

RESPUESTA HIDROLÓGICA A LA OLA DE CALOR DEL VERANO 2024 EN LA CUENCA DEL RÍO MENDOZA

Juan A. Rivera^{1,2}, Carolina Lauro¹, Leandro Alvarez¹
jrivera@mendoza-conicet.gob.ar. Autor/a correspondiente.

¹Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), CCT CONICET Mendoza

² Instituto Franco-Argentino de Estudios sobre el Clima y sus Impactos (IFAECI)

Palabras clave: recursos hídricos, criósfera, ola de calor

1) INTRODUCCIÓN

El aumento en la temperatura global en las últimas décadas favoreció un incremento en la frecuencia y severidad de las olas de calor en casi todas las regiones del planeta. Sin embargo, este calentamiento no es homogéneo a nivel espacial, ya que, por ejemplo, las regiones montañosas presentan una señal de calentamiento dependiente de la elevación (Pepin et al., 2015). En la Cordillera de los Andes, la falta de estaciones meteorológicas impide evaluar los cambios a largo plazo en las olas de calor. No obstante, en las regiones circundantes de baja altitud, como el centro de Argentina y Chile, las olas de calor han aumentado su frecuencia desde la década de 1980 (González-Reyes et al., 2023; Rusticucci et al., 2016). Estudios recientes de atribución han demostrado que el cambio climático asociado a las actividades humanas ha aumentado la intensidad de las olas de calor sobre Argentina, junto con su probabilidad de ocurrencia (Collazo et al., 2024; Rivera et al., 2023). Sin embargo, los impactos de las olas de calor sobre la hidrología de las cuencas andinas siguen siendo poco conocidos. Asimismo, pocos estudios han evaluado las respuestas hidrológicas a las olas de calor en cuencas de montaña cuyos caudales dependen del aporte nivo-glaciar.

Durante el verano de 2024, la región de los Andes Centrales de Argentina registró un período prolongado de temperaturas superiores al promedio histórico. Este estudio tiene como objetivo caracterizar los impactos de estas anomalías térmicas en la hidrología de los ríos andinos, tomando como caso de estudio a la cuenca del río Mendoza, mediante el análisis de una combinación de observaciones, datos de reanálisis y estimaciones satelitales para la cuantificación de los cambios en la criósfera, el caudal y la superficie cubierta por agua a lo largo de las principales porciones de la cuenca.

2) DATOS UTILIZADOS

Se utilizaron registros diarios de caudales de los ríos Mendoza, Cuevas y Vacas, los cuales se obtuvieron a través del Sistema Nacional de Información Hidrológica (<https://snih.hidricosargentina.gob.ar/>) para el período 1985-2024. Para la evaluación de las anomalías regionales de temperatura durante la ola de calor se utilizaron datos diarios de altura de isoterma de 0°C del reanálisis ERA5 (Hersbach et al., 2020) en el período 1985-2024, sobre un dominio que abarca las nacientes del río Mendoza y sus principales afluentes (32,5°-33°S; 69,5°-70°O). Para la cuantificación de los impactos de la ola de calor en el manejo del agua en la cuenca, se analizaron los cambios temporales en la capacidad de almacenamiento del Embalse Potrerillos, junto con la erogación de agua de la presa hacia la porción inferior de la cuenca en el período noviembre de 2023 a marzo de 2024. Para medir los cambios en la superficie cubierta por agua en el tramo inferior de la cuenca (sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero), se procesaron imágenes satelitales Sentinel-2 con una resolución espacial de 10 m y se calculó el Índice de Diferencia Normalizada de Agua Modificado (MNDWI; Xu, 2006) para un período previo y durante la ocurrencia de la ola de

calor.

3) RESULTADOS

Las estimaciones de altura de la isoterma de 0°C presentaron niveles muy por encima de la media a largo plazo, en particular entre el 9 de enero y el 21 de febrero de 2024, período que se define como el correspondiente a la ola de calor. Las alturas superaron los 5000 m en 24 días del período de ola de calor (Figura 1A), con la isoterma de 0°C ubicada en promedio a 416 m por encima de la media a largo plazo y con varios días alcanzando una anomalía positiva superior a los 700 m. Durante este período, la cobertura de nieve registró una marcada reducción, pasando de valores normales a comienzos de enero a valores cercanos al percentil 10 al final del evento (no mostrado). El pulso de deshielo favorecido por la ola de calor provocó un marcado aumento en el caudal del río Mendoza, en un contexto en el que los caudales se encontraban por encima de la media de largo plazo antes de la ocurrencia del evento (Figura 1B). Esta situación tuvo serias implicancias para la gestión hídrica del Embalse Potrerillos, ubicado en la porción media de la cuenca (Figura 1D). Al comienzo de la ola de calor, el embalse se encontraba a una capacidad superior al 90%, nivel que aumentó rápidamente una vez que el pulso del deshielo llegó, antes de finales de enero de 2024 (Figura 1C). Las autoridades encargadas del manejo del agua tuvieron que erogar una cantidad significativa de agua, que superó los 150 m³/s los días 29 y 30 de enero. El caudal del río Mendoza estuvo por encima del percentil 90 durante gran parte de los días siguientes (Figura 1B), factor que provocó una erogación de agua que superó los 100 m³/s durante la mayor parte de la duración de la ola de calor en el mes de febrero de 2024 (Figura 1C). El pulso de deshielo viajó 170 km río abajo hacia la parte baja de la cuenca, incrementando en un 86% la superficie cubierta por agua en el sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero. Esto representó la llegada de agua a regiones que se encontraban secas desde el año 2006 y generó gran repercusión en los medios de comunicación locales (Figuras 1D, 1E, 1F).

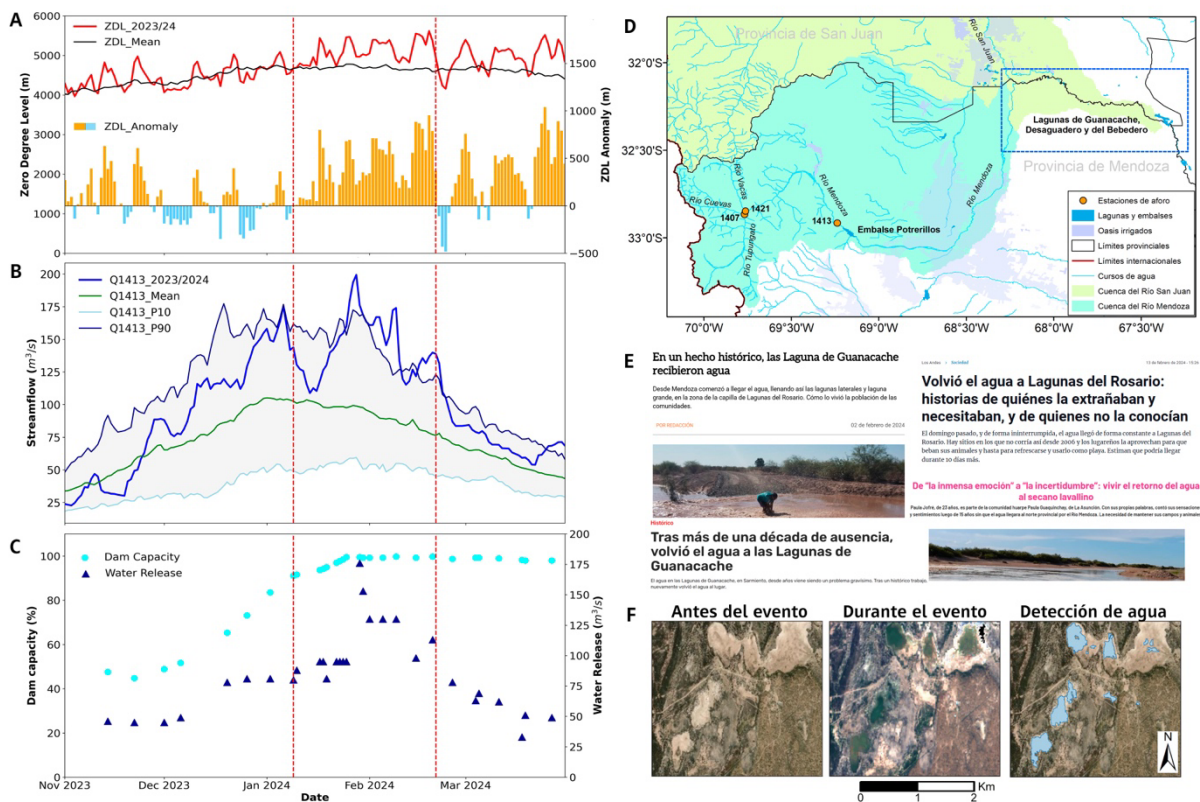


Figura 1: A) Evolución temporal de la altura de la isoterma de 0°C entre noviembre de 2023

y marzo de 2024, junto con la climatología para el período 1985-2024. Se muestran además las anomalías en barras. B) Evolución temporal del caudal del río Mendoza entre noviembre de 2023 y marzo de 2024, junto con la climatología para el período 1985-2024 y los percentiles 10 y 90. C) Evolución temporal de la capacidad del Embalse Potrerillos y la erogación de agua entre noviembre de 2023 y marzo de 2024. En los paneles A, B y C se indican con líneas verticales la extensión del período de ola de calor. D) Área de estudio. E) Cobertura periódica de los impactos del evento. F) Cambio en la cobertura de agua en las Lagunas de Guanacache identificado a partir del MNDWI.

4) CONCLUSIONES

La ola de calor de enero-febrero de 2024 causó un impacto significativo en la cuenca alta del río Mendoza, donde la isoterma de cero grados superó los 5000 m, casi 450 m por encima de las condiciones normales, factor que, junto con la acumulación de nieve por encima de lo normal durante el invierno anterior, dio lugar a un fuerte pulso de deshielo que recorrió casi 300 kms. La ola de calor provocó un aumento del caudal de los ríos no registrado desde 2008, superando el percentil 90 en el río Mendoza. El pulso del deshielo tuvo serias implicancias para la gestión del agua en la cuenca, teniendo en cuenta que el Embalse Potrerillos estaba cerca de su capacidad total, factor que obligó a las autoridades a liberar casi todo el exceso de caudal hacia las porciones más bajas de la cuenca. Esto provocó un notable aumento de la superficie cubierta de agua en el sitio Ramsar Lagunas de Guanacache, Desaguadero y del Bebedero, con regiones que recibieron agua por primera vez en casi dos décadas. Este caso de estudio muestra los impactos en cascada provocados por el cambio climático y la gestión local del agua, lo cual exige un nexo entre el monitoreo hidroclimático, el pronóstico de fenómenos meteorológicos extremos a corto plazo, el modelado hidrológico y la planificación a largo plazo en la cuenca del río Mendoza.

REFERENCIAS

- Collazo, S., y coautores, 2024:** Influence of large-scale circulation and local feedbacks on extreme summer heat in Argentina in 2022/23. *Commun. Earth Environ.* 5, 231. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01386-8>
- González-Reyes, A. y coautores, 2023:** Evolution of heatwaves in Chile since 1980. *Weather and Climate Extremes* 41, 100588. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100588>
- Hersbach, H., y coautores, 2020:** The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 146, 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Pepin, N., y coautores, 2015:** Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. *Nature Clim. Change* 5, 424–430. <https://doi.org/10.1038/nclimate2563>
- Rivera, J.A., y coautores, 2023:** 2022 early-summer heatwave in Southern South America: 60 times more likely due to climate change. *Climatic Change* 176, 102. <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03576-3>
- Rusticucci, M., y coautores, 2016:** Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. *Theor. Appl. Climatol.* 124, 679–689. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1445-7>
- Xu, H., 2006:** Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27 (14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>