

# “NO DE NUEVO, DECÍA”: 12 AÑOS DE DÉFICIT EN LOS CAUDALES DE LOS RÍOS DE LA REGIÓN DE CUYO

Juan A. Rivera<sup>1</sup>, Carolina Lauro<sup>1</sup>, Sebastián Otta<sup>1</sup>, Natalia Zazulie<sup>2,3</sup>  
[jrivera@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:jrivera@mendoza-conicet.gob.ar). Autor correspondiente.

<sup>1</sup>Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA – CCT CONICET Mendoza)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

**Palabras clave:** sequía hidrológica, nieve, Andes.

## 1) INTRODUCCIÓN

La mayor parte del agua utilizada para el desarrollo de las principales actividades socioeconómicas en el Centro-Oeste de Argentina, una región árida a semi-árida que alberga la mayor parte de la producción de vino a nivel nacional, depende del caudal superficial de numerosos ríos que son alimentados por el aporte de la nieve y los glaciares. A lo largo de los últimos 12 años, la reducción de la acumulación nival en las zonas más altas de la Cordillera de los Andes desencadenó una sequía hidrológica sin precedentes, afectando al turismo de invierno, restringiendo el uso del agua para el riego y el uso doméstico, y dando lugar a disputas socio-políticas a nivel regional. Este estudio caracteriza las condiciones de sequía hidrológica recientes mediante el uso de registros de caudales de 15 ríos de la región de Cuyo, los cuales se complementaron con registros de cobertura y espesor de nieve, a fin de proporcionar un panorama relativo a la propagación de la señal deficitaria en el ciclo hidrológico.

## 2) DATOS Y MÉTODOS

Se utilizaron registros de caudales diarios y mensuales en 15 estaciones de aforo distribuidas a lo largo de las provincias de Mendoza y San Juan (Figura 1a), los cuales fueron obtenidos a través del Sistema Nacional de Información Hidrológica (SNIH, <https://snih.hidricosargentina.gob.ar/>). Se consideró un período común de 50 años, que comprende los años hidrológicos 1971/72 a 2020/21. Además, se utilizaron datos de cobertura de nieve provenientes de los sensores MODIS Terra & Aqua, procesados por el Observatorio de Nieve en los Andes de Argentina y Chile (IANIGLA-CONICET y (CR)<sup>2</sup>, <https://www.observatorioandino.com/nieve/>, fecha de acceso 15/06/2022) y datos de equivalente en agua de nieve (EAN) obtenidos del SNIH para 5 estaciones nivométricas ubicadas en la cordillera mendocina (9145: Toscas; 9131: Laguna Diamante; 9104: Laguna Atuel; 9121: Valle Hermoso; 9120: Paso Pehuenches).

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  $Q_{\text{medio}}$ ,  $Q_{70}$ ,  $Q_{80}$  y  $Q_{90}$ ); 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 obtuvo el déficit ( $Q - Q_{\text{umbral}}$ ) acumulado durante el período de sequía (ver Rivera et al., 2021a,b para más detalles). En base a los registros mensuales de cobertura de nieve se obtuvo un índice estandarizado que abarca el período 2000-2022, el cual fue suavizado con un promedio móvil de 3 meses

(CNE3). Se obtuvo además la máxima anomalía anual de EAN (MAAEAN) para el período 2010-2021 en base al promedio del período 1991-2020.

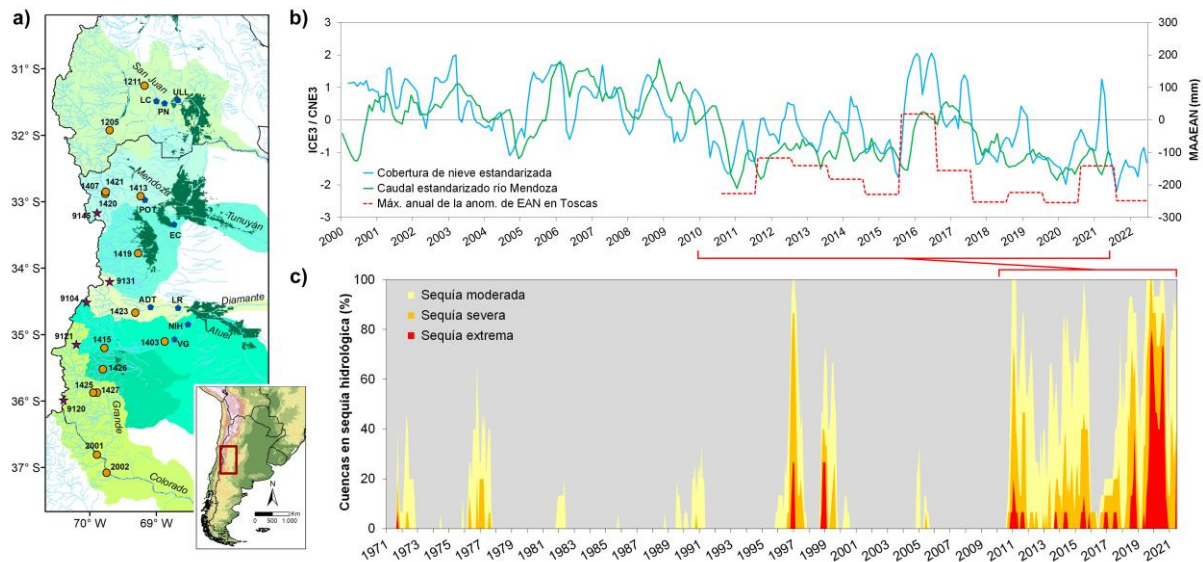


Figura 1: a) Área de estudio con la ubicación de las principales cuencas y ríos analizados, los oasis irrigados (verdes oscuros), las estaciones de aforo (círculos naranjas), las estaciones nivométricas (estrellas violeta) y los principales embalses de la región (PN = Punta Negra; ULL = Ullúm; LC = Los Caracoles; POT = Potrerillos; EC = El Carrizal; ADT = Agua del Toro; LR = Los Reyunos; VG = Valle Grande; NIH = Nihuil); b) series temporales del ICE3, CNE3 y MAAEAN (ver sección Datos y Metodologías para más detalles) correspondientes a la cuenca del río Mendoza para el período 2000-2022; c) evolución temporal (1971-2021) del porcentaje de cuencas afectadas por condiciones de sequía hidrológica en distintos niveles de severidad.

### 3) RESULTADOS

El porcentaje de cuencas bajo las distintas categorías de sequía hidrológica es una medida útil para cuantificar la extensión espacial de los eventos de sequía. Se observa que el período de sequía reciente no tiene precedentes en términos de extensión temporal en los últimos 50 años (Figura 1c). En particular, entre los años 2019 y 2021 se observa un incremento en la severidad del evento, período en el cual se registraron condiciones de severidad récord en diversas cuencas de la región. El ciclo hidrológico del año 2019/20 alcanzó una extensión espacial récord para los últimos 50 años para las categorías de sequía severa y extrema. En el caso particular de la cuenca del río Mendoza, se observa una respuesta del caudal al déficit en la extensión espacial de la nieve (Figura 1b), la cual presenta un desfase de entre 4 y 6 meses como consecuencia del proceso de fusión nival durante los meses cálidos. Se destacan dos sub-períodos de sequía relevantes (2010-2014 y 2017-2022), con una recuperación de los caudales y la extensión y acumulación nival durante los años 2015/16 y 2016/17 asociada al evento El Niño de los años 2015/16. El MAAEAN obtenido a partir de los registros en la estación nivométrica Toscas presenta mayormente valores negativos durante el período 2010-2021, en línea con lo observado en términos de cobertura y caudales. El caudal deficitario, obtenido como una anomalía del caudal respecto a su valor medio, presenta un valor acumulado para el período 2010-2021 equivalente a 12,5 veces el volumen del embalse Potrerillos (~4900 Hm<sup>3</sup>). Resultados similares en términos de los índices MAAEAN, ICE3, CNE3 y el volumen deficitario acumulado se obtuvieron para el resto de las cuencas de la región de Cuyo (Rivera et al., 2021a,b), lo cual da cuenta de lo inusual de este evento en el

contexto de los últimos 50 años. Considerando el pronóstico estacional de precipitaciones para el final del invierno y comienzo de la primavera de 2022 ([https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/pronostico\\_climatico\\_trimestral\\_072022.pdf](https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/pronostico_climatico_trimestral_072022.pdf)), es esperable que las condiciones de déficit se prolonguen durante el verano de 2023, lo cual implicará un desafío para los organismos de gestión del agua.

#### **4) CONCLUSIONES**

Esta investigación caracteriza las condiciones de sequía hidrológica que afecta desde el año 2010 a la región de Cuyo, mediante el uso de índices construidos en base a caudales diarios y mensuales de los principales ríos de la región. Este evento se genera a partir de un déficit en la acumulación de nieve sobre la Cordillera de los Andes, el cual se caracterizó en términos de cobertura y equivalente en agua. La severidad de la sequía hidrológica se incrementó desde el año 2017, con niveles récord en varias cuencas, en particular durante el período comprendido entre 2019 y 2021. En función de las perspectivas climáticas en el corto y mediano plazo, será necesario el desarrollo de estrategias para la optimización del riego, teniendo en cuenta que la agricultura utiliza cerca del 80% de los recursos hídricos superficiales de la región.

#### **AGRADECIMIENTOS**

A la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica por la provisión de los datos de caudales y nieve utilizados. Al Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA-CONICET) y al Centro de Investigación del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup> por proveer el acceso libre y gratuito a las estimaciones de cobertura de nieve sobre la Cordillera de los Andes. Se agradece al proyecto PICTO-UUMM-2019-00004 por la financiación para la participación en el Congreso.

#### **REFERENCIAS**

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

**Rivera, J.A. y co-autres, 2021b:** Cuantificación del déficit hidrológico reciente en la región de Cuyo a partir de indicadores de caudales bajos. *Boletín de Estudios Geográficos*, 116, 23-44.

**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.