

# PROYECCIONES TÉRMICAS DE VERANO EN CIUDADES DE ARGENTINA BAJO DIFERENTES UMBRALES DE CALENTAMIENTO GLOBAL

Malena S. Lozada Montanari<sup>1,2,3</sup>, Ana Belén Sánchez Schütze<sup>1,2,3</sup>, Inés  
Camilloni<sup>1,2,3</sup>, Rafael Seoane<sup>4</sup>  
[malena.lozada@cima.fcen.uba.ar](mailto:malena.lozada@cima.fcen.uba.ar)

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO)

<sup>2</sup> CONICET-Universidad de Buenos Aires, Centro de Investigaciones del Mar y de la  
Atmósfera (CIMA)

<sup>3</sup> CNRS-IRD-CONICET-UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y  
sus Impactos (IRL 3351 IFAECI)

<sup>4</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Centro de Estudios  
Transdisciplinarios del Agua (CETA)

**Palabras Clave: Clima Urbano, Cambio Climático, Umbrales de Temperatura**

## 1) INTRODUCCIÓN

Argentina es un país “hiperurbanizado”, con el 91 % de su población viviendo en ciudades. Los efectos de la urbanización y el cambio climático están convergiendo de una manera cada vez más peligrosa, lo que hace crucial generar información sobre escenarios futuros de condiciones térmicas estivales para diferentes áreas urbanas, incluyendo tanto los valores promedio como los extremos. En este contexto, la evaluación de proyecciones climáticas futuras a escala urbana se presenta como una prioridad para contribuir al desarrollo de políticas adecuadas de adaptación y mitigación.

Este trabajo tiene por objetivo evaluar extremos de temperatura en las estaciones de verano para dos ciudades de Argentina: Buenos Aires y Mendoza utilizando cuatro escenarios de cambio climático (ssp126, ssp245, ssp370 y ssp585) bajo los umbrales de calentamiento global de 1.5°C, 2°C y 3°C respecto del período preindustrial.

## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos de temperatura máxima y mínima provenientes de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN): Observatorio Central de Buenos Aires (OCBA) y Mendoza Observatorio. En cuanto a las simulaciones, se emplearon modelos del *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP6) (Eyring et al, 2016). Se consideraron 15 modelos que fueron seleccionados por encontrarse entre los de mayor resolución espacial y por contar con información de temperatura máxima y mínima en los escenarios de emisiones a analizar. La habilidad de estos modelos para representar el clima observado fue analizada mediante un índice de evaluación de modelos (IVT) propuesto por la Tercera Comunicación Nacional (TCNCC, 2015).

A partir de esta evaluación, se seleccionaron los modelos EC-Earth3-Veg, FGOALS-g3, GFDL-ESM4 e INM-CM5-0 para la ciudad de Buenos Aires y los modelos EC-Earth3, FGOALS-g3, GFDL-ESM4 y MPI-ESM1-2-HR para la ciudad de Mendoza.

Con el objetivo de generar proyecciones climáticas a escala local para las dos ciudades de estudio se evaluaron distintos métodos de *downscaling* y corrección de sesgo. Se analizaron cinco métodos ampliamente utilizados en la literatura para la corrección de la temperatura: *delta*, *empirical quantile mapping*, *detrended quantile mapping*, *quantile delta mapping* e *ISIMIP3*. Además, se consideró la salida original de los modelos, cuya

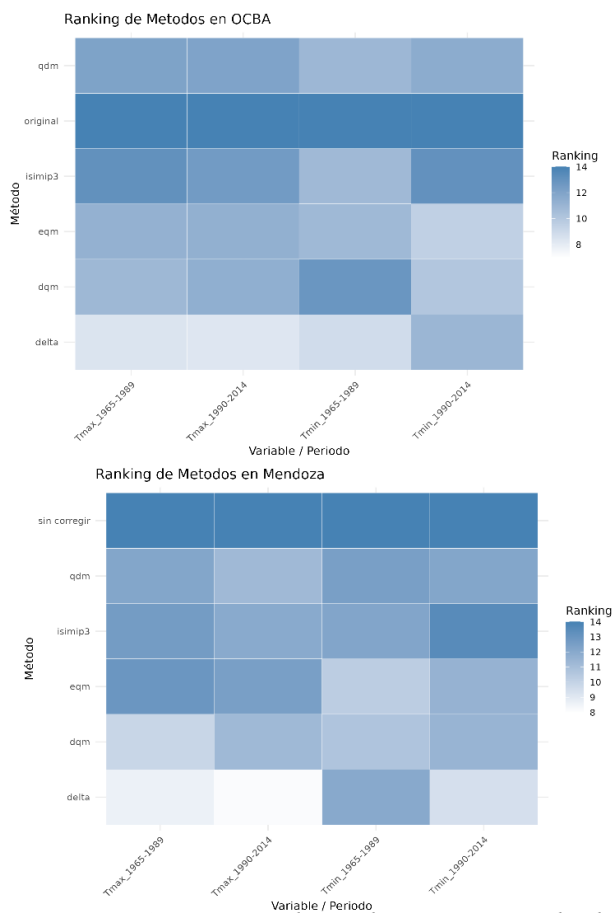
escala fue reducida mediante la técnica de regrillado de vecino más cercano (*nearest-neighbour*, en inglés).

El análisis se llevó a cabo en dos períodos: 1965-1989 y 1990-2014, utilizando uno como referencia para corregir el otro, y contrastando con las observaciones reales.

Finalmente, a partir de la selección de los mejores métodos de corrección se calcularon para cada ciudad los índices climáticos extremos SU (*summer days*), TR (*tropical nights*), TX (temperatura máxima), TN (temperatura mínima). Estos se estimaron considerando como referencia futura los períodos en que cada modelo alcanza los umbrales de calentamiento global de 1.5°C, 2°C y 3°C. Los índices obtenidos permitieron evaluar cómo podrían modificarse las condiciones climáticas en cada ciudad bajo distintos escenarios de cambio climático.

### 3) RESULTADOS

Para evaluar el rendimiento de los distintos métodos de corrección de sesgo en ambas ciudades, se elaboró un ranking a través de nueve métricas estadísticas basado en el trabajo de Vogel et al. (2023). Como el análisis consideraba cuatro modelos distintos y seis métodos de corrección, se comparó el conjunto modelo/método en función de su rendimiento, desde el de mejor desempeño al de peor a lo largo de 24 puestos. Luego, se promediaron los puestos obtenidos por cada método (independientemente del modelo) para obtener un valor final en el ranking, donde un valor más bajo indicaba mayor eficiencia del método para corregir el sesgo.



Los resultados del ranking se muestran en forma de mapas de calor en la figura 1. Se puede observar que, a pesar de ser el más simple, el método delta tiene uno de los mejores desempeños al corregir las simulaciones de modelos. De manera similar, el método basado en cuantiles (dqm) también muestra buenos resultados. En contraste, los métodos isimip3 y qdm así como la salida original del modelo, presentan mayores limitaciones para una corrección adecuada. En Buenos Aires, el método eqm también se destaca entre los más efectivos.

A partir de estos resultados, se seleccionaron los métodos de mejor rendimiento para cada ciudad, y con ellos se calcularon los índices extremos térmicos de verano con el objetivo de evaluar el impacto del cambio climático en áreas urbanas.

Figura 1: Mapas de Calor presentando los resultados del ranking para cada los métodos de corrección de sesgo en Buenos Aires y Mendoza.

Utilizando el método delta -común a ambas ciudades- se analizaron las diferencias en los índices extremos bajo distintas proyecciones y para tres umbrales de calentamiento (1.5°C, 2°C y 3°C) en comparación con el período histórico 1995-2014. Los resultados para el índice TX se presentan en la tabla I, mostrando para cada ciudad, escenario y umbral la diferencia media del índice extremo y su significancia estadística, evaluada mediante el test de Welch (Welch, 1947), donde la hipótesis nula es la igualdad de las medias comparadas, pero sin asumir igualdad de varianzas, lo que resulta en mayor robustez del resultado.

|             |           | Buenos Aires    |                  | Mendoza         |                  |
|-------------|-----------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Umbral (°C) | Escenario | Diferencia (°C) | Significativo    | Diferencia (°C) | Significativo    |
| 1.5         | ssp126    | 0,59            | Falso            | 0,37            | Falso            |
| 1.5         | ssp245    | 0,64            | Falso            | 0,62            | Falso            |
| 1.5         | ssp370    | 0,72            | Falso            | 0,77            | Falso            |
| 1.5         | ssp585    | 0,61            | Falso            | 0,60            | Falso            |
| 2           | ssp245    | <b>0,95</b>     | <b>Verdadero</b> | <b>1,41</b>     | <b>Verdadero</b> |
| 2           | ssp370    | <b>1,15</b>     | <b>Verdadero</b> | 1,27            | Falso            |
| 2           | ssp585    | <b>0,95</b>     | <b>Verdadero</b> | <b>1,35</b>     | <b>Verdadero</b> |
| 3           | ssp370    | <b>1,90</b>     | <b>Verdadero</b> | <b>2,36</b>     | <b>Verdadero</b> |
| 3           | ssp585    | <b>1,78</b>     | <b>Verdadero</b> | <b>2,28</b>     | <b>Verdadero</b> |

*Tabla I: Diferencia media del índice TX para las distintas proyecciones y umbrales en Buenos Aires y en Mendoza.. En negrita, los valores de cambio significativos.*

Para el umbral de calentamiento de 3°C, las diferencias en el índice TX son significativas en ambas ciudades, alcanzando en Mendoza valores superiores a 2°C. Sin embargo, en esta ciudad se requiere un incremento mayor para que los cambios sean estadísticamente significativos: en Mendoza los cambios comienzan a ser significativos a partir de un aumento de aproximadamente 1.35 °C, mientras que en Buenos Aires esto ocurre desde un incremento de solo 0.95 °C.

También se observan diferencias significativas bajo el umbral de 2°C en ambas ciudades, excepto en la proyección ssp370 para la ciudad de Mendoza. Pero en ningún caso se observa una diferencia media significativa bajo el umbral de 1.5°C.

#### 4) CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo muestran que el impacto del cambio climático sobre los extremos térmicos de verano se vuelve más pronunciado a medida que aumentan los niveles de calentamiento global, con efectos ya detectables a partir de un incremento de 2 °C. La ausencia de diferencias significativas bajo el umbral de 1.5 °C refuerza la importancia de limitar el calentamiento global para evitar cambios severos en los extremos de temperatura, especialmente en contextos urbanos donde el calor extremo representa un riesgo creciente.

#### REFERENCIAS:

**Eyring et al, 2016:** Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization, Geosci. Model Dev., 9, 1937-1958.

**TCNCC; 2015:** Resumen Ejecutivo de la Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/tercera-comunicacion> (Último acceso: 29-05-2025)

**Welch, B.L., 1947:** The generalization of 'student's' problem when several different population variances are involved, Biometrika, Volume 34, Issue 1-2, January 1947, Pages 28–35

**Vogel E., et al. 2023:** An evaluation framework for downscaling and bias correction in climate change impact studies, Journal of Hydrology, Volume 622, Part A, 129693, ISSN 0022-1694