

¿PODEMOS ESTAR SUBESTIMANDO LA PRECIPITACIÓN EXTREMA ANTE LA OCURRENCIA CONJUNTA DE FORZANTES REMOTOS?

Caterina L. Basso¹, Vanesa C. Pántano^{2,3,4}
basso.lcaterina@gmail.com

¹ Departamento Meteorología, Servicio de Hidrografía Naval (SHN)

² Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata (FCAG, UNLP)

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET-UBA)

⁴ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

Palabras claves: centro-este argentino, respuesta climática, extremos climáticos

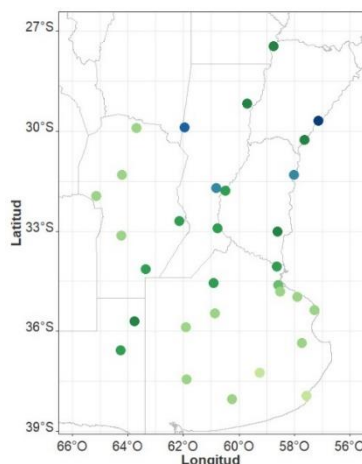
1) INTRODUCCIÓN

La respuesta climática de la precipitación (PP) a los principales forzantes remotos como El Niño-Oscilación del Sur, el Modo Anular del Sur y el Dipolo del Océano Índico (ENSO, SAM e IOD, por sus siglas en inglés) en el centro-este de Argentina (Figura 1.1) ha sido estudiada en las últimas décadas (Reboita et al., 2021). Adicionalmente, la coocurrencia de los forzantes mencionados puede presentar diversas respuestas climáticas, desde fuertes sequías hasta inundaciones extremas, por lo que esta acción conjunta resulta en un desafío para la previsión y la gestión de riesgos climáticos en la región de estudio (McPhaden et al., 2020).

Con respecto a nuestra región, Iacovone et al. (2024) han estudiado la influencia del ENSO, el SAM y el IOD en los extremos de PP de Sudamérica, pero en forma aislada. En este sentido, aún son escasos los estudios que presentan la señal conjunta de estos forzantes en eventos de PP extrema en la región.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar los extremos de PP, en el centro-este del territorio argentino, como respuesta a la combinación de los principales forzantes climáticos remotos, durante los meses de septiembre a febrero, a escala subestacional.

2) METODOLOGÍA



Para realizar este trabajo, se utilizaron datos observados de PP diarios para los meses de septiembre a febrero, entre 1980 y 2019, provenientes de estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional. Para cada estación, se llevó a cabo un control de calidad.

Para obtener una serie de datos homogénea, se realizó una evaluación de puntos de quiebre (Aguilar et al., 2003) a través de Pettit (Pettitt, 1979) y Buishand-R (Buishand, 1982). Asimismo, se estudiaron las tendencias con Mann-Kendall (Hamed y Rao, 1998). Ambos análisis, con un nivel de significancia de 0.1.

Figura 1.1: Distribución de estaciones utilizadas. En color se indica el valor del umbral [mm] correspondiente al percentil 95 (P95) para el mes de diciembre.

Para caracterizar al ENSO, IOD y SAM se trabajó con el Índice Oceánico de El Niño, el Índice del Modo Dipolar y el Índice del Modo anular del Sur propuesto por Marshall (2003), respectivamente. Los dos primeros índices se obtuvieron de la “National Oceanic and Atmospheric Administration”, mientras que el SAM se obtuvo de “British Antarctic Survey”.

Para cada mes, se contabilizó la cantidad de eventos ENSO positivo, negativo y neutro (ENSO+, ENSO-, NEUTRO) que coincidieron con fase positiva o negativa del IOD y del SAM (IOD+, IOD-SAM+ y SAM-).

Para cada una de las combinaciones de los forzantes remotos estudiados, se contabilizó el número de eventos extremos de PP observados. Para esto, se consideró extremo cuando la anomalía de PP (A(PP)), calculada con respecto al período 1981-2010, supera el percentil 95 (P95).

Por último, para identificar eventos que hayan tenido un impacto regional, se detectaron aquellos años en los que se presentan extremos para el 25 % o más (8 o más) de las estaciones analizadas.

3) RESULTADOS

Para analizar los extremos de PP bajo la coocurrencia de fases de los diferentes forzantes, primero se estudió la climatología mensual del umbral P95 (no se muestra). A modo de ejemplo, en la Figura 1.1 se muestra el resultado para diciembre, donde los menores valores se registran en las estaciones de Córdoba y Buenos Aires, mientras que los mayores corresponden a las estaciones de Corrientes y Entre Ríos. Estos resultados inducen una gran variabilidad entre extremos de PP lo que expone la necesidad de pronosticar la ocurrencia de estos eventos para la toma de decisión, ya que pueden afectar gravemente la cosecha, la seguridad de la población y generar un impacto socioeconómico (Anagnostopoulou y Tolika, 2012; Vazquez et al., 2020).

Por lo tanto, es vital llevar a cabo un análisis mensual de ocurrencia bajo la combinación de los forzantes mencionados antes. En términos generales, al analizar la cantidad de eventos extremos observados para cada coocurrencia de fases, se obtuvo que la mayor cantidad de extremos se presenta en años ENSO+, tanto en combinación con fase IOD+ (Tabla 1.1) como con SAM+ (no se muestra) para los meses de septiembre, noviembre y diciembre (Basso, 2025). No se detectaron extremos en el caso de ENSO-SAM+ (no se muestra).

	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
ENSO+IOD+	23	11	20	28	18	17
ENSO+IOD-	4	0	14	1	6	14
ENSO-IOD+	9	2	2	2	3	0
ENSO-IOD-	8	10	3	3	10	22
ENSO _n IOD+	3	19	10	12	3	4
ENSO _n IOD-	15	20	13	16	22	5

Tabla 1.1: Cantidad de casos (incluye estaciones y años) bajo la coocurrencia de fases ENSO y de fases IOD. Los valores máximos de cada mes se indican en sombreado.

Continuando con el análisis, resulta interesante discretizar la frecuencia de extremos según la combinación de forzantes, en función de la cantidad de estaciones (8 o más) y de años analizados (Tabla 1.2). Además, se indica el signo de la fase de cada uno de los forzantes, demostrando que los extremos ocurren bajo diferentes combinaciones de fases de los tres forzantes. Se identifica que la mitad de los extremos regionales mencionados ocurre en coincidencia con la fase positiva del IOD y del SAM (independientemente de la fase ENSO).

Mes	Año	N° de estaciones afectadas	ENSO	IOD	SAM
Septiembre	1982	17 estaciones	+	+	+
Octubre	2012	18 estaciones	n	+	+
Noviembre	1985	10 estaciones	n	+	+
Diciembre	1997	8 estaciones	+	+	-
	2012	8 estaciones	n	+	-
Enero	1980	9 estaciones	n	-	+
	2018	9 estaciones	+	+	+
Febrero	1984	14 estaciones	-	-	-

Tabla 1.2: Año del evento extremo, número (N°) de estaciones afectadas y signo de las fases de los forzantes (-: negativa, +: positiva, n: neutra) según el mes de estudio.

4) CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo se ha analizado la acción combinada de los principales forzantes remotos en extremos de PP, a escala mensual, para los meses de primavera-verano en el período 1980-2019. Las distintas combinaciones de fases generan variabilidad en la intensidad de eventos extremos para la región de estudio. En este sentido, se ha obtenido que existen importantes eventos de este tipo no solo durante la fase ENSO+ (se refuerza número de eventos cuando coincide con IOD+ y SAM+ para septiembre y noviembre), sino también durante las fases ENSOn y ENSO-, lo cual es importante conocer para la toma de decisión. Incluso se observaron eventos extremos de A(PP) durante los meses de enero y febrero, donde la señal de estos forzantes tiende a disminuir.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto UBA CyT2023 Nro. 20020220200111BA dirigido por la Dra. Olga C. Penalba.

REFERENCIAS

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T. C., & Wieringa, J. (2003).** Guidance on metadata and homogenization. Wmo Td, 1186(January 2003), 1-53.
- Anagnostopoulou, C. y Tolika, K. (2012).** Extreme precipitation in Europe: statistical threshold selection based on climatological criteria. *Theoretical and Applied Climatology*, 107, 479-489.
- Basso, C. L. (2025).** Análisis de la precipitación media mensual y extrema bajo la influencia conjunta de forzantes climáticos remotos en el centro-este de Argentina. Tesis de grado, Universidad Nacional La Plata, La Plata, Argentina.
- Buishand, T. A. (1982).** Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of hydrology*, 58(1-2), 11-27.
- Hamed, K. H. y Rao, A. R. (1998).** A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of hydrology*, 204(1-4), 182-196.
- Iacovone, M. F., Pántano, V. C., & Penalba, O. C. (2024).** The relationship between ENSO, IOD and SAM with extreme rainfall over South America. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 38(5), 1769-1782.
- Marshall, G. J. (2003).** Trends in the Southern Annular Mode from observations and reanalyses. *Journal of climate*, 16(24), 4134-4143.
- McPhaden, M. J., Santoso, A., & Cai, W. (2020).** Introduction to El Niño Southern Oscillation in a changing climate. *El Niño Southern Oscillation in a changing climate*, 1-19.
- Reboita, M. S., Ambrizzi, T., Crespo, N. M., Dutra, L. M. M., Ferreira, G. W. D. S., Rehbein, A., ... & Souza, C. A. D. (2021).** Impacts of teleconnection patterns on South America climate. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1504(1), 116-153.
- Pettitt, A. N. (1979).** A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 28(2), 126-135.
- Vazquez, M., Nieto, R., Liberato, M. L., & Gimeno, L. (2020).** Atmospheric moisture sources associated with extreme precipitation during the peak precipitation month. *Weather and Climate Extremes*, 30, 100289.