

ANÁLISIS DEL EFECTO DE ISLA DE CALOR URBANA DIURNA Y NOCTURNA. ESTUDIO DE CASO: CIUDAD DE LA RIOJA. ARGENTINA

Rodolfo Dematte ^{1,2}; Laura Ávila ¹, Huespe Josefina ²

¹ Instituto de Energías Naturales Renovables. Universidad Nacional de La Rioja /
rdematte@unlar.edu.ar

² Unidad de Investigación: Epistemología, Lógica y Ciencias Básicas
Grupo IEMI Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza
Rodríguez 273, Ciudad Mendoza. CP (M5502AJE). República Argentina

Resumen: El fenómeno de isla de calor urbana se manifiesta cuando temperaturas del área urbana son mayores a las temperaturas de las áreas no urbanas más próximas. Este estudio examina la isla de calor urbana en la ciudad de La Rioja, analizando tanto el efecto diurno como nocturno a lo largo de las estaciones del año 2021. La investigación utilizó datos de temperatura obtenidos de estaciones meteorológicas ubicadas en el área urbana y no urbana para evaluar las diferencias térmicas. Se observaron variaciones significativas en los patrones de temperatura: en primavera y verano, La Rioja mostró un claro efecto de la isla de calor urbana tanto diurno como nocturno, con temperaturas urbanas consistentemente más altas que las rurales. En otoño, el área urbana presenta menores temperaturas que el área no urbana, pero actúa como una isla de calor urbana durante la noche. Durante el invierno, la ciudad se comportó como una isla de frío diurna desde principios de junio hasta finales de julio, con una inversión del fenómeno a partir de agosto, cuando el área urbana mostró temperaturas más altas que las rurales. En general, el estudio confirma la presencia de la isla de calor urbana en La Rioja a lo largo de todo el año, destacando su variabilidad estacional y temporal. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar tanto el efecto diurno como nocturno en la planificación urbana para mitigar los impactos térmicos en las ciudades.

Palabras claves: urban heat island, isla de calor urbana, La Rioja

INTRODUCCIÓN

El efecto de isla de calor urbana (*urban heat island* por sus siglas en inglés - UHI) es un fenómeno donde las áreas urbanas experimentan mayores temperaturas que las áreas no urbanas, como consecuencia de la disminución de cobertura verde, aumento del calor residual de las actividades humanas y productivas (Organización de las Naciones

Unidas [ONU], 2021). Algunos autores sostienen que el fenómeno de la UHI es más frecuente en metrópolis, por las características morfológicas de los espacios y las propiedades ópticas y térmicas de los materiales usadas en las envolventes de los edificios, bajo niveles de vegetación y elevado calor antropogénico (Colli et al., 2020).

Alcance geográfico de la UHI

La variabilidad geográfica en los estudios del efecto de isla de calor (UHI) puede analizarse tanto a escalas locales, como una ciudad (Aragón et al., 2020) o un área específica (Ruiz et al., 2022), como a escalas más globales (Casadei et al., 2021). Muchos estudios a escala local utilizan el área rural o periurbana circundante como referencia para el análisis espacial. El fenómeno de UHI urbano está estrechamente asociado con la geografía del área de estudio y con factores como la ausencia de cuerpos de agua, la cantidad de gases emitidos, la falta de áreas verdes, la presencia de áreas deforestadas, la alta densidad poblacional, la rápida urbanización y alta densidad constructiva, las bajas precipitaciones medias y el elevado uso del suelo (ONU, 2021).

La UHI no está asociada a un periodo en particular. Se pueden presentar islas de calor urbanas nocturnas que están relacionadas con la absorción de energía solar durante todo el día y la ausencia de disipación térmica (Casadei et al, 2021). Además, existen variaciones estacionales de las islas de calor urbano de cada ciudad ya que dependen del régimen climático y de la vegetación local (Ruiz et al, 2022).

Asociado al efecto de UHI, se presenta en contraposición el efecto de isla de frío urbano (*urban cold island* - UCI por sus siglas en inglés), que analiza el uso de diferentes materiales, cubiertas y vegetación para mitigar el efecto UHI (Casadei et al., 2021, Xu et al., 2024).

Métodos para medir el efecto de isla de calor

Actualmente, se utilizan diversos métodos para determinar el fenómeno de isla de calor urbana [Urban Heat Island (UHI)], destacando la medición directa de la temperatura del aire y el uso de imágenes satelitales para evaluar el efecto de la isla de calor urbana superficial [Superficial Urban Heat Island (SUHI)].

La medición in situ de la UHI se realiza con sensores de temperatura y estaciones meteorológicas móviles que permiten la toma de transectas de temperatura, proporcionando datos precisos y frecuentes, pero con una cobertura espacial limitada, adecuada para estudios en áreas

reducidas (Asar et al., 2021). Por otro lado, la medición del SUHI a través de imágenes satelitales, utilizando satélites como Landsat 8 y 9, Terra EOS AM-1 y Aqua EOS-PM 1, y MODIS, ha ganado relevancia desde 2005, permitiendo una cobertura más amplia y detallada de la superficie terrestre (Aragón et al., 2020; Berg et al., 2022).

Sin embargo, la relación entre la temperatura de superficie y la temperatura del aire ambiental puede verse afectada por variables como la cobertura de nubes, el viento, la hora del día, la estación y la cobertura terrestre circundante (Berg et al., 2022). Ambos métodos, aunque útiles en estudios de clima urbano, presentan ventajas y desventajas, y su elección depende del objetivo del estudio y del contexto en el que se apliquen.

Caracterización del área de estudio. La Rioja

La ciudad de la Rioja está ubicada en el Departamento Capital. Los límites del área urbana de la ciudad de La Rioja se extienden desde el punto NO en la zona denominada La Quebrada (-29.40 S; -66.92 O), el punto NE en la zona de la colonia frutihortícola (-29.36 S; -66.78 O), al SO cerro del Velasco -29.49 S; -66.88 O) hasta el punto SE (-29.49 s; -66.81 O).

Isla de calor en La Rioja

Casadei et al. (2021) presentó un análisis regional de las UHI en Argentina en el que toma las 55 ciudades más grandes del país a través de análisis de datos satelitales MODIS de la temperatura de la superficie terrestre y en función de los índices de vegetación. El estudio determinó que en la ciudad de La Rioja se presenta el efecto de UHI (obtenido como la diferencia entre la temperatura de la superficie terrestre urbana y la temperatura de la superficie terrestre no urbana). La investigación *Análisis regional de las islas de calor urbano en la Argentina* (Casadei et al., 2021) calculó las diferencias de temperaturas entre los años 2011 a 2015 analizando la variabilidad espacial a una distancia de 10 km desde el centro de la ciudad. Los resultados indican una diferencia térmica con un aumento promedio de temperatura diurna de 0.41 °C respecto a las zonas no urbanizadas. Además, describe la intensidad de la UHI nocturna que tiene una temperatura promedio de 1.25 °C mayor respecto al área no urbanizada (Casadei et al., 2021). A diferencia de otras ciudades, La Rioja es una UHI tanto de día como de noche (Casadei et al., 2021).

Las islas de calor se pueden presentar en forma diurna pero también se pueden formar en la noche a causa de la acumulación del calor presente en los diferentes materiales de construcción urbana y por la capacidad calorífica que estos cuentan, y por qué en la noche se desprende formando la geometría de las Islas (Aragón et al., 2020 p. 42).

Si bien muchas ciudades se comportan como islas de calor urbano en verano, en invierno se comportan como islas de frío urbano (Casadei et al., 2021). Se realizó un estudio de la UHI, en el que se analizaron las diferencias de temperatura del año 2021. Los resultados indicaron que la UHI se produce en todos los meses, tanto en verano como en invierno (Casadei et al., 2021).

Objetivo del trabajo

Por las características climatológicas y geográficas descritas y en base a las investigaciones que indican que existe el fenómeno de isla de calor, el presente trabajo propone analizar el fenómeno de UHI en su fase diurna y nocturna en las diferentes estaciones (primavera, verano, otoño e invierno) en la ciudad de La Rioja, en el año 2021.

MATERIALES Y MÉTODOS

1- Recolección de datos

Los datos de temperatura en el área urbana (AU) provienen de la estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) ubicada en el Aeropuerto local de la ciudad de La Rioja (-29.38 S, -66.79 O). Las mediciones del área no urbana (ANU) provienen de una estación meteorológica ubicada en la zona rural (-29.47 S, -66.78 O) distante a 10 km del área urbana de la ciudad de La Rioja.

2-Tratamiento de los datos

Se clasificaron 17.518 datos de temperatura, en función de las estaciones del año. Posteriormente se organizaron en mediciones diurnas y nocturnas. El criterio de clasificación para horas diurnas y

nocturnas se basó en la hora de entrada y salida de sol promedio para cada estación del año.

3- Análisis de los datos clasificados

Para el conjunto de datos del área urbana y no urbana de la Ciudad de La Rioja, se calculó la diferencia de temperaturas y analizó la presencia del efecto de isla de calor urbana según la metodología descrita por Cuadrat et al. (2022) y Martin-Vide et al. (2015) analizando la variabilidad temporal de la UHI.

RESULTADOS

1. Primavera 2021

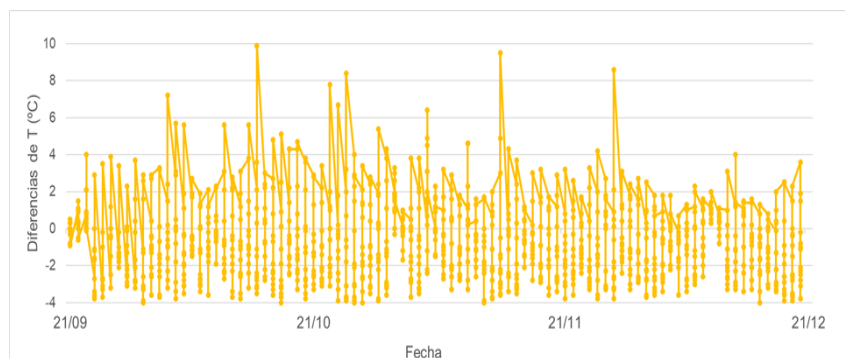
1.1 Efecto de isla de calor diurna

Para el estudio del efecto de isla de calor urbana diurna para primavera, se analizó la variación de temperaturas entre la franja horaria de las 5:30 horas y las 19:20 horas.

En la Figura 1, se puede observar que las diferencias de temperaturas entre el área urbana y no urbana de la ciudad de La Rioja varían en función de la hora del día. Existe gran variabilidad en los resultados. A simple vista, el fenómeno de isla de calor urbano es variable en este periodo. La diferencia de temperatura entre AU y ANU no tiene un patrón definido.

Figura 1

Variación de temperaturas diurnas entre área urbana y área no urbana. Primavera 2021



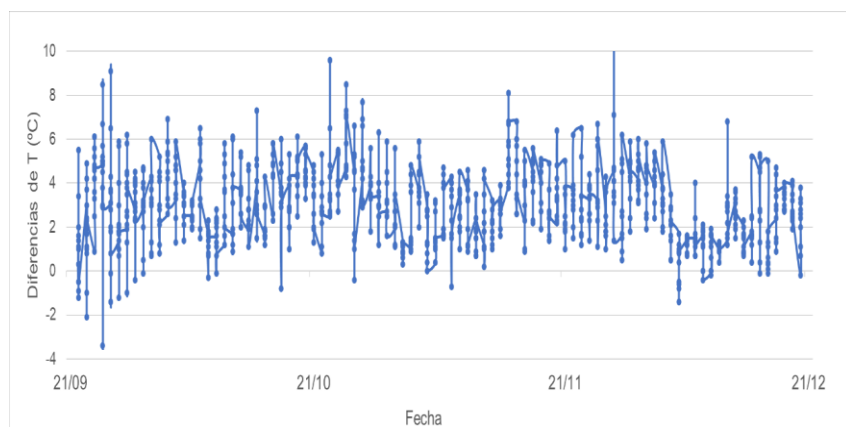
Si se analiza por franja horaria, entre las 12 horas y las 16 horas el AU presenta menores temperaturas que el área no urbana, actuando como isla de frío urbana (descrito en otras ciudades por Casadei et al., 2021).

1.2 Efecto de isla de calor nocturna

En primavera, entre septiembre y diciembre el área urbana de la ciudad de La Rioja actúa como isla de calor nocturna, ya que las diferencias de temperaturas respecto al área no urbana son mayores. Este efecto se observa con mayor impacto en la franja horaria entre las 21:00 y las 7:00 de la mañana, AU se comporta como isla de calor urbana nocturna. Este fenómeno está asociado a incremento de las temperaturas diurnas y la dificultad de disipación del calor en la noche (Figura 2).

Figura 2

Variación de temperaturas nocturnas entre área urbana y área no urbana. Primavera 2021.



2. Verano 2021

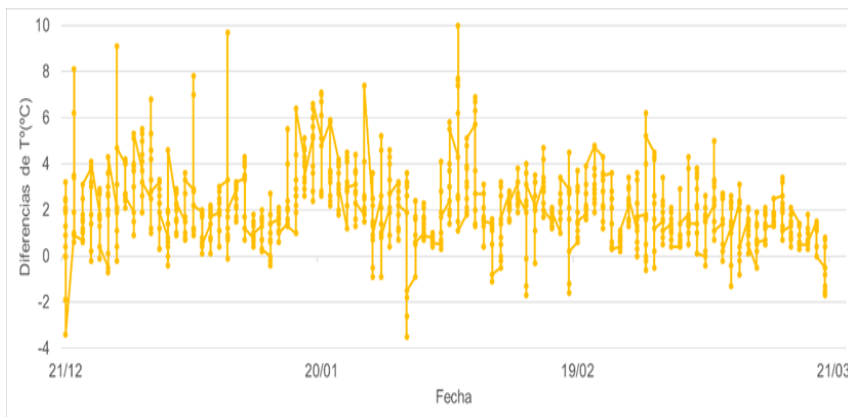
2.1 Efecto de isla de calor diurna

Para el estudio del efecto de isla de calor urbana diurna, se analizó la variación de temperaturas entre la franja horaria de las 6 de la mañana y las 18 horas, lo que corresponde a 13 horas solares. El verano es la temporada del año donde se produce mayor irradiación solar y mayor

cantidad de horas con sol. Los valores positivos indican que la temperatura AU es superior a la ANU (Figura 3).

Figura 3

Variación de temperaturas diurnas entre área urbana y área no urbana. Verano 2021.



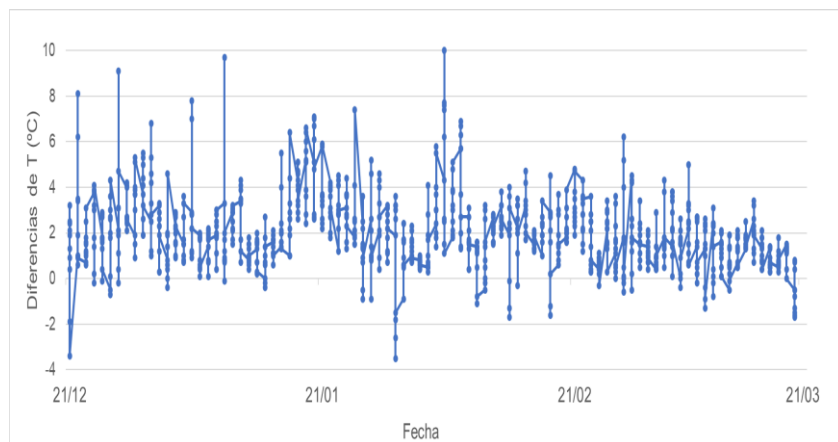
En este periodo hay pocos eventos donde la temperatura del ANU es superior a la temperatura del AU. La ciudad de la Rioja en verano actúa como isla de calor debido a que las temperaturas diarias son elevadas, si bien en esta estación hay mayor frecuencia de precipitaciones no es suficiente para reducir la temperatura del área urbana. En cambio, en ANU disipa rápidamente el incremento de temperatura producida en las horas con sol.

2.2 Efecto de isla de calor nocturna

En verano, el efecto de isla de calor nocturna queda evidenciado. En la Figura 4 se puede observar que existen diferencias entre las temperaturas ambientales del área urbana y no urbana. Son escasos los eventos en que la temperatura del ANU supera a la temperatura AU.

Figura 4

Variación de temperaturas nocturnas entre área urbana y área no urbana. Verano 2021.



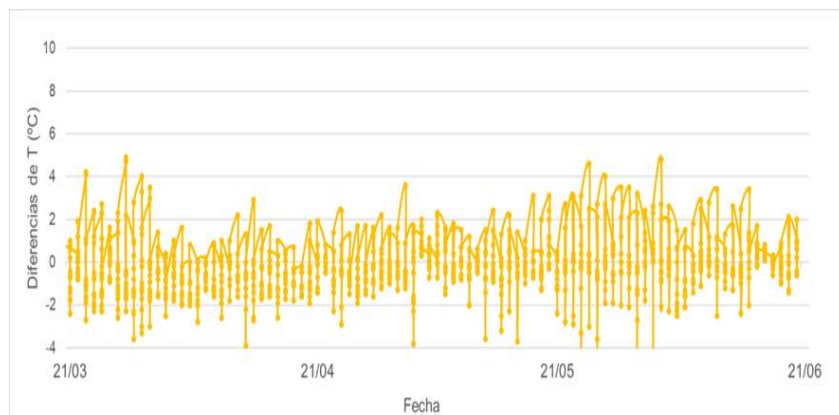
3. Otoño 2021

3.1 Efecto de isla de calor diurna

Para el estudio del efecto de isla de calor urbana diurna para otoño, se analizó la variación de temperaturas entre la franja horaria de las 7:00 y las 18:00 horas, lo que corresponde a 11 horas solares. En la Figura 5 se puede observar que las diferencias de temperaturas entre el área urbana y no urbana de la ciudad de La Rioja. Los resultados varían en función de la hora del día (al igual que en primavera). Los valores negativos indican que la temperatura ANU es superior a AU, hay unas horas del día donde la temperatura del ANU es superior a la temperatura del área urbana. Los resultados indican la presencia de lo que se denomina una isla de frío entre las 10:00 y las 17:00 horas, cuando la temperatura del ANU es mayor que el AU. Esto se debe a que ANU tiene una gran insolación diaria. En cambio, AU por su estructura edilicia presenta muchas áreas de sombra que obstaculizan el paso del sol e impide el calentamiento. Sólo entre las 7:00 y 10:00, AU presenta temperaturas superiores a ANU.

Figura 5

Variación de temperaturas diurnas entre área urbana y área no urbana. Otoño 2021.



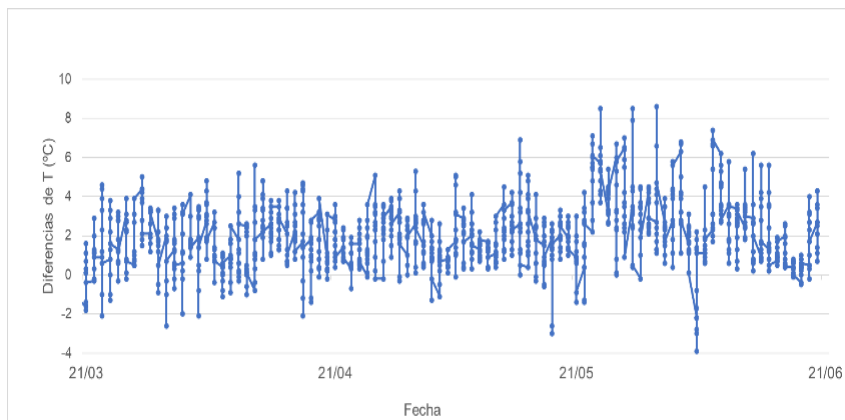
3.2 Efecto de isla de calor nocturna

En otoño, el efecto de isla de calor urbana nocturna queda evidenciado en la Figura 6 donde se pueden observar diferencias de temperatura entre el área urbana y no urbana. Como se analizó en el caso de la isla de calor urbana diurna para el otoño 2021 (Figura 5), el análisis de datos determina que el área urbana se comporta como una isla de frío en el horario de 10:00 a 17:00 horas. En cambio, en el horario nocturno por la diferencia de temperaturas entre el área urbana y no urbana se transforma en una isla de calor urbano.

El fenómeno de UHI nocturna es consecuencia de la radiación solar absorbida por el área urbana durante todo el día, y en la noche se disipa el calor almacenado en las estructuras y en los materiales.

Figura 6

Variación de temperaturas nocturnas entre área urbana y área no urbana. Otoño 2021.



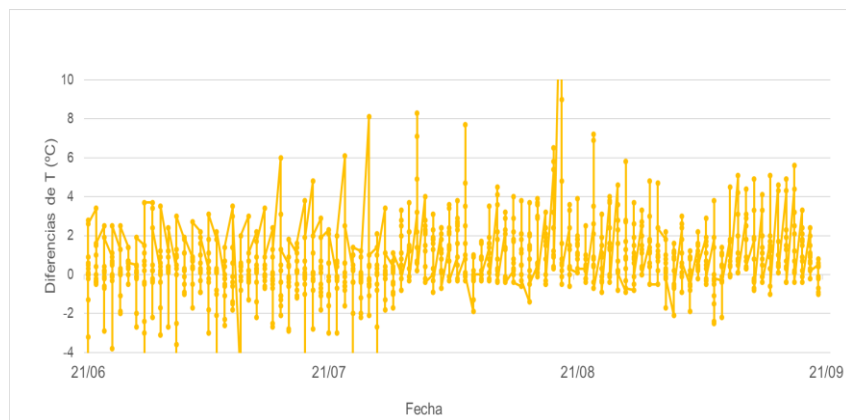
4. Invierno 2021

4.1 Efecto de isla de calor diurna

El área urbana se comporta como una isla de frío urbano diurna. En la Figura 7, se puede observar que el fenómeno sucede entre junio y julio. Existe una diferencia de temperatura donde la temperatura de ANU supera a la temperatura de AU. Entre agosto y septiembre, los resultados indican que el área urbana se comporta como isla de calor urbano diurna. La temperatura de AU es mayor que la temperatura de ANU.

Figura 7

Variación de temperaturas diurnas entre área urbana y área no urbana. Invierno 2021.

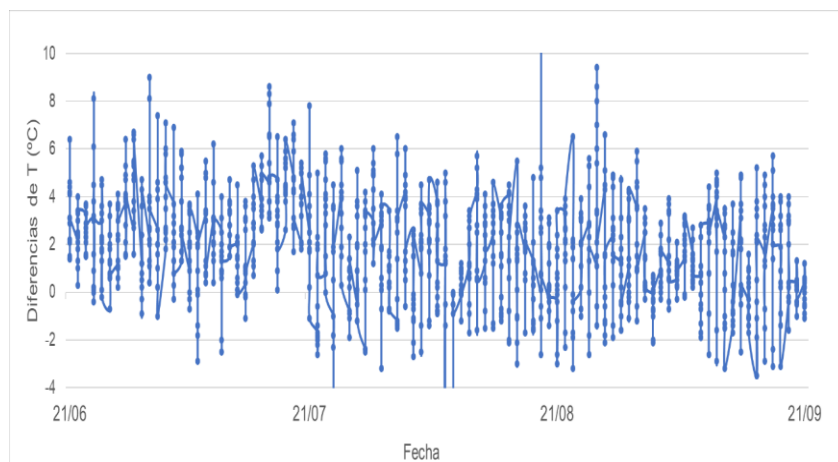


4.2 Efecto de isla de calor nocturna

En invierno, el efecto de isla de calor urbana nocturna queda evidenciado en la Figura 8, se pueden observar diferencias de temperatura entre el área urbana y no urbana. Como se analizó en el caso de la isla de calor urbana nocturna para el otoño 2021 (figura 6), los resultados indican que AU es una isla de calor en el horario de 18:00 a 7:00 de la mañana. El fenómeno de UHI nocturna es consecuencia de la radiación solar absorbida por el área urbana durante todo el día, y en la noche los materiales disipan el calor almacenado durante el día. Existe una gran variabilidad entre los datos desde principios de agosto hasta el final del invierno 2021. La diferencia de temperaturas coincide con el cambio de estación, debido a que existe una transición térmica entre el invierno y la primavera donde se produce un gran contraste de temperaturas.

Figura 8

Variación de temperaturas nocturnas entre área urbana y área no urbana. Invierno 2021.



CONCLUSIONES

En base a los resultados del análisis de las temperaturas del área urbana y no urbana de la ciudad de La Rioja durante el año 2021, se puede concluir que existe una significativa variabilidad térmica entre ambos puntos de medición y por lo tanto se puede afirmar contundentemente que el fenómeno de la isla de calor urbano (UHI) está presente en el área urbana de La Rioja. En primavera y verano se presenta el efecto de UHI diurno y nocturno. En otoño, existe el efecto de isla de frío urbano entre el horario de las 10:00 a 17:00, y en la noche se presenta el efecto de isla de calor urbana. En invierno, se destaca el efecto de isla de frío urbana desde inicios de invierno hasta finales de julio. A partir de agosto el efecto se revierte transformándose en isla de calor urbano. En tanto, en la noche la ciudad actúa como isla de calor urbano disipando el calor absorbido en el día.

REFERENCIAS

- Aragón, J. A., Rodríguez, E. D., Varon, G. A., y Sánchez, G. A. (2020). Análisis de islas de calor por medio de imágenes satelitales y SIG en el área urbana de la Sabana de Bogotá. *Geographicalia*, 72, 39–64. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2020724571
- Asar, M. L., Estallo, E. L., Benítez, E. M., Di Benedetto, H. M. & Ludueña Almeida, F. F. (2021). La isla de calor urbano entre 2018 y 2020 en la ciudad de Córdoba, Argentina. En Natalia Giovanale (Ed.), *106° Reunión Anual de la Asociación Física Argentina. Segunda Webinar* (p. 286). Asociación Física Argentina. http://rafa.fisica.org.ar/wp-content/uploads/2021/12/libro-de-resumenes-106rafa_final.pdf
- Berg, E. & Kucharik, C. (2022). The Dynamic Relationship between Air and Land Surface Temperature within the Madison, Wisconsin Urban Heat Island. *Remote Sensing*, 14(1), Article Number 165. <https://doi.org/10.3390/rs14010165>
- Casadei, P., Semmartin, M. & Garbulsky, M. F. (2021). Análisis regional de las islas de calor urbano en la Argentina. *Ecología Austral*, 31(1), 190–203. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.1.0.970>
- Colli, M. F., Correa, É. N. & Martínez, C. F. (2020). Aplicación del método WUDAPT en la ciudad de Mendoza-Argentina para definir zonas climáticas locales. *Revista Urbano*, 23(42), 18–31. <https://doi.org/10.22320/07183607.2020.23.42.02>
- Cuadrat, J. M., Serrano-Notivoli, R., Barrao, S., Saz, M. Á. & Tejedor, E. (2022). Variabilidad temporal de la isla de calor urbana de la ciudad de Zaragoza (España). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 48(1), 97-110. <https://doi.org/10.18172/cig.5022>
- Martin-Vide, J., Sarricolea, P., y Moreno-García, M. C. (2015). On the definition of urban heat island intensity: the “rural” reference. *Frontiers in Earth Science*, 3, Article 24. [doi:10.3389/feart.2015.00024](https://doi.org/10.3389/feart.2015.00024)
- Ruiz, M. A., Colli, M. F., Martínez, C. F. & Correa-Cantaloube, E. N. (2022). Park Cool Island and built environment: A ten-year evaluation in Parque Central, Mendoza-Argentina. *Sustainable Cities and Society*, 79, Article Number 103681. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103681>
- Servicio Meteorológico Nacional (2024). *Estadísticas Climáticas Normales Periodo 1991-2020* [Dataset]. Servicio Meteorológico Nacional <https://www.smn.gob.ar/descarga-de-datos>
- United Nations Environment Programme (2021). *Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities* (Informe No: DTI/2392/PA). Iain Campbell, Sneha Sachar, Julia Meisel & Rushad Nanavatty Editores. <https://www.unep.org/resources/report/beating-heat-sustainable-cooling-handbook-cities>.

Xu, C., Wang, W. & Zhu, H. (2024). Spatial gradient differences in the cooling island effect and influencing factors of urban park green spaces in Beijing. *Buildings*, 14(5), Article Number 1206. <https://doi.org/10.3390/buildings14051206>

* * * * *