

# DETECCIÓN DE LA FASE ACTIVA DEL SISTEMA MONZÓNICO SUDAMERICANO Y ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA

Victoria Vahnovan<sup>1,2</sup>, Lorenzo Ricetti<sup>3,4</sup>; Santiago I. Hurtado<sup>4</sup>  
Autora correspondiente: [vvahnovan@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:vvahnovan@fcaglp.unlp.edu.ar)

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP)

<sup>2</sup>Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

<sup>3</sup>Grupo de investigación en Clima, Variabilidad y Extremos (CLAVE), Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata (FCAG-UNLP)

<sup>4</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

**Palabras clave:** Monzón Sudamericano, Ciclo Anual, Wavelet, SAMS, CHIRPS, Brasil.

## 1) INTRODUCCIÓN

El Sistema Monzónico de Sudamérica (SAMS, por sus siglas en inglés) es un sistema que domina la circulación atmosférica y la distribución de precipitaciones sobre gran parte de la zona tropical y subtropical de América del Sur durante el verano austral. Abarca una amplia región que se extiende desde la Cuenca Amazónica hasta la Cuenca del Plata, y se origina inicialmente por el calentamiento diferencial entre el continente y el océano. Esta circulación monzónica es fundamental para el ciclo hidrológico regional y ejerce una fuerte influencia sobre la agricultura, los recursos hídricos y la ocurrencia de eventos climáticos extremos.

En estudios previos, la detección de la fase activa del SAMS se ha realizado a partir del análisis de distintas variables (como OLR, precipitación, viento y flujo de humedad, entre otras) utilizando diversas metodologías, algunas basadas en el régimen de precipitación y otras basadas en la dinámica de la atmósfera. A pesar de las diferencias en las metodologías, existe un consenso general de que el inicio medio de la temporada de lluvias, es decir el comienzo de la fase activa del SAMS, se encuentra entre mediados de octubre y comienzos de noviembre, mientras que su finalización se da entre marzo y abril, aunque con diferencias regionales (Marengo et al., 2010).

El SAMS está modulado por una combinación de forzantes del sistema climático. Entre los principales se destaca El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que modula la precipitación en Sudamérica. También juegan un papel importante las oscilaciones intraseasonales, como la Oscilación de Madden-Julian, y las variaciones en la circulación de gran escala, como la posición e intensidad de la Alta de Bolivia. Además, forzantes de escala interdecadal, como la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), pueden modificar la estacionalidad y la intensidad del monzón, condicionando su impacto en distintas regiones del continente (Marengo et al., 2010).

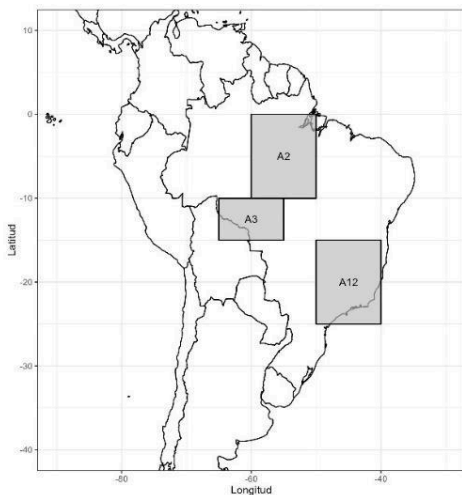
El objetivo de este trabajo es evaluar una metodología objetiva para la detección de las fechas de inicio y finalización de la fase activa del SAMS. Además, se busca comparar la

variabilidad de la precipitación durante dicha fase en tres regiones de Brasil que presentan un marcado régimen monzónico.

## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos del acumulado pentadico de precipitación del periodo 1981-2022 con una resolución espacial de  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  obtenidos de la base de datos The Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS). Las áreas seleccionadas en este trabajo son tres regiones de Brasil que presentan un régimen monzónico bien definido (A2, A3 y A12; Figura 1). La elección se basó siguiendo a Raia y Cavalcanti (2008), quienes señalan que A3 y A12 presentan un ciclo de precipitación estacional muy bien definido, mientras que A2 es una de las áreas que presenta la mayor precipitación anual. Además, A3 es la única que presenta una inversión del viento zonal y ha sido definida como el núcleo del monzón.

Para la detección del inicio y final de la fase activa del SAMS en cada una de las áreas

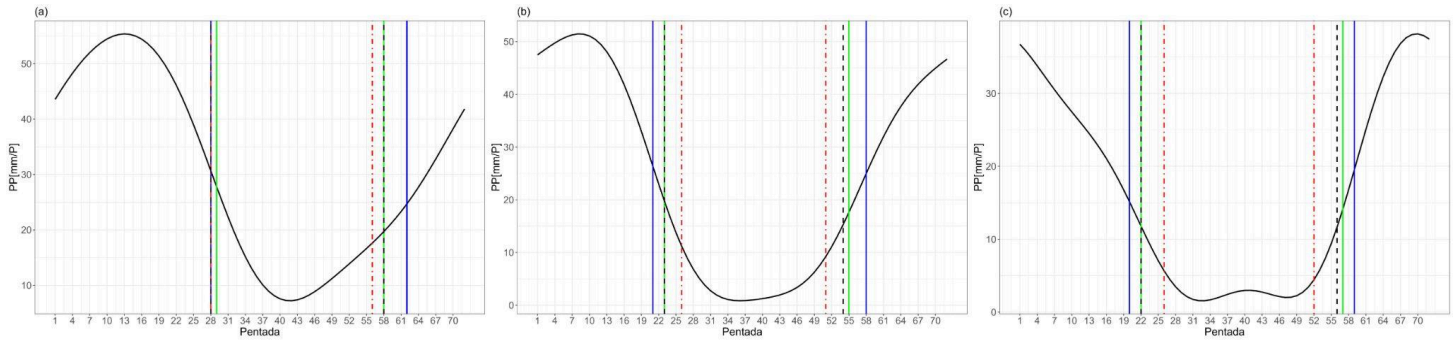


seleccionadas, se utilizó la metodología propuesta por Ricetti et al. (2024), basada en un análisis de puntos de quiebre sobre un ciclo anual suavizado. De esta manera, se estimó la serie interanual del acumulado de precipitación correspondiente a la fase activa del SAMS para cada una de las regiones. Las tendencias de dichas series se analizaron mediante el modelo de regresión de Theil-Sen, y la significancia estadística de las tendencias detectadas se evaluó mediante un test de correlación. Además, se llevó a cabo un análisis espectral utilizando la potencia media de wavelet testeando con ruido blanco.

**Figura 1.** Región de estudio. En rectángulos grises se marcan las tres regiones de estudio (A2, A3 y A12)

## 3) RESULTADOS

La región A3 fue la que mostró el inicio de la fase activa más tempranamente en la pentada 54 y su final en la pentada 23 del siguiente año (Figura 2b). Por su parte, A12 mostró un inicio en la pentada 56 y su finalización en la pentada 22 (Figura 2c), mientras que A2 mostró un inicio más tardío en la pentada 58 y la finalización en la pentada 28 (Figura 2a). De esta manera el inicio de la fase húmeda del SAMS en Brasil se da entre fines de septiembre y mediados de octubre, mientras que el decaimiento entre mediados de abril y mayo. Las tres regiones consideradas presentan un periodo activo similar, alrededor de las 40 pentadas (200 días o 7 meses) siendo A2 la región con el periodo más extenso de 42 pentadas (210 días). Estos resultados son consistentes con trabajos previos, quienes identifican el inicio de la fase activa entre la pentada 58 y la 62 (Marengo et al., 2010).



**Figura 2:** Ciclo suavizado de cada región (A2(a), A3(b), A12(c)) (curva negra). Quiebres identificados por los test de Pettit (línea roja), Buishand-R (línea verde) y SNHT (línea azul). Las líneas verticales negras muestran el promedio de los quiebres encontrados para las fechas de inicio y final.

La serie interanual de precipitación acumulada en la fase activa del SAMS de la región A2 (A12) mostró una tendencia creciente (decreciente) estadísticamente significativa. Por su parte, A3 mostró una leve tendencia creciente, aunque no significativa. El análisis espectral de la serie de A2 arrojó periodicidades significativamente distintas del espectro nulo en torno a los 3 y 4,6 años. De manera similar, el espectro correspondiente a la serie de A3 mostró periodicidades dominantes cercanas a los 3 años. Por su parte, la serie correspondiente a A12 mostró una marcada variabilidad decadal con una periodicidad significativa en torno a los 13,7 años. Estos resultados son consistentes con los forzantes que influyen la variabilidad de la precipitación en la región de estudio, siendo la mayor parte de la variabilidad interanual del SAMS explicada por el ENSO, mientras que también se identificaron modos de variabilidad interdecadal asociados a los cambios de fase de la ODP (Marengo et al., 2010).

#### 4) CONCLUSIONES

La metodología propuesta logró identificar estadísticamente la fase activa del SAMS en las tres regiones consideradas, siendo éstas consistentes con trabajos previos. En general, la duración de la fase activa no varió considerablemente entre regiones, aunque las pentadas de inicio y final variaron espacialmente. En particular, el inicio más temprano se registró en la región núcleo del SAMS, mientras que el decaimiento se dio de sur a norte. Los resultados de este trabajo evidencian la heterogeneidad espacial que existe en la precipitación de Brasil en la fase activa del SAMS, dado que las regiones presentaron comportamientos distintos en su tendencia y periodicidades dominantes.

#### REFERENCIAS

- Marengo, J. A., Liebmann, B., Grimm, A. M., Misra, V., Silva Dias, P. D., Cavalcanti, I. F. A., ... & Alves, L. M. (2010). Recent developments on the South American monsoon system.
- Raia, A., Cavalcanti, I.F.A., 2008. The life cycle of the south american monsoon system. *Journal of Climate* 21, 6227–6246.

Ricetti, L., Hurtado, S. I., Agosta Scarel, E. A., & Cesanelli, A. (2024). Variabilidad del caudal del río Neuquén en las fases de su ciclo anual y su relación con índices climáticos. *Meteorología*, 49.