

ANÁLISIS DEL CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ESTACIONAL EN LA PLATA OBSERVATORIO

Andrés Cesanelli¹, Lorenzo Ricetti^{2,3}

acesanelli@fcaglp.unlp.edu.ar

1 Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEOF), Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata (FCAG-UNLP)

2 Grupo de investigación en Clima, Variabilidad y Extremos (CLAVE), Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata (FCAG-UNLP)

3 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

Palabras clave: lluvias, acumulado, frecuencia

1) 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. 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. Es por ello que el estudio de sus variaciones contribuiría en la mejor toma de decisiones en el contexto de cambio climático actual.

El presente trabajo se inscribe en una serie de estudios que pretenden caracterizar la precipitación de La Plata tomando datos de la estación meteorológica La Plata 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 (Morbidelli et al., 2025). En un estudio previo realizamos un análisis exploratorio de las series de precipitación acumulada anual y estacional, encontrando un comportamiento homogéneo y estacionario en todo el periodo de estudio para las series de acumulados de otoño, invierno y primavera, y quiebres en las series de verano y anual (Cesanelli y Ricetti, 2024). Estas últimas coinciden en evidenciar un quiebre en 1976, ampliamente estudiado en la región, hacia mayores valores de precipitación.

En esta oportunidad nos proponemos profundizar el conocimiento de cómo se distribuye la precipitación estacionalmente y qué cambios hubo a lo largo de la última centuria. Para ello analizaremos la distribución de los acumulados estacionales y de la frecuencia de la precipitación diaria, considerando los períodos climáticos correspondientes al comienzo y al final de la serie temporal disponible. De este modo evaluaremos el comportamiento de las precipitaciones en dos climatologías que fueron relevadas como diferentes en el trabajo anterior.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos de precipitación diaria de la estación meteorológica LPO (34° 55' S, 57° 57' O) correspondientes al periodo 1909-2010. Para evaluar los cambios en las distribuciones de precipitación se consideraron dos climas separados por un periodo de 40 años: el clima que denominaremos *pasado* (1910-1940) y el que denominaremos *presente* (1980-2010). Se estimaron las funciones de densidad de probabilidad empírica de la frecuencia de días de

precipitación (días con precipitación mayor a 0.1 mm) y del acumulado estacional del verano (DEF), otoño (MAM), invierno (JJA) y primavera (SON). Para evaluar los cambios entre las distribuciones del clima pasado y presente se empleó el test de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras, cuya hipótesis nula establece que ambas muestras provienen de la misma distribución poblacional.

3) RESULTADOS

En la Figura 1 se ilustran los valores de densidad de probabilidad obtenidos para el acumulado estacional de precipitación y para la frecuencia de días de precipitación, superponiendo los resultados para el clima pasado y el presente. Asimismo se presentan los *p-values* del test de Kolmogorov-Smirnov, los cuales evidencian que sólo en el verano las distribuciones de clima pasado y presente son significativamente diferentes con una confianza del 95%. Este resultado es consistente con lo hallado en Cesanelli y Ricetti (2024), quienes hallaron puntos de quiebre en el período entre climas (particularmente en 1976).

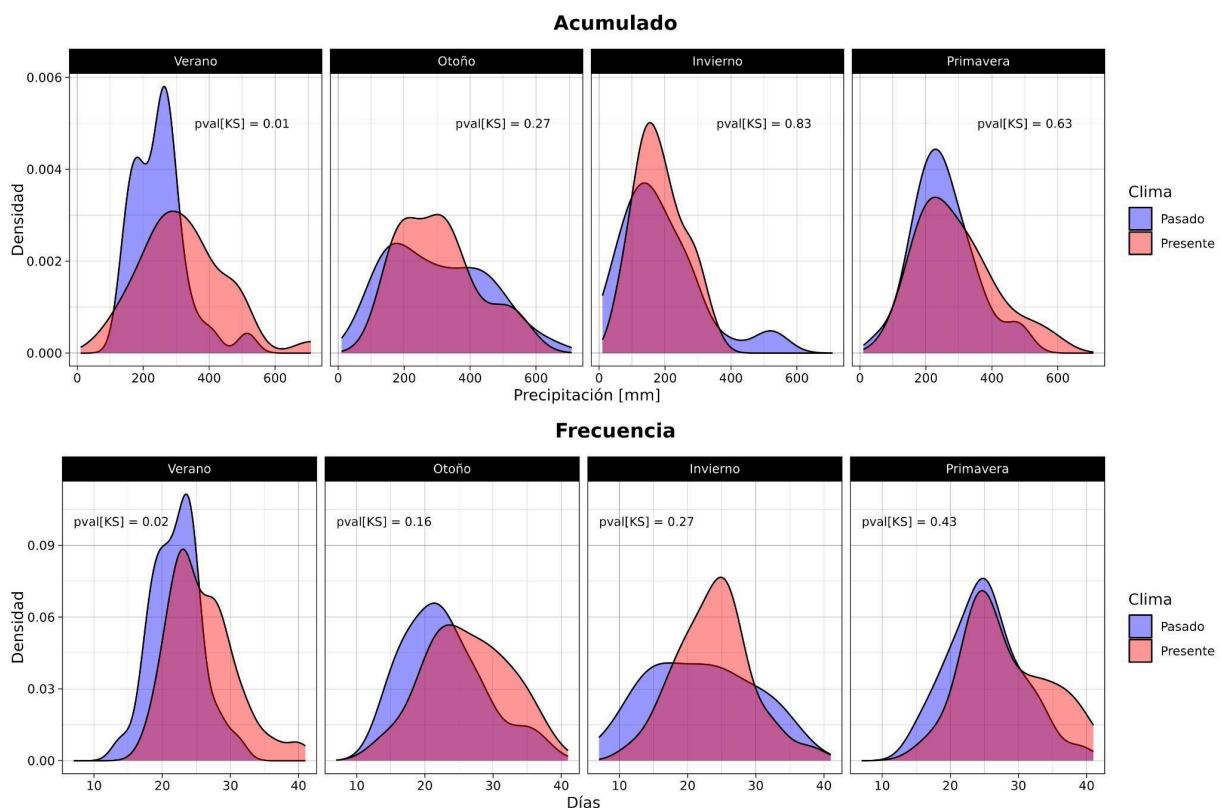


Figura 1: Funciones de densidad de probabilidad empírica del acumulado estacional de precipitación (paneles superiores) y de la frecuencia de días de precipitación (paneles inferiores) para la estación La Plata Observatorio. Se considera clima pasado al período 1910-1940 y clima presente al período 1980-2010. En cada gráfico se indica el *p-value* del test de Kolmogorov-Smirnov.

Del análisis de las formas de las distribuciones por estación se observa que en el verano las modas en precipitación acumulada no difieren sustancialmente entre climas (en torno a los 300 mm) siendo fuertemente bimodal en el pasado. No obstante, las diferencias que expresan los resultados del test de Kolmogorov-Smirnov se explican principalmente por la mayor probabilidad de ocurrencia de eventos extremos (por encima de 400 mm) en el clima presente. Un comportamiento análogo se encuentra en las distribuciones de frecuencia diaria, donde ambas muestran una moda cercana a los 23 días con precipitación, pero con diferencias estadísticamente significativas. En este caso, las mayores discrepancias se

observan en los valores para frecuencias mayores a 25 días de precipitación por estación, donde la probabilidad es considerablemente mayor en el clima presente, evidenciando una cola derecha más pesada en la distribución.

En la estación de otoño, la distribución de la precipitación acumulada en el clima pasado presenta una marcada bimodalidad, con máximos en torno a los 200 mm y 400 mm, lo que indica una mayor dispersión de la probabilidad entre esos valores. En cambio, la distribución del clima presente muestra una única moda más concentrada en torno a los 300 mm. En cuanto a la frecuencia de días con precipitación, se registra un leve aumento de la moda en el clima presente, así como una mayor probabilidad de superar los 25 días con lluvia por estación. Estos resultados reflejan una tendencia hacia una distribución más concentrada en los valores medios de acumulado y un aumento en la persistencia de los eventos de precipitación bajo condiciones climáticas actuales.

Para el invierno las distribuciones de precipitación acumulada no presentan diferencias sustanciales entre climas en la mayor parte del rango observado. Sin embargo, se identifican discrepancias en las colas de las distribuciones, donde —contrario a lo esperado— la probabilidad de registrar acumulados invernales entre 400 y 600 mm es mayor en el clima pasado. No obstante, estas diferencias no resultan suficientes para que el test de Kolmogorov-Smirnov indique una diferencia significativa entre distribuciones. En cuanto a la frecuencia de días con precipitación, las distribuciones tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas, aunque se detectaron contrastes marcados en la forma de las distribuciones. En particular, la distribución del clima presente es ligeramente leptocúrtica, mientras que la del clima pasado presenta una forma platicúrtica, sugiriendo una menor concentración en torno a la media.

Finalmente, en primavera las distribuciones resultan notablemente similares, con modas coincidentes y sólo leves variaciones en las probabilidades asociadas a los valores centrales. Sin embargo, se observa una mayor presencia de eventos extremos en el clima presente, evidenciada por colas más pesadas en ambas distribuciones. En particular, se incrementa la probabilidad de registrar acumulados superiores a 400 mm y frecuencias estacionales por encima de los 30 días, lo que sugiere un aumento en la ocurrencia de eventos de alta intensidad o persistencia.

4) CONCLUSIONES

El análisis de las distribuciones de acumulados estacionales y de frecuencias de precipitaciones en LPO pone en evidencia un cambio significativo en la distribución de cómo ocurren las lluvias principalmente en verano. Se observa que el cambio en el acumulado es conducido por un aumento en la frecuencia de días de precipitación. En las otras tres estaciones no se encontraron cambios estadísticamente significativos en las distribuciones, aunque sí se observan cambios en la forma de las distribuciones. En particular, en las temporadas de transición (otoño y primavera) se registró una mayor probabilidad de ocurrencia tanto en el acumulado como en frecuencia en el clima presente. En cambio, en invierno, el comportamiento observado fue el opuesto.

REFERENCIAS

- Cesaneli A. y Ricetti, L., 2024:** Análisis exploratorio de la variabilidad en baja frecuencia de la precipitación anual y estacional en La Plata Observatorio”. *Geoacta* (ISSN 1852-7744). Vol 46(1) - Volumen especial XXX Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. 67–71, CABA.
- Morbidegli R., (...), Cesaneli A., Richetti. L. y otros, 2025:** A reassessment of the history of the temporal resolution of rainfall data at the global scale. *Journal of Hydrology* (ISSN 0022-1694). Vol. 654, 13284.