

# ESTUDIO DEL CAUDAL DEL RÍO NEUQUÉN EN LAS DISTINTAS FASES DEL CICLO ANUAL Y POTENCIALES FORZANTES ATMOSFÉRICOS

Lorenzo Ricetti<sup>1,2</sup>, Eduardo Agosta Scarel<sup>1,2</sup>, Santiago I. Hurtado<sup>1,2</sup>  
[lrchetti@fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:lrchetti@fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar). Autor correspondiente

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Astronomicas y Geofisicas, Universidad Nacional de La Plata  
(FCAG,UNLP)

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

**Palabras clave:** variabilidad interanual, ENSO, IOD

## 1) INTRODUCCION

La cuenca del río Neuquén (CRN) es una cuenca de carácter exorreico situada en el noroeste de la Patagonia argentina, en la región denominada ‘Comahue’. El curso reviste una gran importancia en términos de generación hidroeléctrica, el abastecimiento de agua para el consumo humano, riego y actividades turísticas.

El caudal del río Neuquén presenta una doble onda de crecida, a la que se le asocia un régimen pluvio-nival. El primer pico ocurre en invierno acompañando las precipitaciones invernales, mientras que el segundo ocurre a principios de primavera debido al derretimiento nival y la ablación glaciaria (Lauro et al., 2019).

La variabilidad de los caudales en los ríos andinos dependen fuertemente de las condiciones atmosféricas (Compagnucci and Araneo, 2007). La literatura señala que la variabilidad interanual del caudal en la CRN se encuentra modulada por El Niño - Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) y el Modo Anular del Sur (SAM), en tanto que la variabilidad interdecadal se asocia al SAM y a la Oscilación decadal del Pacífico (Compagnucci and Araneo, 2007; Rivera et al., 2017; Lauro et al., 2019).

El presente trabajo se propone llevar a cabo un análisis de la variabilidad de series interanuales de caudal acumulado en las distintas fases que conforman el ciclo anual del río Neuquén y sus posibles forzantes en el período climatológico 1980-2009.

## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos de caudal medio diario del periodo 1980-2009 extraídos del Sistema Nacional de Información Hidrica (<https://snih.hidricosargentina.gob.ar/>). Se seleccionaron las estaciones ‘Andacollo’ (AND; -37.18, -70.68), ‘Bajada del Agrio’ (BDA; -38.36, -70.03) y ‘Paso de Indios’ (PDI; -38.53, -69.41), siendo estas las únicas con menos de 10% de faltantes en el período considerado. Estos registros fueron sometidos a un análisis de consistencia identificando falsos ceros y registros erróneos. Los datos faltantes fueron rellenados utilizando regresiones lineales múltiples, utilizando las otras dos estaciones restantes como predictoras.

Se estimaron series de caudal acumulado en el trimestre FMA, representativo de la fase de mínimo caudal del ciclo anual (Fase\_min); el del trimestre JJA, representativo de la fase de máximo relativo (Fase\_int); y el de OND, que representa la fase de máximo absoluto (Fase\_max). Las tendencias monótonas de estas series fueron evaluadas empleando el test no paramétrico de Mann-Kendall y estimando rectas de regresión lineal de Theil-sen a las observaciones. Asimismo, se examinó tanto la correlación entre las series de cada estación en sus distintas fases, como entre las distintas estaciones de aforo en cada fase del ciclo anual.

Para identificar las periodicidades dominantes de cada serie se realizó un análisis espectral utilizando la transformada rápida de Fourier (FFT) y se testaron mediante Bootstrapping. Además, para explorar potenciales forzantes del sistema acoplado océano-atmósfera se computó la correlación desfasada de las series de caudal acumulado con los siguientes índices: TNA, TSA, Niño1.2, Niño 4, Niño 3.4, DMI y SAM extraídos de la NOAA (<https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>).

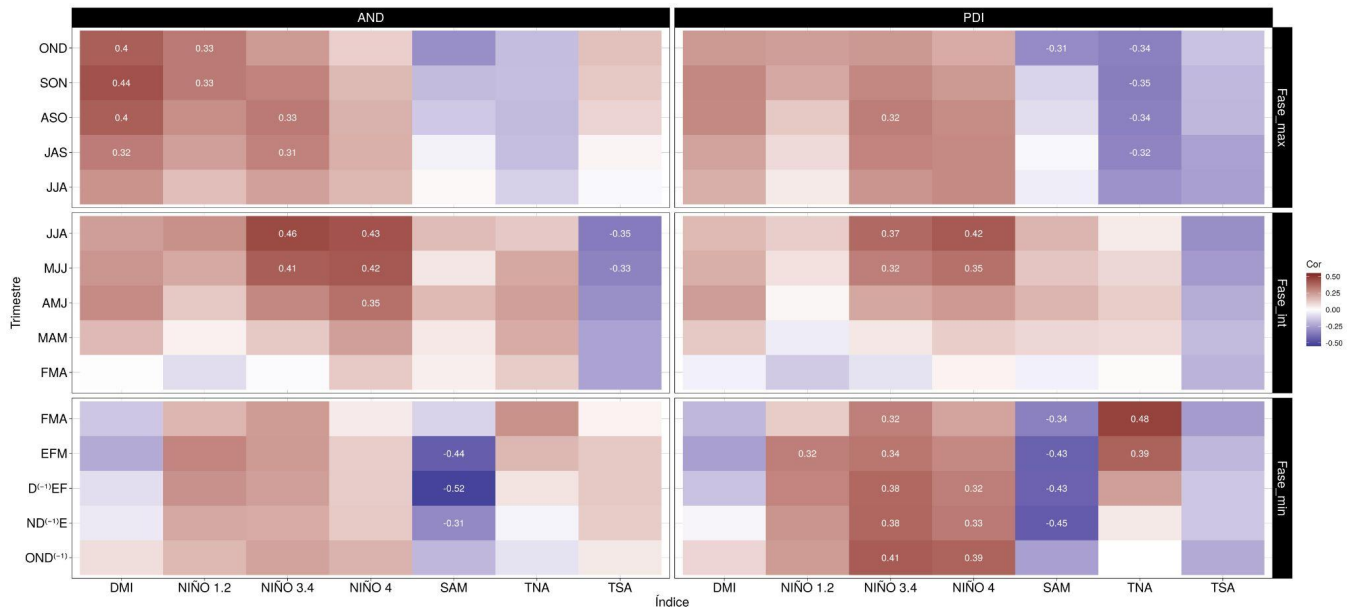
### **3) RESULTADOS**

Ninguna de las series obtenidas mostró tendencias significativamente distintas de cero en el periodo considerado. Por su parte, en ninguna de las estaciones consideradas la serie de caudal acumulado en una fase logra representar más de la mitad de la varianza de las demás, señalando así la importancia del estudio de la variabilidad separando en fases. Las series de caudal acumulado en las distintas fases del ciclo anual mostraron alta coherencia entre los distintos aforos. Consecuentemente, se muestran los resultados utilizando las estaciones PDI y AND, ya que la primera es la que mayor varianza comparte con los dos aforos restantes y la segunda es la que menor varianza comparte con la primera y por ende, incorpora variabilidad no representada por la estación PDI.

El análisis espectral arrojó que las series de Fase\_min no presentan periodicidades significativamente distintas al espectro nulo. Las series de Fase\_int presentaron periodicidades en torno a 2, 4 y 5 años significativamente distintas a aquellas producidas por procesos aleatorios. Estas periodicidades son consistentes con el fenómeno ENSO en alta y baja frecuencia y la variabilidad cuasi-bienal del IOD. También se encontraron periodicidades del orden de 2, 6 y 10 años en las series de Fase\_max. Las dos primeras consistentes con los fenómenos antes mencionados y la última consistentes con el SAM, la variabilidad del Atlántico tropical o el ciclo solar de 11 años.

La Figura 1 muestra las correlaciones de las series de caudal acumulado en cada fase del ciclo anual con los índices climáticos promediados trimestralmente empezando en el trimestre que compone cada fase, hasta un desfase de 4 meses. La serie de PDI en Fase\_min muestra correlaciones positivas y significativamente distintas de cero con los distintos índices del evento ENSO tanto en el mismo trimestre como en meses previos y con el índice TNA en el propio trimestre y el trimestre anterior. Ambas series muestran correlaciones negativas y significativas con el índice SAM, indicando mayor (menor) caudal acumulado en la fase negativa (positiva) de la Oscilación Antártica. Ambas series de caudal acumulado en la Fase\_int muestran correlaciones positivas y significativas con los índices del ENSO centrales

en los trimestres de otoño e invierno, indicando mayores (menores) caudales en Fase\_int bajo condiciones de ENSO positivos (negativos). También, la serie de AND muestra correlaciones negativas y significativas con el índice TSA. La serie de Fase\_max de AND muestra correlaciones positivas y significativas a partir del invierno con el índice DMI del IOD, sugiriendo una relación estadística entre mayor (menor) caudal de Fase\_max y la ocurrencia de eventos positivos (negativos) de IOD. También se muestran correlaciones positivas y significativas con el índice Niño 3.4 en invierno y el Niño 1.2 en primavera, consistente con el ciclo de vida del evento ENSO y correlaciones negativas entre el caudal de PDI y el índice TNA.



**Figura 1.** Heatmap de correlación entre las series de caudal acumulado en cada fase del ciclo anual de la estación ‘Andacollo’ (AND, Panel izquierdo) y ‘Paso de Indios’ (PDI, panel derecho) y los índices climáticos promediados trimestralmente considerando distintos desfases. Valores escritos en blanco indican correlaciones significativamente distintas de cero con un intervalo de confianza del 90%.

#### 4) CONCLUSIONES

Las series analizadas no presentaron tendencias significativamente distintas de cero en el periodo considerado. Las series temporales de caudal acumulado mostraron alta coherencia espacial, mientras que las series de las distintas fases mostraron baja covarianza. En cada fase se encontraron distintos potenciales forzantes entre los que se encuentran el SAM y el TNA en Fase\_min; el TSA en Fase\_int y el TNA e IOD en Fase\_max. Por su parte, el evento ENSO mostró influencia en las tres fases del ciclo anual.

#### REFERENCIAS

- Compagnucci, R. H. & Araneo, D. C. (2007).** Alcances de el niño como predictor del caudal de los ríos andinos argentinos. Ingeniería hidráulica en México, 22(3), 23–35.
- Lauro, C., Vich, A. I., & Moreiras, S. M. (2019).** Streamflow variability and its relationship with climate indices in western rivers of argentina. Hydrological Sciences Journal, 64(5), 607–619.
- 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.