

# Análisis exploratorio de la variabilidad en baja frecuencia de la precipitación anual y estacional en La Plata Observatorio

Andrés Cesanelli<sup>1</sup>, Lorenzo Ricetti<sup>1,2</sup>

**Resumen** El comportamiento de la precipitación resulta relevante a la economía regional y la dinámica urbana en La Plata y alrededores. En este trabajo se evalúa la variabilidad de la precipitación anual y estacional mediante distintas técnicas, utilizando datos de la estación meteorológica La Plata Observatorio, considerando un período extenso de tiempo (1909-2013). Los resultados permitieron encontrar puntos de quiebres que dan cuenta de cambios en los regímenes de precipitación, tanto en la serie anual como en la serie de valores estivales, consistentes con lo documentado en la bibliografía. Asimismo, se hallaron periodicidades dominantes entre 4 y 8 años coherentes con la incidencia de fenómenos de gran escala como El Niño Oscilación del Sur.

## INTRODUCCIÓN

La precipitación resulta de primaria importancia en el comportamiento del ciclo hidrológico en la llanura pampeana argentina, controlando alternancias de sequías e inundaciones, con grandes impactos económicos para la región. Particularmente, en la ciudad de La Plata juega, junto con la temperatura, un rol clave en el desarrollo frutihortícola que caracteriza al cinturón periurbano (Asbornó et al., 2011). Además, dada la topografía y el crecimiento urbano de la zona, los eventos extremos de precipitación han provocado inundaciones con drásticas consecuencias en la población (Scarpati & Benitez, 2005). Es por ello que el estudio de su variabilidad contribuiría en la mejor toma de decisiones, especial reuniónmente en el contexto de cambio climático actual.

Para realizar un estudio climatológico de la precipitación resulta importante utilizar una serie temporal de datos lo más extensa y confiable posible. En este trabajo se emplearon datos de la estación meteorológica La Playa Observatorio (LPO), perteneciente a la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata. Ésta se ubica en el predio de la unidad académica en el bosque de la ciudad, y posee un inmenso valor histórico en tanto lleva más de un siglo de registro ininterrumpido. La precipitación de esta estación fue estudiada anteriormente por Antico & Sabbione (2005, 2010). Utilizando valores de acumulados mensuales y de máximos diarios, estos autores encontraron una tendencia positiva en la precipitación, tanto en magnitud como en frecuencia de ocurrencia, impulsada fundamentalmente por incrementos en el semestre cálido (octubre a marzo). Asimismo, hallaron que los valores acumulados mensuales están afectados por fluctuaciones cuasi periódicas en un rango de entre 2 y 5 años, coherentes con las periodicidades del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Consistentemente, estos autores también encontraron una relación lineal y directa entre la precipitación del semestre cálido y el índice SOI del ENOS.

El presente estudio se propone llevar a cabo un análisis exploratorio de la variabilidad de la precipitación anual y estacional utilizando los registros de LPO. Para ello, se caracterizarán objetivamente los cambios de régimen de la precipitación, sus tendencias y periodicidades dominantes a través de técnicas alternativas a las utilizadas en trabajos previos.

## DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos de precipitación diaria de la estación meteorológica LPO (34° 55' S 57° 57' O) correspondientes al período 1909-2013. Se estimaron series de acumulados de precipitación anual y

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. Email: [acesanelli@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:acesanelli@fcaglp.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

estacional del verano (DEF), otoño (MAM), invierno (JJA) y primavera (SON).

Con el fin de determinar inhomogeneidades en las series estimadas, se llevó a cabo un análisis de puntos de quiebre. En particular, se empleó la metodología multi quiebre propuesta por (Hurtado et al., 2020) de los test de Pettit, Buishand R y SNHT. Dada su extensión, se evaluó la existencia de un máximo de tres quiebres en la serie considerando un intervalo de confianza del 90 %. Asimismo, se analizó la estacionariedad de las series utilizando el test de Mann-Kendall (Hipel & McLeod, 1994) considerando un nivel de significancia  $\alpha = 0.01$ .

Para determinar las periodicidades dominantes de cada serie, se computó la transformada de Wavelet utilizando la ondeleta de Morlet de frecuencia 6, comúnmente utilizada en análisis climatológicos (Torrence & Compo, 1998). Los espectros se testearon a través de 10.000 remuestreos de la propia serie usando una significancia estadística  $\alpha = 0.01$ .

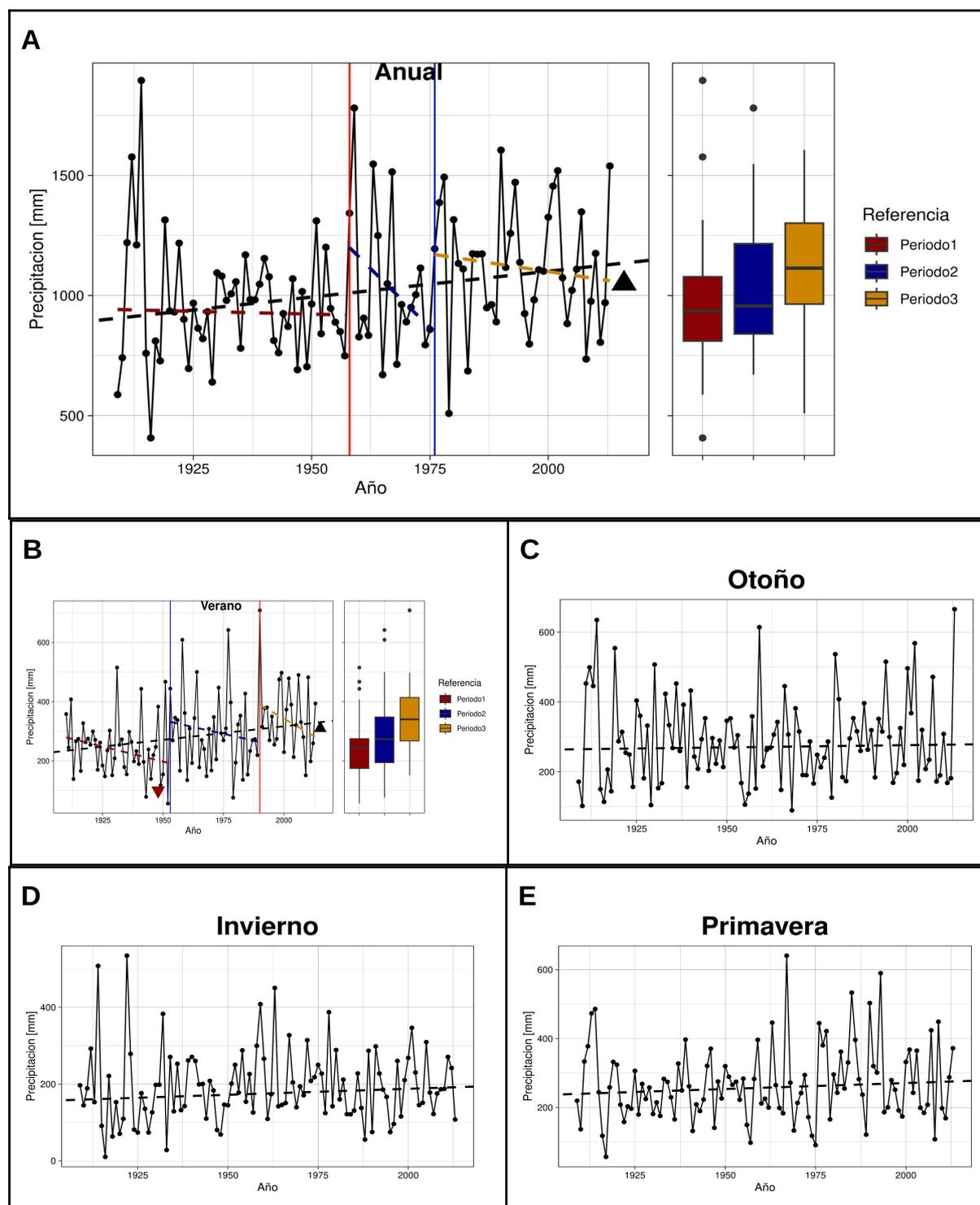
## RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan las series de precipitación analizadas junto con las tendencias y puntos de quiebre hallados. La serie de precipitación anual acumulada mostró la presencia de dos puntos de quiebre, uno en el año 1958 y otro en 1976 (Figura 1A). Durante los tres períodos homogéneos delimitados por los quiebres, las series presentaron tendencias negativas, aunque en ningún caso resultaron significativamente distintas de cero. Puede advertirse que luego de ambos quiebres, el acumulado anual de precipitación sufrió un abrupto aumento, particularmente luego del año 1976 (Figura 1A, panel derecho). Al considerar la tendencia del periodo completo, ésta resultó positiva y significativamente distinta de cero.

El acumulado estival exhibió dos puntos de quiebre en 1953 y 1990, ambos seguidos de mayor precipitación acumulada (Figura 1B). Considerando las tendencias en los períodos homogéneos, todas fueron negativas, resultando significativamente distinta de cero sólo la correspondiente al periodo 1909-1953. Al igual que en el acumulado anual, la tendencia del período completo resultó positiva y significativa.

La precipitación acumulada del otoño, invierno y primavera, presentadas respectivamente en las Figuras 1C, 1D y 1E, mostraron un comportamiento homogéneo a lo largo de todo el período de estudio. Las tendencias, por su parte, resultaron ligeramente positivas aunque no significativas.

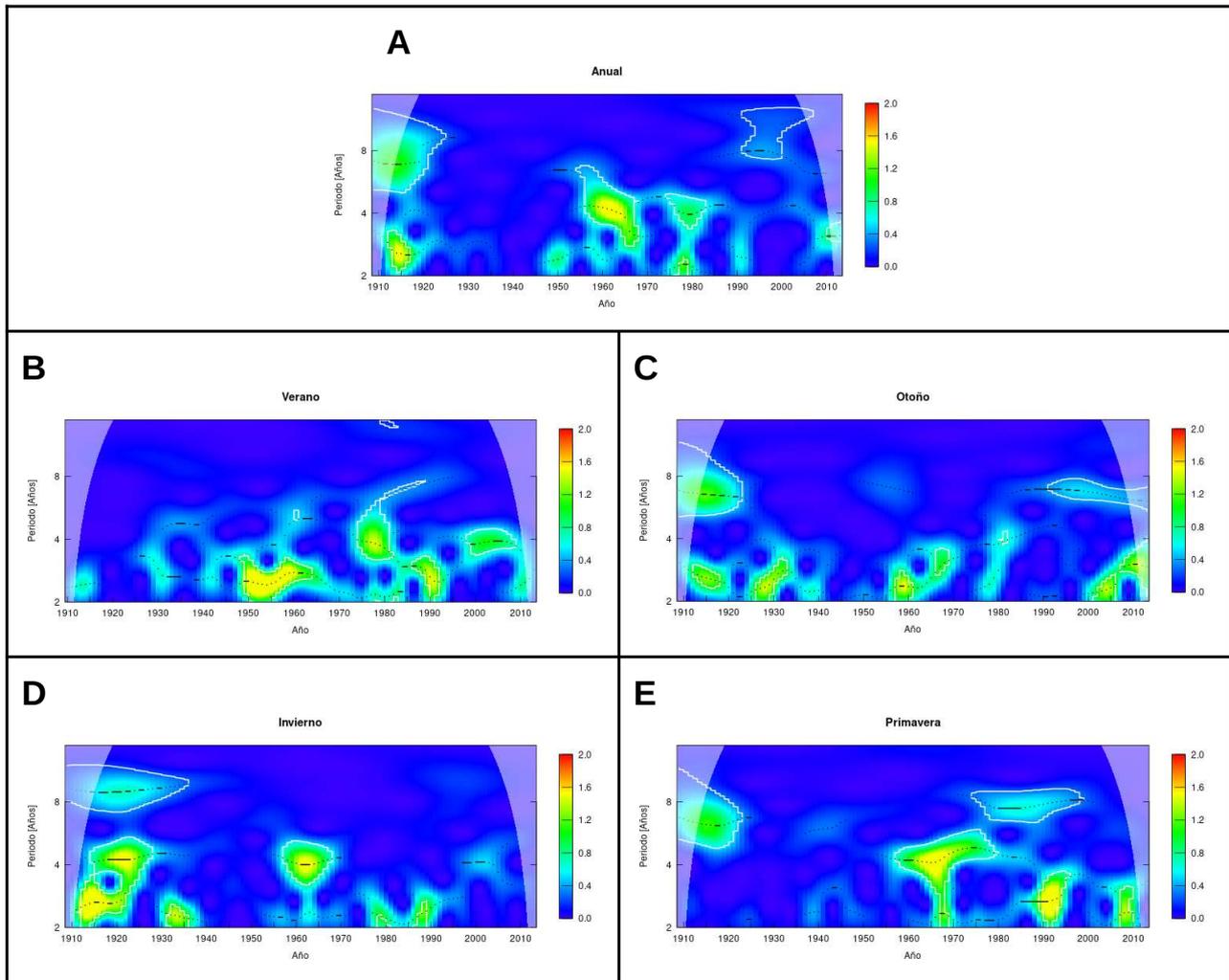
En la Figura 2 se presentan los espectros de potencia de las series de precipitación analizadas. La serie de precipitación anual mostró variabilidad cuasi decadal (entre 8 y 12 años) durante los primeros 15 años de observación, y entre los años 1990 y 2010 (Figura 2A). Asimismo, mostró picos espectrales significativos en torno a 4 años entre mitad de la década del 50 y mediados de los 70. La serie también exhibió variabilidad bienal, aunque significativa sólo al inicio del periodo de estudio y en torno a 1980. Por su parte, la serie del verano austral presentó variabilidad en periodos menores a 6 años (Figura 2B). En particular, mostró variabilidad interanual (periodicidades menores a 4 años) significativa luego de 1950. La serie de precipitación de otoño presentó dos picos espectrales significativos bien definidos: uno en torno a 7 años y otro asociado a una marcada variabilidad interanual (Figura 2C). Los primeros 30 años de la serie del acumulado invernal exhibieron picos espectrales en todas las periodicidades menores a 10 años (Figura 2D). Asimismo, mostraron un pico significativo en torno a 4 años en la década del 60 y en torno a 2 años entre 1980 y 1990. Finalmente, la serie de primavera presentó variabilidad en todas las periodicidades menores a 8 años a partir de 1960 (Figura 2E). Previo a ese año, el único pico espectral significativo se dio durante la primera década del periodo de estudio en periodicidades en torno a 7 años.



**Figura 1.** Series temporales de precipitación acumulada anual y estacional. Rectas de tendencia considerando el período completo en líneas punteadas negras. Quiebres identificados por el test de Pettit y SNHT en líneas verticales sólidas azules y rojas respectivamente. Rectas de tendencia en períodos homogéneos en líneas punteadas de color. Triángulos indican tendencias significativamente distintas de cero. Boxplot de las distribuciones en los períodos homogéneos identificados (paneles derechos A y B).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente trabajo se llevó a cabo un análisis exploratorio de las series de precipitación acumulada anual y estacional de la estación meteorológica La Plata Observatorio (FCAG-UNLP), la cual cuenta



**Figura 2.** Potencia espectral de las series de precipitación acumulada anual y estacional. Contornos blancos delimitan regiones con potencias significativamente distintas del espectro nulo al 90 % de confianza. La región enmascarada corresponde al cono de influencia.

con más de un siglo de registros ininterrumpidos. Las series de acumulados de otoño, invierno y primavera mostraron un comportamiento homogéneo y estacionario en todo el periodo de estudio, consistente con lo observado por Antico & Sabbione (2010), quienes no detectaron tendencias en la precipitación de la estación en el semestre frío. La serie de precipitación anual mostró un quiebre a fines de la década del 50 y otro en 1976 hacia mayores valores de precipitación, los cuales inducen una tendencia positiva y estadísticamente significativa, aunque espuria. Estos cambios de régimen coinciden parcialmente con lo hallado por Antico & Sabbione (2005), quienes detectan cambios de régimen en la precipitación anual no sólo en 1958 y 1976 como en el presente trabajo, sino también en 1941, 1968 y 1990. Cabe destacar que ambos quiebres encontrados han sido documentados previamente en la bibliografía. El quiebre de 1976 fue ampliamente estudiado en la región (Agosta & Compagnucci, 2008; Jacques-Coper & Garreaud, 2015) y se asocia a un salto climático generado por cambios en las condiciones del Pacífico ecuatorial. El segundo quiebre fue detectado en la precipitación de algunas estaciones de Argentina subtropical seguido de condiciones más húmedas y particularmente conducido por el trimestre octubre-diciembre (Hurtado, 2022). El mismo está potencialmente asociado a cambios en la variabilidad de baja frecuencia del ENOS. El acumulado de precipitación estival exhibió dos puntos de quiebre en los años 1953 y 1990, ambos hacia mayores valores acumulados, los cuales inducen una tendencia positiva y significativa espuria. El primer quiebre puede estar asociado a los cambios mencionados a mitad de la década del 50 en las condiciones del ENOS dado que los test de quiebre implementados tienen un margen de error de

±5 años (Hurtado et al., 2020).

El análisis espectral arrojó que las series de primavera y otoño presentan una marcada variabilidad interanual y cuasi-decadal, particularmente luego de 1960 en el caso de la primera. Por su parte, los acumulados de precipitación anual e invernal exhibieron una marcada variabilidad en torno a 4 y 8 años, mientras que durante el verano los picos espectrales se dieron en periodicidades menores a 4 años luego del primer quiebre identificado en 1950. Estos resultados son parcialmente concordantes con los obtenidos por Antico & Sabbione (2010), quienes identificaron oscilaciones significativas entre 3 y 5 años a lo largo de todo el año, pero no la variabilidad cuasi-decadal identificada en este trabajo.

## REFERENCIAS

- Agosta, E. A. & Compagnucci, R. H.** (2008). The 1976/77 austral summer climate transition effects on the atmospheric circulation and climate in southern South America. *Journal of Climate*, 21(17), 4365–4383.
- Antico, P. L. & Sabbione, N. C.** (2005). Comportamiento de la precipitación en La Plata durante el período 1938-2001. *Geoacta*, 30, 13–25.
- Antico, P. L. & Sabbione, N. C.** (2010). Variabilidad temporal de la precipitación en la ciudad de La Plata durante el período 1909-2007: Tendencias y fluctuaciones cuasiperiódicas. *Geoacta*, 35, 44–53.
- Asborno, M. D., Castro, A. C., Pardi, H. M., & Simón, M. R.** (2011). Análisis de la precipitación y la temperatura en La Plata. Evolución histórica asociada a variaciones del clima y cambio climático. *III Congreso Internacional sobre cambio climático y desarrollo sustentable*.
- Hipel, K. W. & McLeod, A. I.** (1994). *Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems*. Elsevier.
- Hurtado, S. I.** (2022). *Precipitación observada en la temporada húmeda sobre Argentina subtropical: Calidad de datos, variabilidad y forzantes asociados de gran escala*. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/138536>
- Hurtado, S. I., Zaninelli, P. G., & Agosta, E. A.** (2020). A multi-breakpoint methodology to detect changes in climatic time series. An application to wet season precipitation in subtropical Argentina. *Atmospheric Research*, 241, 104955.
- Jacques-Coper, M. & Garreaud, R. D.** (2015). Characterization of the 1970s climate shift in South America. *International Journal of Climatology*, 35(8), 2164–2179.
- Scarpatti, O. E. & Benitez, M.** (2005). Las inundaciones en la ciudad de La Plata. su análisis en relación con las precipitaciones durante las últimas décadas del siglo XX. *Geografando: Revista de Estudios Geográficos*, 1(1).
- Torrence, C. & Compo, G. P.** (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), 61–78.