

Advances and challenges of glacio-hydrological modelling and its integration into watershed models: the case study of the Rio Maipo

Sebastian Vicuña, James McPhee, Yuri Castillo, Eduardo Bustos

Coordination Meeting

The Impact of Glacier Retreat in the Andes: International
Multidisciplinary Network for Adaptation Strategies

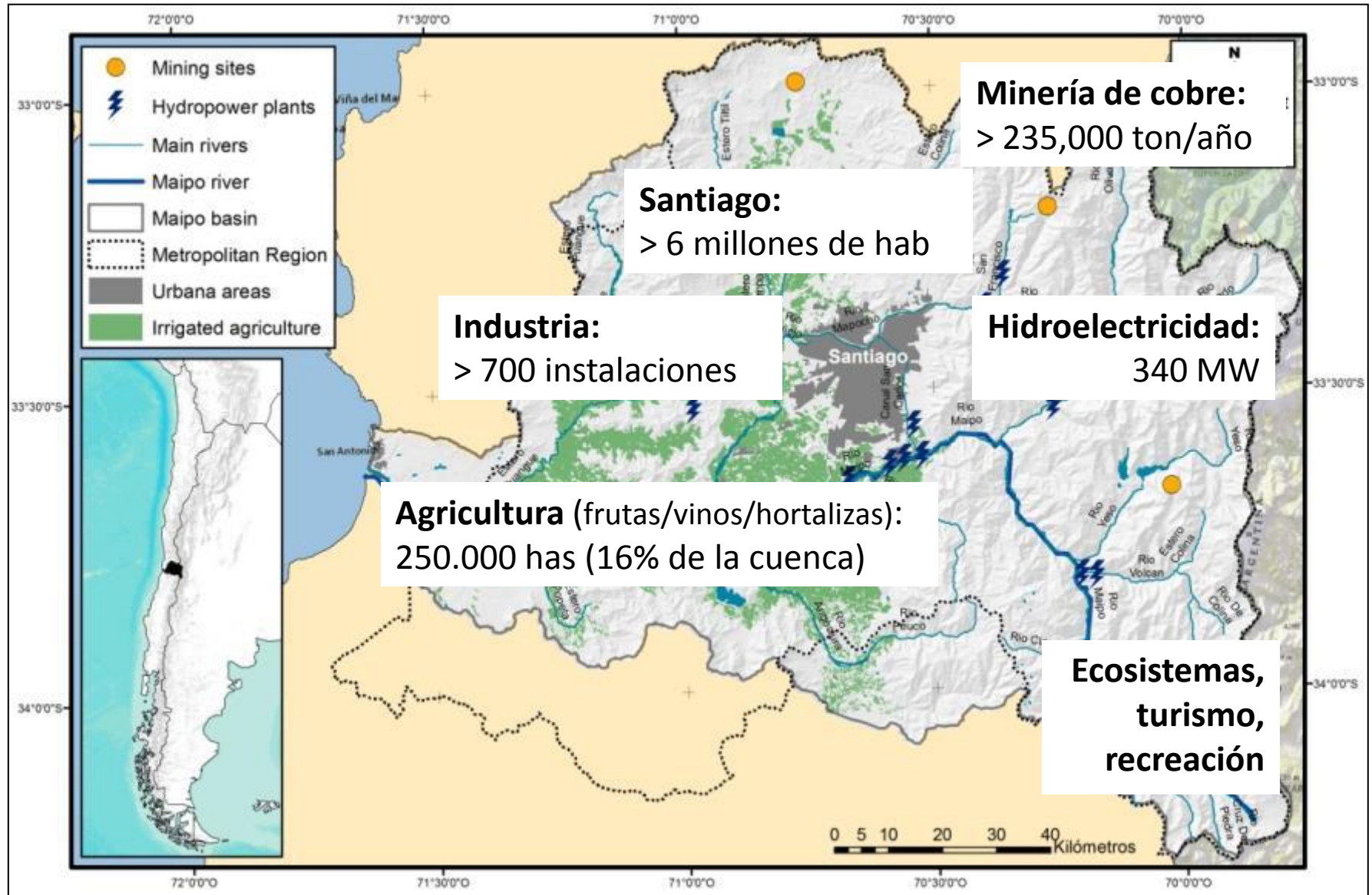
3-4 September, Santiago, Chile



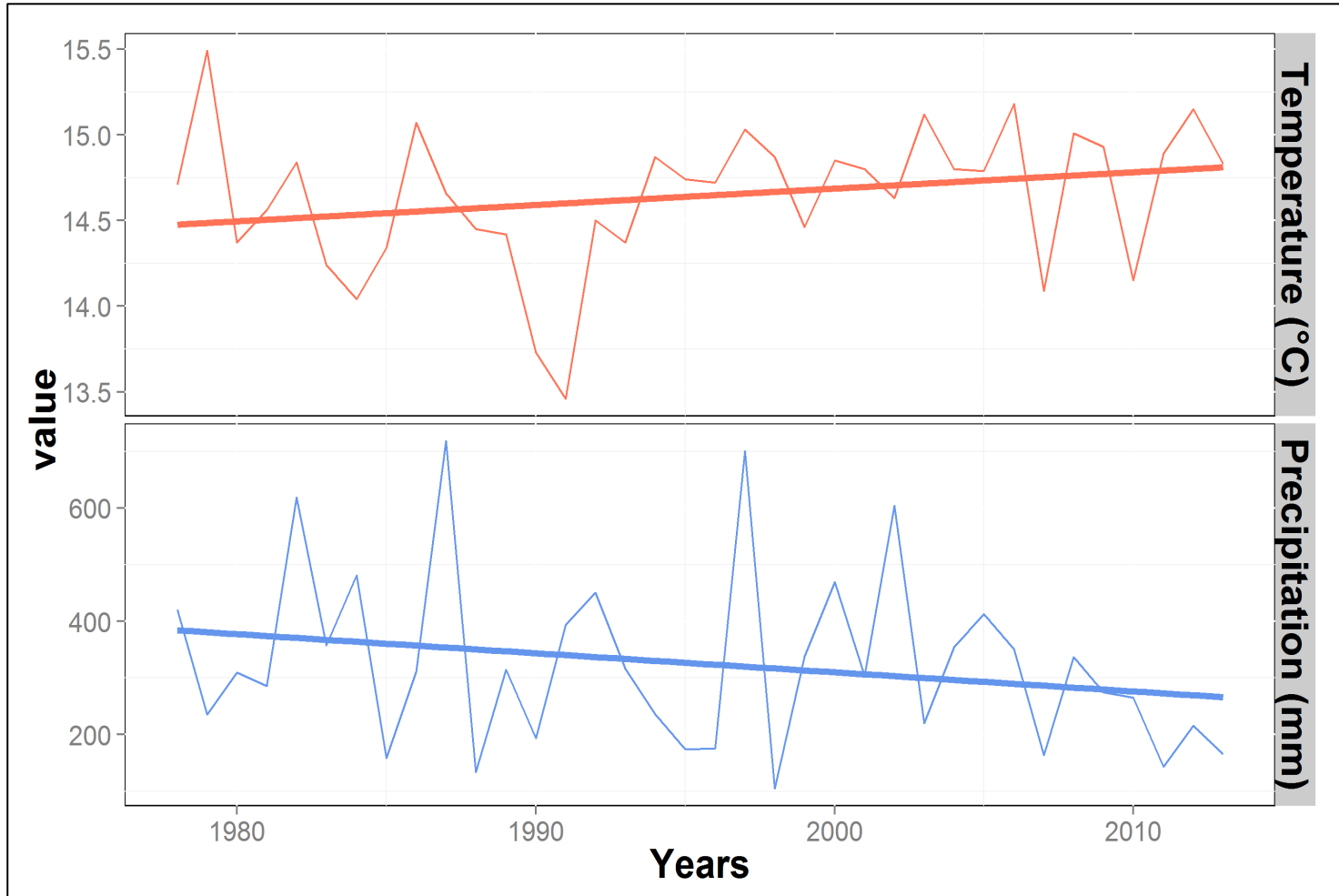
Agenda

- Contexto: cuenca del Rio Maipo y proyecto MAPA
- Glaciares de la Cuenca del Maipo
- Tendencias históricas de los glaciares en Chile central
- Estrategia de modelamiento
- Resultados de la modelación de los glaciares del Maipo en condiciones climáticas históricas y futuras
- Conclusiones

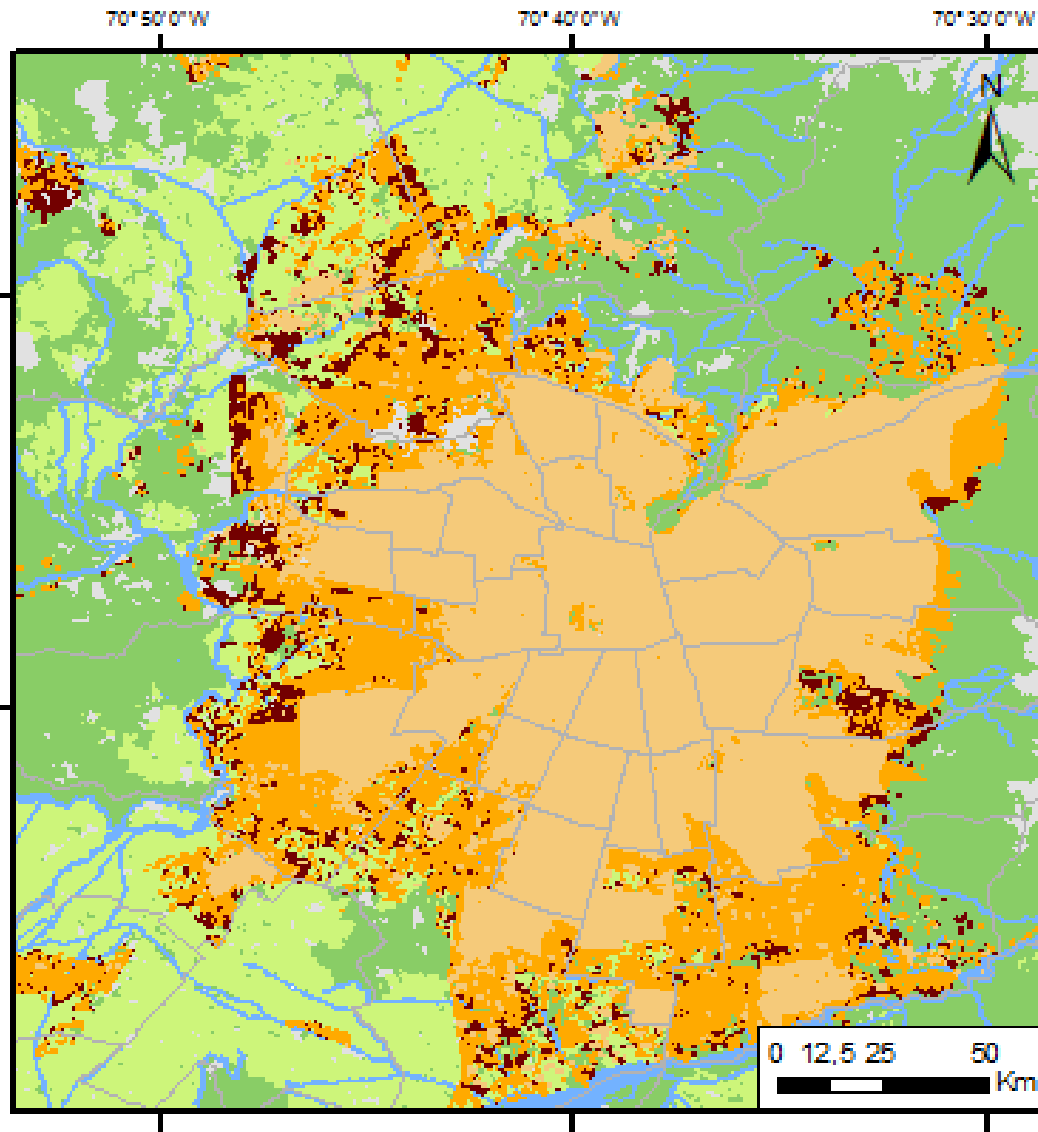
Múltiples usuarios del agua en la Cuenca del Maipo






Un clima cambiando

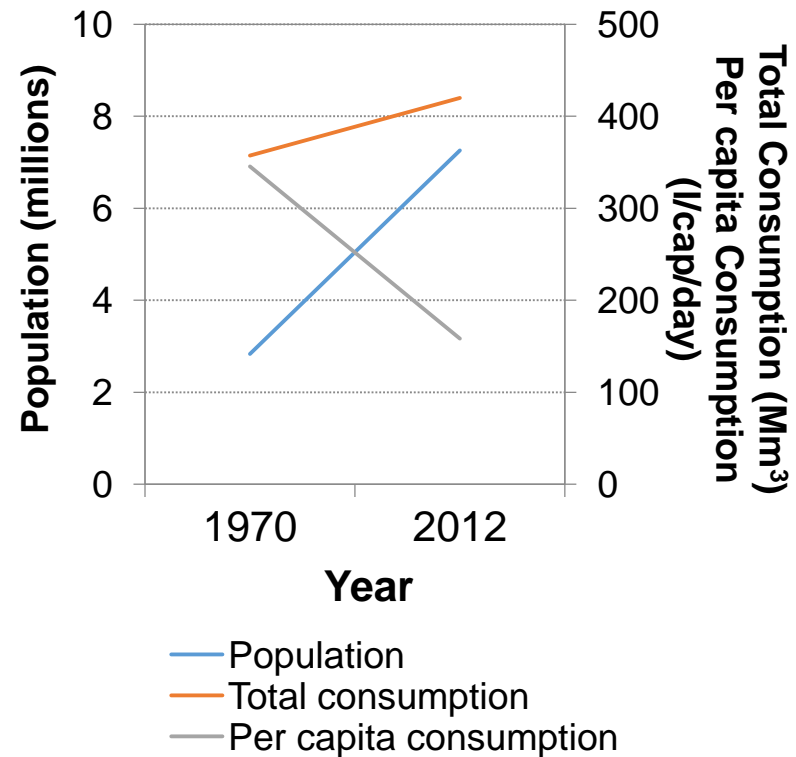


Una ciudad que crece



Land covers in Metropolitan Region

	Urban area in 1975	37,000 has
	Urban area in 1999	58,000 has
	Urban area in 2010	66,000 has



Adaptación a la variabilidad y el cambio climático en cuenca del Maipo

Preguntas críticas

- ¿Cuál es el efecto del clima en la oferta y demanda de agua relevante para diferentes usuarios de agua en la cuenca del Maipo?
- ¿Cuál es el efecto que tienen otros factores como el crecimiento urbano?
- ¿Qué medidas de adaptación se pueden desarrollar para los distintos tipos de usuarios?

Objetivo principal del proyecto

Articular el desarrollo de un plan de adaptación con respecto a la variabilidad y el cambio climáticos en la cuenca del río Maipo a partir del análisis de las vulnerabilidades de los diferentes tipos de usuarios del agua



GRUPO CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS Y VALIDACIÓN SUPUESTOS

Sector Publico

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• MMA – SEREMI RM• GORE• MINVU-SEREMI RM• SUBDERE | <ul style="list-style-type: none">• Min Agricultura: CNR; SEREMI RM; SAG RM; INDAP RM; CONAF• SISS• DGA |
|--|---|

Usuarios y proveedores de agua

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Junta Vigilancia 1ª Sección Maipo• AES Gener• Sociedad Canal de Maipo• A. Canal Unidos Buin• Aguas Andinas• CCU | <ul style="list-style-type: none">• APR Batuco• Angloamerican• Comunidad de Aguas C. Naltahua• Comunidad de Aguas Canal Castillo• SNA• SMAPA |
|--|---|

Sociedad Civil - Organismos multilateral

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• CEPAL• AMUR• TNC | <ul style="list-style-type: none">• Chile Sustentable• Fundación Terram |
|--|--|

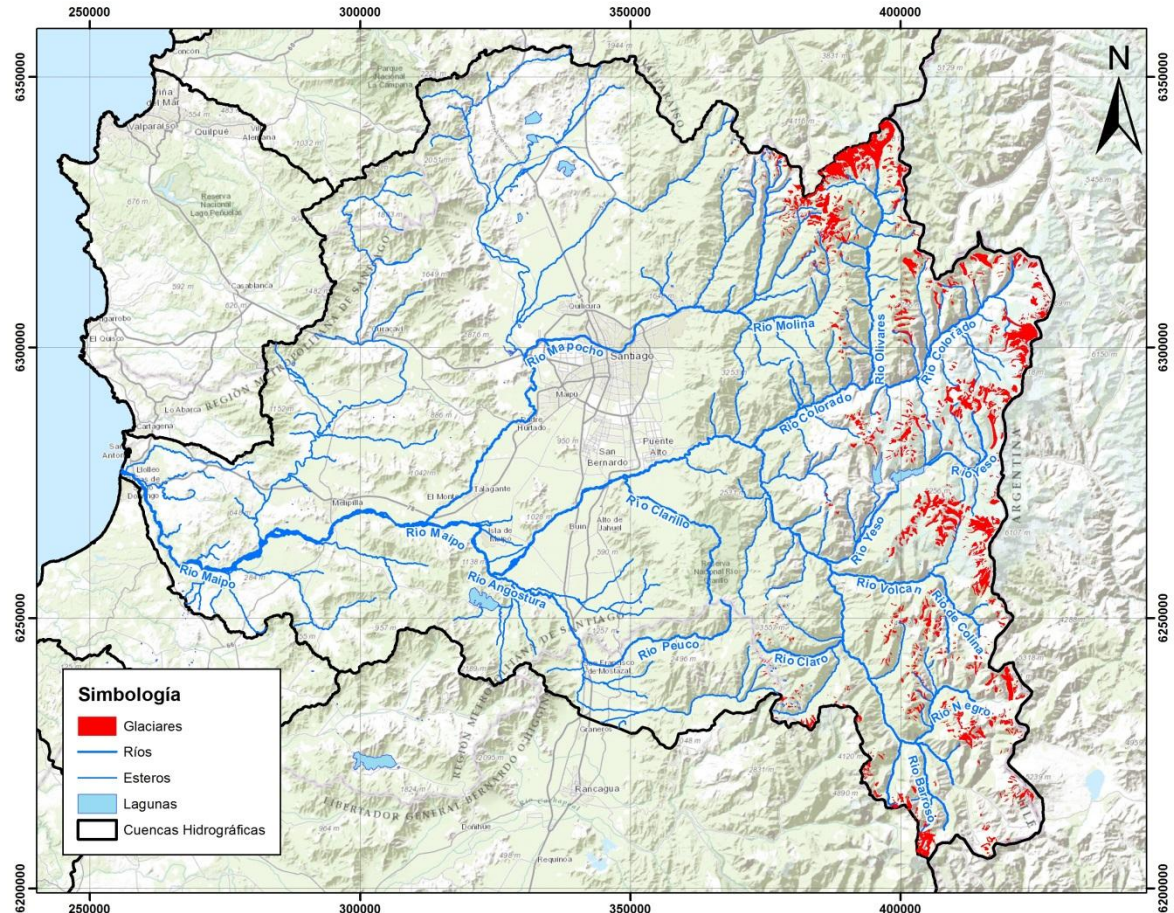
Glaciares de la cuenca del Maipo

- En la Cuenca del Maipo existen 387,4 km² de glaciares (DGA, 2012), correspondientes al 2,5% del total de la cuenca, o al 6.6% de la zona cordillerana.
- En total corresponden a 979 unidades espacialmente independientes.
- Sus tamaños varían entre 21,4 km² (Glaciar Juncal sur) y 0.01 km² (glaciaretes sin nombre).

55.8 km² de glaciares (14% del total) posee información sobre superficie expuesta o cubierta.



67.8% corresponde a glaciares expuestos o blancos

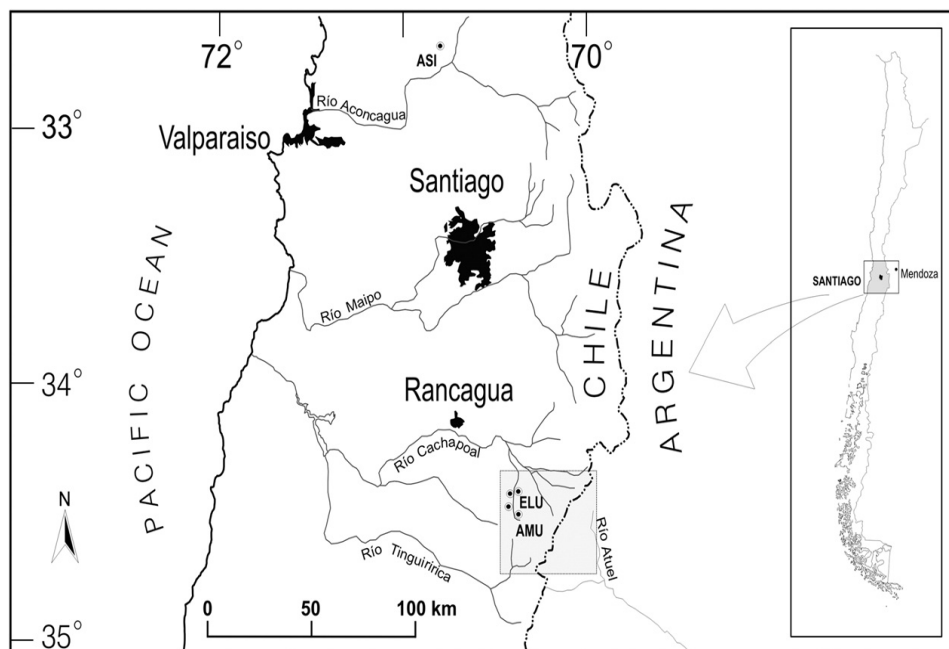


Tendencia histórica de los glaciares en Chile central

Segunda mitad del siglo XX

retroceso para 87% de 95 glaciares analizados a lo largo de todo Chile (hasta -278 m/año) (Rivera et al., 2000)

tendencia negativa en 8 de 8 glaciares estudiados en la zona central de Chile y Argentina (33-36°S) (Le Quesne et al., 2009)

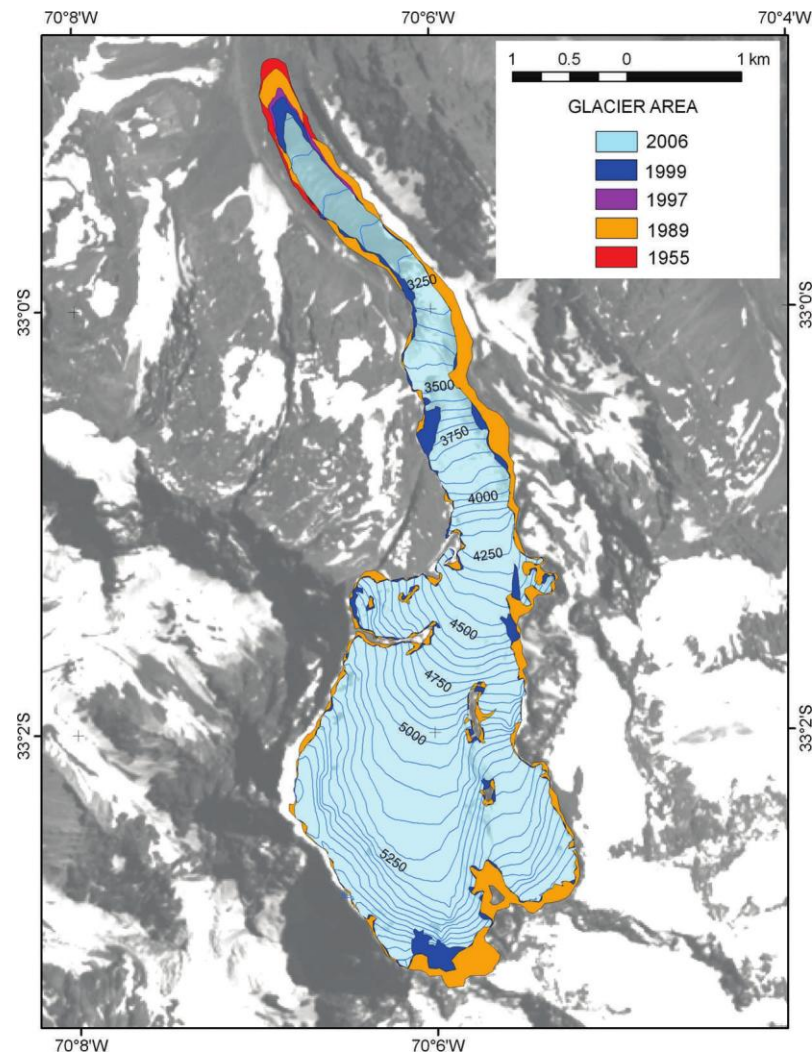


- Retrocesos frontales de entre -50 y -9 m/año,
- adelgazamientos de entre 0,76 a 0,56 m/año y
- reducción media del área de hielo del 3%. (Le Quesne et al., 2009)

Le Quesne et al. (2009)

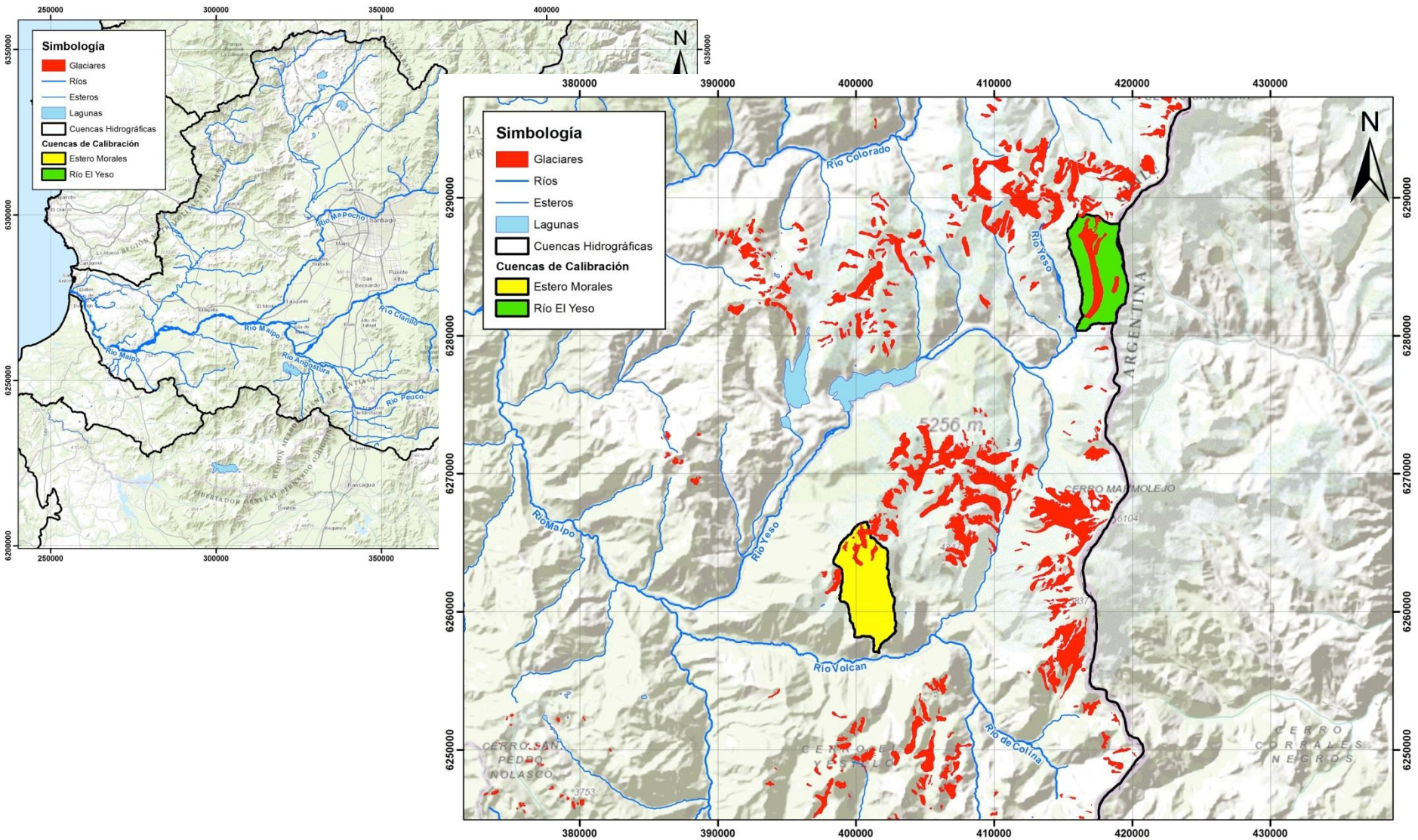
Tendencia histórica de los glaciares en Chile central

- Cuenca del Aconcagua:
 - Reducción del 20% de su superficie glaciar entre 1955 y 2003, (de 151 a 121 km²; 0,63 km²/año). (Bown et al., 2008)
 - Glaciar Juncal Norte: reducción del 14% entre 1955 y 2006, y un 3,5% entre 1999 y 2006, menos que otros glaciares de Chile central. (Bown et al., 2008)

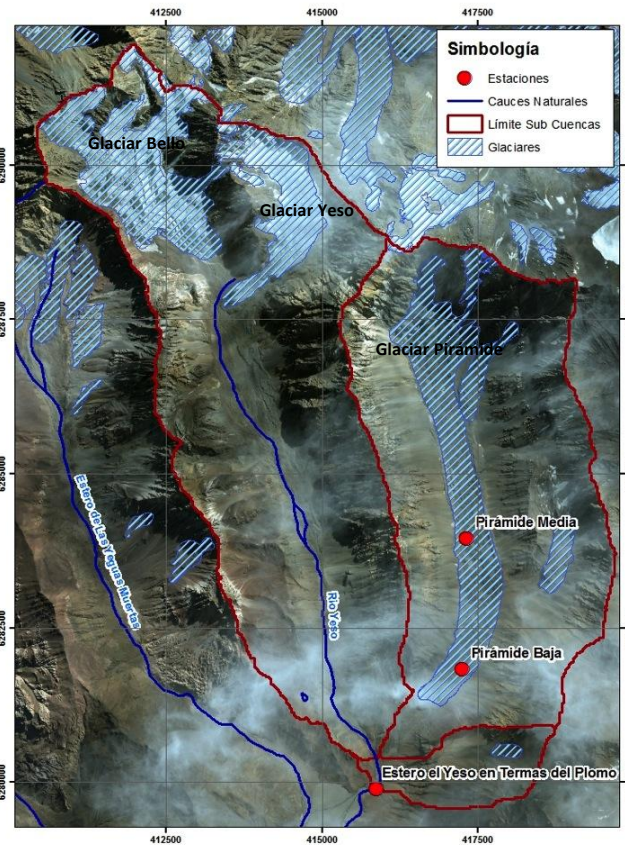
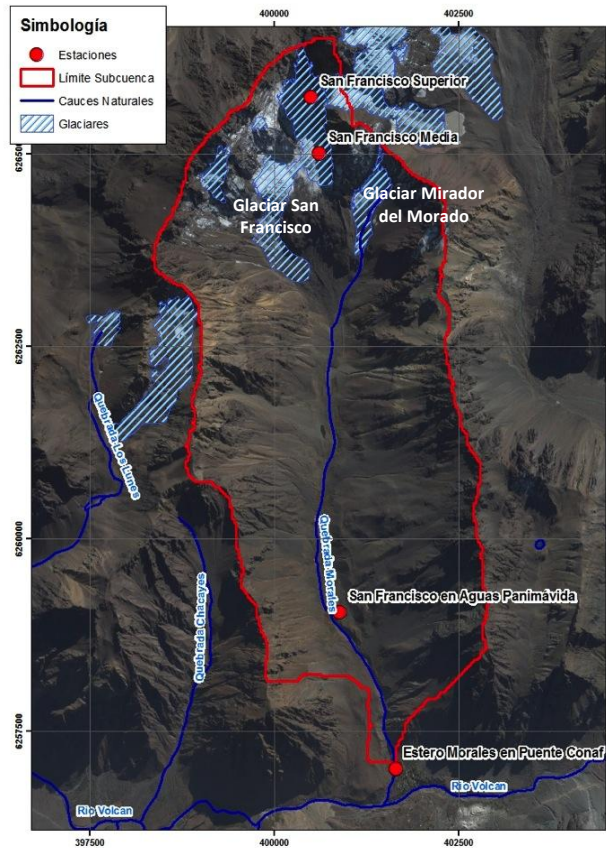


(Bown et al., 2008)

Estrategia de modelamiento con WEAP: Cuencas piloto

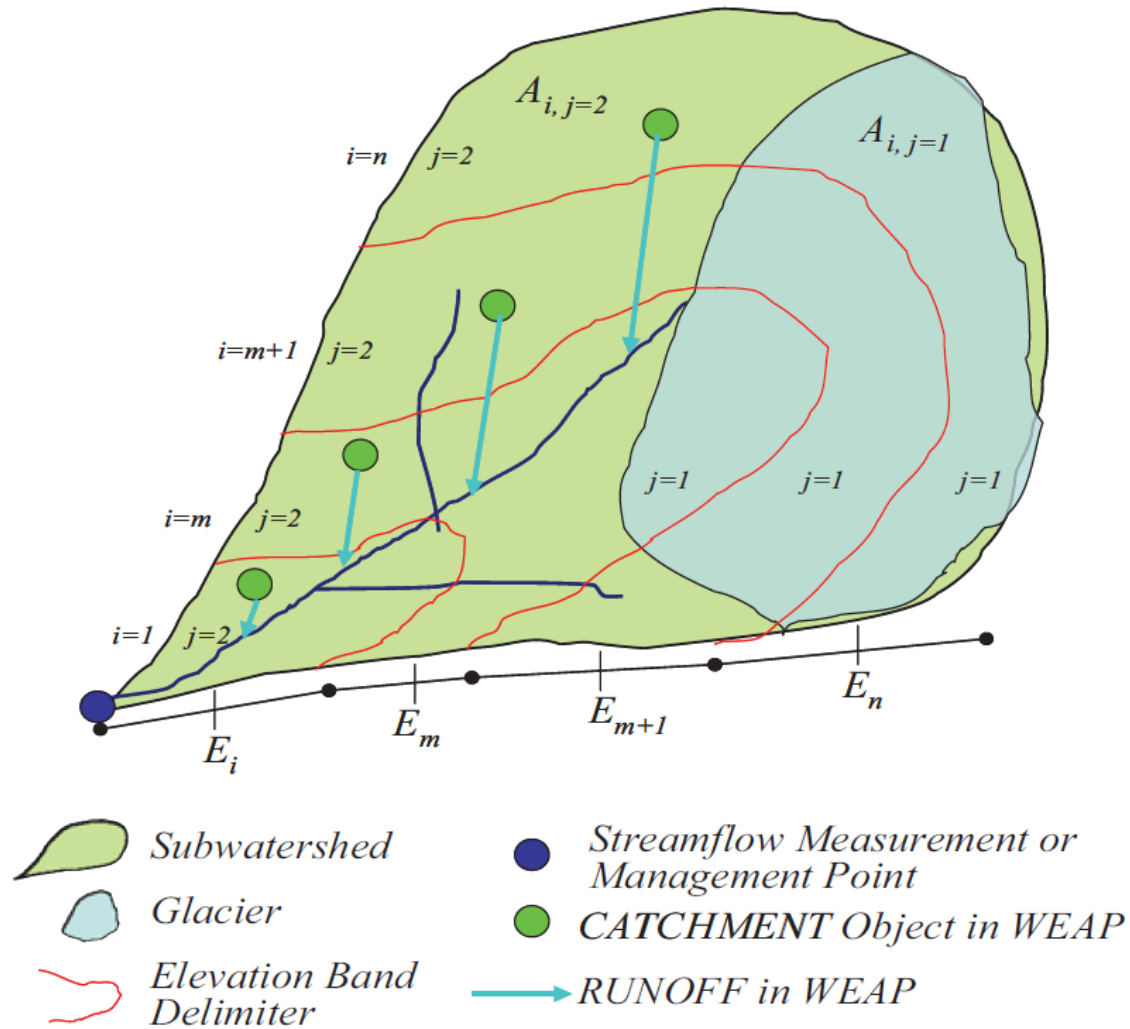


Datos hidrometeorológicos y de ablación



	Piramide	Bello	Yeso	San Francisco
Area (km2)	4.88	4.82	3.08	1.92
Min elev (masl)	3600	4050	4030	4200
Max elev (masl)	4100	4900	4950	2700

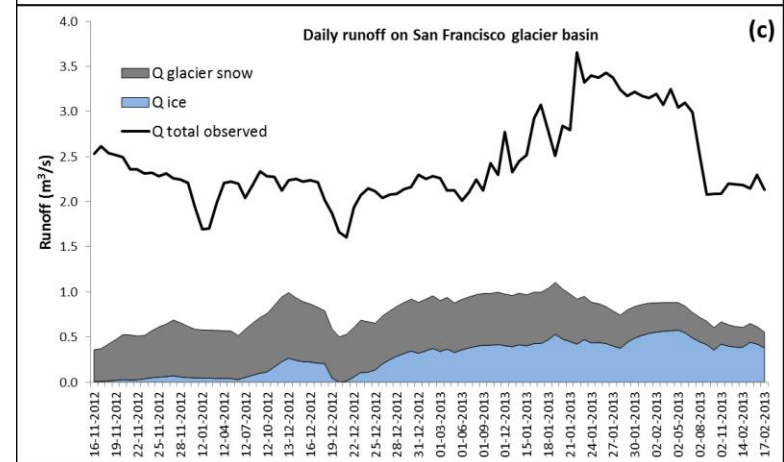
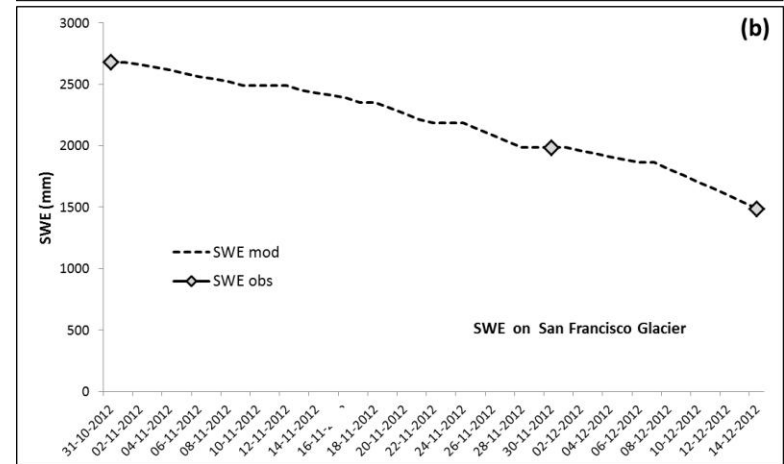
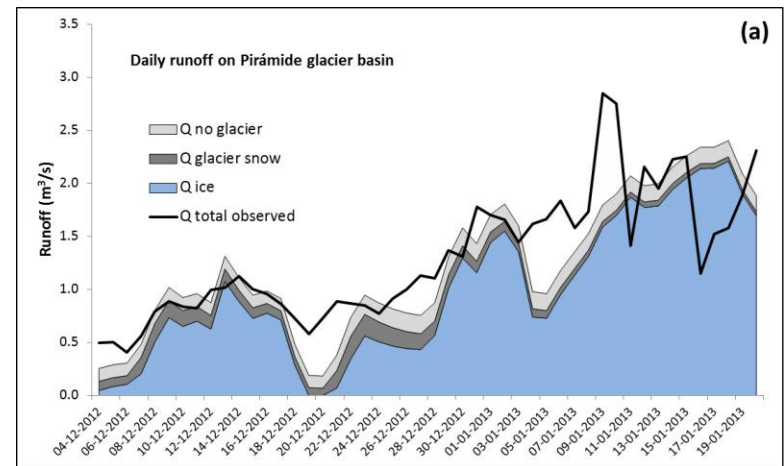
Estrategia de modelamiento con WEAP: Conceptualización



Resultado calibración cuencas piloto

Glaciar Pirámide: Eficiencia NS = 0.5
Qice = 75% del Q total

Glaciar San Francisco: RMSE = 5.8 mm (0.4%)
Qice = 11% del Q total



Estrategia de modelamiento con WEAP: Método de Incorporación a WEAP-Maipo

Cuencas piloto calibradas
(paso de tiempo diario)

Obtención de
parámetros

Confección de modelo Glaciar
Maipo por sub cuenca

Banda 1

Glaciar
cubierto

Glaciar
blanco

Zona no
glaciar

Banda 2

Glaciar
cubierto

Glaciar
blanco

Zona no
glaciar

...

Banda n

Glaciar
cubierto

Glaciar
blanco

Zona no
glaciar

Sub cuenca X

- Serie de caudales de origen glaciar
- Serie de superficies glaciares

Estrategia de modelamiento con WEAP: Método de Incorporación a WEAP-Maipo

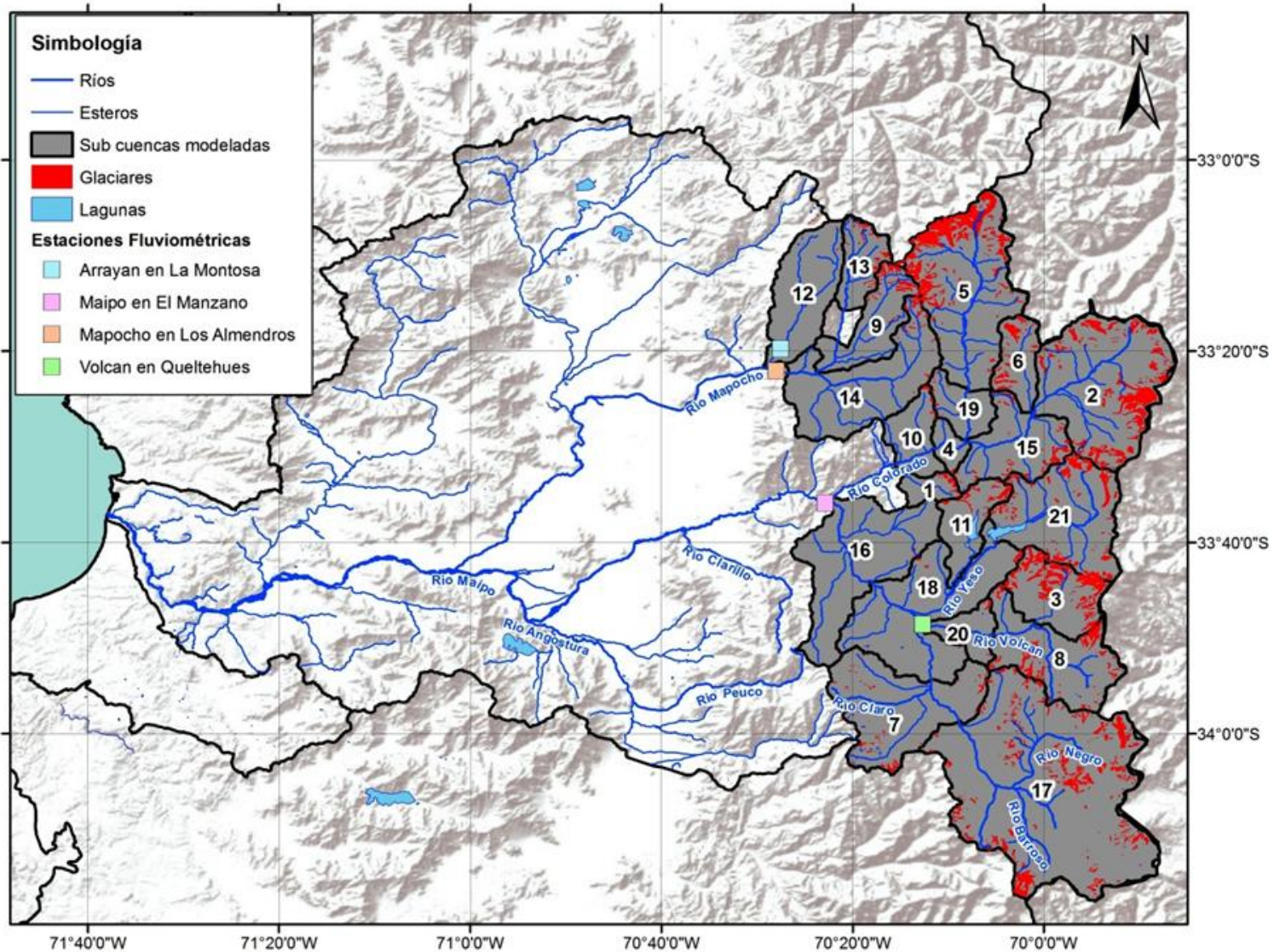
- Serie de caudales de origen glaciar
- Serie de superficies glaciares

Cambio de escala
temporal

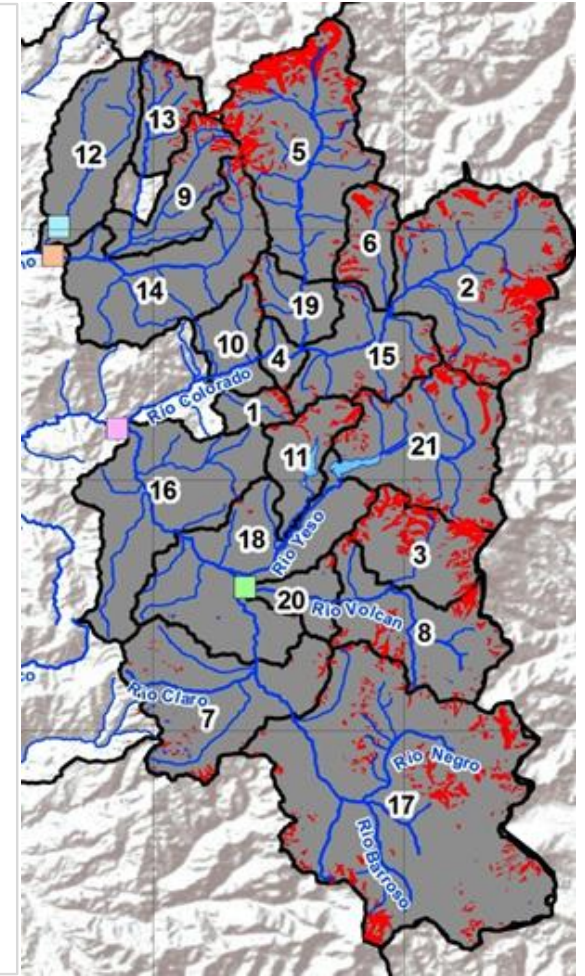
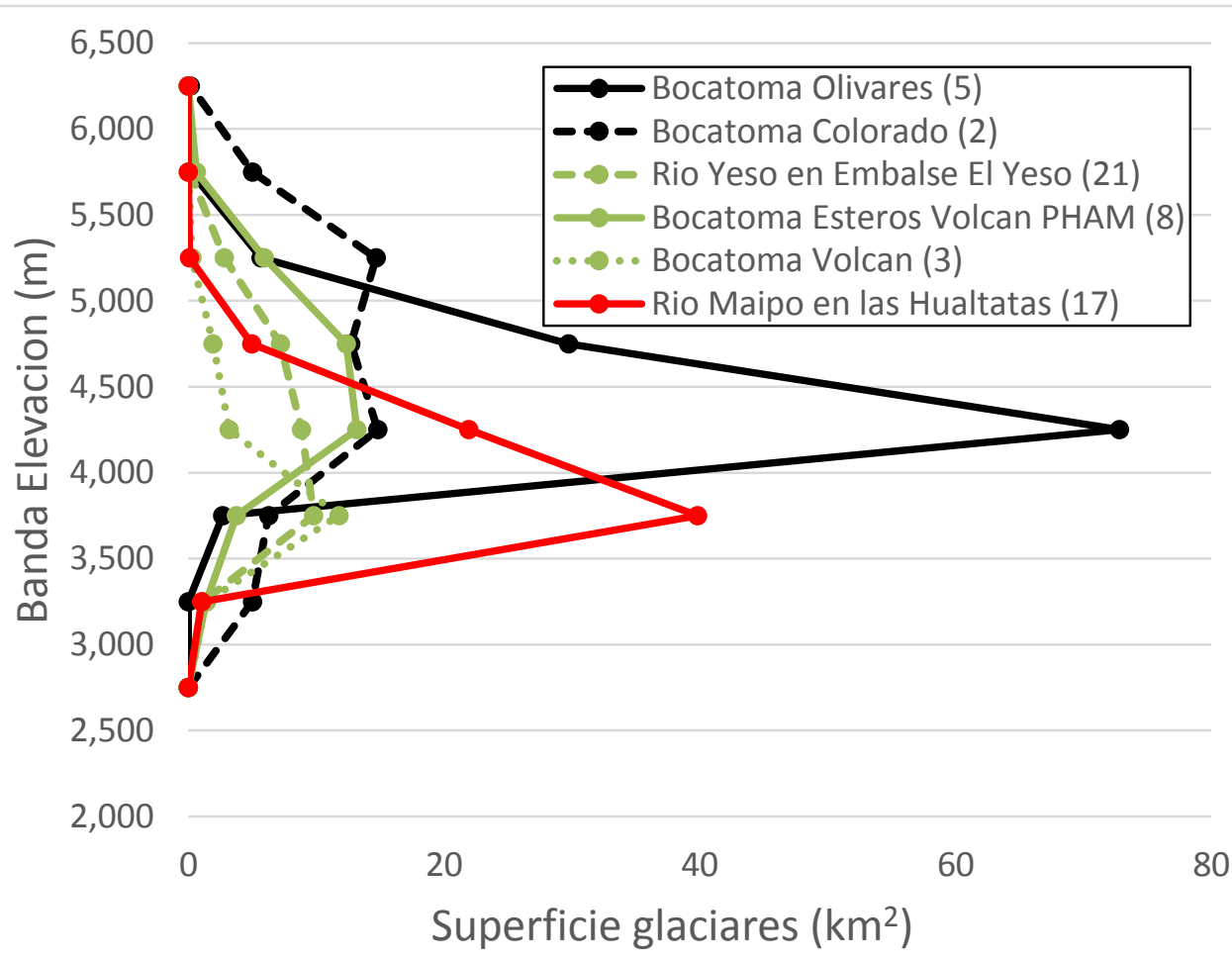
Incorporación de Q glaciares
como nodos independientes y
actualización de superficies no
glaciares en el tiempo

Modelo WEAP Maipo

Estrategia de modelamiento con WEAP: Sub cuencas modeladas

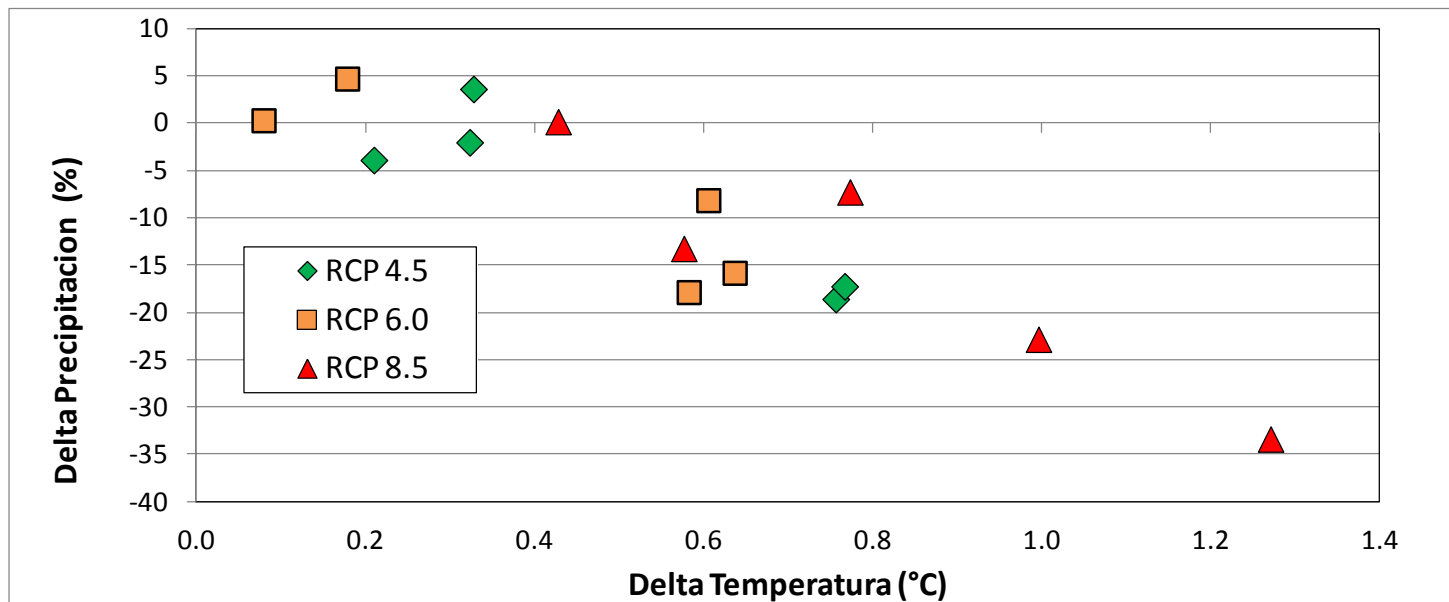
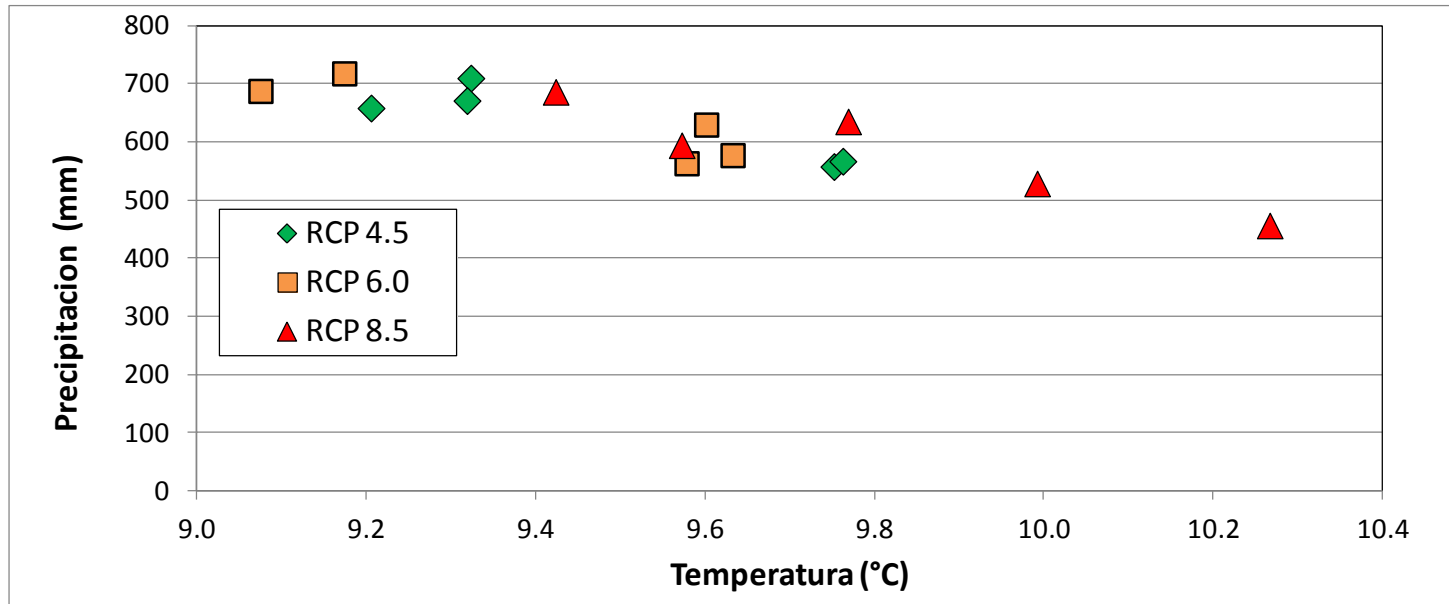


El modelo funciona mejor en Maipo en las Hualtatas (17)



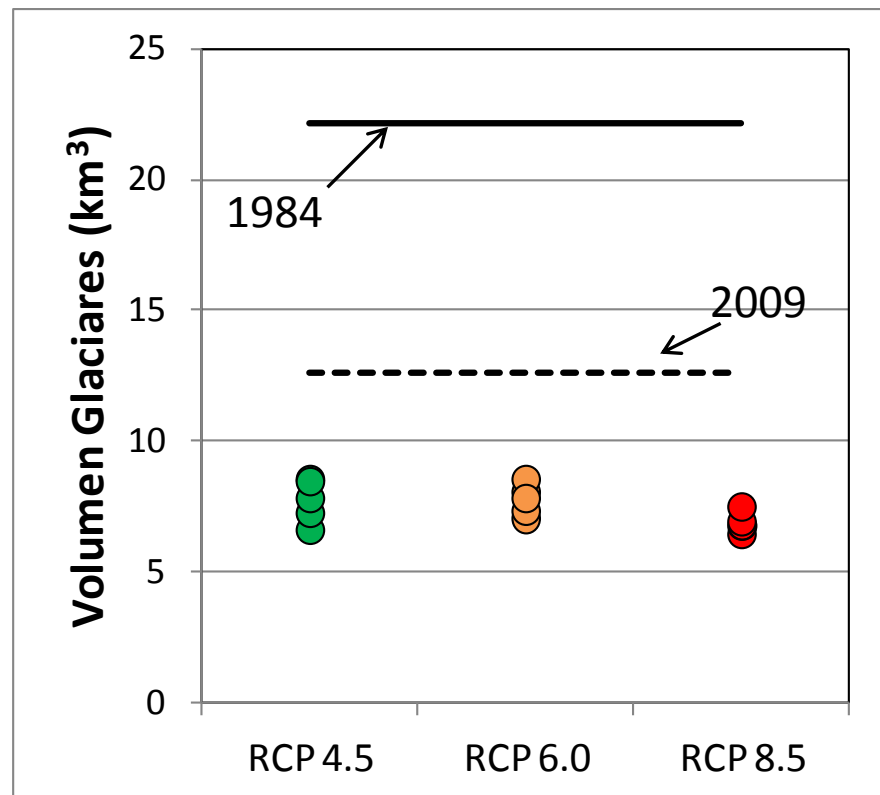
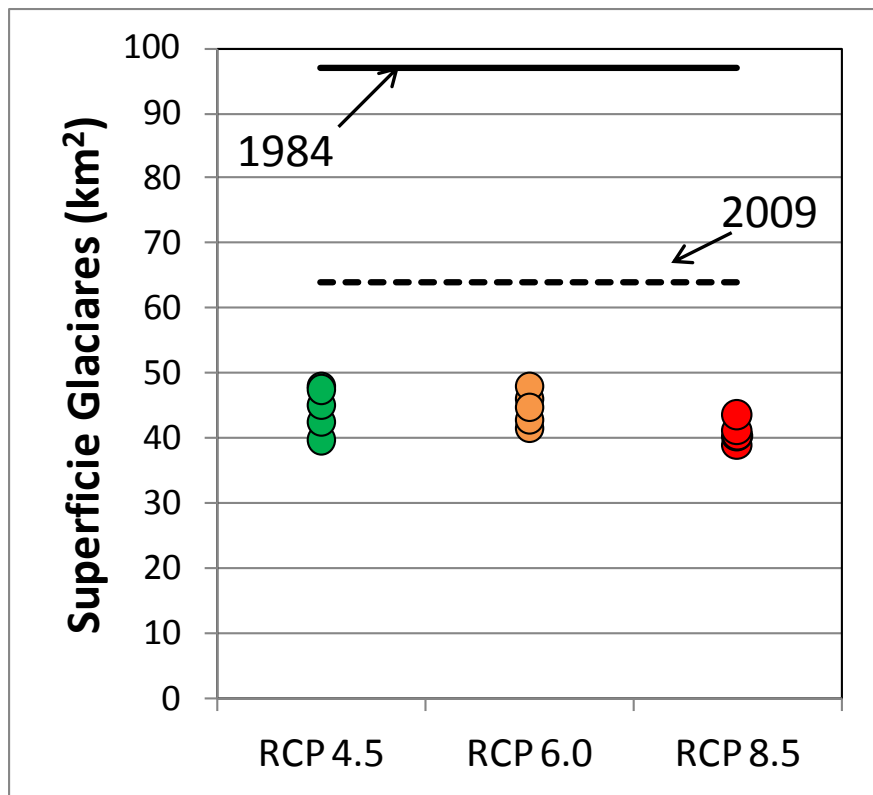
Resultados escenarios climáticos El Yeso

(promedio 2020-2050)



Evolución glaciares (al 2050)

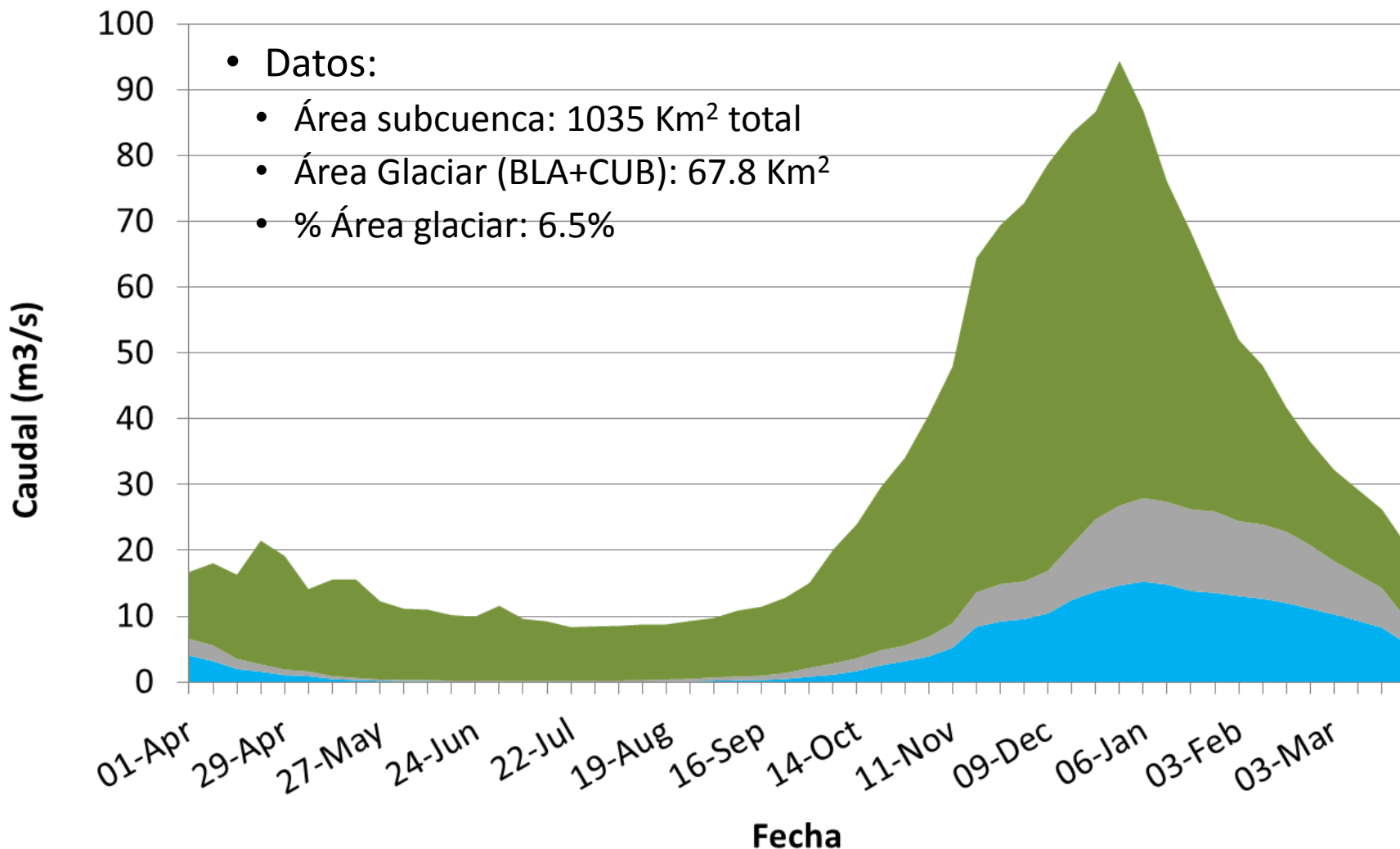
(Maipo en Las Hualtatas)



Maipo en Las Hualtatas

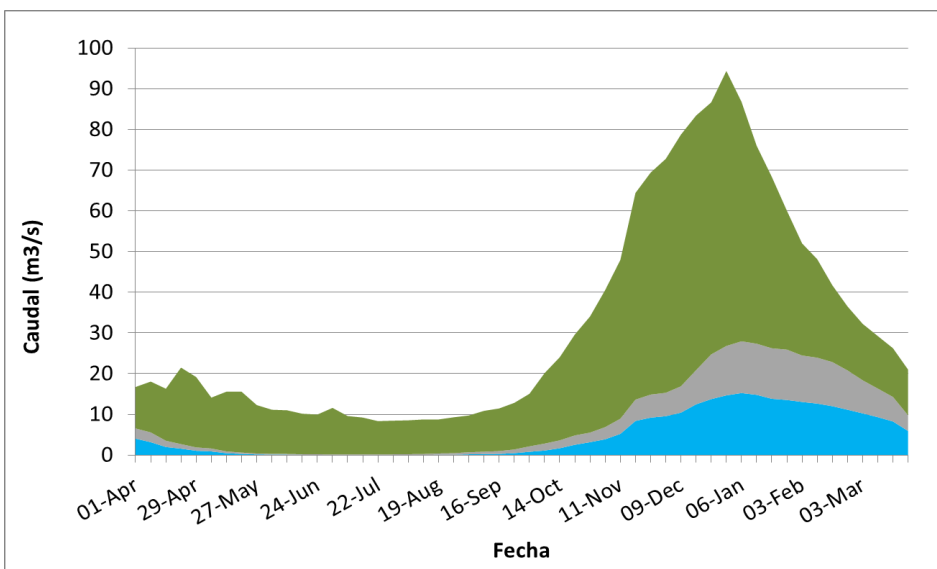
■ Q Superficial ■ Q. Glaciar Cubierto ■ Q. Glaciar Blanco

- Datos:
- Área subcuenca: 1035 Km² total
- Área Glaciar (BLA+CUB): 67.8 Km²
- % Área glaciar: 6.5%

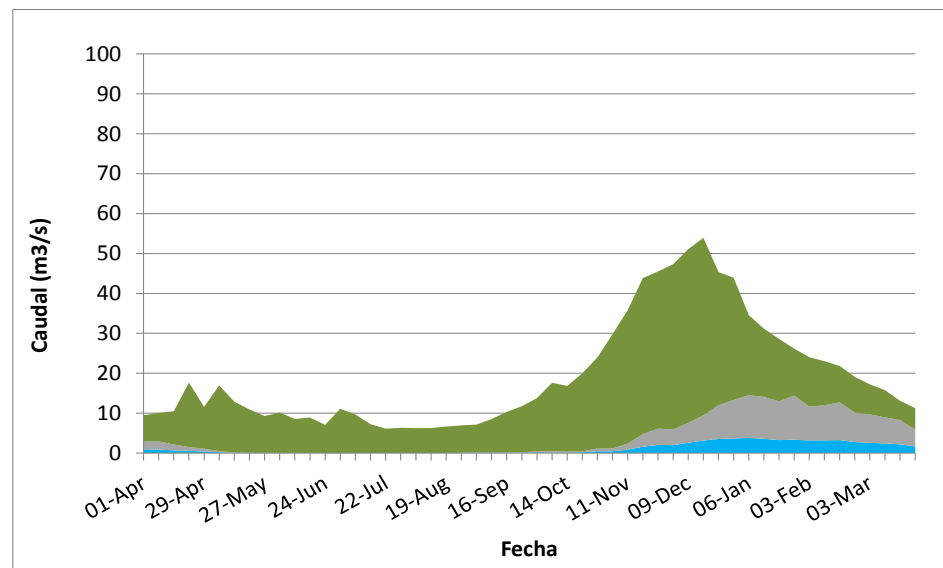


Maipo en Las Hualtatas

■ Q Superficial ■ Q. Glaciar Cubierto ■ Q. Glaciar Blanco



Histórico



RCP 8.5 PP 5 – T 95

Conclusiones

- Cuenca del Maipo → retroceso de su superficie glaciar del orden de los 127.9 km², equivalentes al 25.2% en los últimos 30 años.
- Los glaciares descubiertos decrecen a una mayor velocidad que los cubiertos.
- Tasas de retroceso modeladas de los distintos glaciares agrupados por sub cuenca son consistentes con retrocesos observados en distintos glaciares de la zona central de Chile
- Dificultades para implementar modelo en cuencas con glaciares muy elevados
- Aplicación en sub-cuenca Maipo en el Manzano (1/3 caudal Maipo en cordillera) muestra aporte glaciares cubiertos y blancos.
- En un escenario de cambio climático continua retroceso especialmente de glaciares blancos
- Se debe continuar con recopilación de datos y validación de modelos