

PATRONES SINÓPTICOS PREVALENTES EN NOCHES CALUROSAS DE VERANO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES Y SU RELACIÓN CON LA ISLA DE CALOR URBANA

Ernesto Petino Zappala¹, Marcos Saucedo^{1,2}

epetino@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

²Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO)

Palabras clave: isla de calor urbana, noches calurosas, circulación sinóptica, Área Metropolitana de Buenos Aires

1) INTRODUCCIÓN

La isla de calor urbana (ICU) es uno de los fenómenos más notables de modificación ambiental no intencional causada por el ser humano, producto de cambios en los materiales de superficie y la geometría urbana. Su intensidad máxima suele registrarse durante la noche (Oke, 1982). En verano, la sinergia entre la ICU y las olas de calor podría exacerbar los impactos en la salud, como el aumento de la mortalidad. Algunos estudios han subrayado que las olas de calor podrían intensificar la ICU, aunque los resultados son contradictorios.

La ICU presenta una gran variabilidad espacial, tanto entre ciudades como al interior de una misma urbe. Su intensidad depende de factores meteorológicos como cielos despejados, estabilidad atmosférica y vientos débiles (Oke, 1982). Por esta razón, los patrones de circulación sinóptica pueden condicionar su comportamiento observado.

En el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), la ICU ha sido documentada desde la década de 1950. Algunos estudios sugieren una disminución en su intensidad, posiblemente asociada a cambios en los patrones sinópticos regionales, que favorecen una mayor nubosidad y vientos del este (Camillioni y Barrucand, 2012). Durante los veranos de 2011 a 2020, se observó que la ICU nocturna presenta menor intensidad en noches cálidas que en noches normales o frescas, aunque sigue siendo significativa (Petino Zappala, 2025).

Este trabajo tiene como objetivo: (1) identificar los patrones sinópticos predominantes durante noches cálidas de verano en Buenos Aires, y (2) analizar la intensidad media y la evolución horaria de la ICU asociada a cada patrón.

2) METODOLOGÍA

El estudio abarca las noches de los meses estivales (diciembre, enero, febrero) del período 2011-2020. La intensidad de la isla de calor urbana (ICU) en el AMBA se estimó como la diferencia de temperatura instantánea entre el Observatorio Central de Buenos Aires (OCBA, referencia urbana) y la estación Ezeiza Aero (referencia rural), ambas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Se definieron como noches cálidas aquellas con temperatura en OCBA a las 6 UTC en el tercil superior ($\geq 23.6^{\circ}\text{C}$) del período analizado, considerando el período nocturno entre 0 y 9 UTC. La elección de este horario se debió a que es el momento aproximado en que la ICU en AMBA alcanza su máximo (Camillioni y Barrucand, 2012)

Para el análisis sinóptico, se utilizaron datos de ERA5 a las 0 UTC, incluyendo viento zonal, viento meridional y temperatura potencial equivalente (θ_e) en 850 hPa, sobre el dominio 25° - 45°S y 65° - 45°O (resolución $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$). Los datos se normalizaron respecto

al promedio y desvío estándar de los veranos 2011-2020 por variable y punto de grilla. Para identificar patrones de circulación, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA) que retuvo las componentes responsables del 80% de la varianza temporal, reduciendo así la dimensionalidad. Posteriormente, se utilizó el algoritmo k-means sobre estas componentes, seleccionando el número óptimo de clusters mediante el estadístico de Davies-Bouldin, que minimiza la dispersión intra-cluster y maximiza la separación inter-cluster.

3) RESULTADOS

Se obtuvieron cinco patrones sinópticos asociados a noches calurosas en el AMBA. Los campos medios se observan en la Figura 1, mientras que el número de casos asociados a cada uno y la descripción de los campos medios se puede ver en la Tabla I.

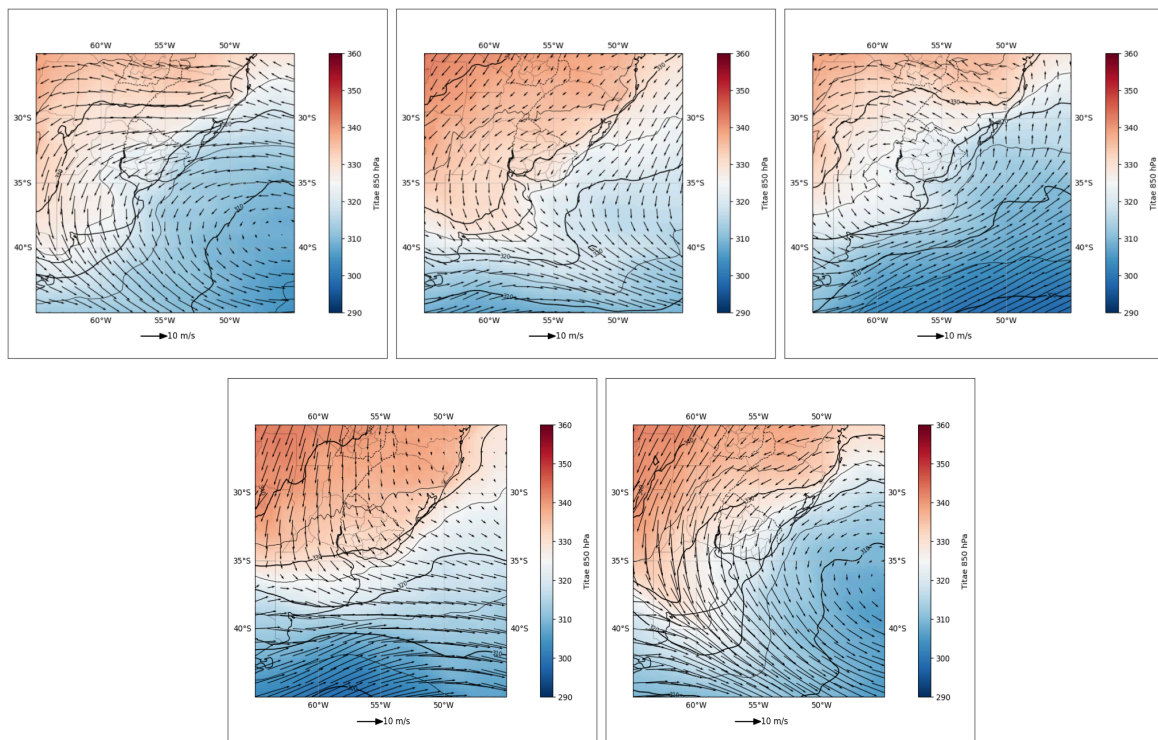


Figura 1: Patrones sinópticos asociados a noches calurosas en OCBA. Viento vectorial medio (flechas), tita-e media (sombreado). Clusters 1-3 arriba, clusters 4-5 abajo.

Cluster	Casos	Descripción del campo medio en 850 hPa
1	74	Anticiclón atlántico intenso, viento 5-10 m/s en AMBA sin advección cálida con $\Theta_e < 325$ K
2	67	Anticiclón atlántico retirado, vientos débiles sobre AMBA con $\Theta_e > 325$ K
3	64	Anticiclón ubicado sobre AMBA con vientos muy débiles y $\Theta_e < 325$ K
4	58	Frente estacionario al sur de AMBA, advección cálida débil y $\Theta_e \approx 330$ K
5	42	Frente frío al SO de AMBA, viento > 10 m/s con advección cálida intensa y $\Theta_e \approx 325$ K

Tabla I: Cantidad de casos asociados a cada cluster y descripción de los patrones sinópticos medios

La marcha horaria media de la ICU para cada cluster puede observarse en la Figura 2.

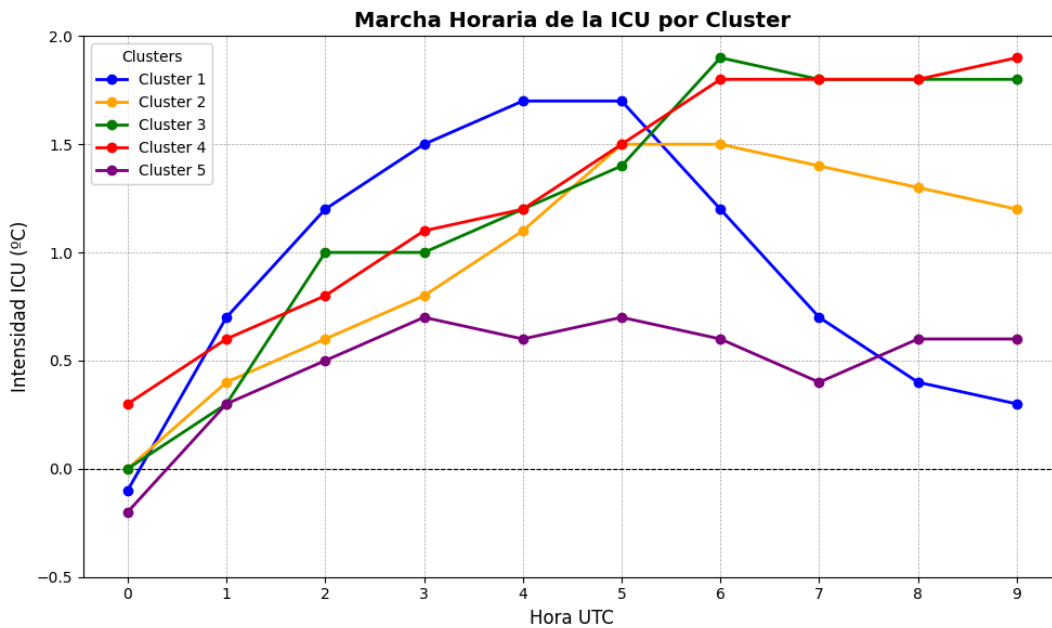


Figura 2: Marcha horaria media entre las 0 y las 9 UTC para los clusters encontrados

Se observan diferencias significativas en la evolución horaria media de la Isla de Calor Urbana (ICU) entre los distintos clusters identificados.

- Clusters 2 al 4 (caracterizados por vientos débiles en 850 hPa, Figura 1, y en superficie —no mostrado—) presentan un desarrollo continuo de la ICU entre las 0 y las 6 UTC, alcanzando valores medios de 1,5 a 2 °C, seguido de un leve decremento o una estabilización a partir de esa hora.
- Cluster 5 (asociado a vientos intensos en 850 hPa y advección cálida) muestra un desarrollo débil hasta las 3 UTC, manteniéndose estable hasta el final de la noche (9 UTC), con valores medios inferiores a 0,7 °C.
- Cluster 1 (bajo condiciones de bloqueo anticiclónico atlántico y vientos moderados, menos intensos que en el cluster 5) registra un incremento notable de la ICU entre las 0 y las 5 UTC (alcanzando un máximo de 1,7 °C), seguido de una erosión progresiva hasta su casi desaparición al amanecer.

A las 6 UTC, todos los clusters presentan una ICU significativamente mayor que cero ($p < 0,05$ en el cluster 5; $p < 0,01$ en los clusters 1–4), según pruebas t de Student. Además, un análisis de ANOVA revela diferencias significativas entre los clusters ($p < 0,05$). Mediante un *post-hoc* de Tukey, se confirma que la ICU media en los clusters 2, 3 y 4 es significativamente mayor que en el cluster 5 ($p < 0,05$).

4) REFERENCIAS

Camillioni, I. y Barrucand, M., 2012: Temporal variability of the Buenos Aires, Argentina urban heat island. *Theor Appl Climatol* 107: 47-58.

Oke, T. R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 108: 1-24.

Petino Zappala, E., 2025: Comportamiento de la isla de calor urbana en noches calurosas de verano en el Área Metropolitana de Buenos Aires. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera. Universidad de Buenos Aires.