

Intercomparación de métodos de ajuste de sesgo para su aplicación en índices multivariados de estrés térmico en el sureste de Sudamérica

Rocio Balmaceda-Huarte¹, Ana Casanueva², María Laura Bettolli¹

rbalmaceda@at.fcen.uba.ar.

¹ Dept. de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires, Argentina - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina.

² Dept. Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación, Universidad de Cantabria, Santander, España - Grupo de Ciencia de Datos para el Clima (CD-Clim), Unidad Asociada al CSIC, Santander, Spain.

Palabras clave: índices de impacto, modelos climáticos regionales, cambio climático

1) INTRODUCCIÓN

Según el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), el continente sudamericano se encuentra altamente expuesto, vulnerable y fuertemente impactado por el cambio climático (IPCC, 2022). En esta región, el calentamiento global se refleja no solo en las tendencias al alza detectadas de temperaturas extremas (Balmaceda-Huarte y otros, 2022) sino también en diferentes amenazas climáticas y su creciente frecuencia. Entre ellos, episodios de olas de calor persistentes que afectan directamente el confort y la salud humana, así como la productividad laboral (Casanueva y otros, 2020). Concretamente, el estrés térmico surge como consecuencia del efecto combinado de altas temperaturas con altas humedades relativas, y se ve favorecido por otras variables meteorológicas como la radiación solar y la ausencia de viento, siendo entonces un problema multivariante. Algunos de los índices que se utilizan actualmente para cuantificar el estrés térmico son utilizados en los sistemas de alerta de calor de diferentes países del mundo (Burgstall y otros 2019) o para definir umbrales críticos en las normas internacionales de salud laboral (ISO 2017). Sin embargo, en el sur de Sudamérica, estos índices han sido muy poco estudiados, y en la mayoría de los países de la región los sistemas de alerta por calor están basados únicamente en umbrales de temperatura.

Los Modelos Climáticos Regionales (RCMs, por sus siglas en inglés) son herramientas valiosas capaces de proporcionar información climática a escala local, lo cual resulta particularmente relevante en regiones como el sur de Sudamérica (SSA), donde la topografía compleja y el contraste tierra-océano influyen fuertemente en el clima. No obstante, los RCMs, presentan errores sistemáticos, los cuales deben ser corregidos para su adecuado uso en estudios que a menudo dependen de la superación de ciertos umbrales (como por ejemplo, los índices de estrés térmico). En estos casos, los métodos de corrección o ajuste de sesgos (BA por sus siglas en inglés, “bias adjustment”) son típicamente aplicados (Casanueva y otros 2020). Numerosos métodos de BA con diferentes características pueden encontrarse en la literatura, que van desde métodos simples a técnicas estadísticas complejas, métodos empíricos o paramétricos, métodos multivariados o univariados, entre otras variantes. Sin embargo, en Sudamérica el potencial de estas técnicas no se ha explorado de manera tan sustancial ni tan sistemática como en otras regiones del mundo. Ni menos aún para su aplicación en cálculo de índices de impacto multivariados como los indicadores de estrés térmico. En este sentido, el presente estudio busca evaluar diferentes métodos de BA en el sureste de Sudamérica (SESA) con especial foco en la estimación de índices multivariados de estrés térmico.

2) METODOLOGÍA

Se consideraron como indicadores de estrés térmico dos índices basados en la temperatura del aire y la humedad: la temperatura de bulbo húmedo (wbt) y la versión simplificada de la temperatura del globo húmedo (swbgt). Con el fin de capturar las condiciones diarias de mayor estrés térmico, ambos índices fueron estimados a partir de datos diarios de temperatura máxima (Tx) y humedad relativa mínima diaria (RH), esta última aproximada a partir de la humedad específica media diaria (SH) y la Tx. Para este análisis, se incluyeron únicamente los días correspondientes al verano austral (diciembre-enero-febrero).

Los métodos BA se calibraron utilizando las simulaciones históricas de los RCM pertenecientes a la iniciativa CORDEX y CORDEX-CORE para el dominio de Sudamérica (SA), tomando como referencia la base de datos observacional Multi-Source Weather (MSWX). Todas las simulaciones y los datos de MSWX fueron llevados a una retícula espacial común de $\sim 0.2^\circ$.

La evaluación de los métodos de BA consideró: a) dos estrategias de ajuste para la estimación de los índices corregidos por sesgo (directo e indirecto); b) comparación de métodos de BA univariados y multivariados; c) evaluación de métodos que preservan la tendencia y que no la preservan. En todos los casos, se implementó un esquema de validación cruzada, utilizando dos subconjuntos temporales de años consecutivos (1981–1992 y 1993–2004) para el entrenamiento y la validación de los métodos. Este procedimiento se aplicó de forma individual para cada simulación de RCM, para cada índice y para las variables climáticas involucradas en los cálculos de los índices.

3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

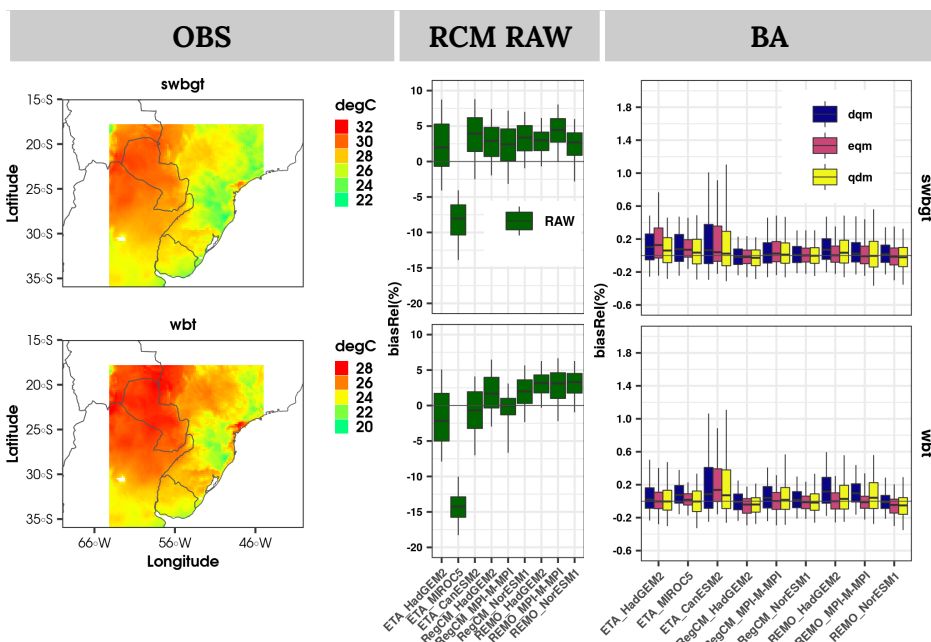


Figura 1. (Col 1) Campos espaciales del Percentil 90 (P90) para los índices de estrés térmico en las observaciones (OBS). (Col 2-3). Diagrama de Boxplot del sesgo en el P90 en cada punto de retícula: para las simulaciones sin ajustar (RAW) de los RCMs (Col 2); y para las simulaciones ajustadas por sesgo en el modo directo, coloreadas según el método de BA aplicado (Col 3). En cada caso el $\text{biasRel}(\%)$ se calcula como la diferencia entre la simulación y la observación, pesado por el valor observado. En cada boxplot, la marca central corresponde a la media, y los bordes inferior y superior a los percentiles 25 y 75. Los bigotes se extienden hasta los percentiles 5 y 95.

La *Figura 1* muestra los resultados del percentil 90 (P90) para las simulaciones sin ajuste por sesgo, y para las simulaciones ajustadas de forma directa, es decir, aplicando los métodos de BA sobre los índices para la región de estudio SESA.

En general, las simulaciones RAW presentan errores del orden del 5 % al 10 % respecto de las observaciones, con resultados similares entre ambos índices, aunque algunas simulaciones, como ETA-MIROC5, evidencian errores notablemente mayores. La aplicación de los métodos de BA bajo el enfoque directo reduce sustancialmente estos errores, mejorando la representación del P90 de los índices en las simulaciones. En particular, no se observan diferencias claras entre los distintos métodos de ajuste utilizados.

Análogamente, al aplicar el enfoque indirecto —esto es, ajustando por separado las variables que componen el índice—, todos los métodos univariados mostraron desempeños similares, sin diferencias marcadas entre aquellos que preservan la tendencia y los que no. Sin embargo, los errores bajo este enfoque fueron en general mayores. En este contexto, los métodos multivariados mejoraron considerablemente la representación de los índices térmicos, evidenciando un valor agregado frente a los univariados. Esta mejora fue evidente en las simulaciones RegCM4.7, donde la estimación de los índices utilizando las variables ajustadas individualmente amplificó los errores subyacentes de las simulaciones.

Este estudio proporciona información valiosa sobre la idoneidad de los métodos BA para estimar índices térmicos multivariados en SESA y subraya la importancia de una evaluación cuidadosa de estos métodos previo a su uso. Este estudio asimismo contribuye sentando las bases para futuras evaluaciones de las condiciones de estrés térmico en Sudamérica.

REFERENCIAS

Burgstall A., Casanueva, A., Kotlarski, S. y Schwierz, C., 2019: Heat Warnings in Switzerland: Reassessing the Choice of the Current Heat Stress Index. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 2684. <https://doi.org/10.3390/ijerph16152684>.

Balmaceda-Huarte, R., y Bettoli, M. L., 2022: Assessing statistical downscaling in Argentina: Daily maximum and minimum temperatures. *International Journal of Climatology*, 42(16), 8423-8445.

Casanueva, A., Kotlarski, S., Fischer, A. M., Flouris, A. D., Kjellstrom, T., Lemke, B., ... y Liniger, M. A., 2020: Escalating environmental summer heat exposure—a future threat for the European workforce. *Regional Environmental Change*, 20, 1-14.

IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

ISO, 2017: *Hot environments - Ergonomics of the thermal environment—assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index. ISO standard 7243.* ed. International Standards Organization, Geneva.