

# LOS AGROSISTEMAS PATAGÓNICOS ANTE ESCENARIOS FUTUROS DE CRECIENTE ESCASEZ HÍDRICA

Brendel, A.S.<sup>1,2</sup>; del Barrio, R. A.<sup>1,3</sup>; Campoy, J.A.<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca 8000, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-UNS-CONICET), Bahía Blanca 8000, Argentina

<sup>3</sup>Sede Atlántica, Universidad Nacional de Río Negro, Viedma 8500, Argentina

<sup>4</sup>Climate Resilience Center (CRC), 43870 Amposta, Spain

<sup>5</sup>Eurecat, Centre Tecnològic de Catalunya, Climate Change Research Department, 43870 Amposta, Spain

\*Contacto: [asbrendel@iado-conicet.gob.ar](mailto:asbrendel@iado-conicet.gob.ar)

**Palabras clave:** cambio climático; modelos de simulación; evapotranspiración; precipitación

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es el problema de naturaleza global más importante al que se enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Este fenómeno impacta directamente sobre la disponibilidad de agua de una región, alterando los regímenes de precipitación y el proceso de evapotranspiración (De La Casa y Nasello, 2015). En las últimas décadas, la mayoría de las regiones del mundo han experimentado cambios en la temperatura y la precipitación a diferentes escalas temporales y espaciales. Como consecuencia, se han registrado significativos impactos sobre los ecosistemas y agroecosistemas, como así también sobre las sociedades en su conjunto (IPCC, 2021).

Al igual que en lo ocurrido a escala mundial, la Región Patagónica Argentina (39 a 55° LS) también registró cambios en las principales variables meteorológicas durante los últimos 50 años. En este sentido, la temperatura media anual aumentó 1 °C durante el período 1960-2016, mientras que la precipitación mostró tendencia negativa en la mayor parte de la región, con modificaciones más importantes en la zona andina (-147 mm/50 años) (Brendel *et al.*, 2020). La Región Patagónica está conformada por cinco provincias (Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz, Tierra del Fuego) y el sur de la provincia de Buenos Aires (partido de Carmen de Patagones). El clima varía de templado a templado frío, con veranos fríos en el oeste y árido frío en la estepa central (Kotteck *et al.*, 2006). Esta extensa región incluye condiciones fitogeográficas diversas, integrando eco-regiones de meseta, estepa, monte y bosques patagónicos. La principal actividad agropecuaria de secano es la ganadería extensiva, con el pastizal natural como fuente forrajera (Oñatibia y Aguiar, 2016). En el norte, se realiza agricultura intensiva sobre valles irrigados, concentrando el 85 % y 75 % de la producción nacional de manzana y pera, respectivamente. Por lo tanto, el conocimiento de las condiciones agroclimáticas futuras en la Patagonia Argentina es fundamental para el desarrollo económico de la región. El objetivo de este trabajo es evaluar las variaciones espaciales y temporales de los principales componentes del balance hidrológico: precipitación y evapotranspiración, durante el pasado y el futuro (2040-2079/2060-2099), bajo dos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero (RCP 4.5 y 8.5) en la Región Patagónica Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

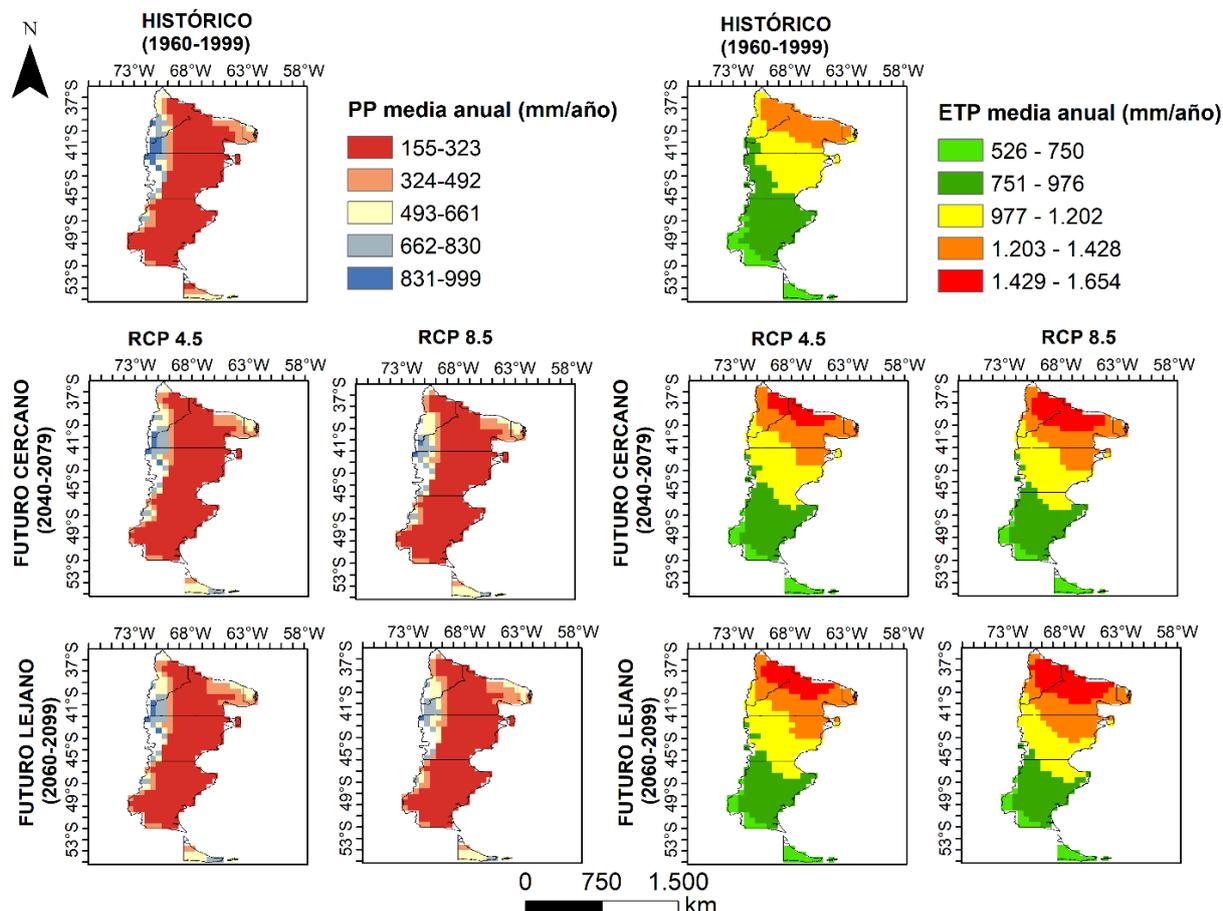
Se utilizaron datos medios anuales de precipitación (mm) y evapotranspiración potencial (mm) mediante el método de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) obtenidos del conjunto de datos globales del Centro Euro-Mediterráneo sobre el Cambio Climático (CMCC-BioClimInd) (Noce *et al.*, 2020). Esta base de datos está compuesta por un conjunto de 11 simulaciones climáticas de la CMIP5 (World Climate Research Programme's Coupled Model Intercomparison Project phase 5, *por sus siglas en inglés*). La información fue analizada para un período denominado histórico (1960-1999) y dos períodos futuros: futuro cercano (2040-2079) y futuro lejano (2060-2099) con una resolución espacial de 0,5°. Además, las series de tiempo fueron adquiridas para dos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Representative Concentration Pathways, *por sus siglas en inglés*, RCP 4.5 y 8.5). Por un lado, el RCP 4.5 corresponde a un escenario de mitigación que estabiliza el forzamiento radiativo en 4.5 W/m<sup>2</sup> hacia finales del siglo XXI, mientras que el RCP 8.5 indica un escenario con emisiones de efecto invernadero muy elevadas con un forzamiento radiativo de 8.5 W/m<sup>2</sup> para el mismo período. La información fue analizada espacialmente a partir de su representación en un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.5).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación y evapotranspiración potencial media anual para el período histórico (1960-1999), futuro cercano (2040-2079) y futuro lejano (2060-2099), bajo los dos escenarios RCP se presentan en la Figura 1. La precipitación anual mostró una marcada heterogeneidad espacial, con modificaciones más importantes en la zona andina central (Bariloche, el Bolsón y Esquel). Hacia el futuro, esta región presentó tendencia negativa de la precipitación en todos los períodos y escenarios considerados. En el futuro cercano RCP 4.5 la disminución regional fue 6,3 %, mientras que el futuro lejano bajo el mismo escenario fue 7,3 %. La reducción de las precipitaciones se incrementó al analizar el escenario de mayor concentración de gases de efecto invernadero (GEI). En ese sentido, la precipitación media anual se redujo un 13,4 % durante el período 2040-2079 RCP 8.5 y, aún más extremo, bajo el mismo RCP pero en el horizonte temporal 2060-2099, alcanzando una disminución regional del 18,5 % (Figura 1).

Por otro lado, la evapotranspiración media anual de toda la Región Patagónica se incrementó hacia el futuro y, al igual que lo registrado para la precipitación, el escenario RCP 8.5 presentó los aumentos de mayor magnitud, siendo más extremo en el futuro lejano (Figura 1). En este último período, la zona andina central registró un incremento regional de la ETP del 17 %,

mientras que el centro y norte del área de estudio alcanzó +23 y 20 %, respectivamente. Hacia el sur, la tasa de aumento fue menor (2 al 7 %) (Figura 1). Por lo tanto, la creciente escasez hídrica hacia el futuro en la zona andina central podría generar impactos severos sobre el caudal de los ríos Colorado, Negro y Chubut, así como agravar aún más los procesos de erosión y desertificación, particularmente en el centro y norte de la Patagonia. Además, se podrían generar pérdidas de diferentes coberturas del suelo, como por ejemplo el pastizal natural, fuente de recursos de la ganadería. ovina y caprina.



**Figura 1.** Precipitación y evapotranspiración media anual durante el período histórico y futuro cercano y lejano bajo dos escenarios RCP en la Región Patagónica Argentina.

## CONCLUSIONES

El análisis espacial y temporal de los parámetros determinantes del balance de agua del suelo, como son la precipitación y la evapotranspiración permitió conocer los escenarios climáticos futuros a los que estará expuesta la Región Patagónica Argentina. La misma presenta una situación de escasez hídrica creciente que será de mayor magnitud en el futuro lejano bajo el RCP 8.5. Esta situación podría generar impactos negativos sobre los ecosistemas y agrosistemas regionales. Por lo tanto, los resultados constituyen una base de datos esencial para garantizar la permanencia de las actividades agropecuarias y el manejo sostenible de los recursos naturales del área de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Universidad Nacional del Sur y la Universidad Nacional de Río Negro por la financiación del estudio.

## REFERENCIAS

- Brendel, A.S.; del Barrio, R.A.; Mora, F.; León, E.A.O.; Flores, J.R.; Campoy, J.A. 2020. Current agro-climatic potential of Patagonia shaped by thermal and hydric patterns. *Theoretical and Applied Climatology* 142(3): 855-868.
- De La Casa, A.C.; Nasello, O.B. 2015. Análisis periódico de las condiciones hidrológicas en la Provincia de Córdoba, Argentina. *Asociación Física Argentina* 24(4):170-176.
- Hargreaves, G.H.; Samani, Z.A. 1982. Estimating potential evapotranspiration. *Journal of the Irrigation and Drainage Division* 108(3): 225-230.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. En prensa.
- Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift* 15(3):259-263.
- Noce, S.; Caporaso, L.; Santini, M. 2020. A new global dataset of bioclimatic indicators. *Scientific Data*, 7(1): 1-12.
- Oñatibia, G.R.; Aguiar, M.R. 2016. Continuous moderate grazing management promotes biomass production in Patagonian arid rangelands. *Journal of Arid Environments* 125:73-79.