

CONDICIONES ATMOSFÉRICO-OCEÁNICAS ASOCIADAS A LOS PATRONES DE VARIABILIDAD DEL CICLO HIDROLÓGICO DEL RÍO NEUQUÉN

Federico Gomez¹, Diego Araneo¹, María Laura Bettolli²
fegomez@mendoza-conicet.gob.ar

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

²Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN – UBA)

Palabras clave: Río Neuquén, Análisis de componentes principales, Variabilidad hidrológica

INTRODUCCIÓN

El ciclo hidrológico del río Neuquén presenta un régimen con dos máximos de caudal: el primero en los meses de invierno causado por precipitaciones líquidas, y el principal entre octubre y enero generado por el deshielo del manto nivoso acumulado a partir de las precipitaciones invernales en zonas altas (Lauro et al., 2019). El río Neuquén tiene un rol activo en la generación de energía hidroeléctrica a través del complejo Cerros Colorados, y en el aprovechamiento de recursos hídricos en la superficie incluida dentro de la cuenca del río. Compagnucci & Araneo (2005) estudiaron los ríos de la cordillera central argentina a través del análisis de componentes principales (ACP) aplicado a sus respectivos valores de caudal medio mensual. Los autores hallaron que el río Neuquén oficia de límite entre dos grupos de ríos con regímenes hidrológicos similares (Cuyo y Patagonia norte), caracterizados por las componentes 1 y 2. Araneo & Villalba (2014) emplearon ACP para estudiar la variabilidad del ciclo hidrológico del río Atuel. Los autores hallaron que las componentes se correlacionan con anomalías de precipitación y temperatura en la zona cordillerana que alimenta a la cuenca, las cuales están asociadas a anomalías en la circulación de gran escala. En ese sentido, el objetivo de este trabajo es el estudio de la variabilidad del ciclo hidrológico del río Neuquén aplicando ACP a la serie de caudales medios quincenales, para caracterizar la posible variabilidad intramensual.

DATOS Y METODOLOGÍA

Se aplicó ACP a una serie de datos de caudal para obtener los principales modos de variabilidad del ciclo hidrológico del río Neuquén. Esta serie de datos de caudal fue construida a partir de datos diarios correspondientes a la estación Paso de los Indios (38°32'S 69°24'O, 501 msnm) en el periodo 1903-2020. Los datos diarios empleados fueron agrupados en medias quincenales y se consideró un año hidrológico con inicio en el mes de abril, coincidente con el mínimo climatológico de caudal.

Los factores de carga (*loadings*) anuales obtenidos del ACP para las primeras 6 componentes (CP1-6) fueron correlacionados con series anuales de promedios quincenales de precipitación (pp) y temperatura a 2 metros (t2m) obtenidas del reanálisis ERA5 para la región cordillerana que alimenta a las nacientes del río Neuquén (36,5-39°S, 70-71,5°O). Los datos del reanálisis fueron agrupados en medias diarias de datos cada seis horas (t2m) y sumas diarias de datos horarios (pp), para luego ser sometidos a promedios quincenales y areales.

Las correlaciones obtenidas entre los *loadings* y los valores del reanálisis de temperatura y precipitación dieron cuenta de la relación entre el rol de las anomalías de ambas variables atmosféricas y las variaciones en el caudal de cada componente. Estas relaciones permitieron seleccionar periodos relevantes, para los cuales se calcularon las correlaciones entre los *loadings* y resultados de ERA5 para variables seleccionadas en Argentina o el hemisferio sur.

RESULTADOS

La primera componente (Fig. 1a) de la varianza del ciclo hidrológico del río Neuquén está asociada a anomalías homogéneas en el volumen del caudal entre finales del otoño y el verano. El modo directo (inverso) representó mayores (menores) caudales que el promedio a lo largo del periodo de precipitaciones y deshielo. CP1 explica el 26,8% de la varianza y se correlaciona positivamente con las anomalías de precipitación en Argentina para las quincenas comprendidas entre la primera de mayo y la primera de octubre.

CP2 (Fig. 1a) explica el 20,6% de la varianza del ciclo hidrológico y su modo directo (inverso) está asociado a una intensificación (debilitamiento) del máximo de caudal entre mayo y julio en detrimento (favor) del máximo principal entre octubre y diciembre. Las variaciones en el caudal entre mayo y julio se correlacionan positivamente con anomalías de precipitación en las zonas cordilleranas que forman parte de la cuenca del río Neuquén. Estas condiciones estuvieron relacionadas con una configuración de centros de presión en altura que permitieron la intensificación del flujo del oeste en la región donde se presentan las anomalías de precipitación.

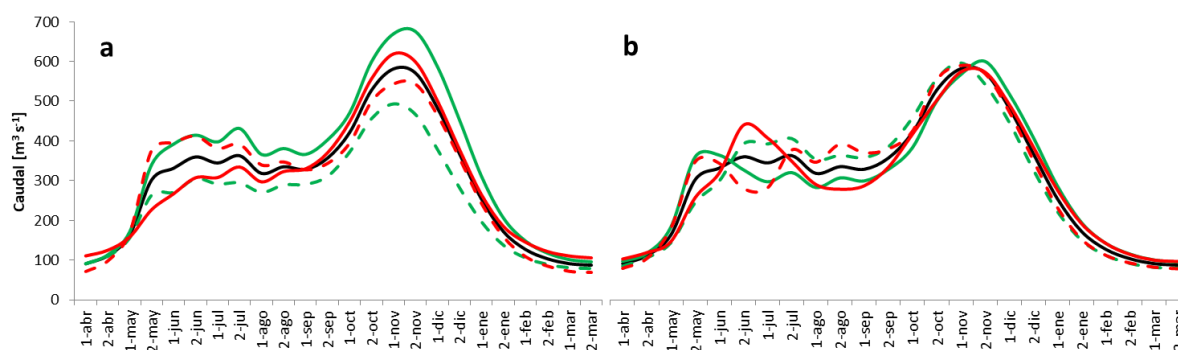


Figura 1: Representación de la variabilidad asociada a los modos directo (en línea continua) e inverso (en línea cortada) junto con el ciclo hidrológico anual (en negro). (a) CP1 (en verde) y CP2 (en rojo). (b) CP3 (en verde) y CP4 (en rojo)

CP3 (Fig. 1b) explica 10% de la varianza y se caracteriza en su modo directo (inverso) por un adelantamiento (atraso) del máximo invernal y un atraso (adelantamiento) del máximo principal junto con una disminución (incremento) del caudal entre junio y septiembre. Estas anomalías están relacionadas a la presencia y localización de centros de presión en altura, que fomentaron o impidieron el pasaje de sistemas desde el océano Pacífico. Las alteraciones en el caudal caracterizadas por CP3 se correlacionan positivamente con las anomalías de precipitación en la zona cordillerana que alimenta las nacientes del río Neuquén (Fig. 2). Esta correlación se intensifica considerando un desfase de una quincena entre la correlación con la precipitación y la variabilidad asociada a CP3 ($r=0,72$). Este desacople sugiere que el impacto de las anomalías de precipitación tarda una quincena en afectar el caudal del río Neuquén. Este desfase puede estar relacionado a una acumulación y posterior derretimiento de precipitación en forma nívea.

CP4 (Fig. 1b) explica 7,5% de la varianza y concentra su variabilidad mayormente en el máximo invernal entre mayo y septiembre. El modo directo (inverso) de CP4 incluye un aumento (reducción) anómalo del caudal para junio y la primera quincena de julio junto con una reducción (aumento) del caudal con respecto a la media para los meses de mayo, agosto y septiembre. La variabilidad asociada a CP4 se correlaciona positivamente con las anomalías de precipitación en la región cordillerana de influencia del río Neuquén. Estas anomalías de precipitación están relacionadas con la presencia de centros de presión en altura sobre la Patagonia norte, que potenciaron o ralentizaron el flujo de oestes.

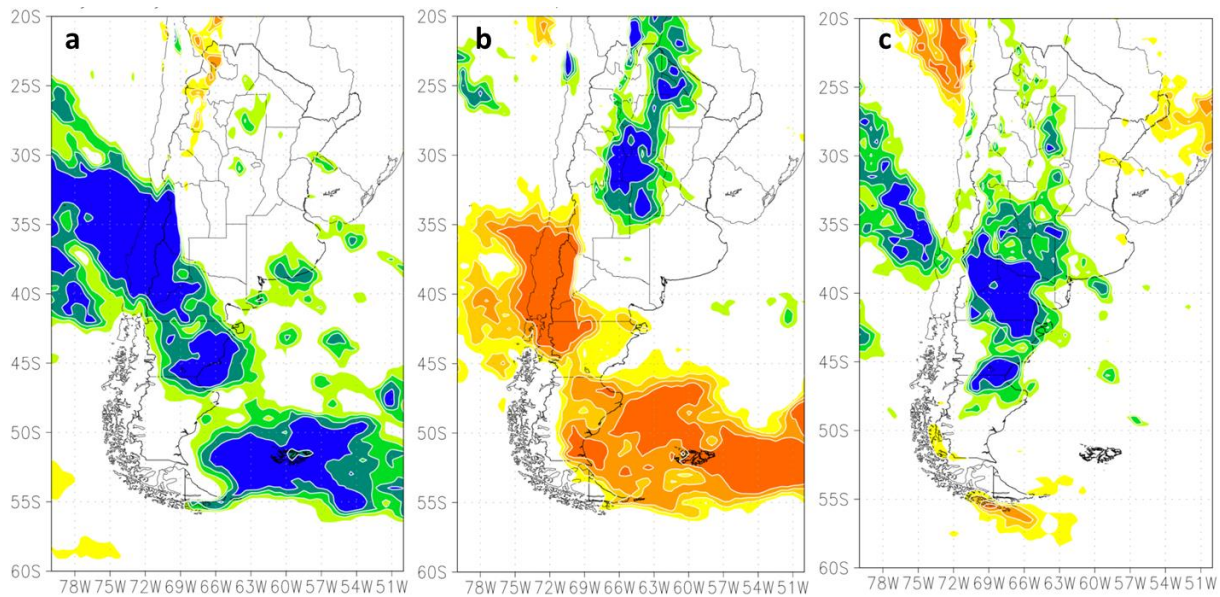


Figura 2: Correlación entre precipitación y loadings para CP3. Valores estadísticamente significativos en verde y azul (correlación positiva) o en naranja y rojo (correlación negativa). De más claro a más oscuro, niveles de confianza de 90%, 95%, 97,5% y 99%. (a) mayo (b) junio, julio, agosto y primera quincena de septiembre (c) segunda quincena de noviembre, diciembre y enero.

CONCLUSIONES

Las primeras cuatro componentes obtenidas como resultado del ACP explican casi dos tercios de la varianza total del ciclo hidrológico del caudal del río Neuquén. En todos los casos, las anomalías en el volumen de caudal asociadas a cada componente se correlacionaron positivamente con anomalías en las precipitaciones en la zona cordillerana que alimenta al río Neuquén. Estas anomalías en las precipitaciones estuvieron asociadas a variaciones en los sistemas de presión en altura que pueden condicionar la trayectoria de los sistemas que avanzan desde el océano Pacífico.

CP1 (26,8% de la varianza) muestra una respuesta inmediata a las anomalías de precipitación entre mayo y septiembre, junto con una respuesta diferida entre octubre y enero. Este comportamiento sugiere una acción conjunta de la escorrentía de precipitaciones líquidas y la acumulación y posterior deshielo de manto nivoso en zonas altas. Las componentes 2, 3 y 4 (38% de la varianza acumulada) mostraron una respuesta inmediata o con desfase menor a un mes a las anomalías en las precipitaciones. De este modo, la variabilidad del caudal del ciclo hidrológico del río Neuquén se origina principalmente en anomalías de la precipitación líquida, sumado a un efecto secundario dado por variaciones en el manto nivoso acumulado en niveles altos entre los meses de mayo y septiembre.

REFERENCIAS

- Araneo, D., Villalba, R., 2014:** Variability in the annual cycle of the Río Atuel streamflows and its relationship with tropospheric circulation, *Int. J. Climatol.* 35 (10), 2948-2967. DOI: 10.1002/joc.4185.
- Compagnucci, R., Araneo D., 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 y 2), 41-53
- Lauro, C., Vich, A., Moreiras, S.M., 2019:** Streamflow variability and its relationship with climate indices in western rivers of Argentina, *Hydrological Sciences Journal*, 64 (5), 607-619, DOI: 10.1080/02626667.2019.1594820