

Efectos de la morfología urbana sobre el microclima: Resultados de estudio en El Carmen, Ciudad de Panamá

 Ottally Wald Pitti, Saúl Servín Abad

Resumen

Este estudio, objeto de un trabajo de graduación de la carrera de Arquitectura resalta la importancia de integrar espacios verdes y planificación urbana sostenible para mitigar los efectos de las islas de calor urbano. Analiza el impacto de dos parámetros morfológicos como son el Factor de Cielo Visible o Sky View Factor (SVF) y el índice de fracción de verde sobre el microclima local en el barrio de El Carmen, Ciudad de Panamá donde se seleccionaron diez puntos de interés (PDI) con diferentes configuraciones en el entorno construido. Los resultados muestran que los PDI con menor SVF y vegetación experimentaron mayores temperaturas y efecto de isla de calor, mientras que los PDI con más vegetación y mayor SVF presentaron condiciones más frescas.

Palabras claves

Morfología urbana, microclima, isla de calor urbano, factor de cielo visible, Espacio de fracción de verde.

Abstract

This study analyzes the impact of two morphological parameters, namely the Sky View Factor (SVF) and the green fraction index, on the local microclimate in the El Carmen neighborhood, Panama City, where ten points of interest (POI) with different built environment configurations were selected. The results show that POIs with lower SVF and vegetation experienced higher temperatures and a heat island effect, whereas POIs with more vegetation and higher SVF had cooler conditions. This study highlights the importance of integrating green spaces and sustainable urban planning to mitigate the effects of urban heat islands.

Keywords

Urban morphology, Microclimate, Urban heat island, Sky view factor, Green fraction space.

Introducción

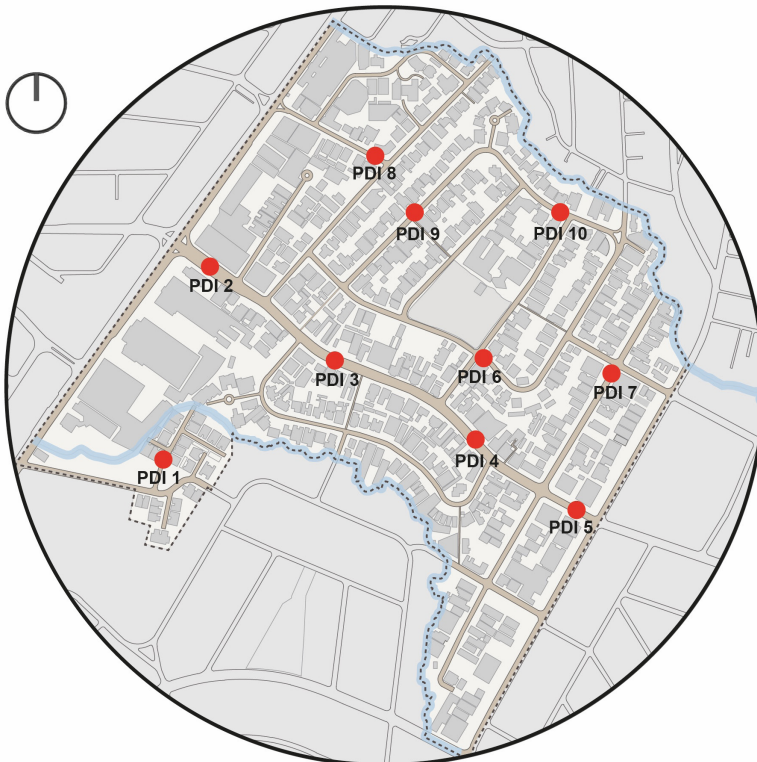
La isla de calor urbano es un fenómeno donde las áreas urbanas experimentan temperaturas más altas que las zonas rurales circundantes debido a la acumulación de calor en infraestructuras como edificios y pavimento. En la Ciudad de Panamá, así como otras zonas tropicales, el efecto de isla de calor urbano ha aumentado en sus principales vías debido al crecimiento insostenible de la construcción, la reducción de vegetación y el uso de materiales que absorben calor, lo que ha elevado las temperaturas urbanas y el consumo energético, además de afectar la salud y el medio ambiente (Candanedo & Villarreal, 2020; Agbor & Makinde, 2018).

La planificación urbana sostenible es clave para mitigar este impacto, incorporando parámetros morfológicos como el Factor de Cielo Visible (SVF), que influye en la retención de calor en edificios (Dirksen, Ronda, Theeuwes, & Pagani, 2019), y el índice de fracción verde, que mide la calidad de la vegetación y su capacidad

para reducir el calor y la contaminación del aire (Chang, Li, & Chang, 2007; Sarricolea et al., 2008; Vailshery, Jaganmohan, & Nagendra, 2013; Theeuwes et al., 2017). Este artículo analiza estos dos parámetros morfológicos en la planificación urbana y sus efectos para mejorar la calidad de vida en ciudades tropicales (Scodelaro et al., 2015; Negrete et al., 1998) en el barrio El Carmen de Panamá y su impacto en el microclima urbano, destacando su importancia.

Metodología

PDI: Los puntos de interés (PDI) representan ubicaciones relevantes dentro del área de estudio en el barrio El Carmen, Ciudad de Panamá. Se seleccionaron diez PDI basados en su configuración espacial y características específicas, todos ubicados en cañones de calle. Se consideró un radio efectivo de 50 metros alrededor de cada PDI para correlacionar con las temperaturas locales (Jin, Cui, Wong, & Ignatius, 2018; Liang Tan, Hien, & Jusuf, 2014).



Mapa N°1. Localización de los PDI. Elaboración propia.

PDI	Coordenadas	Descripción
PDI 1	8.992494, -79.527946	Se encuentra en la parte más alta del Carmen, cerca del Colegio La Salle, es un área residencial detrás de un centro comercial y pasa la quebrada Iguana cerca.
PDI 2	8.995541, -79.527227	Este punto se encuentra en el viaducto de la Avenida Ramón Arias, entre el restaurante McDonald's y un centro comercial.
PDI 3	8.994176, -79.525457	Se encuentra a 300 metros aproximadamente del PDI 2, sobre la avenida Ramón Arias, frente al restaurante Los Tarrascos.
PDI 4	8.992751, -79.523073	Se encuentra a 300 metros aproximadamente del PDI 3, sobre la avenida Ramón Arias, frente al Edificio del IFARHU.
PDI 5	8.991658, -79.521444	Se encuentra a 260 metros aproximadamente del PDI 4, sobre la avenida Ramón Arias intersección con la Avenida Central España, frente a Distribuidora Único.
PDI 6	8.994020, -79.522833	Este punto se encuentra al lado del Edificio Vista Park el Carmen, diagonal al parque Benito Juárez sobre la Calle Francisco Filós.
PDI 7	8.993813, -79.520883	Este punto se encuentra sobre la calle Otilia A. de Tejeira, entre los edificios PH. Rainbow y PH. Carreras El Carmen.
PDI 8	8.997222, -79.524612	Se localiza entre Linares y Herbruguer, sobre la calle José G. Batalla intersección Simón Bolívar. Entre dos locales comerciales.
PDI 9	8.996244, -79.524113	Se localiza entre dos residencias cerca del Parque Benito Juárez, sobre la calle Elida Díez.
PDI 10	8.996360, -79.521697	Entre el residencial Santa Marta y el Hostal Luna House, sobre la calle Elida Díez.

Parámetros de morfología urbana:

El cálculo del Sky View Factor (SVF) se realizó mediante la fórmula SVF2D: $\cos(\arctan[H/0.5W])$, donde H es la altura de los edificios y W es el ancho de las calles. Se midió el ancho de las calles con Google Earth y la altura de los edificios se estimó asignando tres metros por piso en visitas de campo. Se calculó la relación H/W y luego el SVF2D para obtener los parámetros morfológicos de cada cañón urbano.

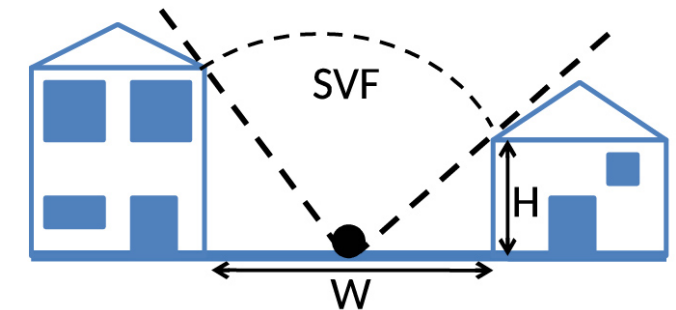


Imagen N°1. SVF en un cañón de calle 2D; donde W es el ancho de la calle y H es la altura del edificio. (Dirksen et al, 2019)

Parámetro de vegetación:

El espacio de fracción de verde se calculó utilizando Google Earth Engine y las imágenes satelitales Landsat. Se empleó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI por sus siglas en inglés) para medir la vegetación en el área de estudio. Se utilizaron datos del 1 de enero de 2022 al 31 de diciembre de 2022 en los alrededores de los diez PDI (Kuang, Hou, Dou, Lu, & Yang, 2021).

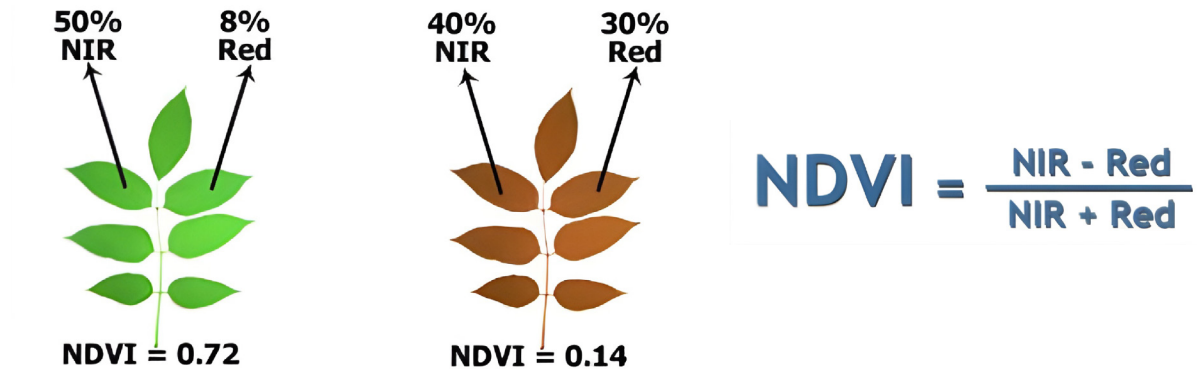


Imagen N°2. Cálculo general del NDVI. Kuang, Hou, Dou, Lu, & Yang, 2021)

Variables microclimáticas:

Los datos climáticos se obtuvieron de la base de datos de Visual Crossing Weather (2024), empleando técnicas de geolocalización y teledetección térmica. Para ello, se ingresaron las coordenadas y fechas correspondientes al PDI de control, y se descargaron los datos en formatos Excel o CSV. Las variables clave que se analizaron incluyen la temperatura del aire, la radiación solar y la velocidad del viento, las cuales se recopilaban y promediaban a lo largo de todas las horas del año 2022. Estos datos fueron fundamentales para calcular el efecto de Isla de Calor Urbano en los puntos de interés de la zona de estudio.

Isla de calor urbano:

Para evaluar la isla de calor urbano, se compararon las temperaturas entre zonas urbanas y una zona fuera de la ciudad. Se seleccionó la estación meteorológica del aeropuerto de Panamá Pacífico como PDI de control cumpliendo con los criterios de baja influencia de flujos mesoescalares (Koomen & Diogo, 2017; Theeuwes et al., 2017). El indicador UHI_{max} se calculó usando la fórmula de Theeuwes et al. (2017), que considera la configuración morfológica urbana, el índice de fracción de verde y el Sky View Factor (SVF). También se analizaron variables microclimáticas como temperatura máxima y mínima, velocidad del viento y radiación solar.

$$UHI_{max} = (2 - S_{vf} - F_{veg}) \times \sqrt[4]{\frac{S \times (T_{max} - T_{min})^3}{U}}$$

Imagen N°3. Fórmula de UHI_{max} (Theeuwes et al., 2016).

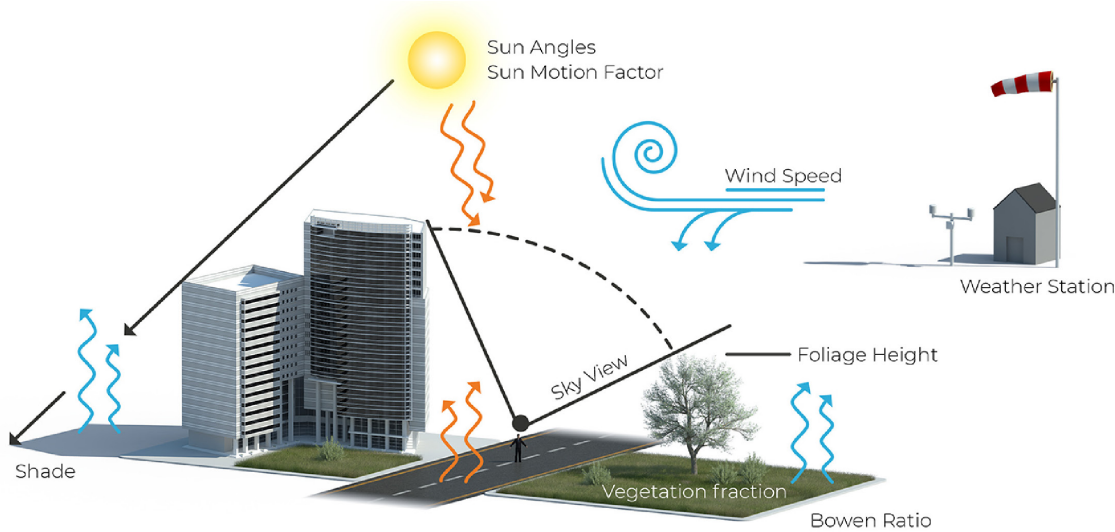


Imagen N°4. Interacción del factor morfológico con el efecto temperatura de la estación rural. (Tygron Support, s.f.)

Resultados de SVF2D:

En la Tabla 1, podemos observar que los valores del SVF2D (factor de cielo visible) disminuyen, como se observa en los cañones de calle que corresponden a los PDI 6, 7 y 8 entre Linares y Herbruguer, sobre la calle José G. Batalla intersección Simón Bolívar. Esto significa que en esos lugares se ve menos cielo, lo que sugiere que los edificios retienen más calor en esas zonas. En los lugares donde el valor del SVF2D (Factor de cielo) aumenta, la altura de los edificios en relación con el ancho de las calles es menor, como en los PDI 3, 5, 9 permitiendo que se vea más cielo. Esto significa que la radiación del sol llega más fácilmente a las superficies, lo que podría hacer que la temperatura aumente, especialmente en áreas con mucho asfalto.

Resultados de Espacio de Fracción de Verde:

Los puntos con mayor Espacio de Fracción Verde (valores más altos de NDVI) son el PDI 3, PDI 6 y PDI 10. Los puntos con menor Espacio de Fracción Verde (valores más bajos de NDVI) son el PDI 2 y el PDI 5. Este análisis resalta las áreas con mayor vegetación y aquellas donde la vegetación es escasa, lo que puede influir en las condiciones microclimáticas

urbanas como la temperatura y la retención de calor.

Resultados de las variables micro climáticas:

El cálculo del indicador UHI_{max} es un valor se calcula diariamente (Koomen & Diogo, 2017), se realizó el mismo cálculo promediando la información climática del PDI de control para los meses del año 2022. Con estos datos se procede a realizar el cálculo del UHI_{max} para cada uno de los PDI de la zona de estudio y el resultado de ese cálculo nos indica, en cuántos grados aumentaría la temperatura del PDI de control al aplicarse las configuraciones de SVF e índice de fracción de verde de los PDI.

Si los resultados del cálculo de UHI_{max} en cada PDI son iguales o superiores a 3 grados, esto indicaría que, teóricamente, en ese PDI existe un efecto de isla de calor urbano. Este umbral de 3 grados es utilizado para identificar áreas urbanas donde el aumento de la temperatura es significativo en comparación con las zonas de referencia, se puede inferir que los parametros morfológicas y climáticas del área están contribuyendo a un aumento sustancial de la temperatura, exacerbando las condiciones de calor en el entorno urbano.

Para obtener más detalles sobre la metodología y los resultados de todas las variables y parámetros, consulte la tesis titulada *"Impacto de la Morfología Urbana sobre el Microclima e Intervención Urbana en El Carmen, Ciudad de Panamá"*. (Wald, 2024)

Resultados de Isla de Calor urbano:

Los resultados obtenidos a través de este análisis muestran que donde el SVF (Factor de Cielo Visible) está por debajo de 0.5, el indicador del efecto de isla de calor tiende a acercarse a los 3 grados, lo que indica la presencia de una isla de calor. Sin embargo, el índice de fracción de verde ayuda a reducir este impacto, como se ve en los PDI 4, 6, 8 y 10, donde la vegetación juega un papel importante en minimizar el efecto.

Por otro lado, el PDI 7, que tiene poca vegetación, experimenta un fuerte efecto de isla de calor urbana. Esto se debe a su configuración, con dos de los edificios residenciales más altos de la zona, un cañón urbano estrecho y poca vegetación.

PDI	SVF	EFV	UHI _{max}
PDI1	0.86	0.20	1.68043
PDI2	0.61	0.05	2.389393
PDI3	0.92	0.22	1.540173
PDI4	0.33	0.13	2.743824
PDI5	0.87	0.05	1.929024
PDI6	0.2	0.20	2.854348
PDI7	0.11	0.09	3.218422
PDI8	0.33	0.10	2.794144
PDI9	0.66	0.19	2.06061
PDI10	0.35	0.30	2.406094

Tabla N°2. Resultados del UHI_{max} de cada PDI. Elaboración propia.

Discusión:

No se tomó en cuenta el impacto de la quebrada Iguana que atraviesa la zona de análisis, lo que podría haber afectado las condiciones climáticas locales, como la humedad y la regulación de la temperatura.

Conclusiones:

El estudio realizado en el barrio de El Carmen resalta la importancia de la interacción entre los parámetros morfológicos y el microclima local, confirmando la influencia clave de factores como el Espacio de fracción de verde y el factor de cielo visible (SVF). Los resultados muestran que una mayor altura de los edificios está asociada con un SVF reducido, lo que disminuye la exposición al cielo y aumenta el almacenamiento de calor en los edificios circundantes. Este hallazgo es consistente con estudios previos en la Ciudad de Panamá, donde se ha evidenciado que un menor SVF contribuye a la formación de islas de calor urbano.

Además, se encontró que las áreas con un índice de verde más alto tienen una mayor capacidad para mitigar los efectos del calor urbano, subrayando la relevancia de la vegetación en la reducción de las temperaturas locales. Esta relación directa entre vegetación y microclima refuerza la necesidad de incluir corredores verdes y aumentar la cantidad de áreas verdes en futuras decisiones de planificación y zonificación urbana. Es necesario continuar con el análisis para validar los resultados y perfeccionar los métodos de trabajo.

Referencias

Efectos de la morfología urbana sobre el microclima: resultados de estudio, en el carmen, ciudad de Panamá

Agbor, C. F., & Makinde, E. O. (2018). Land surface temperature mapping using geoinformation techniques. *Geoinformatics FCE CTU*, 17 (1), 17-32.

Candanedo, M., & Villarreal, D. (2020). Efecto de las islas de calor urbano en las principales vías de la Ciudad de Panamá. *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16.

Chang, C. R., Li, M. H., & Chang, S. D. (2007). A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landscape and urban planning*, 80(4), 386-395.

Dirksen, M., Ronda, R. J., Theeuwes, N. E., & Pagani, G. A. (2019). Sky view factor calculations and its application in urban heat island studies. *Urban Climate*, 30, 100498.

Ellison, G., & Glaeser, E. L. (1997). Geographic concentration in US manufacturing industries: a dartboard approach. *Journal of political economy*, 105(5), 889-927.

Jin, H., Cui, P., Wong, N. H., & Ignatius, M. (2018). Assessing the effects of urban morphology parameters on microclimate in Singapore to control the urban heat island effect. *Sustainability*, 10(1), 206.

Koomen, E., & Diogo, V. (2017). Assessing potential future urban heat island patterns following climate scenarios, socio-economic developments and spatial planning strategies. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 22, 287-306.

Kuang, W., Hou, Y., Dou, Y., Lu, D., & Yang, S. (2021). Mapping global urban impervious surface and green space fractions using Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(20), 4187.

Yang, W., Wong, N. H., & Jusuf, S. K. (2013). Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. *Building and environment*, 59, 426-435.

Liang Tan, C., Hien, W. N., & Jusuf, S. K. (2014). Effects of vertical greenery on mean radiant temperature in the tropical urban environment. *Landscape and Urban Planning* 127, 52-64.

Negrete, J., Sánchez de Colacelli, M. R., Guijarro, J. L., Costilla, M., Corradi, C. M., Soldati, M. E., ... & Higuera, P. (1998). Diagnóstico y escenario del sector de la vivienda rural en zonas de la provincia de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2.

Sarricolea, P., & Romero, H. (2010). Análisis de los factores condicionantes sobre las temperaturas de emisión superficial en el área metropolitana de Valparaíso Chile. *ACE* 14, 79–96.

Scodelaro, F., Gaitán, N., Terraza, H., Raisa, B., Treuherz, A., & Trute, M. (2015). Plan de Acción. Panamá Ciudad Sostenible. Hacia una Gestión Moderna e Integral de la Planificación Urbana. Ciudad de Panama: <https://dpu.mupa.gob.pa/wp-content/uploads/2017/06/PA-Panama-Borrador-Final-v1.pdf>.

Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011, November 1). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.034>

Theeuwes, N. E., Steeneveld, G. J., Ronda, R. J., & Holtslag, A. A. (2017). A diagnostic equation for the daily maximum urban heat island effect for cities in northwestern Europe. *International Journal of Climatology*, 37, 443-454.

Rosheidat, A., & Bryan, H. (2010). Optimizing the effect of vegetation for pedestrian thermal comfort and urban heat island mitigation in a hot arid urban environment. *Proceedings of SimBuild*, 4(1), 230-237

Tygron Support. (s.f.). Visión general del módulo de calor [Imagen]. Tygron. https://support.tygron.com/wiki/Heat_Module_overview

Vailshery, L. S., Jaganmohan, M., & Nagendra, H. (2013). Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. *Urban Forestry & Urban Greening* 12, 408–415.

Wald, O. (2024). Impacto de la Morfología Urbana sobre el Microclima e Intervención Urbana en El Carmen, Ciudad de Panamá [Tesis de licenciatura, Universidad de Panamá].
