

# EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS CAUDALES FUTUROS DE LOS RÍOS DEL NORTE DE LA PATAGONIA (ARGENTINA) FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Malaëka ROBO, Juan Rivera

Escuela Nacional de Meteorología (ENM), Toulouse, FRANCIA  
Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), CCT Mendoza – CONICET, ARGENTINA



## INTRODUCCIÓN

La crisis climática afecta desgraciadamente a todos los países del mundo, y Argentina no es una excepción. Sus recursos hídricos proceden principalmente de los ríos de los Andes y de la cantidad de lluvia que reciben. Este trabajo se basa en el estudio de tres ríos del norte de la Patagonia, Neuquén, Negro y Limay (Figure 1), cuya disponibilidad de agua impacta directamente en las principales actividades socioeconómicas de la región, como la producción hidroeléctrica o la agricultura. Por lo tanto, cuantificar la evolución de su flujo a lo largo del siglo XXI es de suma importancia.

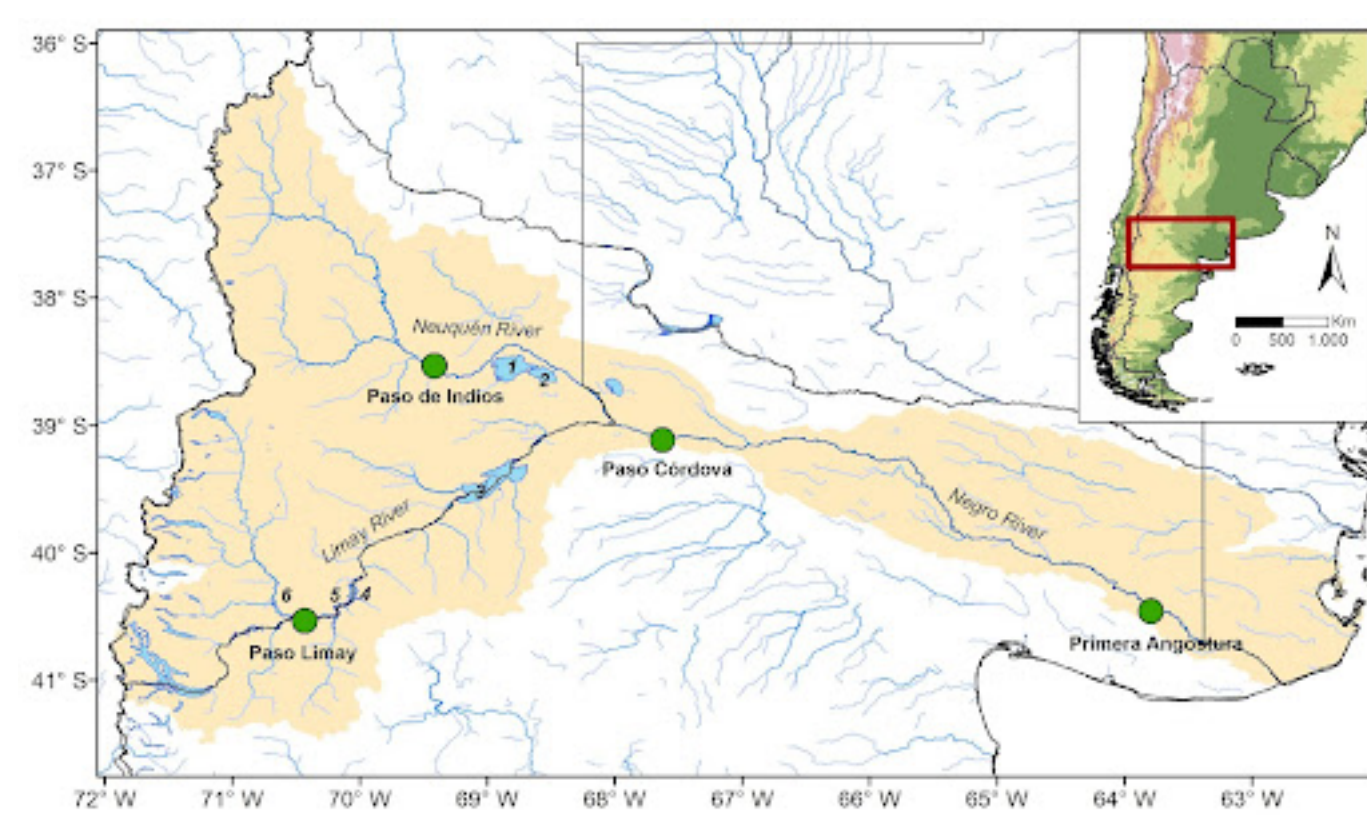


Fig. 1: Mapa de la Patagonia Norte ubicación de los tres ríos estudiados

Para cuantificar el cambio futuro en el hidroclima de la región del Comahue, primero comparé el ciclo de flujo anual de los diferentes ríos, simulado por los 10 modelos hidrológicos, para el presente (1976-2005), el futuro cercano (2006-2050) y el futuro lejano (2071-2099), para RCP2.6 y RCP6.0. A continuación, utilizando estos dos escenarios RCP, representé la evolución de la descarga media anual de los diferentes ríos desde 1950 hasta 2099, simulada por los 10 modelos hidrológicos.

## MÉTODOS

- Observación de los caudales de los ríos** Para este estudio se utilizaron registros mensuales de los caudales de los principales ríos de la región del Comahue, obtenidos del Sistema Nacional de Información Hidrológica de Argentina. Son promedios mensuales de los caudales de los ríos, entre marzo de 1903 y diciembre de 1990 para el Limay, marzo de 1922 y diciembre de 2005 para el Negro y marzo de 1903 y diciembre de 2005 para el Neuquén, expresados en m<sup>3</sup>/s.
- Evaluación del rendimiento del modelo** La evaluación del rendimiento de los modelos hidrológicos ISIMIP2b en la simulación de la cantidad y la variabilidad de los caudales regionales se basa en las siguientes estadísticas de comparación: Coeficiente de Correlación de Pearson (CCP), Eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE), Sesgo porcentual (PB), Eficiencia de Kling-Gupta modificada (KGE') y Eficiencia volumétrica (VE).
- Análisis de los futuros cambios en el hidroclima** Para cuantificar el cambio futuro en el hidroclima de la región del Comahue, primero comparé el ciclo de flujo anual de los diferentes ríos, simulado por los 10 modelos hidrológicos, para el presente (1976-2005), el futuro cercano (2006-2050) y el futuro lejano (2071-2099), para RCP2.6 y RCP6.0. A continuación, utilizando estos dos escenarios RCP, representé la evolución de la descarga media anual de los diferentes ríos desde 1950 hasta 2099, simulada por los 10 modelos hidrológicos.

## RESULTADOS

- Rendimiento de los modelos** Aunque los modelos dan una buena representación del máximo invernal (junio, julio y agosto) en la descarga del río, mientras que lo sobrestiman para el Negro y el Limay (Figura 2), no modelan el segundo máximo primaveral, asociado al deshielo. Esto puede explicarse por una mala estimación de la temperatura del aire superior por parte de los modelos, que es la fuente de la mayoría de los errores en la representación de la acumulación de nieve en invierno y el deshielo en primavera [1].

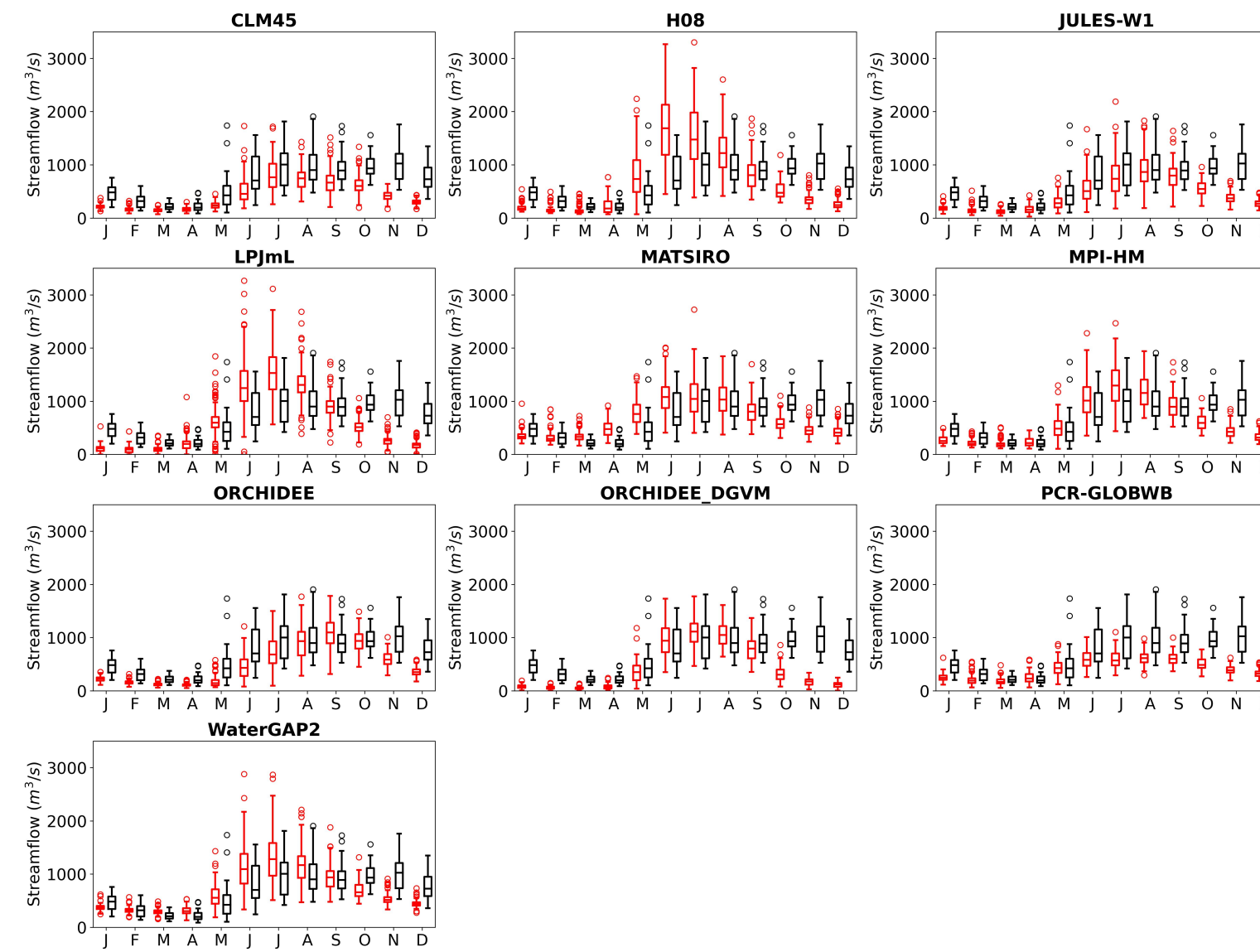


Fig. 2: Comparación modelo/observación del ciclo anual del caudal del río Limay

- Cambios futuros en los caudales de los ríos** Las proyecciones de los flujos futuros se obtuvieron mediante simulaciones forzadas bajo los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero RCP2.6 y RCP6.0. Sobre la base de estas simulaciones, se observa una disminución prevista de los caudales anuales (Figura 3), que es más significativa cuando se considera el escenario RCP6.0 y los períodos cercanos al final del siglo XXI.

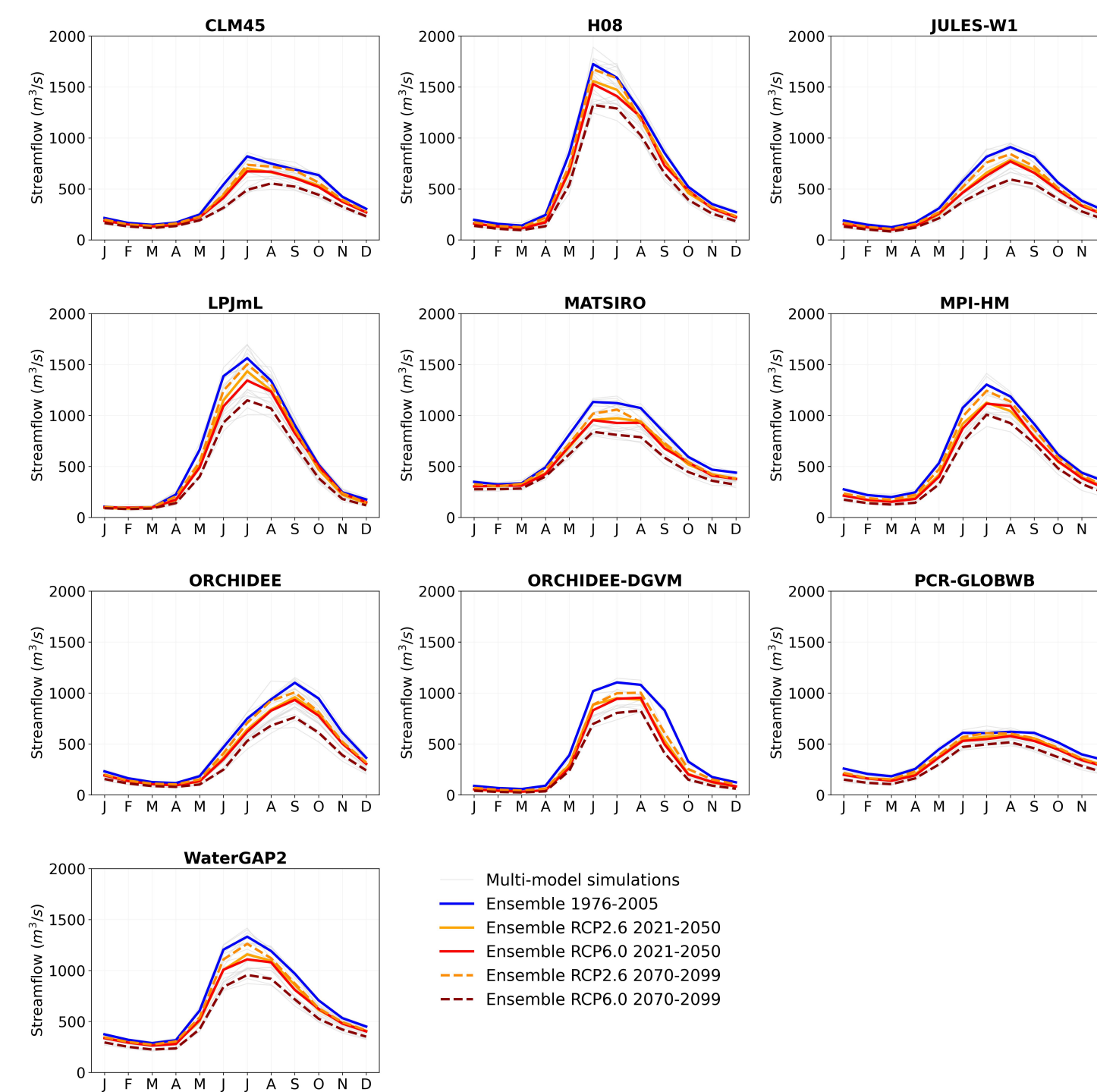


Fig. 3: Evolución del ciclo anual del caudal del río Limay

El análisis de las series temporales de los caudales medios anuales modelizados entre 1951 y 2099 (Figura 4) muestra que los modelos ORCHIDEE y ORCHIDEE DGVM proyectan las mayores sequías hidrológicas, con un bajo nivel de incertidumbre ya que muestran poca dispersión entre las simulaciones forzadas bajo los diferentes modelos atmosféricos. A pesar de la tendencia negativa proyectada por los modelos hidrológicos, se esperan años con exceso de agua y sequías intensas durante el siglo.

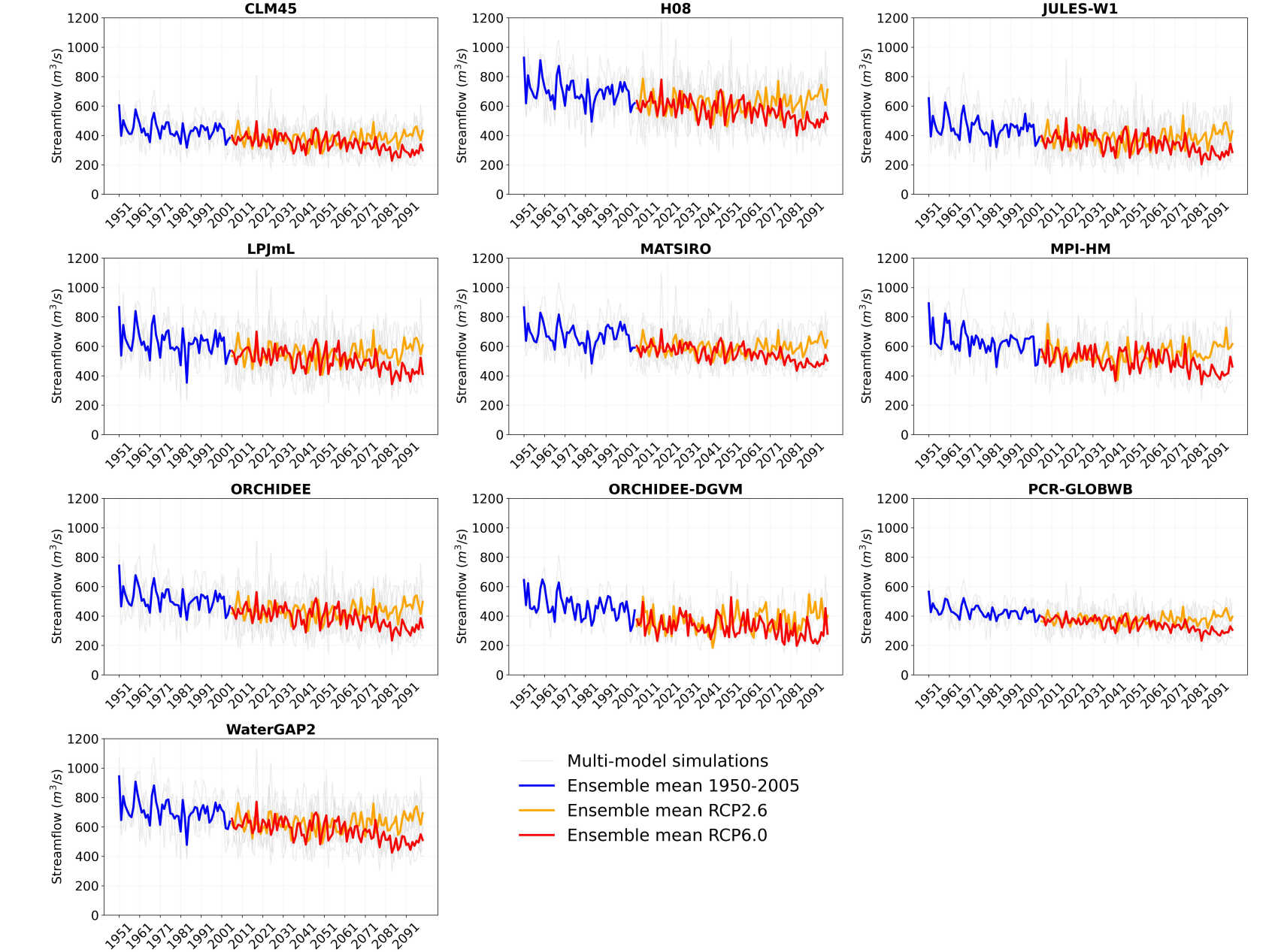


Fig. 4: Evolución del caudal medio anual del río Limay

- Cambios futuros en el clima de la región** Un importante sistema de altas presiones se está desarrollando en el Pacífico frente a Argentina (Figura 5), y provocará un déficit de precipitaciones a lo largo de los Andes, en el nacimiento de los principales ríos de la región del Comahue. Esto se traduce en una futura disminución de los caudales, especialmente durante la mitad fría del año. Este cambio es más pronunciado para el futuro lejano y el escenario RCP6.0. Los resultados obtenidos son coherentes con investigaciones recientes (Raggio y Saurral, 2021) y plantean un reto para la futura gestión de los recursos hídricos regionales (consumo, agricultura e hidroelectricidad).

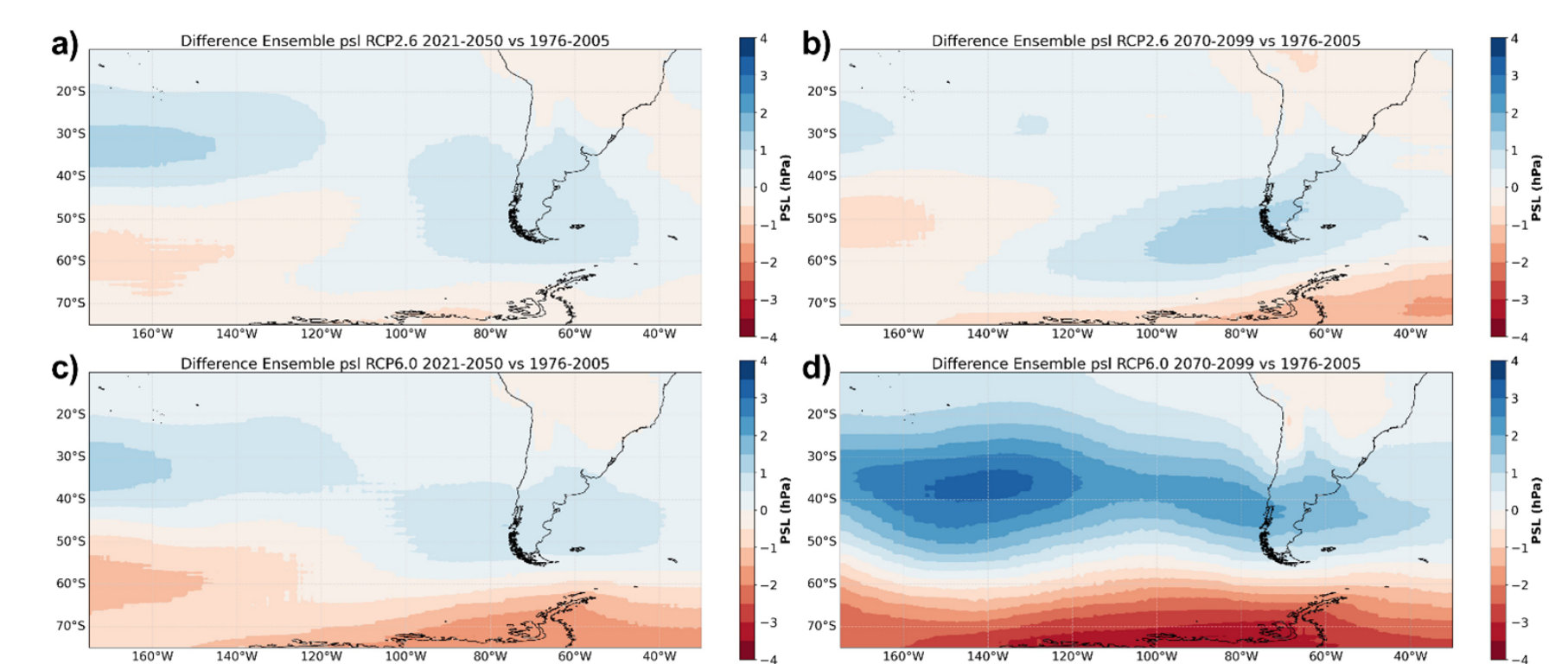


Fig. 5: Evolución de la anomalía del SLP según RCP2.6 y RCP6.0

## CONCLUSION

El déficit proyectado en las precipitaciones a lo largo de la Cordillera de los Andes, en las nacientes de los principales ríos de la región del Comahue, se traduce en una disminución futura de los caudales, en particular durante el semestre frío. Este cambio resulta más pronunciado considerando el período correspondiente al futuro lejano y el escenario RCP6.0. Los resultados obtenidos concuerdan con investigaciones recientes (Pessacq et al., 2020; Raggio y Saurral, 2021) y suponen un desafío para el manejo futuro de los recursos hídricos regionales, en términos del abastecimiento de agua para las poblaciones que habitan las cuencas, la generación de energía hidroeléctrica y la irrigación para las actividades agrícolas.

## Referencia

- Raggio, G.A., Saurral, R.I., 2021: Probable intensificación de las condiciones de déficit hídrico sobre la región del Comahue ante diversos escenarios de cambio climático. Meteorológica, 46, 1, e004.
- Pessacq, N., Flaherty, S., Solman, S., Pascual, M. 2020. Climate change in northern Patagonia: critical decrease in water resources. Theor Appl Climatol 140, 807–822.