

PATRONES DE VARIABILIDAD DEL CICLO HIDROLÓGICO ANUAL DEL RÍO COLORADO Y CONDICIONES ATMOSFÉRICO-OCEÁNICAS ASOCIADAS

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 Colorado, Análisis de componentes principales, Variabilidad hidrológica

INTRODUCCIÓN

El caudal del río Colorado se origina mayoritariamente en el deshielo del manto nivoso de la cordillera en las latitudes cercanas a las nacientes (Masiokas et al, 2006). El río Colorado tiene un rol fundamental en el aprovechamiento de los recursos hídricos en la superficie ocupada por la cuenca del mismo y en la producción de energía en el embalse Casa de Piedra (Pierini et al., 2012). Compagnucci & Araneo (2005) estudiaron los caudales medios mensuales de los ríos cordilleranos de Argentina mediante análisis de componentes principales (ACP) encontrando que el río Colorado oficia de límite geográfico entre dos regímenes hidrológicos (Cuyo y Patagonia norte), definidos por la predominancia de las componentes 1 y 2. Araneo & Villalba (2014) estudiaron la variabilidad del río Atuel aplicando ACP a una serie de valores mensuales de caudal. Los autores encontraron relaciones entre las componentes y anomalías de precipitación y temperatura. Estas anomalías a su vez estuvieron asociadas a variaciones en la circulación de gran escala. Este trabajo tiene como objetivo estudiar los modos de variabilidad del río Colorado mediante el cálculo de sus componentes principales incluyendo también la variabilidad intramensual, mediante el estudio de medias quincenales.

DATOS Y METODOLOGÍA

La variabilidad del ciclo hidrológico del río Colorado se estudió mediante ACP aplicado a una serie de datos representativos del caudal del río en estudio, considerando un año hidrológico con inicio en el mes de junio. Esta serie incluyó promedios quincenales de caudal diario de la estación Buta Ranquil (37°04'S 69°45'O, 817 msnm) para los periodos 1940-1960 y 1990-2020, junto con los de la estación Pichi Mahuida (38°49'S 64°59'O, 125 msnm) para los periodos 1918-1939 y 1961-1989. Los datos de Pichi Mahuida fueron sometidos a un ajuste lineal para igualar su media y varianza a los de Buta Ranquil.

Las series de factores de carga (*loadings*) anuales de las primeras 6 componentes (CP1-6) fueron correlacionadas con series anuales de promedios quincenales de precipitación (pp) y temperatura a 2 metros (t2m) sobre la zona cordillerana que alimenta a la cuenta del Colorado (35°S-37,5°S, 69°O-70,5°O). Los valores de precipitación y temperatura fueron extraídos del reanálisis ERA5. El acondicionamiento de los datos extraídos del reanálisis incluyó medias diarias de datos cada 6 horas (t2m) y sumas diarias de datos horarios (pp). Los datos fueron posteriormente agrupados en promedios quincenales y sometidos a un promedio areal.

Las correlaciones entre las variables del reanálisis y los *loadings* permitieron establecer relaciones entre el patrón de variabilidad asociado a cada componente y el rol de las condiciones atmosféricas para periodos específicos del año. En dichas quincenas elegidas, se calcularon las correlaciones entre la componente en cuestión y los valores modelados por ERA5 para diversas variables atmosféricas en toda la Argentina o el hemisferio sur.

RESULTADOS

La varianza de los ciclos hidrológicos del río Colorado para el periodo 1918-2020 está explicada en un 54% por la primera componente (Fig. 1a). CP1 está asociada a variaciones en el volumen anual del caudal, representando su modo directo (inverso) un aumento (reducción) del mismo respecto al promedio. Se encontró una correlación significativa entre anomalías positivas de precipitación en el cono sur y CP1 en el periodo comprendido entre la primera quincena de junio y la primera quincena de octubre. En dicho periodo, la temperatura superficial del mar para la región del Niño 3.4 se correlaciona positivamente con CP1. Esta relación sugiere que el fenómeno de El Niño puede estar relacionado con una intensificación del máximo de caudal subsiguiente.

CP2 está relacionada al adelanto o atraso de las quincenas de máximo caudal (Fig. 1a) y explica 17,3% de la varianza del ciclo hidrológico. Esta variabilidad es generada por una anomalía positiva de caudal previa al máximo (entre octubre y diciembre), seguida de anomalías negativas con posterioridad al mismo (en enero y febrero). El aumento de caudal está relacionado con anomalías positivas de temperatura en la mayor parte de Argentina, asociadas a un sistema de alta presión. Estas anomalías pueden generar una aceleración del derretimiento de la nieve acumulada en niveles altos. Las anomalías negativas en el caudal para enero y febrero en CP2 están asociadas a condiciones más secas de lo normal en la zona de influencia del río Colorado. La disponibilidad reducida de nieve en niveles altos también puede ser un coadyuvante a la baja del caudal.

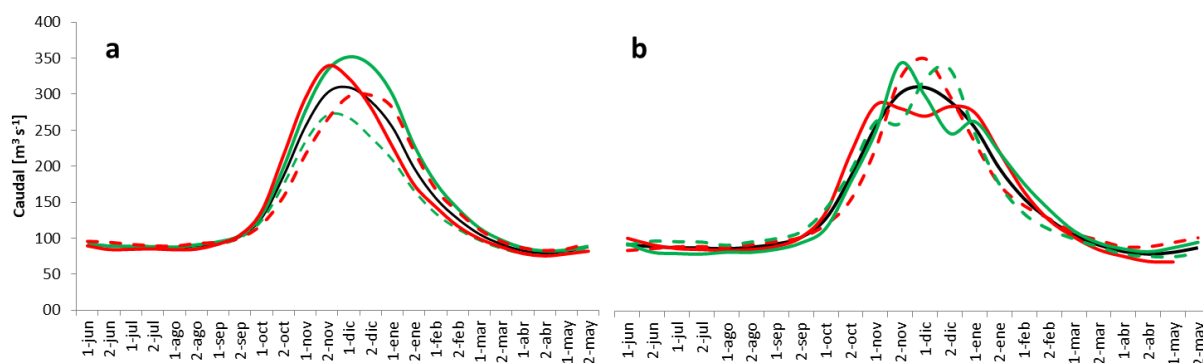


Figura 1: Representación de la variabilidad asociada a los modos directo (en línea continua) e inverso (en línea cortada) junto con el ciclo hidrológico anual (en negro). (a) CP1 (en verde) y CP2 (en rojo). (b) CP3 (en rojo) y CP4 (en verde)

CP3 (6,4% de la varianza, Fig. 1b) en modo directo muestra anomalías positivas de caudal al inicio (octubre y primera quincena de noviembre) y final (enero) del periodo de deshielo, junto con una reducción con respecto a la media en el periodo correspondiente al máximo climatológico de caudal (segunda quincena de noviembre y primera quincena de diciembre). Estas anomalías generan una extensión temporal del periodo de máximo caudal en detrimento de su magnitud en su modo directo, y viceversa. Las variaciones con respecto al caudal medio muestran una correlación directa con la temperatura (Fig. 2) y están asociadas a la influencia de un tren de ondas en altura.

CP4 (4,6% de la varianza explicada) incluye parte de la variabilidad intramensual (Fig. 1b). El modo directo de CP4 consiste en anomalías positivas de caudal para la segunda quincena de noviembre junto con una reducción del caudal respecto a la media en diciembre. Estas anomalías presentan una correlación positiva con la temperatura superficial en la zona cordillerana relevante a la cuenca del Colorado y anomalías de geopotencial en altura. Esta relación con las temperaturas concentrada en los meses de noviembre y diciembre sugiere que las anomalías de CP4 son generadas por alteraciones en la velocidad de derretimiento del

manto nivoso. CP4 también está asociada a anomalías de caudal correlacionadas con más precipitaciones de lo normal en los meses de enero y febrero.

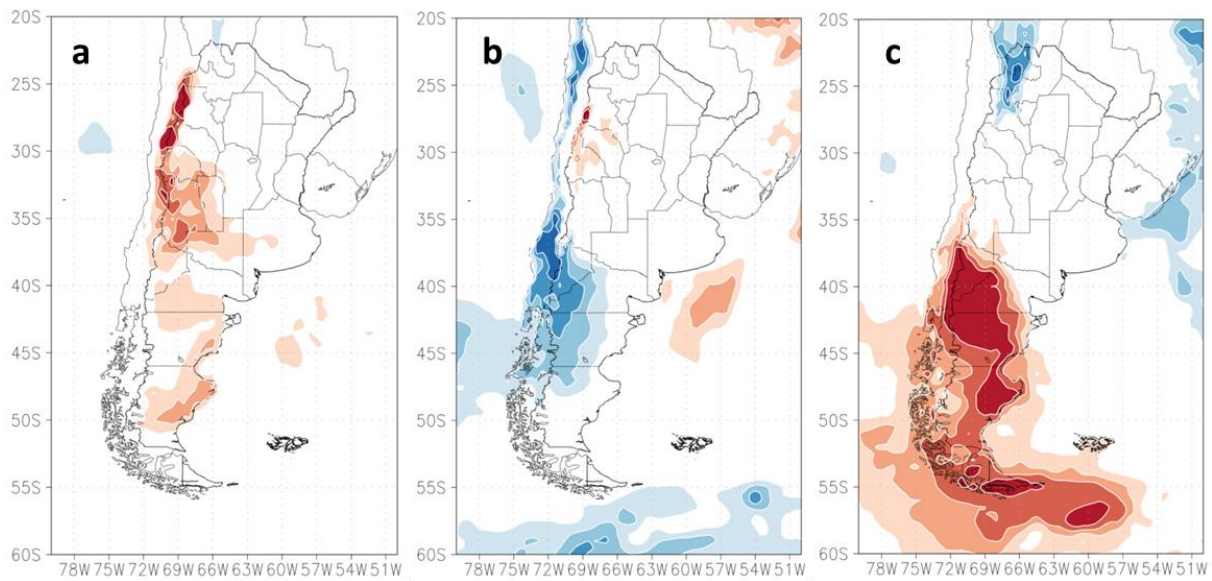


Figura 2: Correlación entre temperatura y loadings para CP3. Valores estadísticamente significativos en rojo (correlación positiva) o azul (correlación negativa). De más claro a más oscuro, niveles de confianza de 90%, 95%, 97,5% y 99%. (a) octubre y primera quincena de noviembre (b) segunda quincena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

CONCLUSIONES

Los resultados del ACP aplicado a la serie representativa del caudal del río Colorado indican una marcada predominancia de los cambios en la magnitud del máximo de caudal (CP1) en la varianza total. El modo positivo de CP1 se correlaciona significativamente con las precipitaciones en la región de la naciente entre junio y septiembre. Esta relación sugiere que el principal motor de la varianza del caudal es la disponibilidad de manto nivoso acumulado durante el invierno anterior al máximo hidrológico. Del mismo modo, el resto de las componentes muestran una relación directa con la temperatura y concentran su impacto en los meses de mayor deshielo (entre octubre y enero). Este comportamiento implica que, en línea con lo expuesto para CP1, la disponibilidad y velocidad de derretimiento del manto nivoso es el origen de la varianza de caudal explicadas por CP2-4.

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.
- 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.
- Pierini, J., Gómez, E., Telesca, L., 2012:** Prediction of water flows in Colorado River, Argentina, *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(4): 872-880 DOI: 103856/vol40-issue4-fulltext-5.