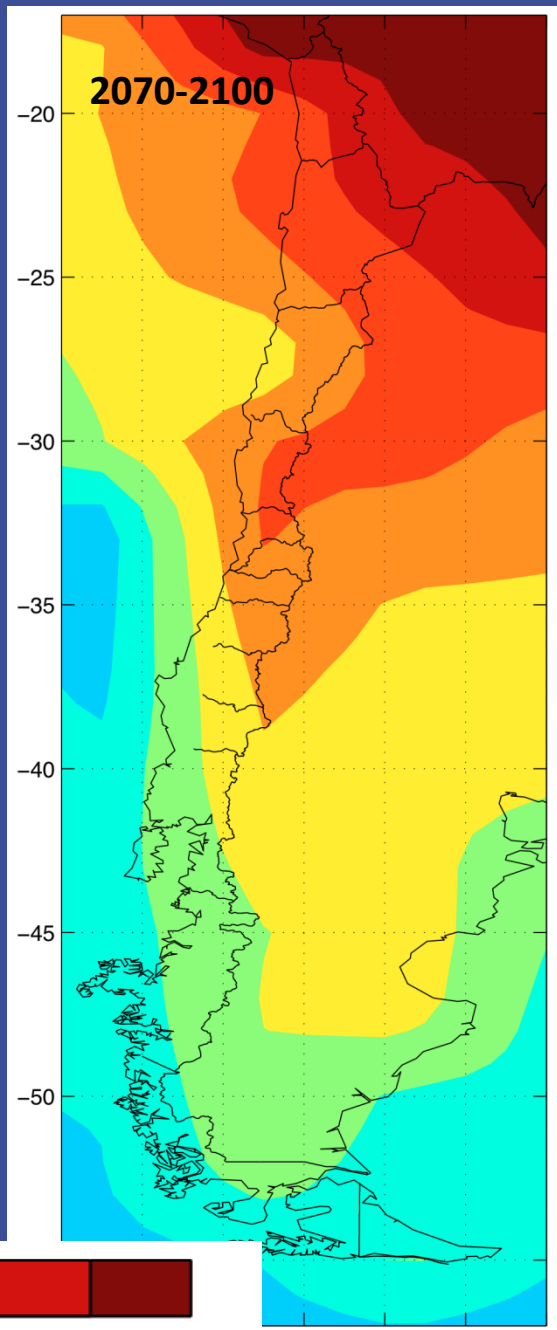
- Aumento intensidad en precipitaciones
- Aumento en extensión y magnitud de sequias
- Aumento en intensidad en inundaciones fluviales
- Aumento en intensidad en inundaciones costeras

Centro de Cambio Global UC

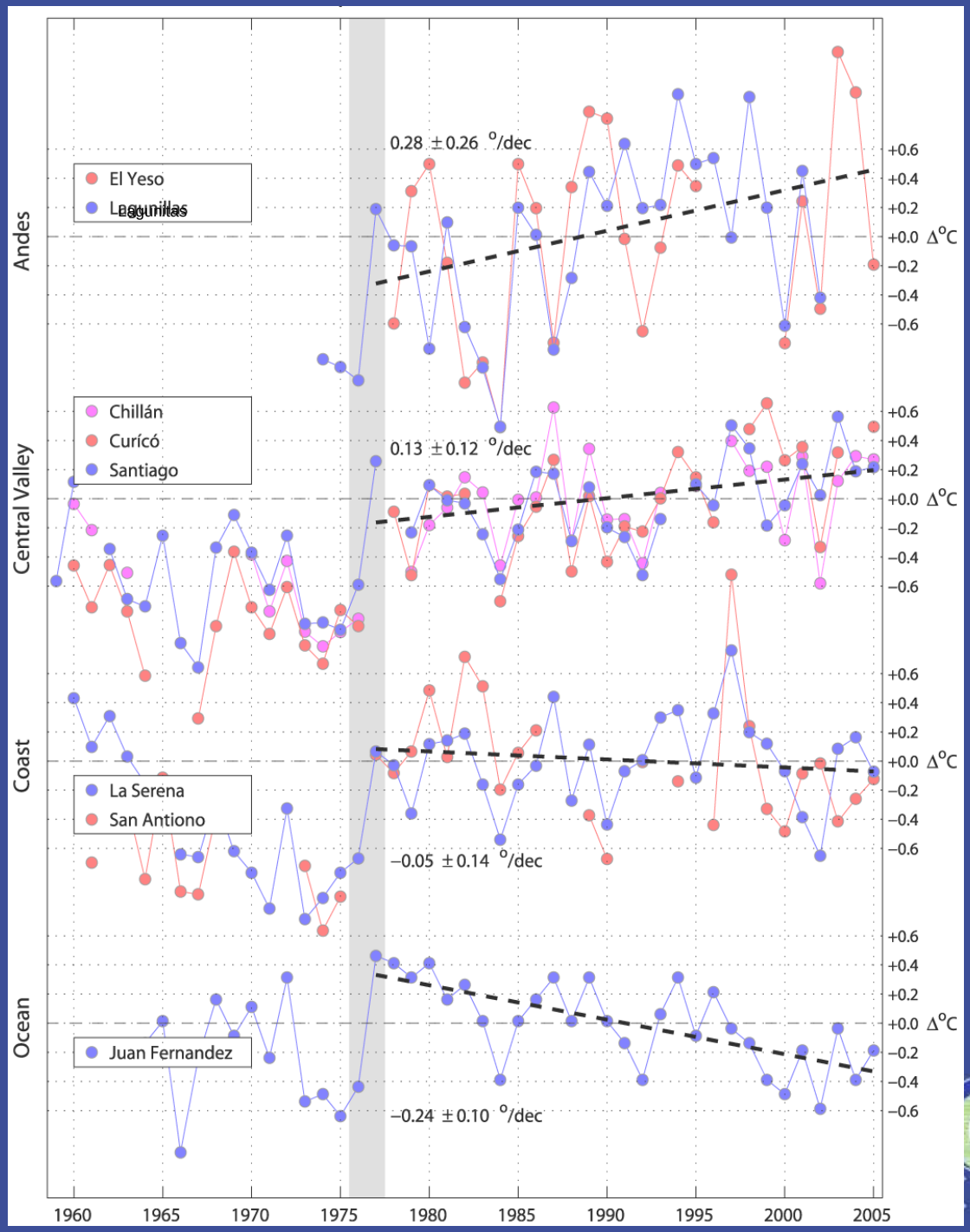
Proyecciones temperatura

2010-2040



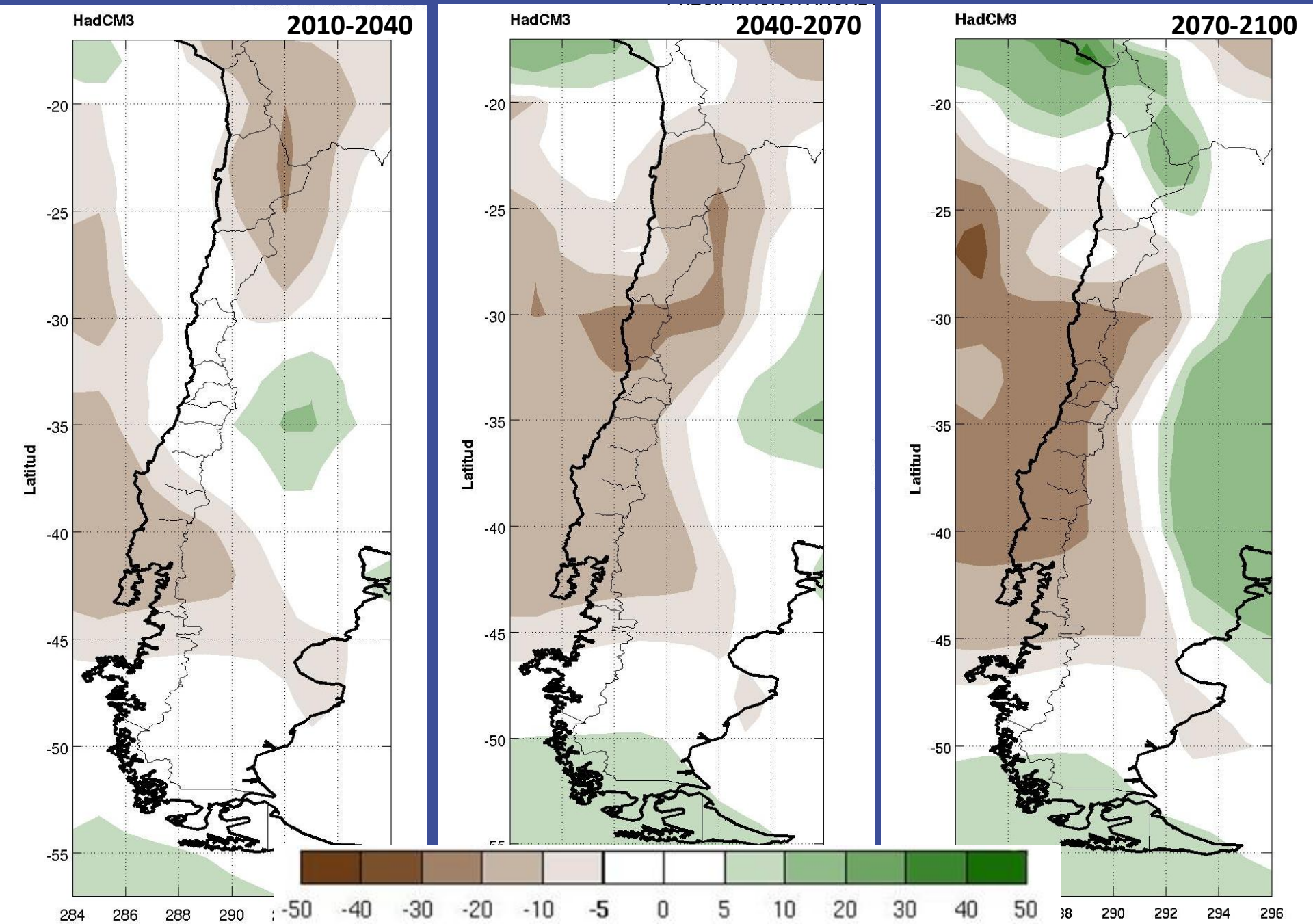


Tendencia de temperatura en Chile Central

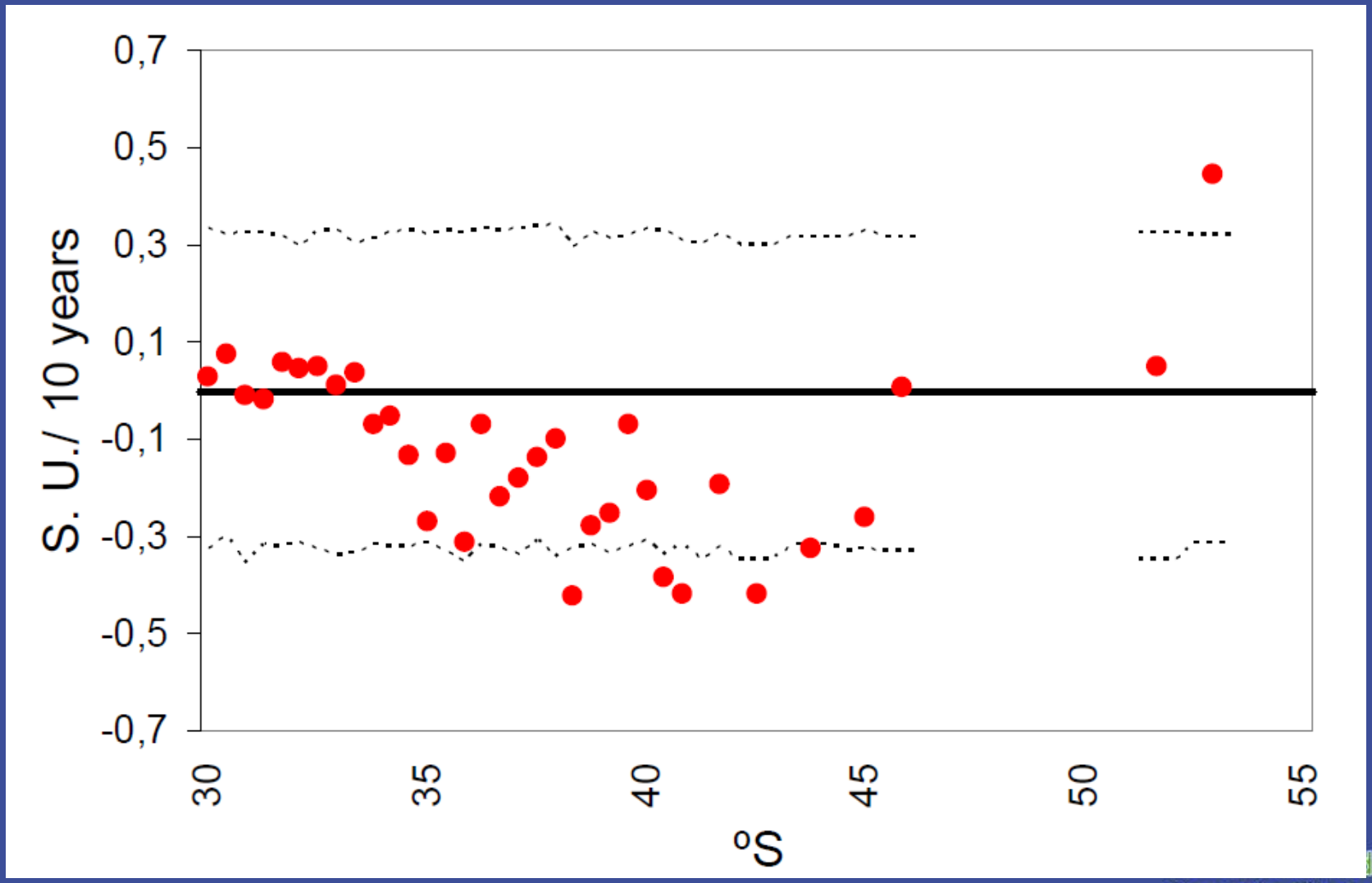


Falvey and Garreaud, 2009

Proyecciones precipitación



Tendencia de precipitación en Chile Central



Quintana and Aceituno, 2006

Cambio Global UC

Tendencias en el Nivel Medio del Mar

- No se aprecian variaciones históricas homogéneas a lo largo de Chile (desde -1.4mm/año hasta +3.2mm/año – Contreras et al., 2012).
- Fuerte incidencia de movimientos co-sísmicos de origen tectónico en esta variabilidad
- Cambios cíclicos asociados al fenómeno el Niño parece más relevantes

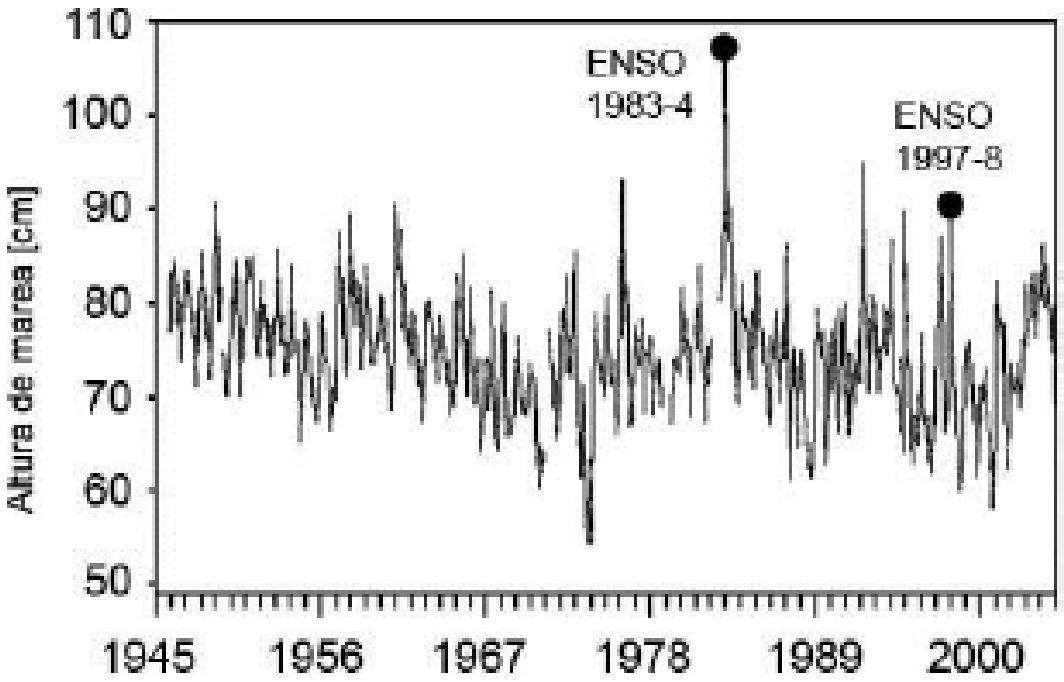
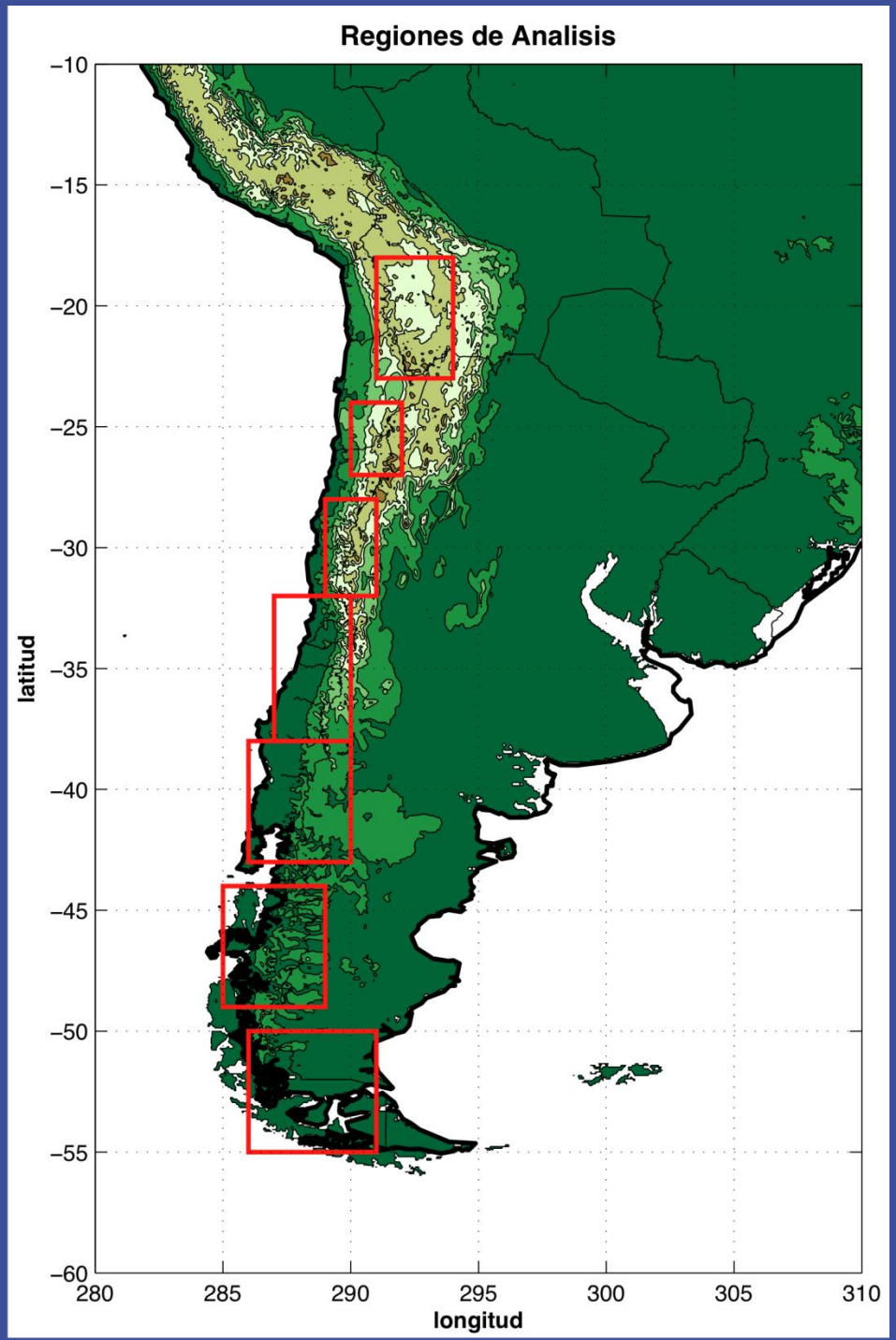


Figura 13: Mediciones del NMM en Antofagasta y fenómenos ENOS de 1983-4 y 1997-8.

Contreras et al., 2012

Tendencias en el Clima de Oleaje

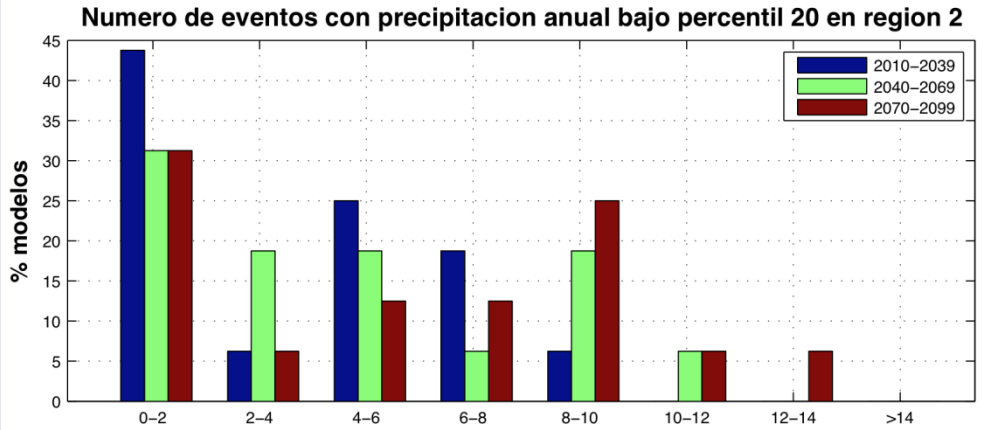
- Existen tendencias estadísticamente significante hacia el aumento de altura significativa de oleaje (Molina et al., 2011)
- También se aprecian variaciones tanto el periodo como en la dirección
- Estos cambios están correlacionados con eventos Niño/Niña, y podrían estar exacerbados por el Calentamiento Global
- Es muy relevante actualizar las metodologías para estimación de oleaje de diseño considerando estas tendencias y evaluando escenarios futuros (impacto en obras, estabilidad de playas, ecología marina, etc.)

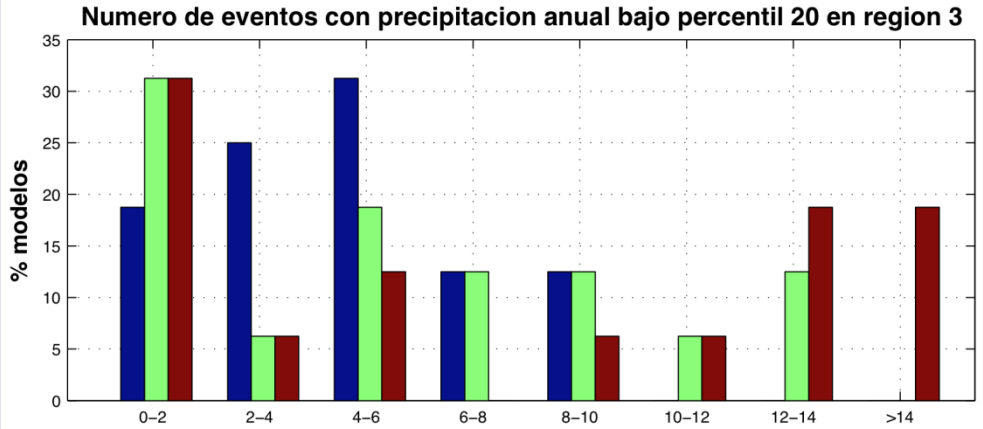


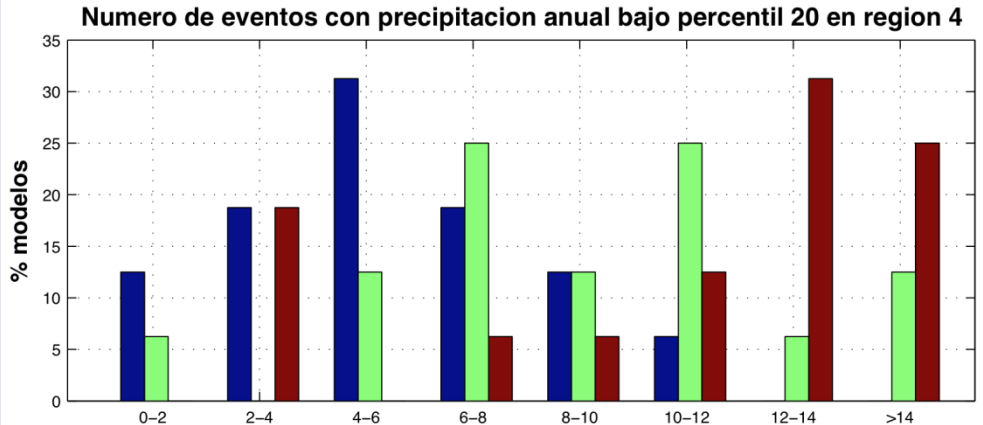
Zona 1: Altiplano (18-23S)
Zona 2: Norte Grande (23-27S)
Zona 3: Norte Chico (28-32S)
Zona 4: Chile Central (32-38S)
Zona 5: Zona Sur (38-42S)
Zona 6: Patagonia (44-49S)
Zona 7: Magallanes (50-55S)

Centro de Cambio Global UC

Extremos 1. Sequias





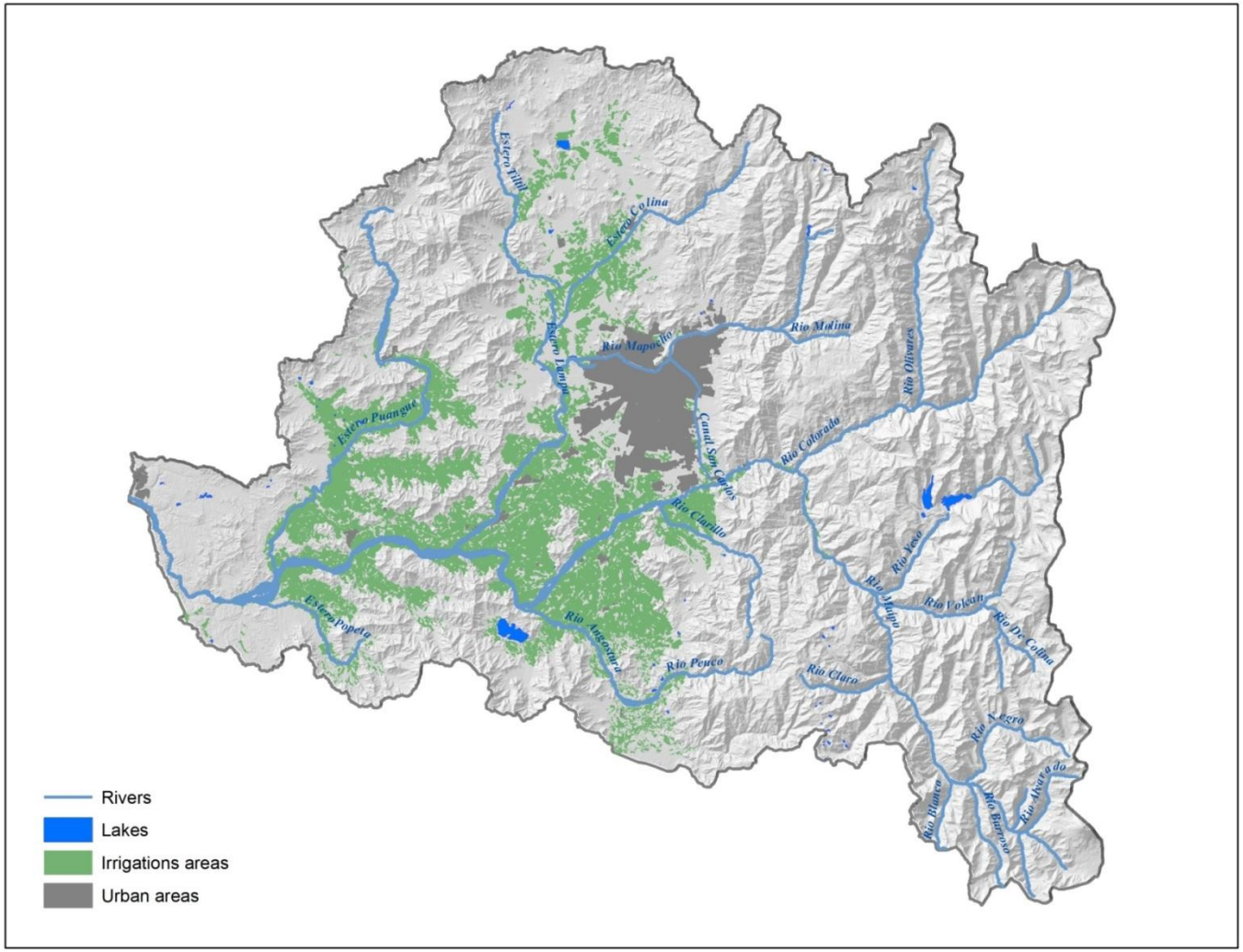


Ejemplo en cuenca del Maipo – agua potable

Santiago:
≈ 6 million or 40% of Chile's population

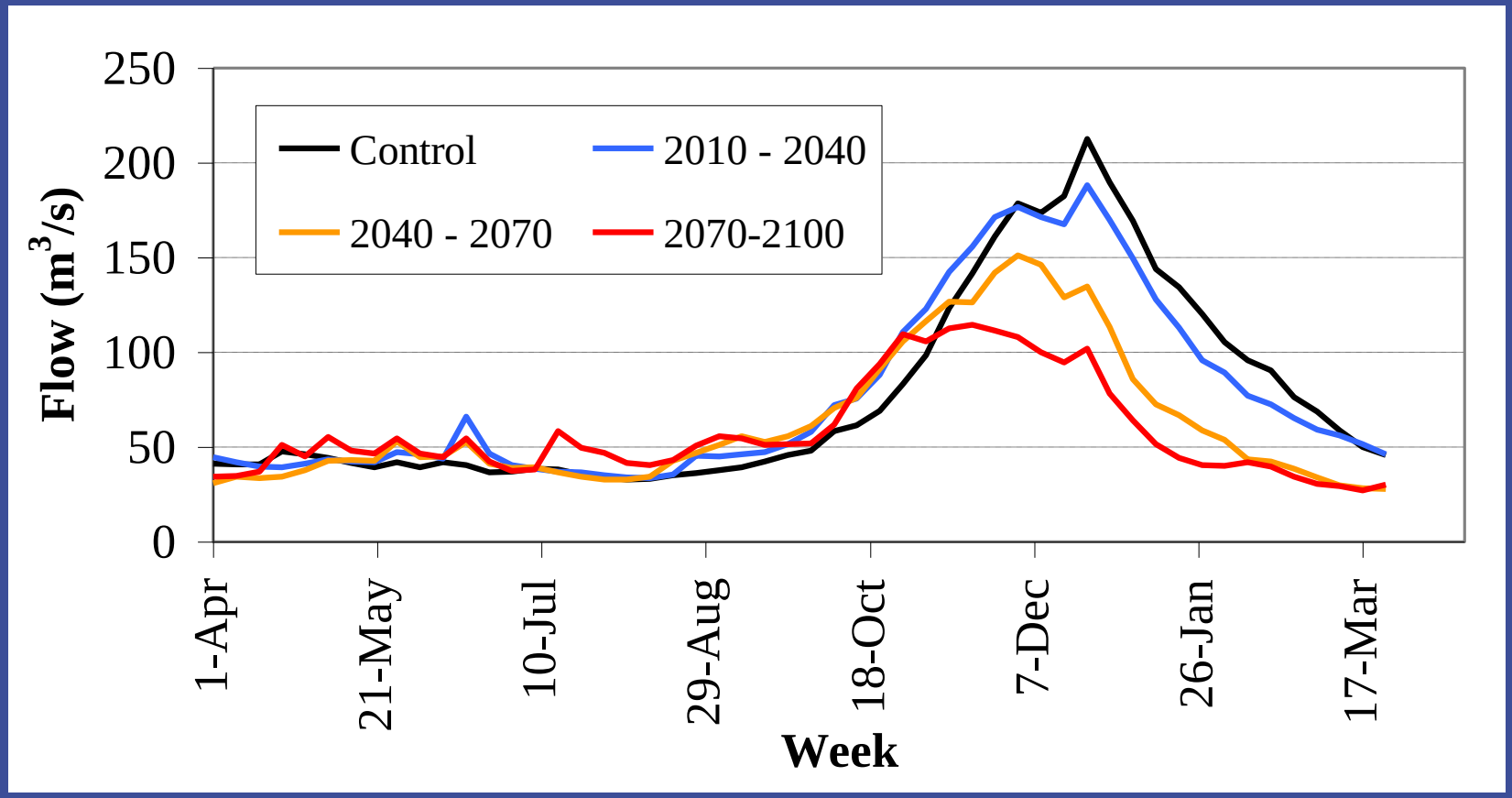
Riego:
≈ 250.000 has (or 16% of basin)

Embalses:
El Yeso:
250 Hm3

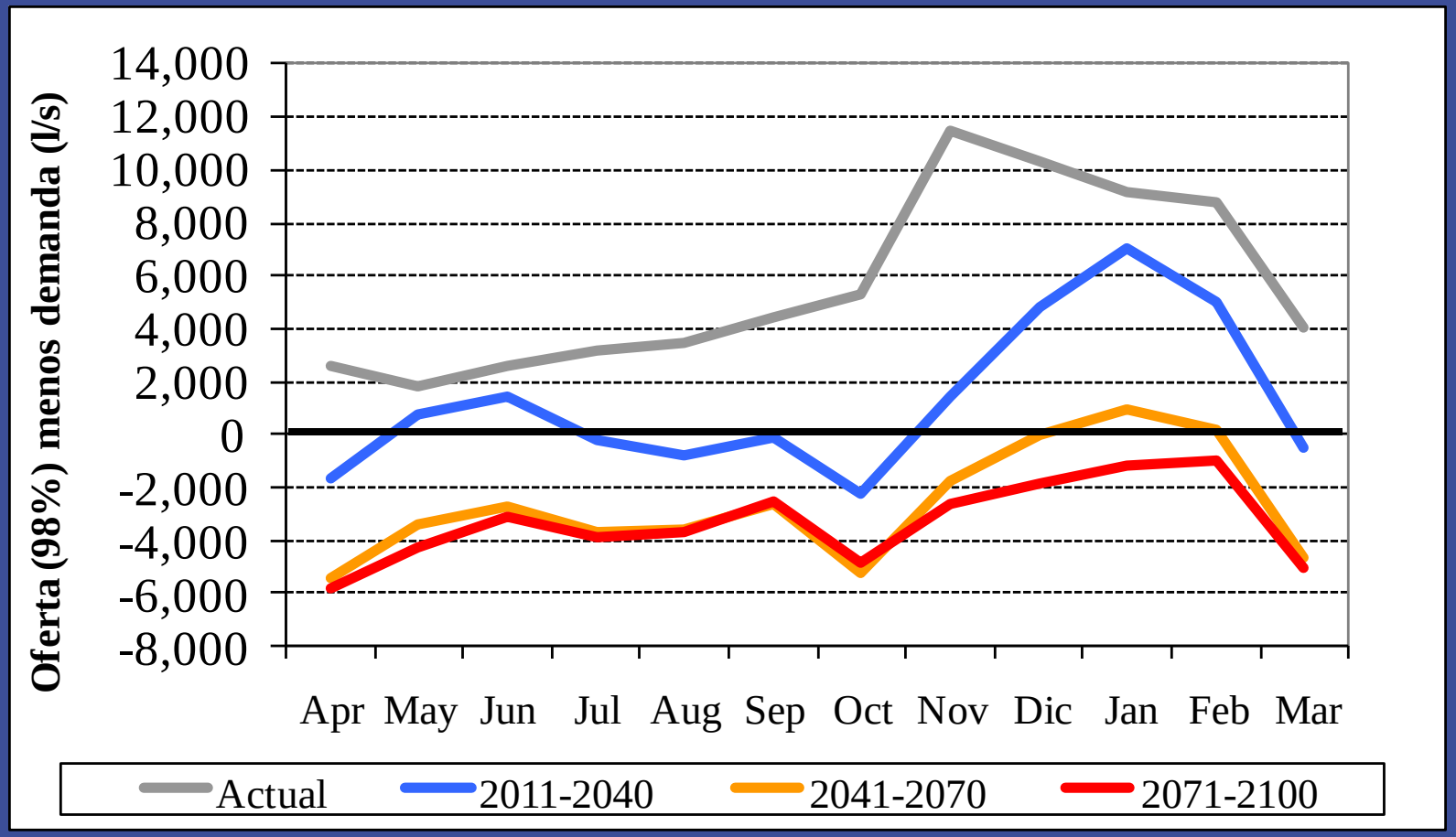


Hydrologic impacts: Reduction in flows and timing of inflows

Example: ECHAM A1b



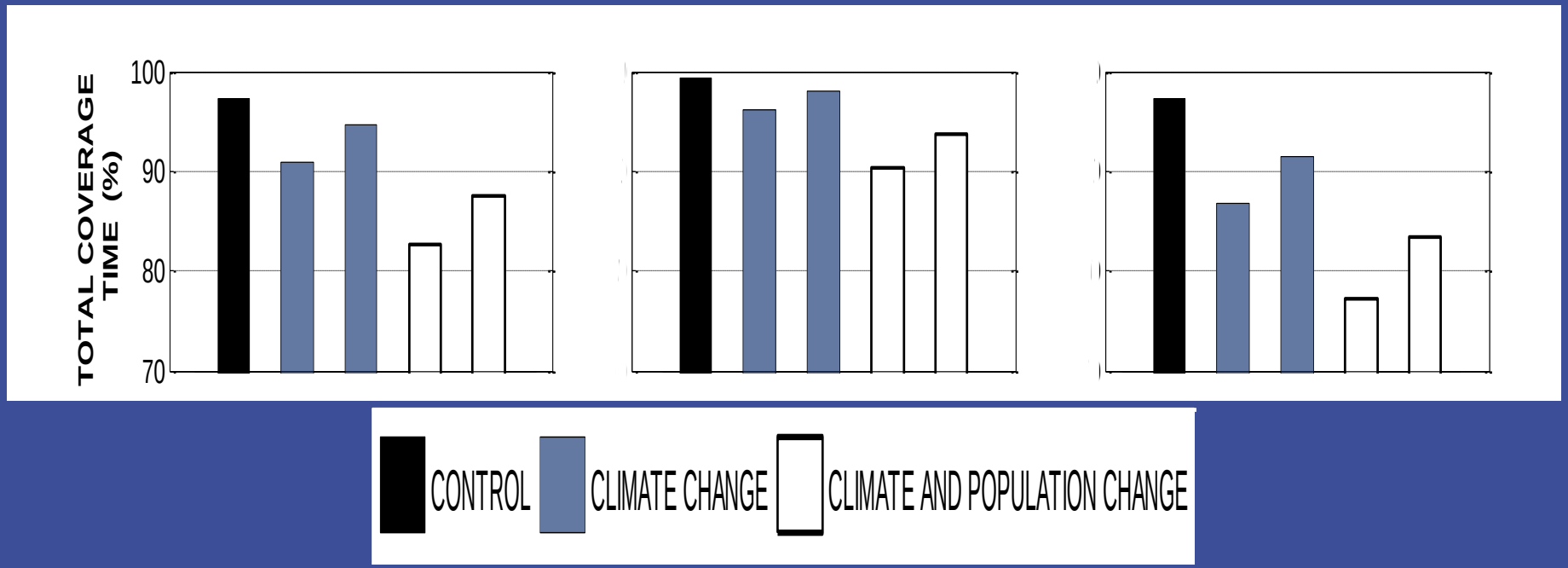
Comparación oferta y demanda de agua en Región Metropolitana



Centro de Cambio Global UC

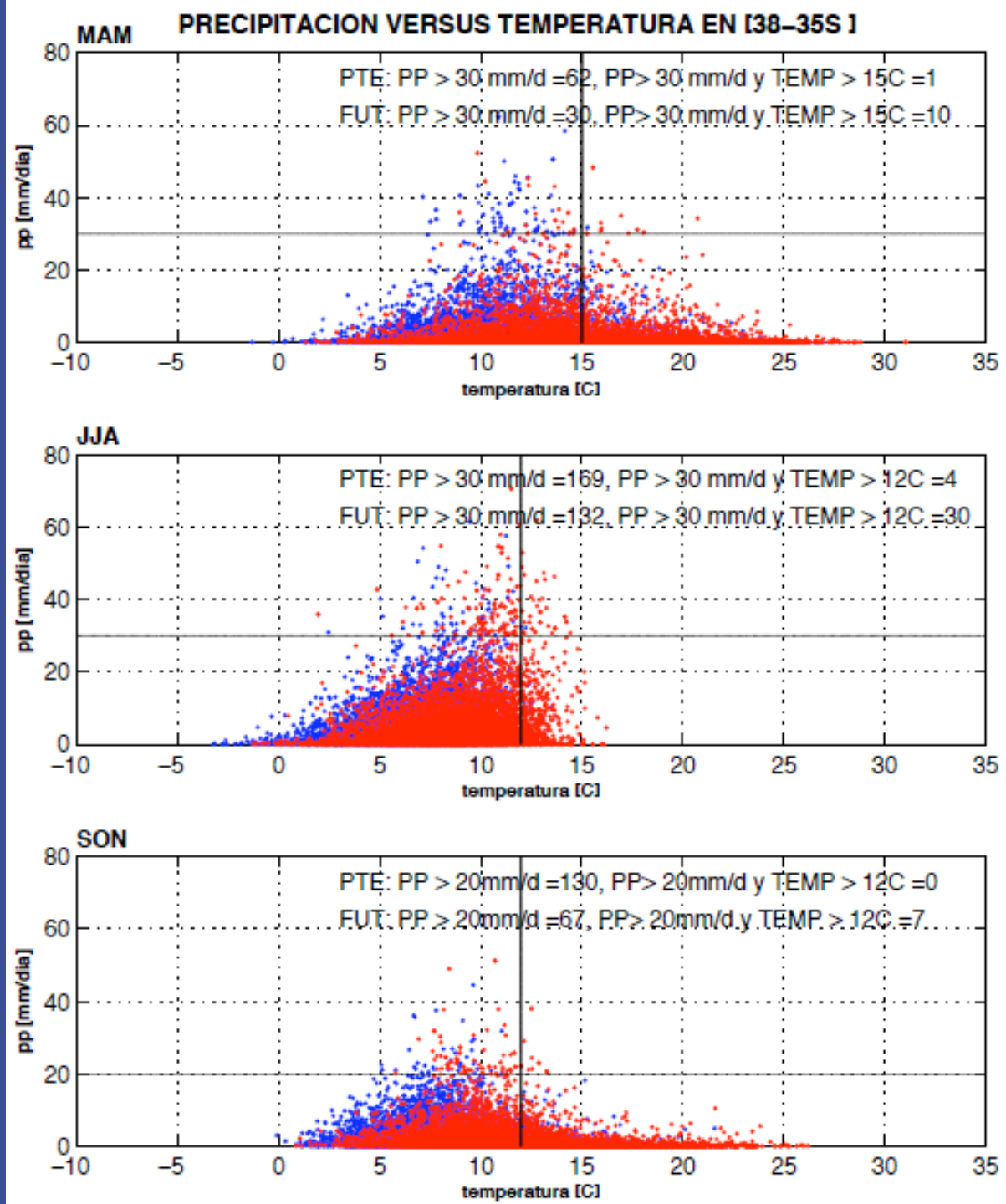
Comparación oferta y demanda de agua en Región Metropolitana

ECHAM HadCM3 GFDL

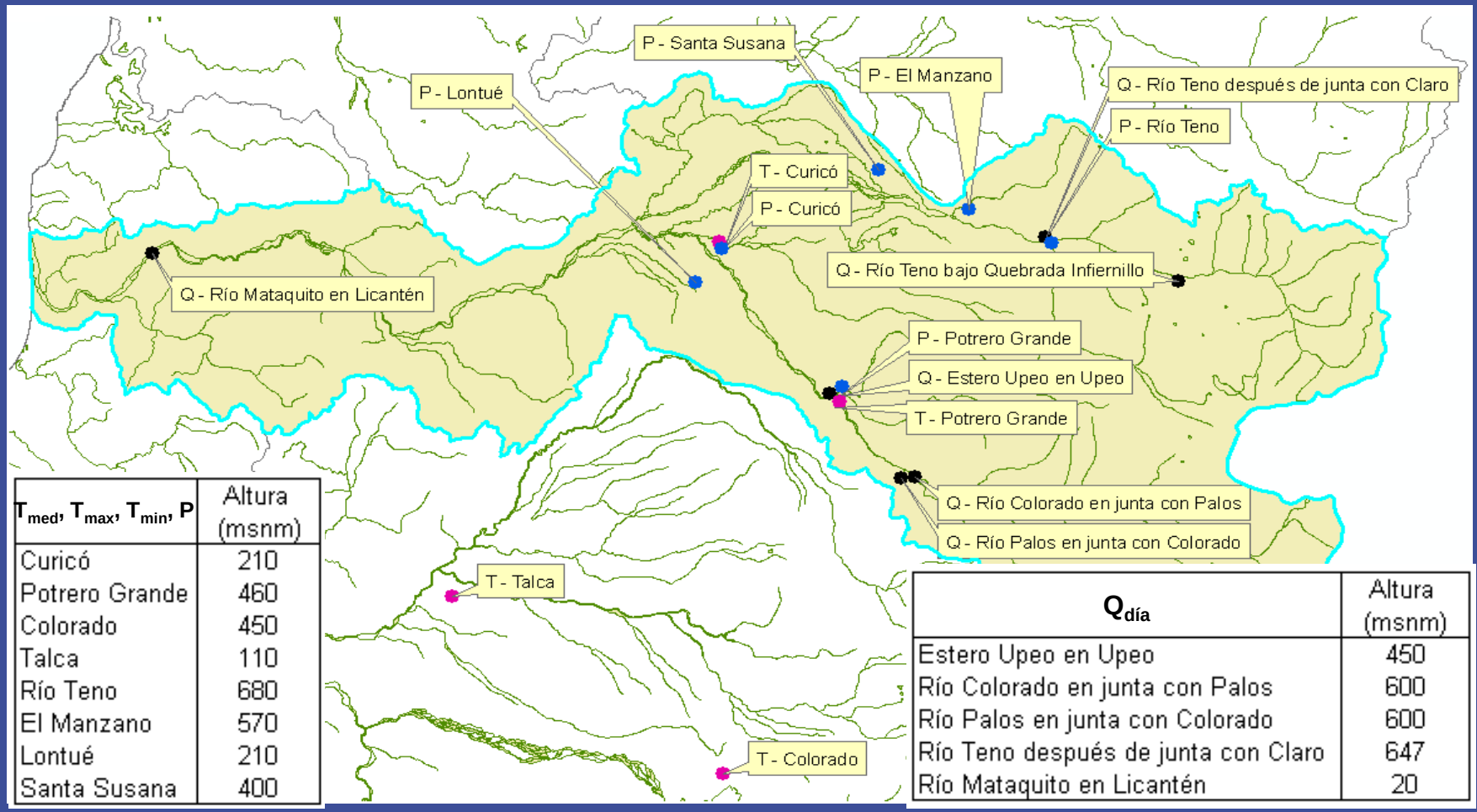


Centro de Cambio Global UC

Extremos 2. Tormentas calidas



Ejemplo en cuenca del Mataquito – inundaciones fluviales



T_{med}, T_{max}, T_{min}, P	Altura (msnm)
Curicó	210
Potrero Grande	460
Colorado	450
Talca	110
Río Teno	680
El Manzano	570
Lontué	210
Santa Susana	400

$Q_{día}$	Altura (msnm)
Estero Upeo en Upeo	450
Río Colorado en junta con Palos	600
Río Palos en junta con Colorado	600
Río Teno después de junta con Claro	647
Río Mataquito en Licantén	20

- **Series diarias**
- **Se rellenan de series incompletas de P y Q**
- **Análisis (1) estacional, (2) periodo pluvial y nival, (3) anual**
- **Variables hidroclimatológicas e índices representativos**
- **Tendencias (Mann-Kendall y Regresión Lineal)**

Centro de Cambio Global UC

Tendencias hidroclimáticas

Tendencias en variables climatológicas

Variable	Estación	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	ANUAL
Temperatura media diaria	Curicó		P	P	P	P
	Potrero Grande			P	P	P
	Colorado					
	Talca			P		P
Temperatura máxima diaria	Curicó	N	P	P		
	Potrero Grande			P	P	P
	Colorado					
	Talca					
Temperatura mínima diaria	Curicó			P	P	P
	Potrero Grande				P	
	Colorado	N				
	Talca					
Precipitación	Curicó		N	N		N
	Potrero Grande					
	Río Teno			N		
	El Manzano			N		
	Lontué					
	Santa Susana		P			

→ **Tendencias negativas en precipitaciones de primavera**

→ **Tendencias positivas en temperaturas de primavera y verano.**

Centro de Cambio Global UC

Tendencias hidroclimáticas

Tendencias en índices de precipitación

	VERANO						OTOÑO						INVIERNO						PRIMAVERA						ANUAL					
Estación[1]	CU	PG	RT	EM	LO	SS	CU	PG	RT	EM	LO	SS	CU	PG	RT	EM	LO	SS	CU	PG	RT	EM	LO	SS	CU	PG	RT	EM	LO	SS
Desviación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-		N	-	N	-	-	-	N	-	-	-	-	-
R10mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	N		N	-	N	-	N	-	N	-	-	-	N	P
R20mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-		-	N	N	-	-	-	-	-	-	-	-	P
TDD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		P	-	-	-	-	-	P	P	-	P	-	-
RX1day	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	N	N	-	-	-	N	-	-	-	-	-
RX5day	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-		N	-	N	-	-	-	N	-	-	-	-	-
R95% R	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	N	-	-	-	N	-	-	-	-	-
R95% E	-	-	-	-	-	-	N	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-		-	N	-	-	-	-	N	-	-	-	-	-
R75% R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-		-	-	N	N	-	-	N	-	-	-	-	-
R75% E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-		N	-	N	N	N	-	N	-	-	-	-	P
P> R95% R	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	N	-	-	-	N	-	-	-	-	-
P> R95% E	-	-	-	-	-	-	N	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-		-	N	-	-	-	-	N	-	-	-	-	-
P> R75% R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-		-	-	N	-	-	-	N	-	-	-	-	-
P> R75% E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	-	-	-	-		N	-	N	N	N	-	N	-	-	-	-	-

[1] CU: Curicó, PG: Potrero Grande, RT: Río Teno, EM: El Manzano, LO: Lontué, SS: Santa Susana

→Se detecta una disminución en la intensidad de las medianas y grandes lluvias.

→ Se detecta un aumento en la cantidad de días sin lluvia y una disminución en la cantidad de días que ocurren las grandes lluvias.

→ Ambas situaciones se acentúan en primavera

→ Situación más notoria en Curicó. Ciertas diferencias en otoño e invierno

Tendencias hidroclimáticas

Resultados de tendencias en el escurrimiento

CAUDAL MEDIO Y PORCENTAJE CON RESPECTO AL VOLUMEN ANUAL

	Caudal medio (m^3/s/déc.)								Porcentaje del volumen anual escurrido (%/déc.)							
Periodo[2]	V	O	I	P	A	N	PL	P-N	V	O	I	P	A	N	PL	P-N
Estero Upeo en Upeo	- 0,2			- 1,4	N	- 0,8			- 0,4	P		- 2,9		- 3,3	+ 3,3*	+ 6,5
Río Colorado en junta con Palos	N	P						P	N	P				- 2*	+ 2*	+ 3,7
Río Palos en junta con Colorado		P						P	N	P				- 2*	+ 2*	+ 3,8
Río Teno después de junta con Claro[1]	N	P					P	P		P						P
Río Mataquito en Licantén	P	P		N	P	P	P	P		P		- 3,8		N		P

[1] Carencia de registros al inicio del periodo de estudio y la presencia del embalse El Planchón, aguas arriba de la estación, que afectan el cálculo de la tendencia

[2] V: verano, O: otoño, I: invierno, P: primavera, A: anual, N: nival, PL: pluvial, P-N: diferencia pluvial-nival.

RESULTADOS GENERALES

→ Tendencias no significativas para Q_{med}, excepto en Estero Upeo en el época nival, primavera y verano.

→ Aumento no significativo de caudales en otoño.

→ Tendencia al alza de diferencia % periodo pluvial - nival. Significativa en la mayoría de las estaciones.

→ El aumento del porcentaje de los caudales del periodo pluvial corresponde al alza de los caudales y del porcentaje de los caudales en otoño.

Tendencias hidroclimáticas

Resultados de tendencias en el escurrimiento

Eventos extremos

	NIVAL					PLUVIAL					DIFERENCIA PLUVIAL - NIVAL					ANUAL				
Estación[1]	UP	CP	PC	RT	LI	UP	CP	PC	RT	LI	UP	CP	PC	RT	LI	UP	CP	PC	RT	LI
Qmin ($m^3/s/déc.$)	- 0,1	N	N	N	s/i	- 0,1	- 1,3	N	N	s/i	P	P		P	s/i	- 0,1	- 1,2	N		s/i
Qmax ($m^3/s/déc.$)	N	N	N	N	s/i	P	P	P	P	s/i	P	+ 86	+ 57	+ 90	s/i		P	P	P	P
Día Qmax (dias/déc.)	0,2	2,5	4,9	2,6	s/i	-2,7	-6,4	-4,2	-5,9	s/i	-2,8	-9	-9	-8,6	s/i	-2,7	-12	-6,6	-2,5	-14
Qmax inst ($m^3/s/déc.$)	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	+ 137	P	P	P
Low Flow ($m^3/s/déc.$)	- 0,07	N	N	N	s/i	N	N	- 1	N	s/i	P	P	P	P	s/i	N	- 1	- 1.2		s/i

[1] UP: Upeo, CP: Colorado en junta con Palos, PC: Palos en junta con Colorado, RT: Río Teno, LI: Licantén

Caudal máximo

→ Tendencias positivas no significativas a nivel pluvial y anual, negativas a nivel nival.

→ Tendencia significativa diferencia Pluvial-Nival de caudales máximos.

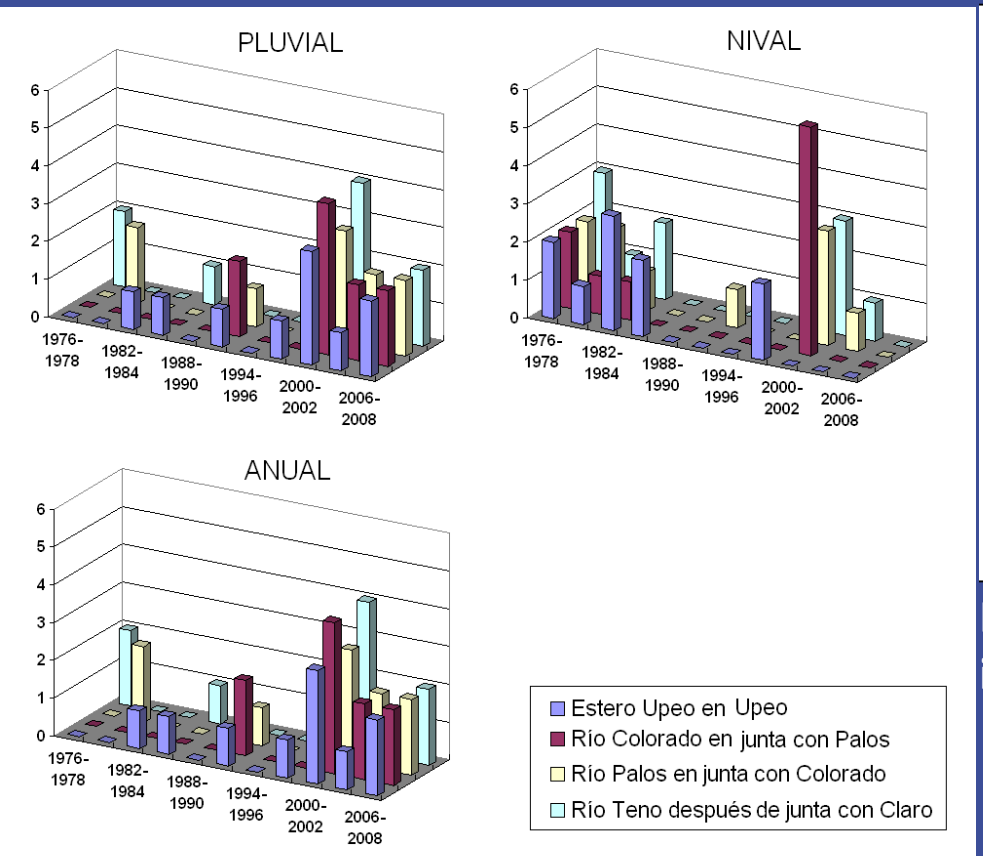
Caudal mínimo de 7 días

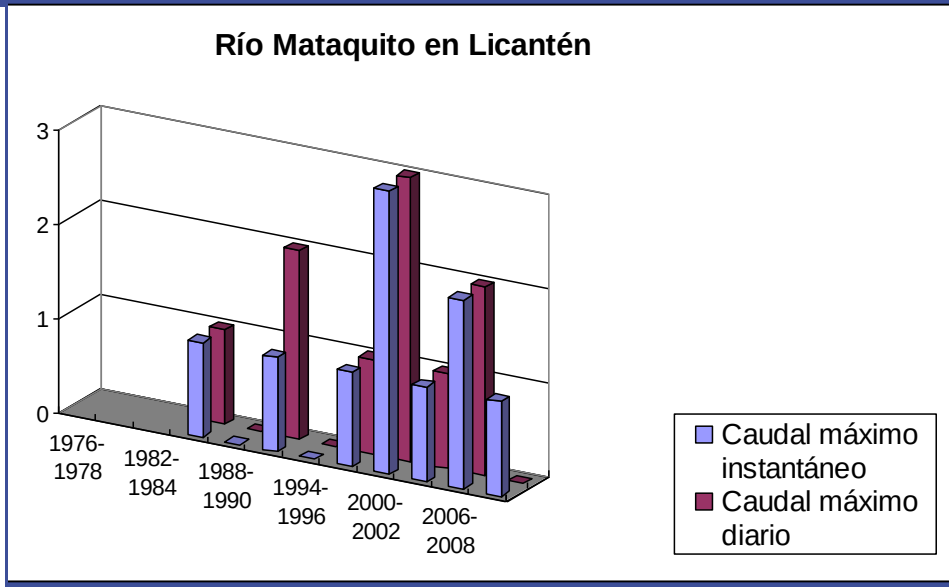
→ Tendencias negativas en Q_{min} y Low Flow para los períodos nival, pluvial y anual

→ La tendencia es significativa en el periodo ANUAL para la estación Río Colorado en junta con Palos, en el periodo PLUVIAL y ANUAL para la estación Río Palos en junta con Colorado, y en el periodo NIVAL sólo para la estación Estero Upeo en Upeo.

Eventos extremos

Histograma de las 10 mayores crecida máximas diarias, serie de excedencia anual



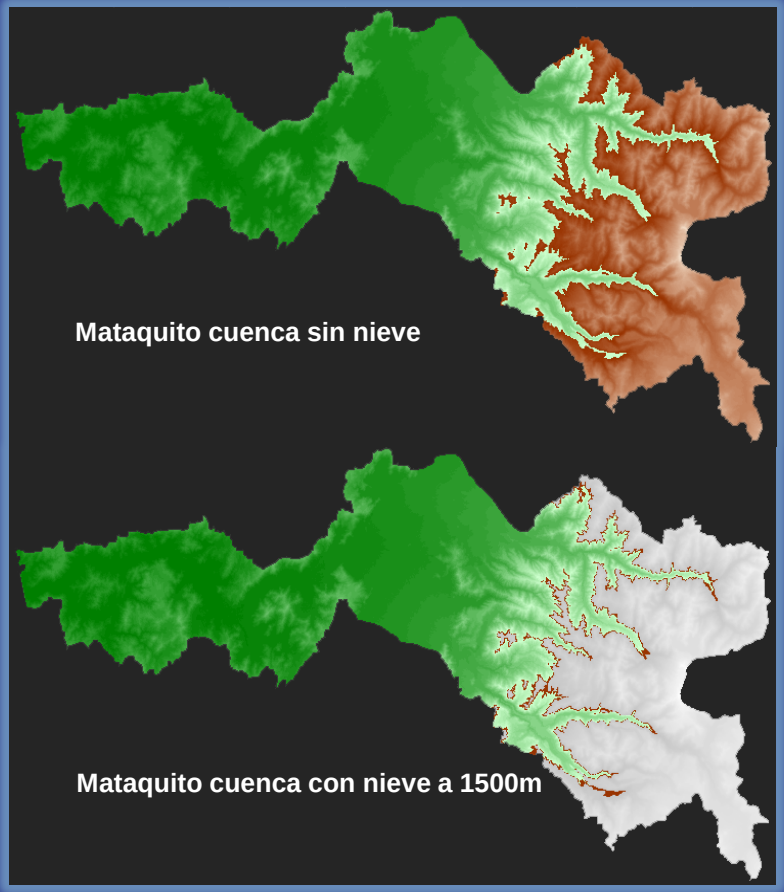


Histograma de crecida máxima anual diaria e instantánea (1987-2009)

Centro de Cambio Global UC

Sentido físico de los resultados estadísticos:
Efecto de la temperatura sobre eventos extremos

- 35% del área de la cuenca se encuentra por sobre 1500 m (cota de línea de nieve en invierno)



Elevación	% de Cuenca	Elevación	% de Cuenca
0	100.00%		
1500	35.03%	2800	5.63%
1600	33.00%	2900	3.69%
1700	31.04%	3000	2.04%
1800	29.16%	3100	1.15%
1900	27.28%	3200	0.69%
2000	25.31%	3300	0.45%
2100	23.31%	3400	0.28%
2200	21.33%	3500	0.15%
2300	19.15%	3600	0.09%
2400	16.74%	3700	0.04%
2500	14.27%	3800	0.02%
2600	11.33%	3900	0.01%
2700	8.20%	4000	0.00%

Ejemplo: comparación de dos eventos extremos

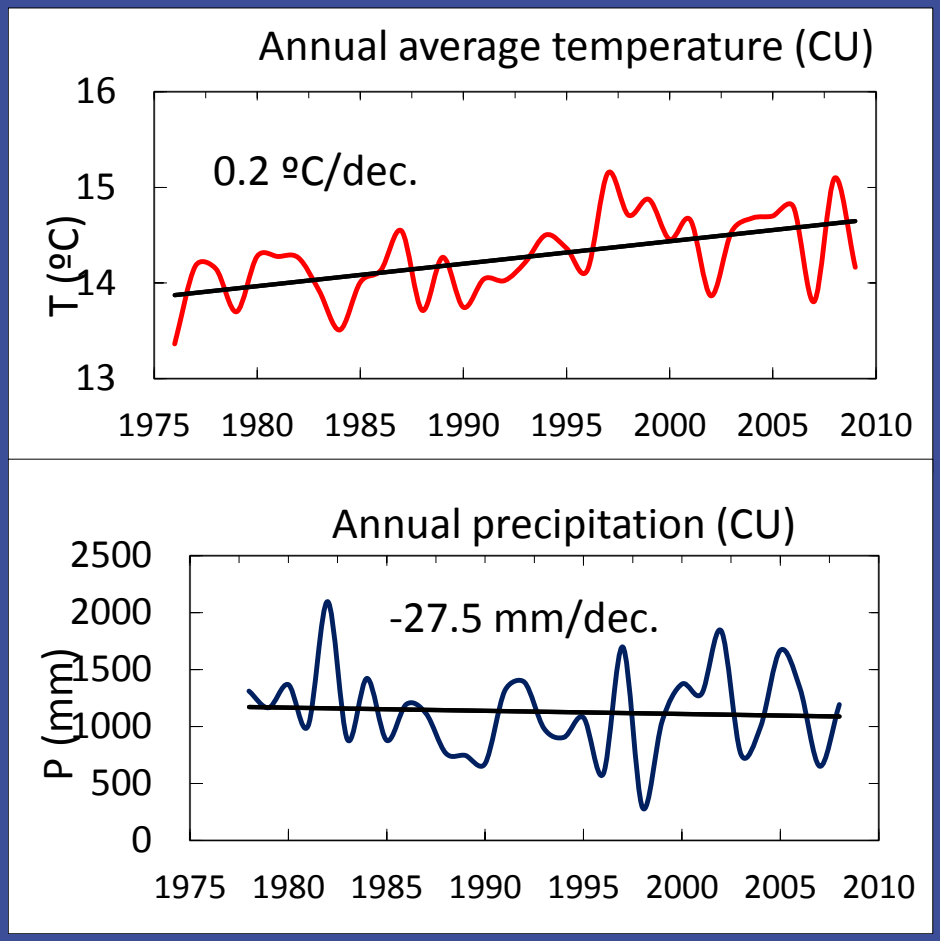
	2002	2008
P 2 días previos (mm)	103.6	83.9
Caudal Máximo (m^3/s)	931	2690
T_{max} promedio (°C)	13,0	17,4
Cota estimada línea de nieve (m)	1700	2200

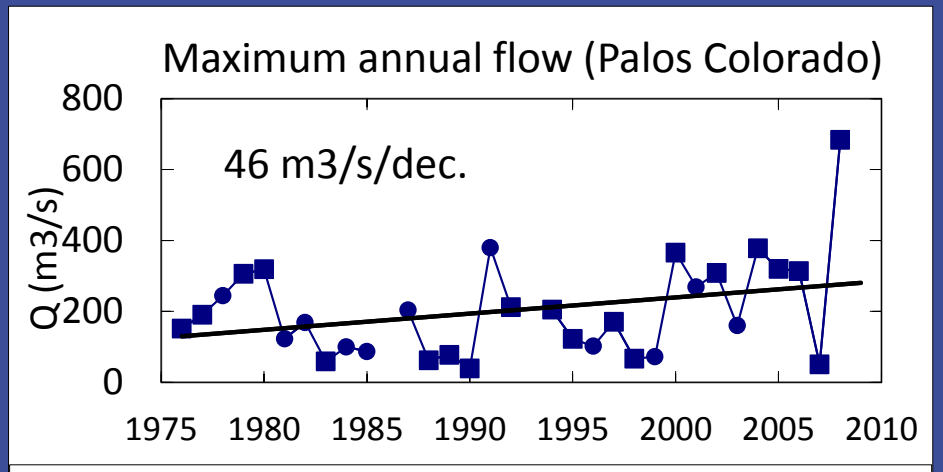
- **Comparación entre 23 /mayo/2008 y 27/mayo/2002***
  - **Área extra de lluvia vs. nieve: 615km²**
    - **Equivale a un día con 597m³/s de caudal extra**

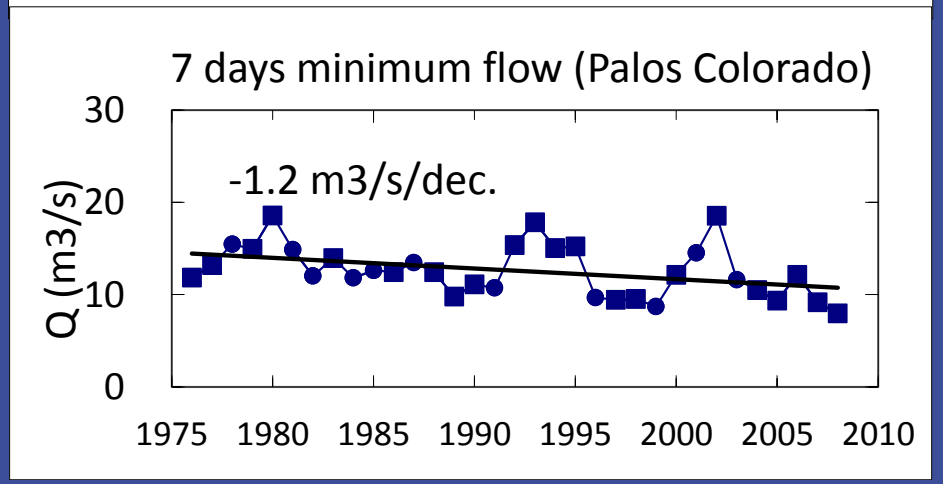
*** A partir de P's y T's en Curicó, adoptando una tasa de lapso de 9 °C/Km**

  - **Nieve de eventos anteriores probablemente derretida (19-20 mayo, 2008 : 49.5 mm, T_{max} 14,6 °C (cota línea de nieve ~ 1800m) . Equivalente a un día con 284 m³/s de caudal extra.**
  - **El evento del 2008 es de menor magnitud (19,7 mm), pero produce un caudal mayor equivalente al menos a 881m³/s de caudal extra.**

Síntesis grafica







Conclusiones

- Los factores que contribuyen a la ocurrencia de desastres son la vulnerabilidad, exposición y amenaza climática.
- Pese a una evidencia aun limitada es posible prever que el cambio climático afecte la magnitud de la amenaza
- Para Chile es posible prever que debido al cambio climático aumente la amenaza asociada a sequias.
- No existe información a la fecha que permita proyectar aumentos en la intensidad de precipitaciones.
- Sin embargo, producto del alza esperada en temperatura es posible proyectar un aumento en la ocurrencia de inundaciones fluviales producto de tormentas cálidas.
- Un estudio regional indica que podría aumentar la altura de ola significativa. Sin embargo, no existen estudios de caso de los posibles impactos costeros asociados al cambio climático

Centro de Cambio Global UC

Gracias…

Araucarias en el PN Nahuelbuta