

# ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO DE LA SEQUÍA EXTREMA OCURRIDA EN EL SUROESTE DE URUGUAY EN 2022-2023

Emilio Deagosto<sup>1</sup>, Marcelo Barreiro<sup>1</sup>  
[emilio.deagosto@pedeciba.edu.uy](mailto:emilio.deagosto@pedeciba.edu.uy)

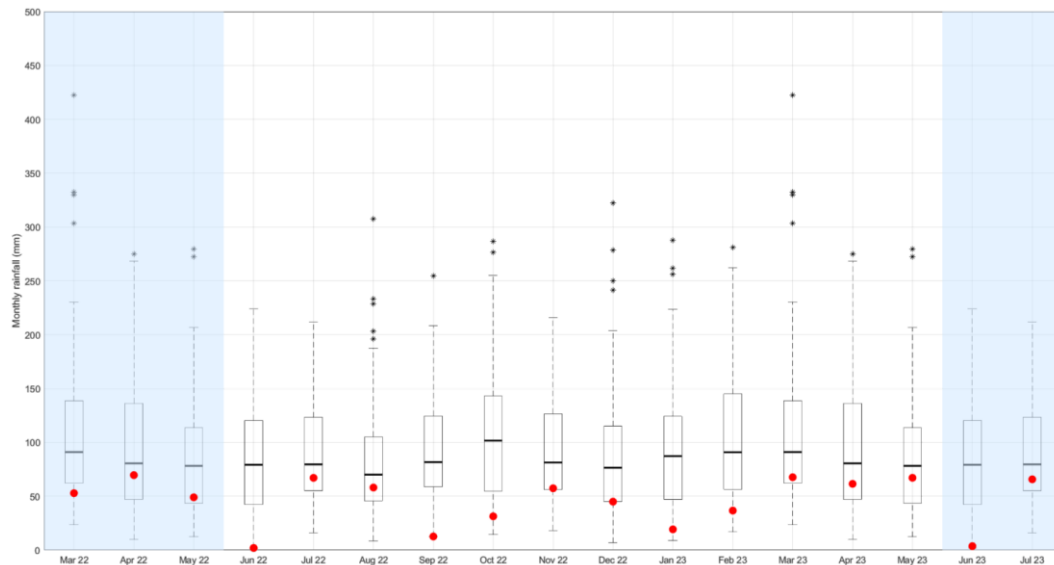
<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y Física de los Océanos, Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

**Palabras clave:** sequía extrema, variabilidad climática, Sureste de Sudamérica

El suroeste de Uruguay experimentó una sequía sin precedentes entre principios de 2022 y mediados de 2023, destacada particularmente por su intensidad, duración, distribución espacial e impactos socioeconómicos. Las pérdidas directas en el sector agropecuario se estimaron en 2.000 millones de dólares, lo que representó más del 3% del PIB nacional y 40% del PIB sectorial. Asimismo, la sequía afectó severamente el suministro de agua potable en la zona metropolitana de Montevideo, donde vive el 60% de la población de Uruguay. La principal reserva de agua bruta cayó por debajo del 2% de su capacidad de almacenamiento, lo que resultó en la incapacidad de la empresa estatal OSE de satisfacer la demanda de agua potable durante varias semanas, un hecho sin precedentes en la historia del país.

Este trabajo presenta un análisis diagnóstico de la sequía 2022-23 como caso de estudio de un evento climático de alto impacto y su comparación con eventos anteriores. Como primer paso, para poner la sequía de 2022-23 en contexto histórico, se desarrolló una regionalización del país basada en el Índice Estandarizado de Precipitación de 12 meses (SPI-12) a partir de datos observados del Instituto Uruguayo de Meteorología entre 1961 y 2023. El SPI-12 se construyó considerando la ventana temporal junio-mayo (SPI-12-may) con el fin de capturar la influencia de El Niño-Oscilación Sur (ENSO), principal modo de variabilidad interanual de las precipitaciones en el Sureste de Sudamérica. Los eventos extremos identificados en el histórico de datos para cualquier región de Uruguay fueron caracterizados en base a su intensidad (SPI-12-may), duración (meses consecutivos con precipitación inferior a la mediana del período 1961-2023) y factores climáticos determinantes, tanto de gran escala como de escala regional/local. Se evaluó el potencial impacto de los modos de variabilidad con reportada influencia sobre las precipitaciones en la región; ENSO, Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), Dipolo del Océano Índico (IOD), Modo Anular del Sur (SAM) y Oscilación de Madden-Julian (MJO).

Desde 1961 a la fecha, diferentes regiones de Uruguay han experimentado numerosos episodios de sequía, destacándose tres eventos extremos (SPI-12-may < 2,0): 1964-65, 1988-89 y 2022-23. Los tres eventos afectaron diferentes partes del territorio -así como países vecinos-, siendo las sequías más severas aquellas registradas en la región centro-oeste en 1964-65, y en la región suroeste en 2022-23. Cabe destacar que la ocurrencia de períodos secos y húmedos en todas las regiones de Uruguay presenta una correlación estadísticamente significativa con ENSO (Índice ONI; CPC, NOAA) cuando se considera la ventana temporal junio-mayo (nivel de confianza 95%). Aunque La Niña genera condiciones de escala regional y local que favorecen el déficit de precipitaciones en Uruguay (Barreiro, 2024), los eventos más intensos identificados en el registro histórico no estuvieron vinculados con años Niña particularmente intensos. Esta observación evidencia el carácter multifactorial y la complejidad de los eventos de sequía extremos. A pesar de coexistir con una Niña débil, la sequía de 2022-23 fue un evento excepcional en términos de intensidad (SPI-12-may = -3,3) y duración (17 meses consecutivos con precipitaciones inferiores a la mediana 1961-2023 entre marzo 2022 y julio 2023; *Figura 1*), destacándose como el episodio de sequía más prolongado dentro del período analizado, no solo en el suroeste sino en todo el territorio, donde ningún otro evento se le asemeja.



*Figura 1: Precipitación acumulada mensual (mm) en el suroeste de Uruguay entre marzo de 2022 y julio de 2023 (círculos rojos). El diagrama de cajas representa el período 1961-2023 y los outliers indican valores por encima de  $2.7\sigma$  y por debajo de  $-2.7\sigma$ . El área sin sombrear corresponde al año corrido junio 2022-mayo 2023 sobre el que se calcula el SPI-12-may.*

A continuación, se analizaron las anomalías de circulación asociadas a las tres sequías extremas considerando variables oceánicas y atmosféricas (temperatura de superficie del mar (SST), altura de geopotencial en 500 hPa ( $z_{500}$ ), vientos en 200 hPa y 850 hPa, transporte de humedad integrado en la vertical (VIMT) y divergencia de VIMT (VIMD)). La *Figura 2* muestra las anomalías de circulación regional y hemisférica asociadas a la sequía 2022-23. La comparación entre sequías sugiere que diversas configuraciones de patrones de anomalías climáticas pueden dar lugar a eventos de sequía de similar intensidad, pero distinta duración y distribución espacial en la región, lo que añade complejidad a su análisis y predictibilidad. Aunque las tres sequías extremas ocurridas en Uruguay desde 1961 comparten características comunes (por ejemplo, su ocurrencia durante fases frías de ENSO y PDO), los patrones de circulación asociados difieren notablemente en cada caso. Esto último podría vincularse con la influencia estacional y subestacional de otros modos de variabilidad que actúan en conjunto con ENSO y modulan sus impactos en la región, como SAM, MJO e IOD.

Adicionalmente, otro conjunto de factores podría haber influido también en el inicio e intensificación de la sequía 2022-23, particularmente las interacciones superficie-atmósfera y los cambios en el uso del suelo. A diferencia de la última sequía, los eventos de 1964-65 y 1988-89 fueron precedidos por años húmedos. En cambio, el evento 2022-23 fue precedido por tres años consecutivos con precipitaciones por debajo de lo normal, lo que podría haber intensificado el evento debido a la importancia del reciclaje local como fuente de humedad (Leyba et al., 2023). Además, el Amazonas, otra fuente crucial de humedad para la región, ha estado atravesando un proceso de deforestación acelerado en los últimos años, lo que ha sido señalado en estudios previos como un factor contribuyente a la sequía prolongada registrada en la región entre 2019 y 2023 (Arias et al., 2023; Ruv Lemes et al., 2023).

Asimismo, a pesar del papel significativo de la variabilidad natural en la ocurrencia de la sequía 2022-23, es probable que el aumento de temperatura en superficie vinculado con el cambio climático antropogénico haya intensificado su desarrollo, tal como lo han reportado estudios previos. En este sentido, el prolongado período seco ocurrido en el sureste de Sudamérica entre 2019 y 2023 ha sido propuesto como un ejemplo de la interrelación entre la variabilidad y el cambio climático (Geirinhas et al., 2023; Arias et al., 2023).

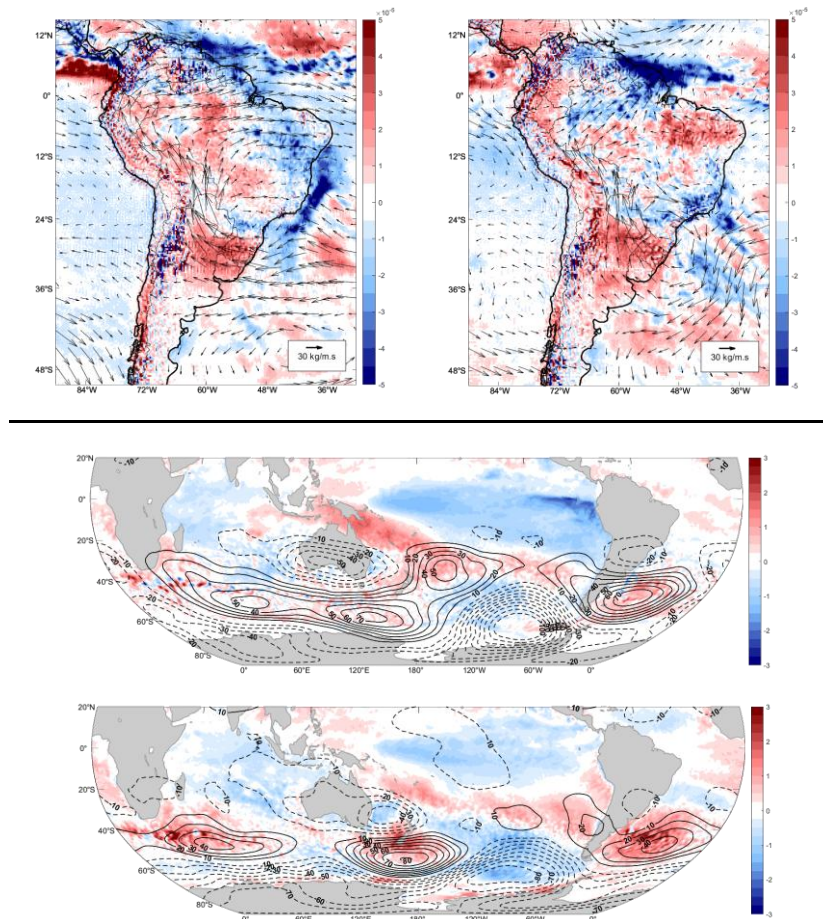


Figura 2: (Panel superior) anomalías de VIMD ( $\text{kg/m}^2\text{s}$ ), sombreado, y VIMT ( $\text{kg/m}\cdot\text{s}$ ) vectores, para SON (izq.) y DEF (der.) de 2022-23; (Panel inferior) anomalías de SST ( $^{\circ}\text{C}$ ), sombreado, y  $z_{500}$ , contornos, para SON (arriba) y DEF (abajo) de 2022-23.

## REFERENCIAS

Arias, P. A., Rivera, J. A., Sörensson, A. A., Zachariah, M., Barnes, C., Philip, S., Kew, S., Vautard, R., Koren, G., Pinto, I., Vahlberg, M., Singh, R., Raju, E., Li, S., Yang, W., Vecchi, G. A., & Otto, F. E. L., 2023: Interplay between climate change and climate variability: the 2022 drought in Central South America. *Climatic Change*, 177(1).

Barreiro, M., 2024: Combined Effects of the Tropical and Extratropical Modes of Variability on Precipitation in Southeastern South America. In *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. Oxford University Press.

Geirinhas, J. L., Russo, A. C., Libonati, R., Miralles, D. G., Ramos, A. M., Gimeno, L., & Trigo, R. M., 2023: Combined large-scale tropical and subtropical forcing on the severe 2019–2022 drought in South America. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 6(1).

Leyba, I. M., Solman, S. A., Saraceno, M., Martinez, J. A., & Dominguez, F., 2023: The South Atlantic Ocean as a moisture source region and its relation with precipitation in South America. *Climate Dynamics*, 61(3–4), 1741–1756.

Ruv Lemes, M., Sampaio, G., Garcia-Carreras, L., Fisch, G., Alves, L. M., Bassett, R., Betts, R., Maksic, J., Shimizu, M. H., Torres, R. R., Guatura, M., Basso, L. S., & Bispo, P. da C., 2023: Impacts on South America moisture transport under Amazon deforestation and  $2^{\circ}\text{C}$  global warming. *Science of the Total Environment*, 905.