

# ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CONJUNTA DE LAS DESCARGAS ANUALES DE RÍOS DE LOS ANDES CENTRALES MEDIANTE CORRELACIONES CANÓNICAS

Federico Gomez, Diego Araneo  
[fegomez@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:fegomez@mendoza-conicet.gob.ar)

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

**Palabras clave:** Circulación sinóptica, Patrones de variabilidad, Ríos andinos.

## INTRODUCCIÓN

Los Andes Centrales constituyen una barrera orográfica que alberga las formaciones montañosas más elevadas del hemisferio sur. Las cumbres de los Andes Centrales dan lugar a la formación de una serie de cursos fluviales que se originan principalmente por el deshielo del manto nivoso acumulado durante los meses invernales en zonas altas, así como por la escorrentía de precipitaciones líquidas.

Araneo (2006) utilizó análisis de componentes principales (ACP) para examinar la variabilidad de las series anuales derivadas de datos de caudal de 74 ríos andinos. El autor identificó en los dos primeros modos de variabilidad a los ríos ubicados entre el río Neuquén y el río Chubut; y entre el río Neuquén y el río San Juan respectivamente. Este hallazgo sugiere la existencia de una correlación entre los ríos incluidos en sendos grupos de cursos fluviales.

En este sentido, se procedió al análisis de la variabilidad de los ríos incluidos en estos dos grupos mediante la implementación de una metodología basada en el Análisis de Correlaciones Canónicas (ACC). Esta técnica estadística posibilita la identificación de asociaciones entre dos conjuntos de variables a través de matrices de correlación cruzada, con el propósito de maximizar dicha relación (Hotelling, 1936). A efectos de este trabajo se emplea esta técnica estadística siguiendo los lineamientos establecidos por Lattin et al. (2003). El ACC ha sido empleado en trabajos previos para establecer relaciones entre anomalías de precipitación en el centro y norte de Argentina con valores de temperatura superficial del mar en los océanos Atlántico y Pacífico (Barros y Silvestri, 2002; Müller y García, 2006). En el presente trabajo, se implementó una técnica de ACC con el objetivo de identificar los patrones de variabilidad conjunta de la descarga anual de los ríos cordilleranos de los Andes Centrales, en consonancia con la circulación asociada a nivel hemisférico y regional.

## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

El ACC se implementó mediante el emparejamiento de dos grupos de series anuales de variables: atmosféricas y fluviales. Se incluyeron series de descarga anual para los ríos San Juan, Mendoza, Atuel, Colorado, Neuquén y Chubut construidas a partir de datos diarios hidrométricos proporcionados por el Sistema Nacional de Información Hídrica (SNIH). El periodo sujeto a estudio abarcó los años comprendidos entre 1956 y 2019 y se definió un año hidrológico homogéneo desde mayo hasta abril. En el caso de los datos atmosféricos, se emplearon las variables geopotencial ( $z$ ) en los niveles de 500 y 1000 hPa y agua precipitable ( $pw$ ) extraídas de los reanálisis de ERA5. Los datos diarios de reanálisis se agruparon en promedios anuales considerando los meses de invierno (mayo-septiembre) para cada punto de retícula (resolución  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ ) en el área delimitada por los paralelos  $20^\circ S$  y  $60^\circ S$  junto a los meridianos  $45^\circ O$  y  $100^\circ O$ . Previo al empleo de ambos conjuntos de datos en el ACC, los mismos fueron sometidos a procesos de estandarización. En consecuencia, la técnica estadística desempeñará su función mediante la búsqueda de modos de variabilidad, compuestos de una serie de factores de carga asociados a las descargas anuales de cada uno de los ríos junto con un mapa de anomalías asociadas de geopotencial en el nivel y dominio seleccionados.

### 3) RESULTADOS

El ACC arrojó seis pares de variedades canónicas (VC). Cada una de estas variedades contó con una serie de 6720 valores de factores de carga (*loadings*) de cada punto de retícula para geopotencial en 500 y 1000 hPa ( $z_{500}$  y  $z_{1000}$ ) y contenido de agua precipitable en la atmósfera (pw), y otra de 6 valores, asociados a los factores de carga de la descarga anual de los ríos en estudio. Estos factores de carga representaron correlaciones entre las variables originales, sugiriendo una relación directa entre dichos valores y las variables del reanálisis para cada punto de retícula y río en estudio.

VC1 y VC2 concentran la mayor parte de la variabilidad total asociada a la descarga de los ríos. Los resultados obtenidos en VC1 indicaron valores negativos y mayormente homogéneos en la serie de factores de carga de los seis ríos analizados en este estudio, lo que sugiere una situación de déficit (superávit) generalizado de descarga anual. La serie de factores de carga para VC1 asociados a las variables de ERA5 permitieron analizar posibles patrones atmosféricos asociados a dicha variedad canónica y las anomalías presentadas para la descarga anual de los ríos.

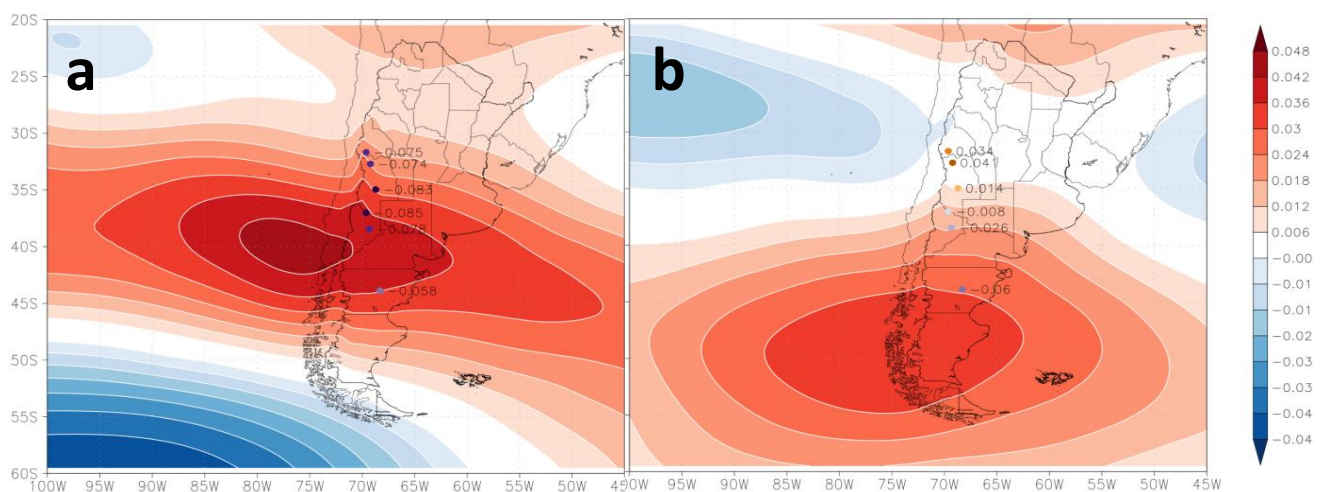


Fig. 1 Campos de *loadings* para VC1 (a) y VC2 (b) correspondientes a geopotencial en 500 hPa para los meses entre mayo y septiembre durante el periodo 1956-2019. En puntos, se localizan las estaciones hidrométricas junto con su correspondiente valor de factor de carga.

Los campos de *loadings* de la VC1 para geopotencial en 500 hPa (Fig. 1a) y 1000 hPa muestran una configuración compatible con anomalías positivas generalizadas en el centro y norte de Argentina. La situación de déficit (superávit) de caudales resulta compatible con la presencia de sistemas de alta (baja) presión en la región de los Andes Centrales, lo cual sugiere una carencia (aumento) de tránsitos de sistemas de baja presión desde el Océano Pacífico que pueden inducir precipitaciones. El campo de factores de carga para agua precipitable (Fig. 2a) exhibe valores negativos en todo el centro y norte de Argentina, con un énfasis en la zona de los Andes Centrales, en consonancia con las anomalías positivas de presión descriptas. La cuenca del río Chubut presentó desvíos negativos de pw de menor magnitud, lo cual concuerda con los factores de carga de descarga anual.

La VC2 exhibe un patrón de disminución (aumento) gradual hacia el sur de descarga anual de los ríos. Esto representa un escenario de anomalías positivas (negativas) en los caudales de los ríos San Juan, Mendoza y Atuel, mientras que los ríos Colorado, Neuquén y Chubut experimentarán déficits (superávits) en su descarga anual, fenómeno que se intensificará hacia el sur.

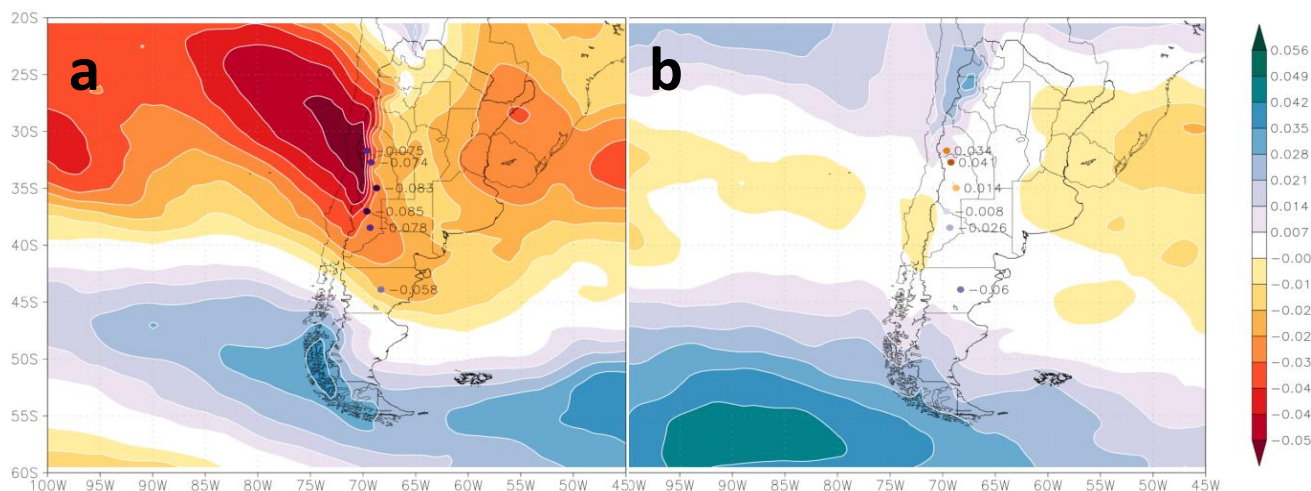


Fig. 2 Campos de loadings para VC1 (a) y VC2 (b) correspondientes a agua precipitable para los meses entre mayo y septiembre durante el periodo 1956-2019. En puntos, se localizan las estaciones hidrométricas junto con su correspondiente valor de factor de carga.

Los campos de geopotencial en 500 hPa (Fig. 1b) y 1000 hPa se caracterizaron por la presencia de una región de *loadings* positivos en la Patagonia, lo cual es compatible con una predominancia de sistemas de alta (baja) presión durante los meses invernales. El gradiente de presión estimado en la región de las cuencas de los ríos Chubut, Neuquén y Colorado ejerce una influencia en la dinámica atmosférica, propiciando vientos desde el este (oeste) que obstaculizan (favorecen) la formación de precipitaciones orográficas y el tránsito de sistemas de baja presión desde el oeste. En lo que respecta a los ríos restantes (San Juan, Mendoza y Atuel), estos presentan una configuración que estimula (inhibe) precipitaciones, que consistió en un sistema de baja (alta) presión entrante desde el Pacífico.

El campo de factores de carga de la VC2 para pw (Fig. 2b) reveló valores menos pronunciados en comparación con los hallados para la VC1. Las estaciones hidrométricas asociadas a los mayores *loadings* positivos (San Juan y Mendoza) se ven influenciadas por leves anomalías positivas en el contenido de humedad en la atmósfera, mientras que aquellas con los valores más negativos (Neuquén y Chubut) se hallaron bajo la influencia de ligeras anomalías negativas en el contenido de agua precipitable.

## Referencias

**Araneo, D., 2006:** Caracterización de la circulación atmosférica y la temperatura superficial del mar asociadas a extremos de caudal de ríos andinos y su variabilidad en baja frecuencia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

**Barros, V.; Silvestri, G., 2002:** The Relation between Sea Surface Temperature at the Subtropical South-Central Pacific and Precipitation in Southeastern South America, *Journal of Climate* 15, 251-267.

**Hotelling, H., 1938:** Relations between two sets of variates, *Biometrika*, Vol. 28, No. 3/4 (Dec., 1936), pp. 321-377

**Lattin, J., Carroll, J., Green, P., 2003:** *Analyzing Multivariate Data*. p. 313-345

**Müller, O., García, N., 2006:** Análisis de la predicción de precipitaciones mediante correlaciones canónicas en el NE de Argentina, *Revista Geofísica* 62, 61-78.