

CARACTERIZACIÓN DEL DÉFICIT HIDROLÓGICO RECIENTE EN LA CUENCA DEL PLATA

Carmela Bulgarella¹, Joaquín Cantisani¹, Nayla F. Gioiosa¹, Manuela M. Prieto¹, Juan M. Sánchez Batarev¹, Juan A. Rivera^{1,2}, Georgina Marianetti²
jrivera@mendoza-conicet.gob.ar. Autor/a correspondiente.

¹Universidad Nacional de Los Comechingones, Merlo, San Luis (UNLC)

²Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, Mendoza (IANIGLA/CONICET)

Palabras clave: sequía hidrológica, bajante, río Paraná.

1) INTRODUCCIÓN

Posiblemente el evento hidroclimático extremo con mayor repercusión mediática de los últimos años sea el período de bajante que afectó (y continúa afectando) al río Paraná y a buena parte de la Cuenca del Plata. Esto se debe a la gran cantidad de impactos que ocasionó, principalmente en Argentina, Brasil y Paraguay, con complicaciones para la navegación comercial, fallas en la operatividad de los puertos, interrupciones en el abastecimiento de agua para los centros urbanos, afectación de la actividad pesquera, impacto en los ambientes litorales y la biodiversidad, entre otros (Gómez, 2020; Marengo et al., 2021; Naumann et al., 2021). Este evento de sequía exhibió además la intervención humana sobre los humedales del delta del río Paraná, lo cual resulta en una modificación artificial del paisaje y la generación de incendios para el desarrollo de actividades productivas del sector primario (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina, 2021).

Mucho se habló respecto a lo inusual de este período de sequía pero pocos estudios abordaron la problemática desde el uso de indicadores de déficit hídrico. El objetivo de esta investigación es caracterizar este período de sequía hidrológica utilizando un conjunto de índices basados en caudales diarios y mensuales y niveles de altura de los principales ríos de la Cuenca del Plata en un contexto histórico, considerando registros centenarios. Esto permitirá poner en contraste el evento actual con otros períodos deficitarios de relevancia en la región.

2) DATOS Y METODOLOGÍAS

Se utilizaron registros históricos de caudales diarios y mensuales y alturas diarias en estaciones de aforo distribuidas a lo largo de la Cuenca del Plata, en particular sobre el río Paraná y algunos de sus tributarios (Figura 1a), obtenidos a través del Sistema Nacional de Información Hidrológica (<https://snih.hidricosargentina.gob.ar/>). Se consideró un período común de 111 años, que comprende los años hidrológicos 1909/10 a 2020/21. En los casos en los que las series temporales tuvieran datos faltantes, se generaron valores sintéticos mediante el método de regresión lineal utilizando registros de estaciones cercanas, siempre que el coeficiente de determinación entre ambas series supere el valor $r^2 = 0,6$.

Para la caracterización de eventos de sequía hidrológica, dos métodos comúnmente utilizados en la literatura científica fueron aplicados a las series de caudales diarios y mensuales: el método de umbral diario variable (Stahl et al., 2020), el cual considera diversos niveles de truncamiento derivados de la curva de duración de caudal (en el caso de esta investigación los percentiles de excedencia Q70, Q80 y Q90); y el índice de caudal estandarizado en escala de 3 meses (ICE3, Vicente-Serrano et al., 2012), el cual caracteriza el déficit de caudal en términos de desviaciones estándar con respecto a la media a largo plazo en un lugar

determinado. A partir del método de umbral diario variable se obtuvieron métricas como la cantidad anual de días con caudales bajos ($Q < Q_{\text{umbral}}$) y el déficit ($Q - Q_{\text{umbral}}$) acumulado a nivel anual (ver Rivera et al., 2021 para más detalles).

3) RESULTADOS

A modo de ejemplo, la Figura 1b muestra la serie de ICE3 del río Paraná en la estación Corrientes. Se destaca que, en términos de severidad, el período de sequía hidrológica reciente no tiene precedente en los últimos 50 años aproximadamente, alcanzando condiciones de sequía extrema ($\text{ICE3} \leq -2,0$). Esto se evidencia además en los aforos Timbúes y Túnel Subfluvial, y en ríos cuya variabilidad es depende fuertemente del caudal del río Paraná, como los ríos San Javier, Colastiné y el Sistema Setúbal (Figura 1a). Asimismo, el río Paraguay presentó condiciones de sequía hidrológica extrema entre los años 2019 a 2021. En el caso del aforo del río Paraná ubicado en la localidad de Itatí, el nivel de severidad de la sequía hidrológica no tiene precedentes en los últimos 70 años aproximadamente. Esta situación se evidenció además desde el punto de vista de los niveles hidrométricos (Figura 1c), los cuales al mes de junio de 2022 muestran una recuperación respecto a los valores de enero de 2022.

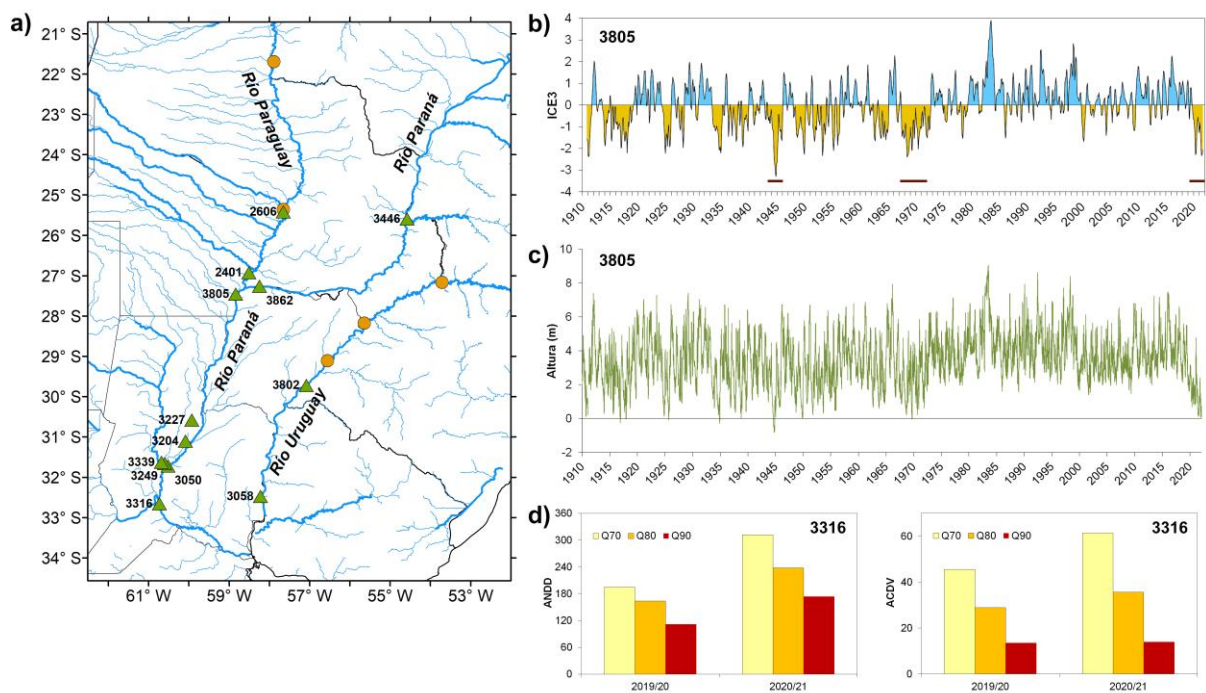


Figura 1: a) Región de estudio, con la ubicación de los principales ríos, las estaciones de aforo analizadas (triángulos verde) y las utilizadas para el relleno de datos faltantes (círculos naranja). b) Evolución temporal del ICE3 (1910-2021) para el río Paraná en la estación Corrientes (ver panel a para ubicación), donde se destacan el período de sequía hidrológica reciente (2019-2021), el período de sequía hidrológica previo más importante (1967-1972) y el período de sequía hidrológica de mayor severidad (1943-1945). c) Evolución temporal de la altura (1910-2022) del río Paraná en la estación Corrientes. d) Cantidad anual de días con caudales bajos (ANDD) y volumen deficitario acumulado a nivel anual (ACDV) durante los años hidrológicos 2019/20 y 2020/21 en base a los registros de caudal del río Paraná en la estación Timbúes (ver panel a para ubicación).

Los índices derivados del método de umbral diario variable también presentan valores sin precedentes en los últimos 50 años aproximadamente, destacándose el año hidrológico

2020/21 con 312 días con caudales deficitarios según el umbral Q70 estimado para el río Paraná en la estación Timbúes (Figura 1d). En cuanto al déficit acumulado registrado en los años hidrológicos 2019/20-2020/21, basado en el umbral Q70, esta medida es equivalente a 107 días sin caudal en el río Paraná, lo cual representa el volumen de aproximadamente 5 embalses Itaipú. Esta condición de sequía hidrológica resulta como respuesta a un déficit extraordinario de precipitaciones en las nacientes del río Paraná (Naumann et al., 2021). De acuerdo al análisis de los caudales y alturas del río Uruguay, si bien se observaron condiciones de sequía hidrológica severa hacia fines de 2020, no se trató de un evento extraordinario en el contexto histórico en términos de severidad y duración.

4) CONCLUSIONES

Este estudio permitió determinar que la sequía hidrológica reciente en la Cuenca del Plata, y en particular considerando el caudal del río Paraná, no tiene precedentes en los últimos 50 años en términos de severidad y duración. Esto se identificó a partir de diversos índices y variables hidrométricas que permitieron cuantificar el déficit hidrológico reciente en la región desde una perspectiva histórica. Teniendo en cuenta los impactos negativos generados a lo largo de este evento, es necesario profundizar en los mecanismos físicos responsables de la sequía hidrológica, así como también sobre su probabilidad de ocurrencia a futuro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica, Ministerio de Obras Públicas de Argentina, por la provisión de los datos utilizados en esta investigación, así como también a la Universidad Nacional de Los Comechingones por la financiación para la presentación de este trabajo.

REFERENCIAS

Gómez, C.V., 2020: Las represas internacionales y su influencia en la dinámica temporal del curso medio del río Paraná. *Párrafos Geográficos*, 19, 1, 90-99.

Marengo, J.A. y co-autores, 2021: Extreme Drought in the Brazilian Pantanal in 2019-2020: Characterization, Causes, and Impacts. *Frontiers in Water*, 3, 639204.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina, 2021: Informe de las superficies afectadas por incendios en el Delta e Islas del Río Paraná (Territorio PIECAS-DP) Año 2020. Segunda Parte. Implicancias en los humedales. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2020/12/informe_aq_piecas_2020_30-9-21_final_revisada.pdf

Naumann, G. y co-autores, 2021: The 2019-2021 extreme drought episode in La Plata Basin. Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-41898-6.

Rivera, J.A. y co-autores, 2021: A decade of hydrological drought in Central-Western Argentina. *Frontiers in Water*, 3, 640544.

Stahl, K. y co-autores, 2020: The challenges of hydrological drought definition, quantification and communication: an interdisciplinary perspective. *Proceedings of the IAHS*, 383, 291-295.

Vicente-Serrano, S. M. y co-autores, 2012: Accurate Computation of a Streamflow Drought Index. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17, 318-332.