

Comunicación breve

## Cuando el río suena: análisis de los períodos de caudales extremos en los ríos de los Andes centrales de Argentina

### *When the river sounds: assessment of the periods with extreme streamflows along the rivers of the central Andes of Argentina*

Marianetti, G.<sup>1</sup>; Hinrichs, S.<sup>1</sup>; Rivera, J.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juan Agustín Maza

<sup>2</sup>Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CCT-Mendoza

Contacto: georginamarianetti@gmail.com

**Palabras claves:** caudal extremo, ríos andinos, Cuyo, variabilidad climática, hidrología

**Keywords:** *extreme streamflow, Andean rivers, Cuyo, climate variability, hydrology*

#### Resumen

En un contexto de cambio climático, donde la influencia del incremento en la temperatura genera una aceleración en el ciclo hidrológico global, se espera que los eventos hidroclimáticos extremos sean más frecuentes y con impactos significativos en la economía y la sociedad. Este trabajo propone mejorar el conocimiento de la variabilidad hidrológica de la región de Cuyo en base al análisis de períodos de caudales extremos en 13 de los principales ríos de la región. Se analizó la variabilidad temporal de la cantidad de días del semestre cálido (octubre a marzo) que superaron el umbral definido por el percentil 90 en los últimos 36 años. El promedio regional de la cantidad anual de días con caudales extremos presenta una tendencia negativa significativa que representa una disminución de 12 días de caudales extremos por década. En términos de variabilidad interanual, la mayoría de los años con más de 50 días con caudales extremos responde a períodos de importantes nevadas asociadas al fenómeno de El Niño durante el invierno previo. No obstante, la contribución de los eventos La Niña, fenómeno que está asociado a escasas nevadas en los Andes, es importante aunque su variabilidad interanual es significativa.

#### Introducción

Los ríos con nacientes en la Cordillera de los Andes, alimentados por el derretimiento nival, juegan un

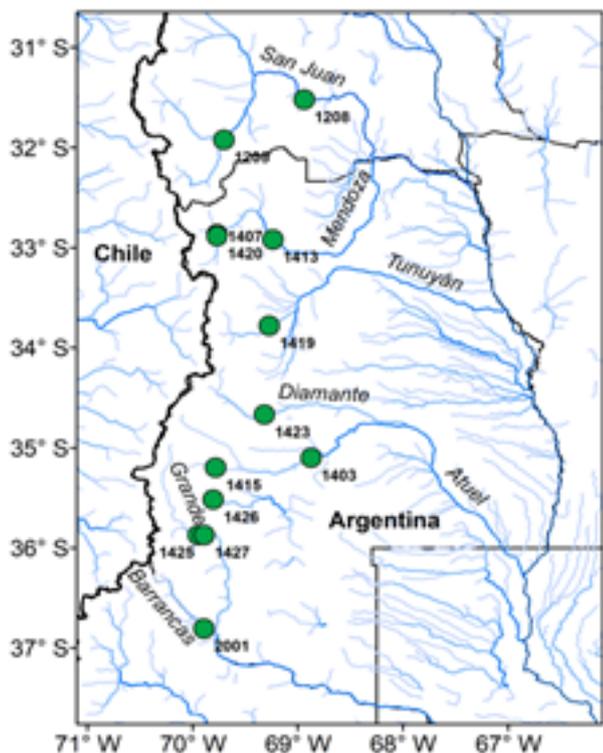
papel importante en el desarrollo social y económico de la región de Cuyo, Argentina. Los cambios en los regímenes hidrológicos regionales suelen responder a la variabilidad de las temperaturas en el Océano Pacífico tropical, donde el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) determina en gran medida la disponibilidad hídrica. Esta relación fue cuantificada en términos de caudales medios anuales (Masiokas et al., 2006) y mensuales (Lauro, 2017), no obstante, poco se sabe acerca de la relación entre la ocurrencia de caudales extremos y el fenómeno ENOS. Los períodos con caudales extremos, que exceden en volumen los requerimientos ambientales y socio-económicos, pueden ser utilizados como fuente de agua extra para la recarga de acuíferos (Kocis y Dahlke, 2017), lo cual destaca su potencial para la región semi-árida de los Andes Centrales de Argentina. En este sentido, este trabajo propone cuantificar la variabilidad interanual reciente de los períodos con caudales extremos en los principales ríos de los Andes Centrales de Argentina.

#### Materiales y métodos

Se utilizaron datos diarios de caudales observados en 13 estaciones de aforo ubicadas en la región de Cuyo (Figura 1), provistos por la Subsecretaría de Recursos Hídricos (<http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/>). Se seleccionó un período común reciente de 36 años (1981/82-2016/17) en función de la disponibilidad, calidad y distribución espacial de los

datos. Para la identificación de los períodos con caudales extremos se calculó, para cada uno de los días del año y para cada serie temporal, el umbral correspondiente al percentil 90 del período 1981/82-2016/17. Estos 365 valores umbrales representan el caudal igualado o excedido el 10% del tiempo, y cuando el valor del caudal en un determinado río supera este umbral se considera que el mismo alcanza valores extremos.

en el río Mendoza y el Q10 estimado a partir de los datos para el período 1981/82-2016/17. Se observa la ocurrencia de caudales extremos en el período de máximos caudales, entre los meses de diciembre a marzo, totalizando 77 días de QEXT. Esto representa el 42% de los días del semestre de caudales altos, y se asocia a excesos en la acumulación de nieve durante el invierno de 2005 (Rivera et al., 2017).

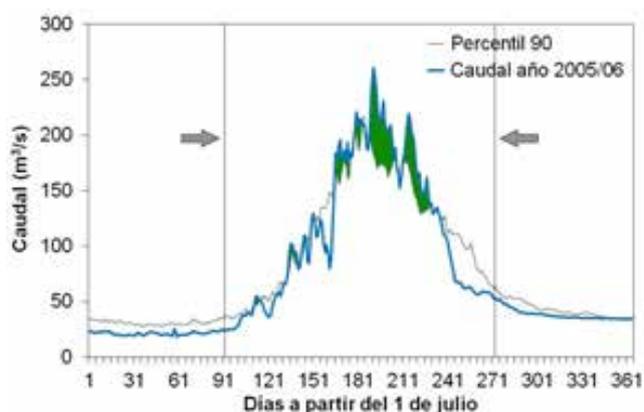


**Figura 1**  
Región de estudio, con la ubicación de las 13 estaciones de aforo a lo largo de los principales ríos de los Andes Centrales de Argentina.

A fin de analizar la variabilidad temporal de estos períodos, para cada río se calculó la cantidad de días entre los meses de octubre a marzo en los que el caudal observado supera el percentil 90 (Q10). Luego se estableció la relación entre la evolución temporal de la serie regional de cantidad anual de días que superan el Q10 (QEXT) con la ocurrencia de eventos El Niño y La Niña, identificados a partir del Oceanic Niño Index (ONI, <https://tinyurl.com/ya62cqqt>). La estimación de la tendencia en el índice QEXT fue realizada mediante una regresión lineal por cuadrados mínimos, donde la significancia del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) —el cual refleja el grado de dependencia lineal entre dos conjuntos de datos— se evaluó para un nivel de confianza del 95%.

### Resultados

A modo de ejemplo, la Figura 2 muestra las series de caudal correspondientes al año hidrológico 2005/06



**Figura 2**  
Ejemplo que muestra la cuantificación de los días con QEXT considerando los registros del río Mendoza durante el año hidrológico 2005/06. El área verde señala los períodos con caudales extremos.

Siguiendo esta metodología, se contabilizaron los QEXT para cada año hidrológico y a partir de estas series temporales para los 13 ríos, se realizó un promedio regional, el cual se muestra en la Figura 3. La obtención de un promedio regional es posible dado el comportamiento homogéneo de los ríos con nacientes en los Andes Centrales en términos de su variabilidad temporal (Compagnucci y Araneo, 2005). La serie regional de QEXT posee una tendencia negativa significativa ( $p < 0.05$ ,  $n = 36$ ) que representa una reducción aproximada de 12 días de caudales extremos por década. Este resultado se asocia al período de sequía hidrológica reciente (Rivera et al., 2017), el cual resulta evidente en la Figura 3 con escasos días con caudales que superan el percentil 90 entre los años 2009/2010 y 2016/17.

En cuanto a la influencia del fenómeno de El Niño, puede observarse que 4 (1982/83, 1987/88, 2002/03, 2006/07) de los 6 años en los que se superan los 50 días con caudales extremos corresponden a años con ocurrencia de eventos El Niño (Figura 3). En promedio, los años El Niño contribuyen a la ocurrencia de 39 días con caudales extremos por año, lo cual se asocia principalmente a una mayor disponibilidad de agua por acumulación de nieve en el invierno previo al semestre cálido. En cuanto a la relación con el fenómeno de La Niña se observa una marcada varia-

bilidad en las cantidades de días con caudales extremos, destacándose los años 1984/85 y 2005/06 con 63 y 108 días con caudales extremos regionales, respectivamente. En promedio, durante un año La Niña se registran 23 días con caudales extremos. Los años neutrales poseen escasa influencia sobre la ocurrencia de caudales extremos en los ríos de los Andes Centrales, con un promedio de 6 días con caudales superiores al percentil 90.

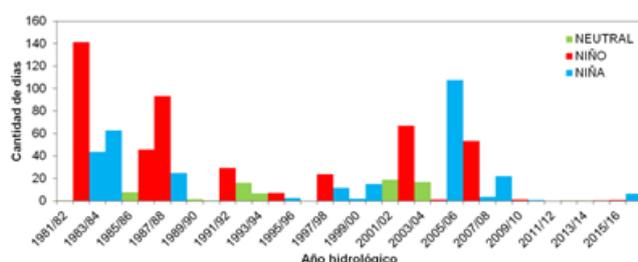


Figura 2

Ejemplo que muestra la cuantificación de los días con QEXT considerando los registros del río Mendoza durante el año hidrológico 2005/06. El área verde señala los períodos con caudales extremos.

### Discusión y Conclusiones

El análisis de caudales extremos utilizando métodos de umbrales en escala de tiempo diaria es una temática poco explorada en la región de los Andes Centrales de Argentina. Su estudio se llevó a cabo principalmente considerando los caudales máximos anuales, a fin de detectar tendencias y períodos de retorno en base a análisis de frecuencias regionales (Lauro, 2017). Este trabajo propone el análisis de la variabilidad temporal de los períodos con caudales que superan el umbral determinado por el percentil 90, los

cuales constituyen períodos con caudales extremos, en base a la cuantificación de la influencia del fenómeno ENOS en su variabilidad anual entre los años 1981/82 y 2016/17. Se encontró una tendencia significativa hacia una menor cantidad de días con caudales extremos en los últimos 36 años, la cual está asociada a las intensas nevadas registradas durante la década de 1980 en la Cordillera de los Andes y el período de sequía hidrológica reciente. Los principales resultados indican que los eventos El Niño contribuyen con caudales extremos en promedio durante el 21% de los días entre octubre y marzo, lo cual se asocia a la disponibilidad de agua por acumulación de nieve durante los inviernos previos. En cuanto a los eventos La Niña, la contribución a la ocurrencia de caudales extremos es menor, siendo de 13% de los días, aunque se observó una gran variabilidad interanual en la cantidad de días con excesos, en línea con resultados encontrados por Masiokas et al. (2006) para la acumulación nival. Los años neutrales poseen escasa influencia en la ocurrencia de caudales extremos.

Se propone extender esta investigación considerando un período de análisis más extenso y la incorporación de nuevos umbrales para la determinación de caudales extremos, lo cual contribuirá significativamente al conocimiento de la hidroclimatología regional en un contexto de cambio climático global.

### Agradecimientos

A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) por la financiación de esta investigación en el marco del proyecto PICT-2016-0431. A la Subsecretaría de Recursos Hídricos por la provisión de los datos utilizados.

### Referencias

- Compagnucci, R. H.; Araneo, D. C., 2005. Identificación de áreas de homogeneidad estadística para los caudales de ríos andinos argentinos y su relación con la circulación atmosférica y la temperatura superficial del mar. *Meteorológica*, 30 (1-2): 41-53.
- Kocis, T. F.; Dahlke, H. E., 2017. Availability of high-magnitude streamflow for groundwaterbanking in the Central Valley, California. *Environmental Research Letters* 12, 084009, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7b1b>.
- Lauro, C., 2017: *Estudio del comportamiento del régimen fluvial de las cuencas del oeste argentino y su vinculación con el cambio climático*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Rosario.
- Masiokas, M.; Villalba, R.; Luckman, B.; Le Quesne, C.; Aravena, J. C., 2006. Snowpack variations in the Central Andes of Argentina and Chile, 1951-2005: Large-scale atmospheric influences and implications for water resources in the region. *Journal of Climate*, 19, 6334-6352.
- Rivera J. A.; Penalba O. C.; Villalba R.; Araneo D. C. 2017. Spatio-temporal patterns of the 2010-2015 extreme hydrological drought across the Central Andes, Argentina. *Water* 9(9): 652. <https://doi.org/10.3390/w9090652>.