

PATRONES DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICOS ASOCIADOS A LA COVARIABILIDAD ENTRE PRECIPITACIÓN Y NIVELES DEL RÍO PARAGUAY

Camila Prudente^{1,2,3} Federico A. Robledo^{1,2,4}
camila.prudente@cima.fcen.uba.ar

¹Universidad de Buenos Aires (UBA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN),
Buenos Aires, Argentina

²CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la
Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.

³Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IFAECI) - IRL 3351-
CNRS-CONICET-IRD-UBA. Buenos Aires, Argentina

⁴Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de
Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, Argentina.

Palabras clave: Cuenca del Río Paraguay, variabilidad climática,

1) INTRODUCCIÓN

El río Paraguay, principal afluente del Paraná, recorre una cuenca que incluye el Pantanal, uno de los humedales más extensos y valiosos del mundo por su biodiversidad. La dinámica del sistema fluvial genera inundaciones estacionales que afectan tanto al Pantanal como a las provincias argentinas de Chaco y Formosa, donde las crecidas del Paraguay se ven amplificadas por eventos extremos de precipitación (PP) y por el efecto de remanso del Paraná (Barros y otros, 2004, 2006). En Puerto Bermejo, Chaco, desde 1975 en adelante se observa una tendencia positiva del caudal anual tanto en el semestre cálido como en el frío (Krepper y otros, 2006). No obstante, son escasos los estudios que vinculan estos cambios con patrones atmosféricos regionales y de gran escala. Este trabajo analiza la variabilidad climática en las cuencas del río Paraguay y del alto Paraná, a partir de los niveles de río (NR) mensuales del Paraguay entre 1940 y 2022 con foco en el semestre lluvioso (septiembre a abril), con el objetivo de profundizar en la comprensión de los procesos hidrometeorológicos que controlan la dinámica regional del agua en esta zona clave del sur de América del Sur.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron series históricas de NR mensual en las siguientes estaciones hidrométricas, Ladario y de Porto Murtinho (Sistema Nacional de Información sobre Recursos Hídricos de Brasil); Bahía Negra (Dirección de Meteorología e Hidrología de Paraguay), Puerto Pilcomayo y Puerto Bermejo (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica). También, se emplearon datos de PP mensuales de la base de datos reticulada de University of East Anglia Climatic Research Unit (CRU) Time-series, versión 4.08, a una resolución de 0,5° x 0,5° (CRU, 2024). Para identificar los patrones dominantes de covariabilidad entre PP y NR, se aplicó la técnica de Descomposición en Valores Singulares (DVS) a datos trimestrales de PP (entre Septiembre-Octubre-Noviembre (SON) y Febrero-Marzo-Abril(FMA)) y NR mensual del último mes del trimestre de PP, es decir entre Noviembre(N) y Abril (A). Esta

metodología permitió descomponer la covarianza en modos ortogonales que maximizan la correlación (R) entre ambos campos.

Por otra parte, para explorar la circulación atmosférica asociada a los modos del DVS, se emplearon datos de reanálisis ERA5 (1940–2022) (Hersbach y otros, 2023). Se realizaron regresiones lineales entre las componentes principales (PCs) de PP obtenidas de los modos del DVS y variables climáticas trimestrales como: velocidad vertical (omega) a 700 hPa, divergencia de humedad integrada verticalmente (DHIV), viento en 850 hPa, altura geopotencial en 200 y 850 hPa, radiación de onda larga saliente (OLR). Estas relaciones lineales se testearon estadísticamente a partir de un test t-Student al 95% de confianza.

3) RESULTADOS

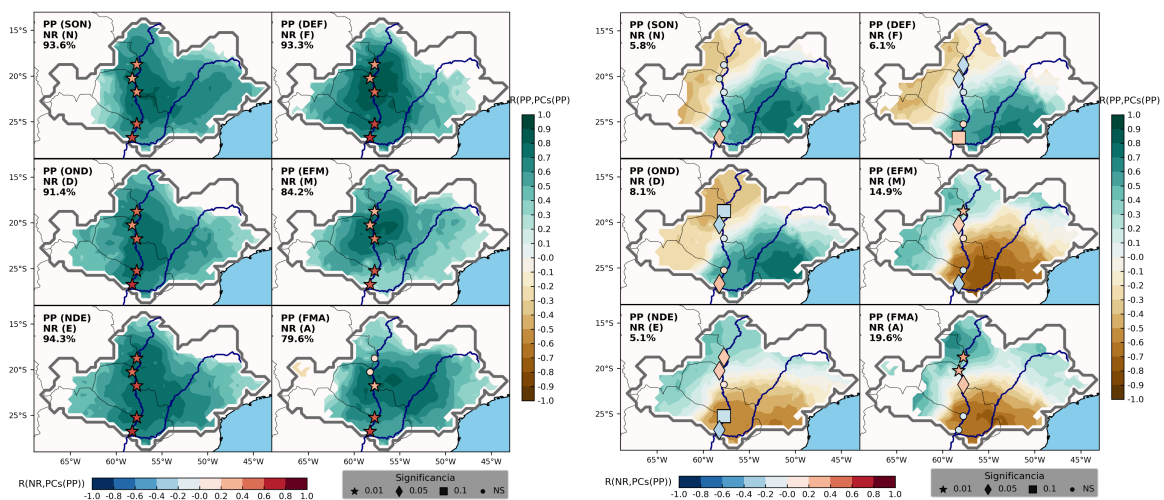


Figura 1. Primer (panel izquierdo) y segundo (panel derecho) modo de covariabilidad entre PP trimestral entre SON y FMA y NR del Paraguay mensual entre Noviembre y Abril (último mes del trimestre de PP). Campos homogéneos de PP ($R(PP, PCs(PP))$) sólo significativos en contornos con nivel de confianza al 95%. Campos heterogéneos de NR ($R(NR, PCs(PP))$) en puntos. Nivel de confianza en símbolos, 99 % (estrellas), 95 % (rombos), 90 % (cuadrados) y no significativos (círculos).

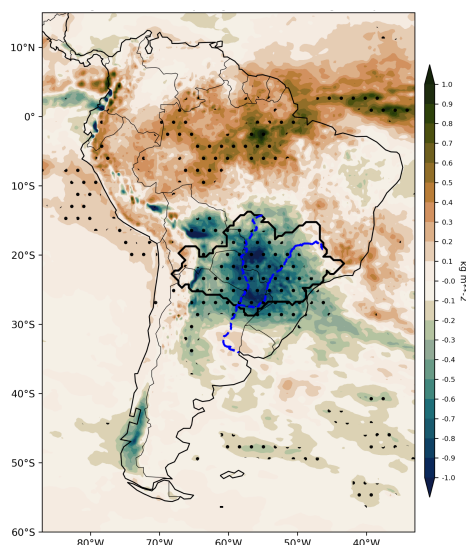


Figura 2. Campos de regresión lineal entre las PCs de PP y DHIV para representar la circulación regional y forzantes termodinámicos sobre la cuenca del Paraguay. Relaciones estadísticamente significativas en regiones con puntos al 5%.

El primer modo de covariabilidad, que explica más del 90% de la covarianza total, está caracterizado por un patrón espacial homogéneo de anomalías de PP coherente con el campo heterogéneo de NR, lo que refleja una señal conjunta dominante que controla la variabilidad interanual en ambas variables (Fig. 1). En cambio, el segundo modo, que explica cerca del

10% de la covarianza, mostró un dipolo en los campos de PP y NR, con correlaciones de signo opuesto entre el noroeste y el sureste de la cuenca del Paraguay (Fig. 1).

Por otro lado, las regresiones lineales entre las PCs del primer modo de PP del trimestre DEF (con NR de Febrero) y la DHIV mostraron relaciones estadísticamente significativas sobre la Cuenca del Paraguay con convergencia (divergencia) de humedad asociada a mayor (menor) PP, y la relación inversa se observa en la zona de Amazonía (Fig. 2). Además la regresión lineal entre las PCs de PP y la OLR global muestra relación significativa entre mayor (menor) PP sobre la cuenca y OLR negativa (positiva) sobre la cuenca y sobre el pacífico subtropical central (Amazonía, Atlántico subtropical y Pacífico subtropical oeste) (Fig. 3)

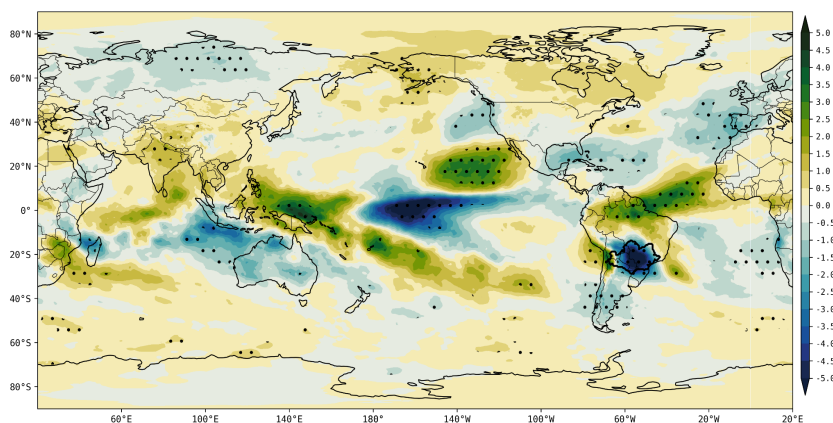


Figura 3. Campos de regresión lineal entre las PCs de PP y OLR para representar la circulación de gran escala y patrones de teleconexión vinculados a la variabilidad climática sobre la cuenca del Paraguay. Relaciones estadísticamente significativas en regiones con puntos al 5%.

REFERENCIAS

Barros, V., L. Chamorro, G. Coronel, y J. Báez 2004. The major discharge events in the paraguay river: Magnitudes, source regions, and climate forcings. Journal of Hydrometeorology - J HYDROMETEOROL, 5.

Barros, V., R. Clarke, y P. Silva Dias 2006. El cambio climático en la cuenca del plata. Proyecto SGP II 057 - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N. 2023: ERA5 monthly averaged data on pressure levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS)

Krepper, C., N. García, y P. Jones 2006. Paraguay river basin response to seasonal rainfall. International Journal of Climatology, 26:1267 – 1278.

University of East Anglia Climatic Research Unit; Harris, I.C.; Jones, P.D.; Osborn, T. (2024): CRU TS4.08: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) version 4.08 of high-resolution gridded data of month-by-month variation in climate (Jan. 1901- Dec. 2023). NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis, enero, 2025.