

VALIDACIÓN DE MÉTODOS DE CORRECCIÓN DE SESGO Y PROYECCIONES FUTURAS DE PRECIPITACIÓN EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Ana Belén Sánchez Schütze^{1,2,3*}, Malena S. Lozada Montanari^{1,2,3}, Inés Camilloni^{1,2,3},
Rafael Seoane⁴

*Contacto: anii.sanchez@hotmail.com

¹Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, Argentina.

²CONICET-Universidad de Buenos Aires, Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.

³CNRS – IRD – CONICET – UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (UMI 3351 IFAECI). Buenos Aires, Argentina.

⁴Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA). Buenos Aires, Argentina.

Palabras clave: proyecciones futuras, cambio climático, área metropolitana de Buenos Aires, lluvias extremas.

1) INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más relevantes que el mundo está experimentando en los últimos tiempos. Se estima que el aumento de la temperatura global podría alcanzar 2°C entre 2030 y 2052 (IPCC, 2021), generando alteraciones en los ecosistemas, el ciclo hidrológico y los patrones de precipitación. El proceso de urbanización está estrechamente ligado con el cambio climático ya que impacta en las ciudades de maneras múltiples. Este proceso ha introducido importantes alteraciones en los sistemas naturales como la reducción de la cobertura vegetal y el aumento de la impermeabilización del suelo a través del uso de materiales como el asfalto, el cemento y el hormigón. Estas transformaciones disminuyen la capacidad de infiltración del agua y aumentan considerablemente el escurrimiento superficial, incrementando el riesgo de inundaciones.

Buenos Aires, una de las ciudades más pobladas del mundo, ha experimentado en las últimas décadas un aumento en el riesgo de inundaciones y anegamientos pluviales (Barros et al. 2008; Nabel, et al, 2008). Esta problemática se relaciona tanto con factores demográficos, como el crecimiento urbano y los cambios en el uso del suelo, como con factores climáticos, entre los que destaca el incremento de eventos de lluvia extrema. Comprender cómo podría evolucionar la precipitación en las próximas décadas resulta fundamental para anticipar los posibles impactos del cambio climático y diseñar estrategias de adaptación y planificación urbana. Sin embargo, las proyecciones de los modelos climáticos globales (MCGs) presentan sesgos sistemáticos debido a su baja resolución espacial y simplificaciones en la representación de procesos físicos, lo que limita su aplicación directa a escala local (François et al., 2020). Por ello, es necesario aplicar métodos de corrección de sesgo en los datos de modelos climáticos (Brighenti et al. 2023, Sharma et al., 2007). Este estudio evalúa el desempeño de distintos enfoques de corrección, que posteriormente se utilizan para generar proyecciones de precipitación bajo distintos escenarios de cambio climático (SSP1-2.6, SSP2-4.5 y SSP5-8.5) en el Área Metropolitana de Buenos Aires. Las proyecciones se realizaron para tres horizontes temporales: futuro cercano (2025–2049), futuro medio (2050–2074) y futuro lejano (2075–2099).

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Para el análisis de corrección de sesgo, se utilizaron datos diarios de precipitación observada de dos estaciones meteorológicas (OCBA y Ezeiza), así como simulados por cuatro MCG (ACCESS-ESM1-5, EC-Earth3, MIROC6, MPI-ESM1-2-HR), tomando como referencia un

único punto correspondiente a las coordenadas de cada estación. En el caso de los datos simulados, se empleó el método de "nearest neighbor" (NN), para asignar la información de precipitación del punto de retícula más cercano a las coordenadas de las estaciones. Luego, se evaluaron seis métodos de corrección de sesgo (EQM, QDM, Scaling, ISIMIP3, LOCI y PTR) en el periodo histórico 1965-2014 que se aplicaron de forma individual a los cuatro MCGs, y posteriormente se realizó el ensamble de los modelos según el método de corrección aplicado. En el análisis se consideraron dos periodos de 25 años cada uno (1965-1989 y 1990-2014) con el objetivo de realizar validación cruzada, es decir, aplicar la corrección de sesgo en un periodo y validarlo en el otro. Para evaluar el desempeño de cada método de corrección de sesgo, se analizaron cuatro indicadores de precipitación: Precipitación acumulada anual (AA), Número de días con lluvia por año (ND), Intensidad promedio de los eventos de precipitación (I), Máximo diario anual de precipitación (MD).

3) RESULTADOS

3.1) Validación de métodos de corrección de sesgo

Para evaluar objetivamente el desempeño de cada método de corrección, se elaboró un ranking basado en el RMSE, asignando el puesto 1 al más preciso y 6 al menos preciso para cada indicador por periodo y estación. Si dos métodos obtenían el mismo RMSE, compartían posición. Luego, se calculó un promedio ponderado asignando 30% al acumulado anual, 50% a los máximos diarios, y 10% a la cantidad de días con lluvia y a la intensidad. Las Tablas I y II muestran los rankings y promedios ponderados por subperiodo y en total.

| OCBA | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|----|---|----|-----|-----------|----|---|----|-----|----------------|
| | 1965-1989 | | | | | 1990-2014 | | | | | Promedio Total |
| | AA | ND | I | MD | P1 | AA | ND | I | MD | P2 | |
| EQM | 5 | 1 | 2 | 1 | 2,3 | 4 | 1 | 1 | 4 | 3,4 | 2,9 |
| QDM | 4 | 3 | 1 | 3 | 3,1 | 2 | 3 | 3 | 5 | 3,7 | 3,4 |
| Scaling | 1 | 5 | 3 | 1 | 1,6 | 1 | 5 | 5 | 2 | 2,3 | 2,0 |
| ISIMIP3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,9 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1,8 | 1,9 |
| LOCI | 6 | 6 | 3 | 4 | 4,7 | 6 | 6 | 6 | 3 | 4,5 | 4,6 |
| PTR | 3 | 4 | 2 | 5 | 4,0 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5,3 | 4,7 |

| Ezeiza | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|----|---|----|-----|-----------|----|---|----|-----|----------------|
| | 1965-1989 | | | | | 1990-2014 | | | | | Promedio Total |
| | AA | ND | I | MD | P1 | AA | ND | I | MD | P2 | |
| EQM | 5 | 1 | 1 | 2 | 2,7 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2,6 | 2,7 |
| QDM | 4 | 3 | 1 | 3 | 3,1 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4,0 | 3,6 |
| Scaling | 1 | 5 | 3 | 1 | 1,6 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1,8 | 1,7 |
| ISIMIP3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1,9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2,0 | 2,0 |
| LOCI | 6 | 6 | 3 | 4 | 4,7 | 5 | 6 | 4 | 4 | 4,5 | 4,6 |
| PTR | 3 | 4 | 2 | 5 | 4,0 | 4 | 4 | 3 | 6 | 4,9 | 4,5 |

Tablas I y II: Ranking de los métodos de corrección de sesgo en la representación de los distintos indicadores de precipitación en OCBA y Ezeiza.

En función de estos resultados, los tres métodos seleccionados como los más adecuados para representar el régimen de precipitación en esta región fueron Scaling, ISIMIP3 y EQM.

3.2) Proyecciones futuras de precipitación

La figura I muestra las proyecciones de los cuatro indicadores de la precipitación.

En cuanto a los AA se evidencia una clara diferencia (de entre un 15 y 20%) entre ambas estaciones, con mayores acumulados en la estación urbana y menores en la rural. En los escenarios SSP1-2.6 y SSP2-4.5 se proyecta un aumento en los acumulados hacia el futuro medio, seguido por una disminución hacia finales de siglo. Bajo SSP5-8.5, el incremento es continuo a lo largo del siglo.

En cuanto a los días con lluvia, se descartó el método Scaling por sobreestimar esta variable. Usando EQM e ISIMIP3, el escenario SSP1-2.6 muestra un aumento hacia el futuro medio, seguido de estabilidad o leve alza. En contraste, SSP2-4.5 y SSP5-8.5 proyectan una disminución gradual. La intensidad promedio, se calcula como el cociente entre el acumulado anual y la cantidad de días con lluvia, por lo que si los AA aumentan y los ND disminuyen esto resulta en un aumento en la intensidad de los eventos de precipitación. Este incremento es del 12% para el SSP5-8.5, del 4% en el SSP2-4.5, mientras que en SSP1-2.6 se observa una leve disminución de entre el 1 y 2 %.

4) CONCLUSIONES

Respecto al máximo diario anual, SSP1-2.6 proyecta una disminución en ambas estaciones hacia fin de siglo, mientras que SSP5-8.5 indica un incremento. Las proyecciones muestran que, bajo el escenario más optimista, se prevé una disminución en los acumulados anuales, en los máximos diarios y en las intensidades para finales de siglo. En cambio, para el escenario más pesimista, los acumulados anuales aumentarían mientras que los días con lluvia se reducirían. Esto implica una mayor concentración de la precipitación en menos eventos, lo que se traduce en intensidades mayores. En conclusión, en un contexto de calentamiento más pronunciado, las precipitaciones tenderán a ser más intensas o torrenciales.

REFERENCIAS

- Barros, V.R., Doyle, M.E., & Camilloni, I.A. (2008):** Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 93(1), 19-33.
- Brighenti, T. M., Gassman, P. W., Gutowski Jr, W. J., & Thompson, J. R. (2023).** Assessing the influence of a bias correction method on future climate scenarios using SWAT as an impact model indicator. *Water*, 15(4), 750.
- François, B., Vrac, M., Cannon, A. J., Robin, Y., & Allard, D. (2020).** Multivariate bias corrections of climate simulations: which benefits for which losses?. *Earth System Dynamics*, 11(2), 537-562.
- IPCC, 2021:** Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32.
- Nabel, P. E., Caretti, M., & Becerra Serial, R. (2008).** Incidencia de aspectos naturales y antrópicos en los anegamientos de la ciudad de Buenos Aires.
- Sharma, D., Das Gupta, A., & Babel, M. S. (2007).** Spatial disaggregation of bias-corrected GCM precipitation for improved hydrologic simulation: Ping River Basin, Thailand. *Hydrology and Earth System Sciences*.

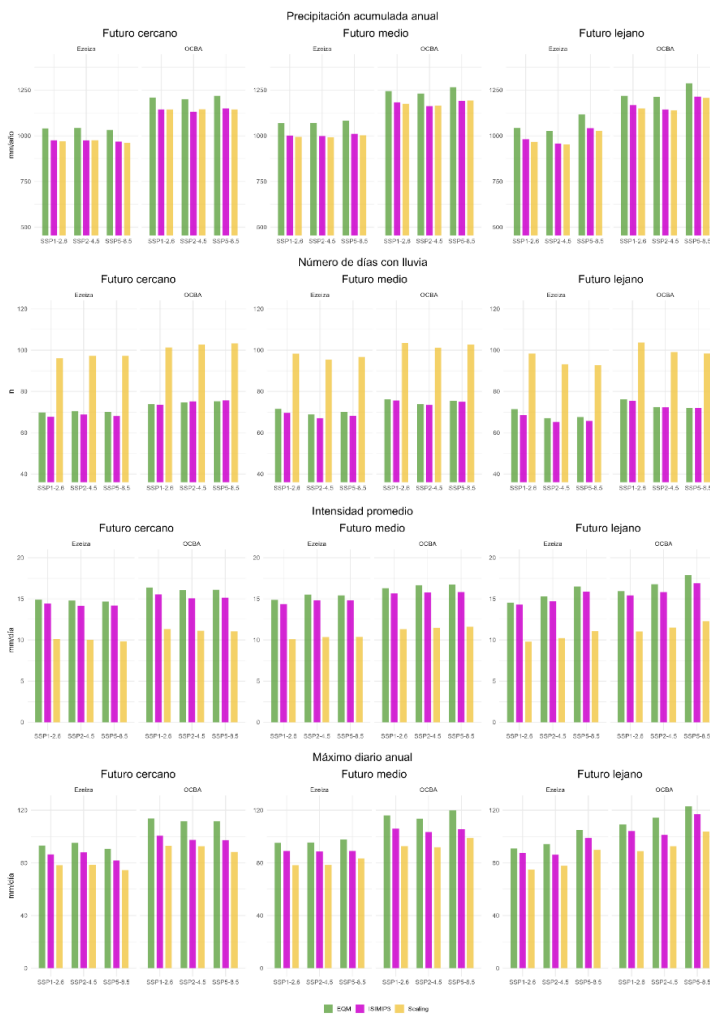


Figura I: Proyecciones de precipitación AA, ND, I y MD para el futuro cercano, medio y lejano en las estaciones OCBA y Ezeiza, según los distintos métodos de corrección de sesgo.