

ESTUDIO DE PATRONES ATMOSFÉRICOS VINCULADOS A EVENTOS DE OLAS DE CALOR EXTREMAS EN EL NORTE DE ARGENTINA

Juan Ignacio Caragunis^{1,2}, Belén Amancay Martorelli^{1,2,3,4}
jcaragunis@gmail.com. belenmartorelli88@gmail.com.

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)

² Universidad Nacional de los Comechingones (UNLC)

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

⁴ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Palabras clave: ola de calor, circulación atmosférica, criterio de Bonner, componentes principales.

RESUMEN

Este estudio analiza los patrones atmosféricos asociados a olas de calor extremas en el norte de Argentina. Se utilizaron datos horarios del reanálisis ERA5 (1977-2020), incluyendo humedad específica (Q850), componentes del viento (U850, V850, V700), OLR, y alturas geopotenciales (Z500, Z925). Para eventos comprendidos entre 1977-2020, destacándose el ocurrido entre 29/10/2009-03/11/2009, se calcularon anomalías diarias y se evaluó el criterio de Bonner para el LLJ. Los resultados muestran anomalías positivas de OLR, una marcada anomalía anticiclónica en Z500 y ciclónica en Z925 sobre la región, junto con advección de humedad desde el norte. El Análisis de Componentes Principales (ACP) reveló que estos patrones son modos de variabilidad recurrentes, con la CP 4 de OLR mostrando anomalías negativas sobre el centro-este de Sudamérica, y la CP 4 de Z500 exhibiendo un patrón dipolar de circulación. Esto subraya su importancia para la predicción de estos eventos extremos.

1) INTRODUCCIÓN

El norte de Argentina ha experimentado un notable incremento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor en las últimas décadas (Rusticucci et al., 2016a), aunque sin una tendencia clara en su duración máxima anual (Marengo et al., 2025). Este fenómeno, ligado al cambio climático global, representa una creciente amenaza. Investigaciones previas han asociado estas olas de calor con anomalías anticiclónicas en la circulación de niveles bajos (Rusticucci et al., 2016b). La regionalización de estos eventos en Sudamérica es crucial para comprender su dinámica (Suli et al., 2023). Por tanto, el monitoreo y la identificación de sus forzantes son esenciales para la gestión de riesgos y la adaptación.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Para el presente estudio, se emplearon datos horarios del reanálisis ERA5, con una alta resolución espacial de 0.25 x 0.25°, abarcando el periodo 1977-2020. Las variables seleccionadas incluyeron la humedad específica a 850 hPa (Q850), las componentes zonal (U850) y meridional (V850) del viento a 850 hPa, la componente meridional del viento a 700 hPa (V700), la radiación de onda larga saliente (OLR), y las alturas geopotenciales en 500 hPa (Z500) y 925 hPa (Z925). La metodología implicó el cálculo de las climatologías diarias (periodo 1991-2020) a partir de los datos horarios. Seguidamente, se determinaron las anomalías diarias para las variables Q850, U850, V850, V700, Z500, Z925 y OLR, específicamente para los días de la ola de calor del caso de estudio (29/10/2009 - 03/11/2009).

Para evaluar la presencia de la corriente en chorro de capas bajas (Low Level Jet, LLJ), se monitoreó la variabilidad temporal del posicionamiento latitudinal y longitudinal del criterio de Bonner cada 6 horas, excluyendo las regiones que no cumplían dicha condición. Adicionalmente, se aplicó el Análisis de Componentes Principales (ACP) en modo T a las variables originales Q850, Z500, Z925 y OLR. Esto permitió cuantificar la varianza acumulada por cada componente y obtener las series temporales de correlación. El análisis se centró en las dos primeras componentes principales de cada variable, derivadas de sus campos diarios durante los días considerados en el estudio.

3) RESULTADOS

La Figura 1 ilustra las anomalías atmosféricas clave para el 30 de octubre de 2009. Se observan anomalías positivas de OLR (Figura 1a), indicando inhibición convectiva, y una marcada anomalía anticiclónica en Z500 (Figura 1b) sobre el norte de Argentina, mientras que en Z925 (Figura 1c) se aprecia una anomalía ciclónica en la misma región. La advección de humedad desde el norte (Figura 1d) complementa estas condiciones sinópticas de subsidencia y transporte de aire cálido.

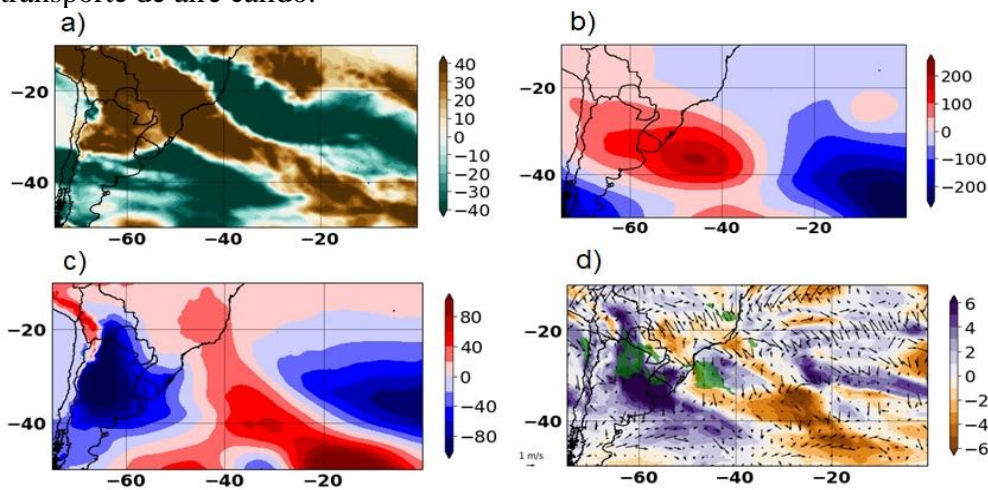


Figura 1. Campos de anomalías para el día 30/10/2009 para las variables a) OLR, b) altura geopotencial en 500 hPa, c) altura geopotencial en 925 hPa, d) humedad específica y vector viento horizontal en 850 hPa.

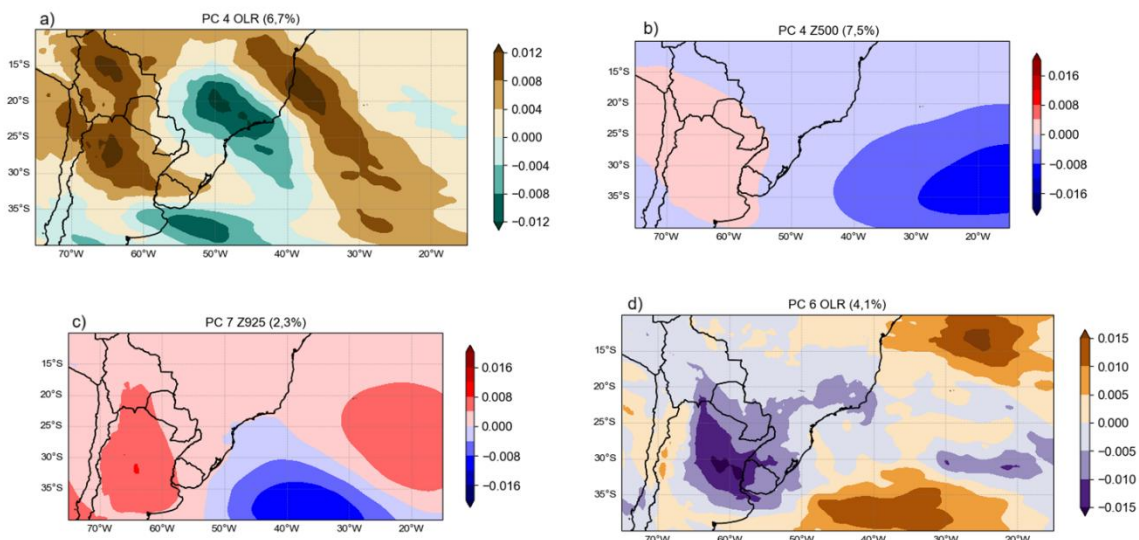


Figura 2. Patrones espaciales de las componentes principales asociadas a los campos descritos en la Figura 1.

La Figura 2 desglosa estos patrones dominantes de variabilidad mediante ACP, mostrando que la CP 4 de OLR (Figura 2a, 4.7% de varianza) presenta anomalías negativas sobre el centro-este de Sudamérica, sugiriendo convección activa. La CP 4 de Z500 (Figura 2b, 7.5% de varianza) revela un dipolo de circulación en niveles medios, con anomalías positivas continentales. La CP 7 de Z925 (Figura 2c, 2.3% de varianza) y la CP 6 de OLR (Figura 2d, 4.1% de varianza) también exhiben patrones espacialmente coherentes con las condiciones observadas, indicando la naturaleza recurrente de estos forzantes.

4) CONCLUSIONES

El evento de ola de calor del 30 de octubre de 2009 en la región de estudio se asoció a una configuración sinóptica compleja y bien definida, caracterizada por anomalías positivas de OLR (indicando inhibición de la convección), la presencia de un anticiclón en niveles medios (Z500) sobre el continente, y un ciclón en niveles bajos (Z925) sobre la región. Este patrón evidencia una intensa subsidencia atmosférica, fundamental para el calentamiento por compresión y la estabilidad. La situación se vio exacerbada por una notable advección de humedad desde el norte, probablemente facilitada por un LLJ, que contribuyó a mantener las elevadas temperaturas. El análisis de componentes principales revela que estos patrones sinópticos no son aislados, sino que corresponden a modos de variabilidad recurrentes y dominantes en la atmósfera regional. La coherencia entre las anomalías observadas durante el evento y estos patrones subyacentes sugiere que la ola de calor se desarrolló bajo forzantes atmosféricos bien establecidos y predecibles, lo que subraya la importancia de comprender su dinámica para la mejora de los sistemas de pronóstico y alerta temprana de eventos extremos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Solange Suli por la provisión de los datos de los eventos de olas de calor para la realización del trabajo.

REFERENCIAS

Marengo, J. A., Calim Costa, M., Cunha, A. P., Espinoza, J. C., Jimenez, J. C., Libonati, R., Miranda, V., Trigo, I. F., Sierra, J. P., Geirinhas, J. L., Ramos, A. M., Skansi, M., Molina-Carpio, J. y Salinas, R., 2025: Climatological patterns of heatwaves during winter and spring 2023 and trends for the period 1979–2023 in central South America. *Frontiers in Climate*, 7.

Rusticucci, M. M., Kyselý, J., Almeida, G. y Lhotka, O, 2016a: Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(3-4), 679-693.

Rusticucci, M., Barrucand, M. y Collazo, S., 2016b. Heat waves in Argentina: Definition, analysis and trends. *International Journal of Climatology*, 36(4), 1851-1863.

Suli, S., Barriopedro P., García-Herrera, R. y Rusticucci, M.M., 2023: Regionalisation of heat waves in southern South America. *Weather and Climate Extremes*, 40, 100569.