



Caracterización microclimática del Parque Omar, ciudad de Panamá, Panamá, mediante análisis comparativo de temperatura y humedad relativa

Microclimatic characterization of Omar Park, Panama city Panama, through comparative analysis of temperature and relative humidity

David Quintero Ramirez

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ciencias de la Tierra, Panamá.

david-a.quintero-r@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0009-6324-8066>

Mayubell Alvarado-Valdes

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Física, Panamá.

mayubell.alvarado-v@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0007-7017-956X>

Bairon Perez Ruiz

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ciencias de la Tierra, Panamá.

bairon-e.perez-r@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0005-3602-8632>

José Luis Alvarez

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ciencias de la Tierra, Panamá.

jose.alvarez03@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-7208-8780>

David Camaño Morales

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ciencias de la Tierra, Panamá.

david-a.camano-m@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0005-0043-8197>

Dionisio Escobar Moreno

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ciencias de la Tierra, Panamá.

dionisio-j.escobar-m@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0001-9878-2826>

Yamir Del Cid

Universidad de Panamá, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ciencias de la Tierra, Panamá.

yamir.delcid@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0006-8616-3952>

Fecha de recepción: 8 de octubre de 2025

Fecha de aceptación: 26 de enero de 2026

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v8n2.a10837>



RESUMEN

El acelerado proceso de urbanización en la Ciudad de Panamá ha generado transformaciones significativas en el paisaje natural, intensificando los efectos de las islas de calor urbanas y alterando la calidad ambiental. En este contexto, los parques urbanos, como el Parque Recreativo y Cultural Omar, cumplen un rol esencial al moderar las temperaturas mediante la sombra y la evapotranspiración, ofreciendo espacios más confortables y sostenibles.

El estudio se desarrolló durante la estación lluviosa de 2025, con observaciones realizadas en horarios diurnos (mañana, mediodía y tarde), capturando la variabilidad térmica bajo condiciones contrastantes de nubosidad y precipitación. Los resultados revelan contrastes térmicos de hasta 3 °C dentro del parque, directamente relacionados con el tipo de cobertura vegetal y uso del suelo. Las zonas con alta densidad arbórea exhibieron condiciones más estables y frescas (28,7 °C –29,30 °C), mientras que áreas asfaltadas y espacios recreativos expuestos registraron temperaturas extremas (>30,50 °C), superando los umbrales de confort térmico establecidos por la norma ASHRAE 55-2017.

Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar datos microclimáticos localizados en la planificación urbana, con el fin de diseñar estrategias de mitigación que reduzcan el estrés térmico y mejoren la experiencia de los usuarios en espacios públicos tropicales.

PALABRAS CLAVE

Confort térmico, isla de calor urbana, parques urbanos, calidad ambiental, estrés térmico.

ABSTRACT

The accelerated urbanization process in Panama City has led to significant transformations in the natural landscape, intensifying the effects of urban heat islands and altering environmental quality. In this context, urban parks—such as the Omar Recreational and Cultural Park—play a key role in moderating temperature through shade and evapotranspiration, providing more comfortable and sustainable environments.

The study was conducted during the 2025 rainy season, with observations taken at daytime intervals (morning, noon, and afternoon) to capture thermal variability under contrasting conditions of cloudiness and precipitation. The results reveal thermal contrasts of up to 3 °C within the park, directly related to vegetation cover and land use. Areas with high tree density exhibited more stable and cooler conditions (28,70 °C –29,30 °C), whereas asphalted zones and exposed recreational spaces recorded extreme temperatures (>30,50 °C), exceeding the thermal comfort thresholds established by ASHRAE Standard 55-2017.

These findings highlight the importance of integrating localized microclimatic data into urban planning to design mitigation strategies that reduce thermal stress and enhance user experience in tropical public spaces.

KEYWORDS

Thermal comfort, urban heat island, urban parks, environmental quality, heat stress.



INTRODUCCIÓN

En un contexto de urbanización acelerada y transformación del paisaje natural, comprender las dinámicas microclimáticas urbanas resulta crucial. Las condiciones locales de temperatura y humedad impactan directamente la calidad de vida, el confort térmico, la salud pública y la sostenibilidad ambiental (Flores et al., 2018).

En este sentido, el estudio de los microclimas en áreas verdes adquiere especial relevancia por su capacidad para regular la temperatura (Perén et al., 2022). En entornos densamente construidos, los parques y bosques urbanos mitigan el efecto de isla de calor y reducen el consumo energético asociado a sistemas de climatización (García, 2017).

Frente a los desafíos del cambio climático, especialmente en regiones tropicales como la Ciudad de Panamá, es fundamental recopilar datos microclimáticos espacialmente localizados para caracterizar con precisión las condiciones térmicas de los espacios públicos. Por ello, los bosques urbanos y áreas verdes se consolidan como infraestructuras ecológicas clave, al contribuir a la reducción de la contaminación, la conservación de la biodiversidad, la captura de CO₂ y la mejora del confort térmico (Martini, Biondi, & Batista, 2017).

En este marco, la evaluación microclimática del Parque Omar, un pulmón verde clave en el centro de la Ciudad de Panamá adquiere gran importancia (Dirección de Planificación Urbana, 2025). Este estudio busca generar datos espacialmente distribuidos que permitan identificar zonas de estrés térmico, evaluar el comportamiento del parque y proponer estrategias de mitigación sustentadas en evidencia empírica.

Antecedentes

Los bosques urbanos son esenciales para regular el microclima mediante la sombra y la evapotranspiración, mejorando el confort térmico. Un estudio en la Ciudad de Panamá (2016–2024) utilizó imágenes satelitales y ArcGIS para mostrar cómo la fragmentación de áreas forestales intensifica la isla de calor, evidenciando la necesidad de estrategias de mitigación frente al cambio climático (Fiol et al., 2024).

Espacios verdes, como parques, actúan como islas de frío, reduciendo la temperatura del aire hasta 4 °C en comparación con áreas urbanizadas. Investigaciones en Panamá (Santa Ana), México (Chapultepec), y otras ciudades latinoamericanas destacan que la densidad, tipo y distribución de vegetación son clave para optimizar el comportamiento térmico, lo que refuerza su rol en la planificación urbana (García, 2017).

La evaluación microclimática del Parque Omar enfrenta brechas significativas. Aunque estudios locales han analizado el impacto de la vegetación, carecen de datos espaciales detallados, índices estandarizados como el PET (*Physiological Equivalent Temperature*) o el



UTCI (*Universal Thermal Climate Index*), y comparaciones entre dispositivos portátiles (ej. *Fluke 971*) y estaciones meteorológicas. Un estudio integral que combine teledetección, censos de vegetación y mediciones in situ permitirá optimizar su función como mitigador del calor urbano y mejorar la planificación de espacios públicos en Panamá (Ortega, 2018; He et al., 2022).

Microclima Urbano

Las ciudades modernas, como centros de urbanización, presentan condiciones climáticas particulares determinadas por las características del territorio, el urbanismo y las actividades humanas (Cárdenas, 2012).

El entorno urbano concentra variables climáticas y ecológicas, como la radiación solar, el viento, la temperatura, la humedad y la precipitación, que generan modificaciones locales conocidas como *microclima urbano*. Estas alteraciones, inducidas por la acción humana, influyen directamente en la dinámica climática de las ciudades (Khan et al., 2021).

La morfología urbana, incluyendo la orientación de las calles, la altura y densidad de los edificios, los materiales de baja reflectancia térmica y la escasa cobertura vegetal, incide de forma significativa en el balance energético local, modificando la absorción y disipación del calor en el entorno urbano. Estas características favorecen el fenómeno de la isla de calor urbana, haciendo que las ciudades sean más cálidas que sus áreas periféricas (Andreou, 2013; Emilsson, 2021).

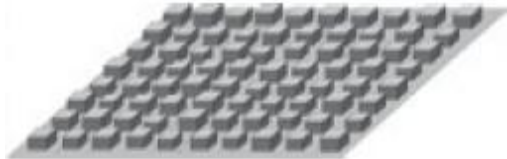
En consecuencia, la urbanización transforma el uso del suelo y reduce la vegetación, alterando el equilibrio térmico. Factores como la temperatura, el viento, la humedad y la radiación solar, junto con el diseño del tejido urbano, determinan las condiciones microclimáticas en ciudades de distintos tamaños (Ng et al., 2012).

El análisis de la forma urbana y su impacto en el microclima permite identificar elementos clave para diseñar entornos exteriores más confortables. Mediante una planificación urbana sostenible, es posible mitigar los impactos térmicos negativos y promover el desarrollo de ciudades resilientes y ambientalmente confortables (Therán Nieto et al., 2019).



Tabla 1

Descripción de las geometrías urbanas del corregimiento de San Francisco (Adaptada de Stewart & Oke, 2012)

Tipo de Edificio	Definición
Alta densidad con edificios altos 	Mezcla densa de edificios altos de hasta decenas de pisos. Pocos o ningún árbol. La cobertura del suelo es mayormente pavimentada. Materiales de construcción: concreto, acero, piedra y vidrio.
Alta densidad con edificios medianos 	Mezcla densa de edificios de mediana altura (3 a 9 pisos). Pocos o ningún árbol. La cobertura del suelo es mayormente pavimentada. Materiales de construcción: piedra, ladrillo, teja y concreto.
Alta densidad con edificios bajos 	Mezcla densa de edificios bajos (1 a 3 pisos). Pocos o ningún árbol. La cobertura del suelo es mayormente pavimentada. Materiales de construcción: piedra, ladrillo, teja y concreto.
Baja densidad con edificios altos 	Disposición abierta de edificios altos de hasta decenas de pisos. Abundancia de cobertura del suelo permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Materiales de construcción: concreto, acero, piedra y vidrio.
Baja densidad con edificios medianos 	Disposición abierta de edificios de mediana altura (3 a 9 pisos). Abundancia de cobertura del suelo permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Materiales de construcción: concreto, acero, piedra y vidrio.
Baja densidad con edificios bajos 	Disposición abierta de edificios bajos (1 a 3 pisos). Abundancia de cobertura del suelo permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Materiales de construcción: madera, ladrillo, piedra, teja y concreto.

Efectos de las islas de calor

Las islas de calor urbanas (ICU) resultan de la acumulación de calor antropogénico asociada a la morfología urbana y a los materiales de baja reflectancia térmica, lo que incrementa el consumo energético, deteriora la calidad del aire y compromete el confort térmico y la salud de la población (Candanedo & Villarreal, 2020).

El calor antropogénico, producido por la demanda energética y las emisiones del transporte motorizado de combustibles fósiles, contribuye a la liberación de gases de efecto invernadero que intensifican la isla de calor urbana (ICU) y deterioran la calidad del aire (Candanedo & Villarreal, 2020; Shashua-Bar et al., 2010).

Los materiales de construcción con bajo albedo, como los de tonos oscuros, absorben más calor, mientras que la vegetación, al disiparlo mediante fotosíntesis, mitiga el problema; su reducción agrava las ICU (Therán Nieto et al., 2019).

La geometría urbana, definida por la disposición de calles y edificios, altera la radiación solar, la ventilación y los flujos térmicos, modificando el microclima urbano (Candanedo & Villarreal, 2020).

Confort Térmico

El confort térmico, definido por la norma ISO 7730 como la satisfacción con el ambiente térmico, es crucial en espacios exteriores, donde las percepciones individuales influyen en la experiencia de actividades al aire libre (Organización Internacional de Normalización, 2005; Liu et al., 2023).

La norma ISO 7730 incorpora el método Fanger, que evalúa el confort térmico mediante variables como temperatura, humedad, velocidad del aire, nivel de actividad y características de la ropa, las cuales determinan los intercambios térmicos entre el cuerpo y el entorno (Fanger, 1972).

Un ambiente térmicamente confortable mejora la concentración, la productividad y el aprendizaje, beneficiando el desempeño físico y mental (Jiang et al., 2021). En parques recreativos, fomenta la permanencia, las actividades físicas y sociales, y reduce el estrés térmico, especialmente en climas cálidos, incrementando la percepción positiva del espacio (Lin, 2009; Nikolopoulou & Steemers, 2003).

El diseño de estos espacios, con sombra, vegetación y ventilación natural, aumenta la seguridad y satisfacción de los usuarios, fortaleciendo el valor recreativo y social del



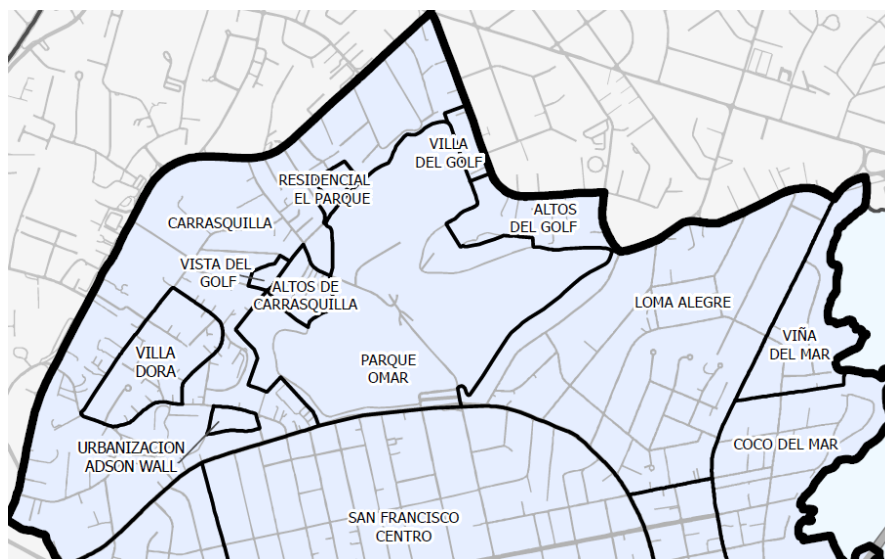
parque (Lin, 2009). Los estudios de confort térmico son esenciales para crear entornos sostenibles que optimicen la eficiencia energética y protejan la salud frente al cambio climático (Aghamolaei & Lak, 2023).

Sin embargo, las temperaturas elevadas representan un riesgo grave. Por cada aumento de 1 °C por encima de la temperatura de referencia, la morbilidad por enfermedades relacionadas con el calor y la mortalidad aumentan en un 18 % y un 35 %, respectivamente, afectando especialmente a adultos mayores y regiones subtropicales (Zhang et al., 2022). Por ejemplo, en España, superar los 16 °C eleva en un 74 % el riesgo de fallecimiento por golpe de calor (Achebak et al., 2023), mientras que en Portugal las olas de calor incrementan un 53 % las hospitalizaciones por enfermedades infecciosas, y en Brasil el 7,4 % de los ingresos por problemas renales se atribuyen al calor (Silva et al., 2024). Estas condiciones también agravan las enfermedades cardiovasculares, comprometiendo la salud pública, especialmente en poblaciones vulnerables (Zhang et al., 2022).

ÁREA DE ESTUDIO

Figura 1

Límites del Parque Recreativo Omar según la Dirección de Planificación Urbana (2025). Al norte: Altos del Golf, Villa del Golf y Residencial el Parque. Al este: Loma Alegre y Viña del Mar. Al sur: San Francisco Centro. Al oeste: Carrasquilla, Vista del Golf, Villa Dora y Urbanización Adson Wall (Adaptado de Dirección de Planificación Urbana, 2025).



El Parque Recreativo y Cultural Omar es de acceso gratuito, opera de 5:00 a.m. a 10:00 p.m. y recibe unos 5,000 visitantes diarios, 150,000 mensuales y hasta 1.8 millones anuales



(Ministerio de la Presidencia, 2022). Ofrece una pista principal de 3,5 km para caminar, trotar o patinar, senderos internos de 5 km, parques infantiles, campos deportivos (fútbol, béisbol, tenis, baloncesto), un anfiteatro, una Casa Club y máquinas de ejercicio al aire libre. Alberga la Biblioteca Nacional Ernesto J. Castellero, la Escuelita de Fútbol de la Fundación de Amigos del Real Madrid Panamá y actividades como yoga, zumba y boxeo, promoviendo el bienestar físico y social (Ministerio de la Presidencia, 2022).

Su biodiversidad floral, según un inventario de 2019, incluye 2,773 individuos de 126 especies (2,496 árboles, 25 arbustos, 252 palmeras) (Ministerio de Ambiente de Panamá, 2019). La vegetación del Parque Recreativo y Cultural Omar forma un ecosistema resiliente compuesto por árboles de gran porte, arbustos y hierbas. La canopia de árboles maduros regula la temperatura y ofrece hábitat a aves y otros animales. Arbustos, helechos y enredaderas prosperan en áreas sombreadas, mientras que hierbas resistentes ocupan espacios abiertos cerca de pistas y campos deportivos. Esta estructura modula la luz solar, la temperatura y la humedad, creando un microclima favorable para diversas especies de aves, insectos y otros organismos, al tiempo que mejora el confort térmico y la experiencia de los visitantes (Ministerio de Ambiente de Panamá, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción Técnica de la Instrumentación

El instrumento empleado fue el termohigrómetro portátil Fluke 971, diseñado para la medición de temperatura del aire y humedad relativa en estudios de calidad ambiental. Incorpora un sensor de temperatura tipo NTC y un sensor de humedad de capacitancia electrónica, lo que asegura confiabilidad en condiciones de campo.

Su rango de operación es de -20°C a 60°C para temperatura, con exactitud de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en el intervalo de $0,0-45,0^{\circ}\text{C}$, y de 5 % a 95 % HR para humedad relativa, con exactitud de $\pm 2,5$ % en el rango de 10–90 % HR a 23°C . La resolución es de $0,1^{\circ}\text{C} / 0,1\%$ HR, con un tiempo de respuesta de 60 s y capacidad de almacenamiento de 99 registros (Fluke Corporation, 2005).

Técnicas de Recolección de Datos

El procedimiento metodológico se estructuró en dos fases principales: planificación y delimitación, y recolección de datos. En la etapa de planificación, las zonas de estudio fueron identificadas y clasificadas según la densidad de vegetación y el tipo de uso del suelo (áreas arboladas, pavimentadas o abiertas), con el fin de seleccionar puntos de medición estratégicos en cada sección del parque.

Durante la fase de recolección se realizaron mediciones directas de temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%) con el termohigrómetro portátil Fluke 971, bajo un protocolo diseñado para garantizar la confiabilidad y comparabilidad de los registros.



Las mediciones se efectuaron a dos alturas de referencia, 1,00 m y 1,75 m sobre el nivel del suelo, representando la zona respiratoria promedio de un niño y de un adulto, respectivamente. Con el propósito de evitar la influencia directa de la radiación solar sobre los sensores, las lecturas se efectuaron en áreas sombreadas o mediante el empleo de una pantalla de protección, lo que permitió asegurar la estabilidad térmica del instrumento.

En cada punto de muestreo, el equipo fue dejado en estabilización durante un minuto previo al registro de los valores, con el fin de garantizar su adaptación a las condiciones microclimáticas locales. Posteriormente, se documentaron la temperatura, la humedad relativa y las condiciones atmosféricas particulares de la jornada en un total de 45 puntos georreferenciados distribuidos dentro del Parque Recreativo y Cultural Omar Torrijos Herrera.

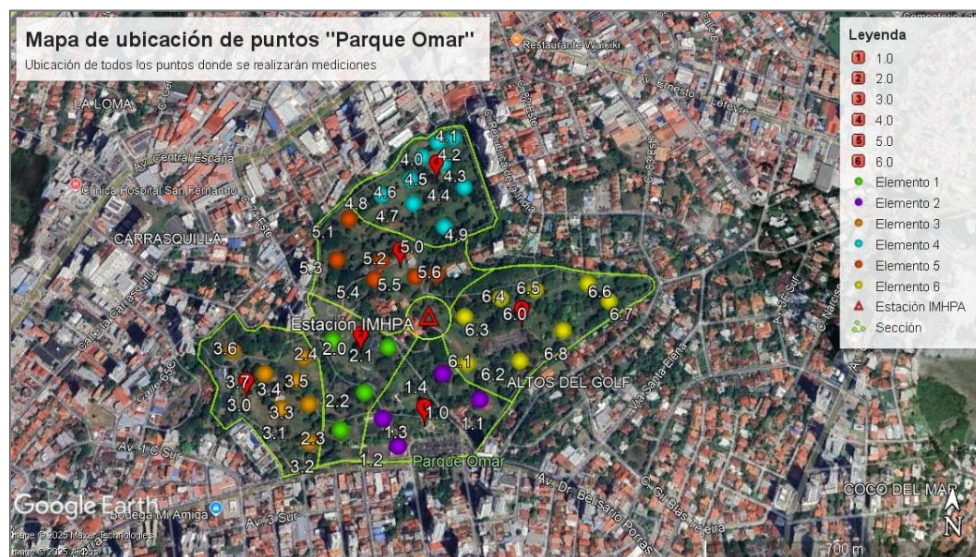
Las mediciones se efectuaron durante el periodo comprendido entre junio y agosto de 2025, coincidiendo con la estación lluviosa. El muestreo se desarrolló durante jornadas diurnas, distribuidas en tres franjas horarias correspondientes a la mañana, el mediodía y la tarde, con el propósito de registrar la evolución térmica e higrométrica a lo largo del día. Se incluyeron tanto días sin precipitación como jornadas lluviosas, a fin de representar la variabilidad meteorológica característica del periodo de estudio. Este procedimiento permitió caracterizar la variabilidad térmica e higrométrica bajo condiciones contrastantes y garantizar una cobertura espacial representativa de la totalidad del parque.



Sitios de Muestreo

Figura 2

Zonificación del Parque Recreativo y Cultural Omar Torrijos Herrera en seis secciones con puntos de medición distribuidos.



La Figura 2 ilustra la zonificación del Parque Recreativo y Cultural Omar Torrijos Herrera, dividido en seis secciones diferenciadas cromáticamente con base en la estación meteorológica del Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA), ubicada en el centro del parque. Cada sección incluye un punto de control principal (indicado en rojo) y entre cuatro y nueve subpuntos de medición, conformando una red espacialmente distribuida que permite registrar gradientes térmicos y de humedad relativa. Esta configuración metodológica asegura una caracterización comparativa y multiescalar de las condiciones microclimáticas, proporcionando información clave para el análisis de la variabilidad espacial en ambientes urbanos.

La Figura 3 presenta la caracterización espacial del Parque Recreativo y Cultural Omar Torrijos Herrera en función de la cobertura superficial y la morfología del terreno. En el mapa, las zonas de verde intenso corresponden a áreas con alta densidad arbórea, el verde claro identifica espacios abiertos con escasa cobertura vegetal, el marrón señala senderos peatonales, mientras que los tonos grises distinguen superficies pavimentadas (gris oscuro) y áreas bajo techo (gris claro). Esta clasificación tipológica permite evaluar la influencia diferencial de cada tipo de cobertura en la modulación del microclima urbano, aportando evidencia para el análisis de procesos vinculados con la disipación del calor, la regulación de la radiación solar y los patrones de confort térmico en entornos urbanos.



Figura 3

Caracterización de coberturas distribución de áreas arboladas, abiertas, senderos, superficies pavimentadas y zonas bajo techo.



Análisis y Visualización de Datos

El análisis se orientó a caracterizar el microclima del Parque Omar a partir de los registros de temperatura y humedad relativa obtenidos con el dispositivo portátil Fluke 971. Los datos fueron recolectados en diferentes zonas del parque, a dos alturas (1,00 m y 1,75 m), y consolidados en promedios diarios y semanales para cada punto de muestreo.

Los valores registrados se procesaron aplicando técnicas estadísticas descriptivas, incluyendo medidas de tendencia central (media y mediana) y de dispersión (varianza y desviación estándar), con el fin de sintetizar la información y facilitar la comparación entre áreas. Para explorar las relaciones entre temperatura y humedad relativa se utilizó el modelo de regresión lineal simple y coeficiente de determinación, que mide qué proporción de la variabilidad de la temperatura se explica por la humedad relativa en este modelo lineal.

La representación espacial se realizó mediante la elaboración de mapas de calor e isotermas en QGIS, que permitieron visualizar los contrastes microclimáticos, identificar anomalías locales y evaluar la influencia del uso del suelo en el confort térmico. Estos resultados se

complementaron con gráficos bivariados, que facilitaron el análisis temporal de la interacción entre temperatura y humedad relativa en distintos intervalos horarios.

Para la elaboración de los mapas de temperatura e isotermas se empleó una base de datos compuesta por 45 puntos de medición, que incluían las coordenadas geográficas y los valores promedio de temperatura registrados en campo. Esta información fue importada al software QGIS 3.34, donde se generó una capa vectorial georreferenciada conforme al sistema de coordenadas oficial (WGS 84).

Posteriormente, se incorporó el polígono delimitador del Parque Recreativo y Cultural Omar como área de análisis, y se aplicó el método de interpolación espacial IDW (Inverse Distance Weighting) o Ponderación Inversa de la Distancia, con el propósito de obtener una superficie térmica continua que representara la distribución espacial de la temperatura en el parque. El ráster resultante fue recortado al perímetro del parque y clasificado en 21 intervalos de color definidos según rangos térmicos homogéneos. Finalmente, la cartografía temática se complementó con los elementos convencionales de representación: escala gráfica, barra de colores, orientación norte y título, asegurando su correcta interpretación visual y comparabilidad espacial.

Este enfoque analítico permitió no solo identificar las zonas críticas de estrés térmico y las áreas con mejores condiciones de confort, sino también evaluar la aplicabilidad del Fluke 971 como herramienta de medición microclimática urbana, generando resultados comparables con estándares de confort térmico.

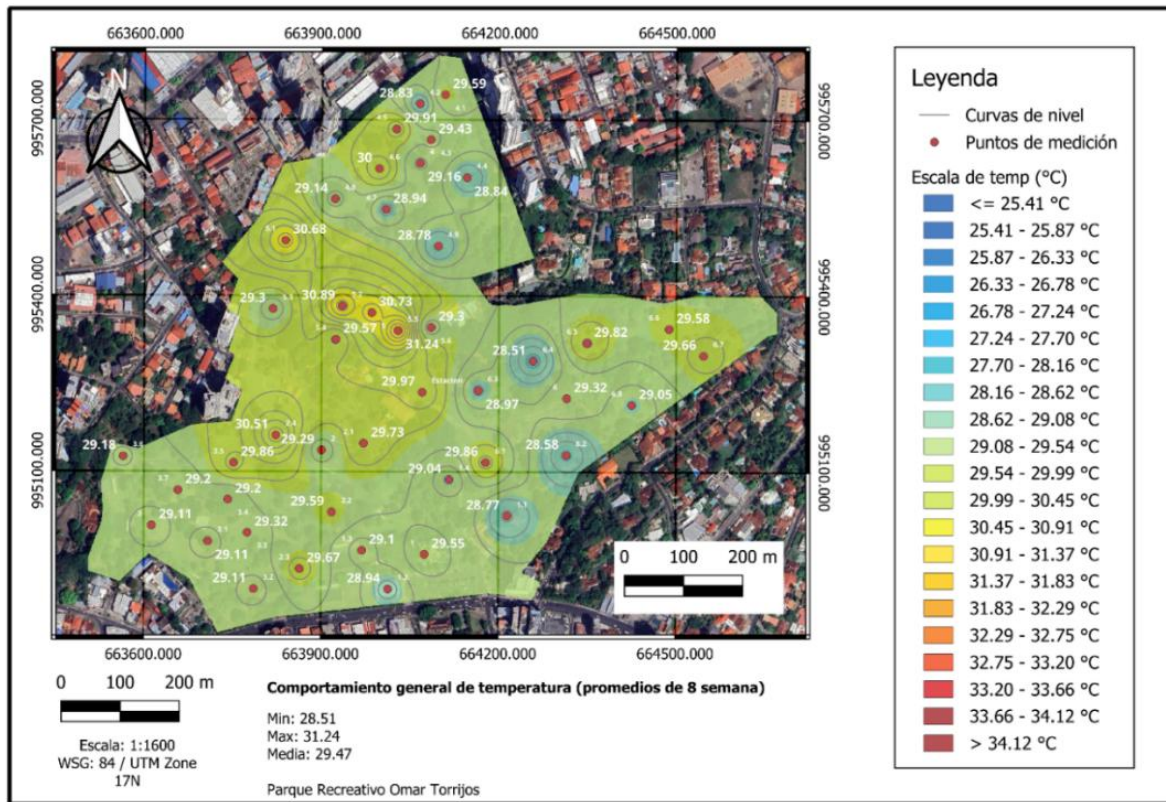
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución espacial de la temperatura en el Parque Recreativo y Cultural Omar mostró una marcada dependencia del tipo de cobertura vegetal y del uso del suelo. Durante las ocho semanas de observación, las temperaturas promedio registradas fluctuaron entre 28,51 °C y 31,24 °C, con un valor medio de 29,47 °C. La diferencia térmica interna de casi 3 °C evidencia la heterogeneidad microclimática del parque, aspecto que adquiere especial importancia en regiones tropicales húmedas como la Ciudad de Panamá, donde pequeñas variaciones térmicas inciden significativamente en el confort térmico y en la percepción ambiental de los usuarios.



Figura 4

Mapa de isotermas promedio y distribución espacial de temperaturas promedio en estación lluviosa.



En la zona 1.0, con fuentes decorativas, pérgolas y asientos al aire libre, la temperatura media varía entre 29,1 °C y 29,3 °C. El agua y las estructuras de sombra mitigan la radiación solar, proporcionando un bienestar térmico adecuado para estancias breves. Sin embargo, la humedad puede intensificar la sensación de calor, por lo que se recomienda aumentar la ventilación natural en horas de mayor bochorno.

Por su parte, la zona 1.2, que alberga el domo para actividades masivas y ejercicio, registra temperaturas más altas, entre 28,9 °C y 31,2 °C. El calor acumulado en este espacio cubierto, combinado con la alta densidad de personas, genera condiciones desfavorables, con riesgo de estrés térmico durante eventos concurridos.

La zona 1.3, destinada a restaurantes y canchas sintéticas, presenta temperaturas intermedias de 29,5 a 30,2 °C. Los espacios gastronómicos, bien ventilados, ofrecen un ambiente tolerable, pero las superficies sintéticas absorben calor, aumentando la incomodidad en horas de máxima radiación. Incorporar cubiertas ligeras o vegetación en las canchas podría mejorar las condiciones.

En las áreas de juegos infantiles, el comportamiento térmico varía según la cobertura. La zona 2.0, al aire libre, alcanza los 29,3 °C, resultando cálida y poco confortable, especialmente para niños. En contraste, la zona 2.1, con estacionamientos asfaltados y canchas de tenis, supera los 30,5 °C debido al efecto de isla de calor urbana generado por el pavimento, siendo una de las áreas menos favorables. Por otro lado, la zona 2.2, que combina juegos infantiles, bancos, restaurantes y un pequeño anfiteatro, registra temperaturas de 29,3 a 29,8 °C. La presencia de vegetación modera el calor en áreas sombreadas, aunque las zonas expuestas requieren mayor arbolado. Se recomienda instalar toldos retráctiles para mejorar el confort en esta última.

En el sector tres, la zona 3.2, con senderos arbolados, se destaca como una de las más frescas, con temperaturas entre 28,7 °C y 29,1 °C. La sombra y la evapotranspiración de la vegetación crean un microclima agradable, ideal para caminatas. En la zona 3.5, con gacebos y juegos mecánicos infantiles, las temperaturas oscilan entre 29,0 °C y 29,3 °C. Los gacebos proporcionan alivio térmico, haciendo este espacio apto para el descanso. Sin embargo, la zona 3.7, con canchas de voleibol y baloncesto, alcanza entre 29,1 °C y 30,8 °C debido a las superficies duras y la exposición solar. La actividad física intensifica la sensación de calor, por lo que se aconseja incorporar arbolado perimetral o techos ligeros.

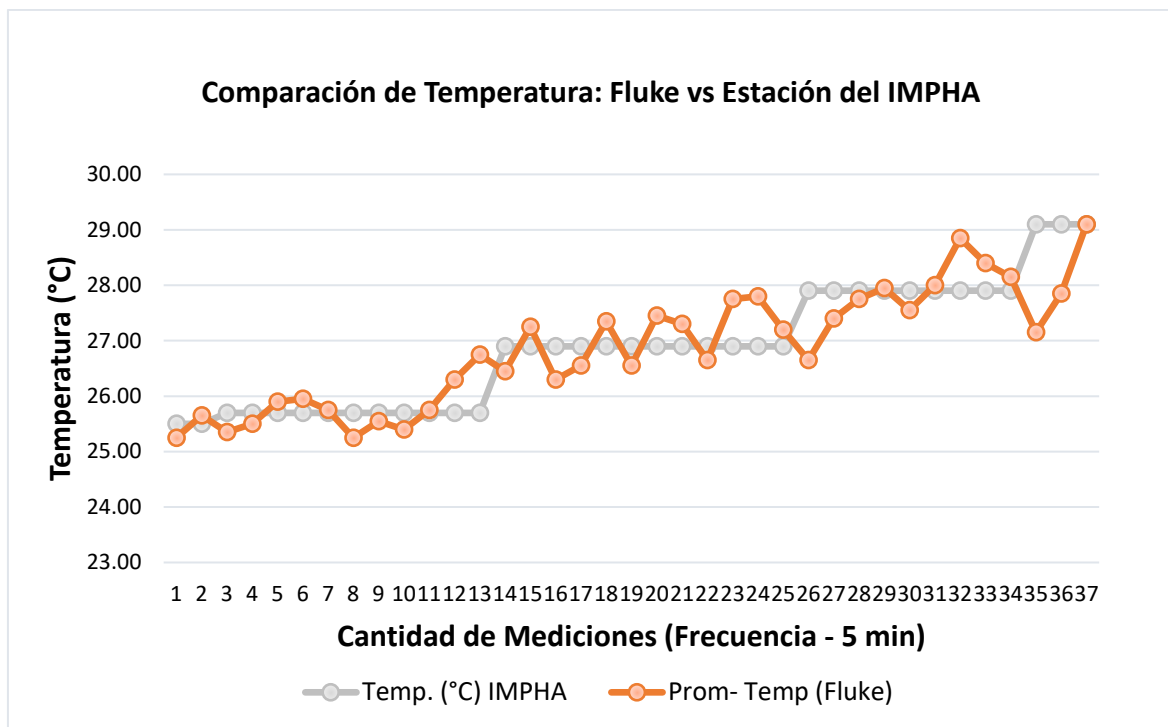
En el área destinada al parque de perros (zonas 4.0, 4.2 y 4.5), las temperaturas varían de 29,3 °C a 29,7 °C. Las áreas sombreadas ofrecen un confort moderado, pero los sectores abiertos resultan menos favorables para usuarios y mascotas. Aumentar la cobertura vegetal sería una solución efectiva.

Por su parte, el sector cinco presenta condiciones contrastantes. El anfiteatro al aire libre (5.0) supera los 30,5 °C, con alta exposición solar que reduce el confort durante eventos diurnos. El estacionamiento asfaltado (5.2) y la parte trasera de la biblioteca (5.5), ambos con temperaturas cercanas a 31,0 °C, sufren un fuerte efecto de isla de calor. Se recomienda sustituir parte del pavimento por materiales permeables o incrementar la vegetación. En cambio, la piscina al aire libre (5.6) mantiene temperaturas de 29,0 °C a 29,3 °C, reguladas por el agua y el arbolado cercano, creando un microclima fresco y agradable.

Finalmente, en el sector seis, la pista de ciclismo (6.0) registra temperaturas de 29,5 °C a 30,2 °C. La actividad física y el calor pueden disminuir el confort, por lo que se sugiere usarla en horarios de menor radiación. Las zonas 6.4, 6.5 y 6.8, con predominio de cobertura arbórea, son las más favorables del parque, con temperaturas entre 28,7 °C y 29,1 °C. La sombra y la humedad retenida por la vegetación generan condiciones frescas y estables, ideales para actividades recreativas.

Figura 5

Evaluación de la correspondencia térmica entre el sensor Fluke 971 y la estación meteorológica del IMHPA



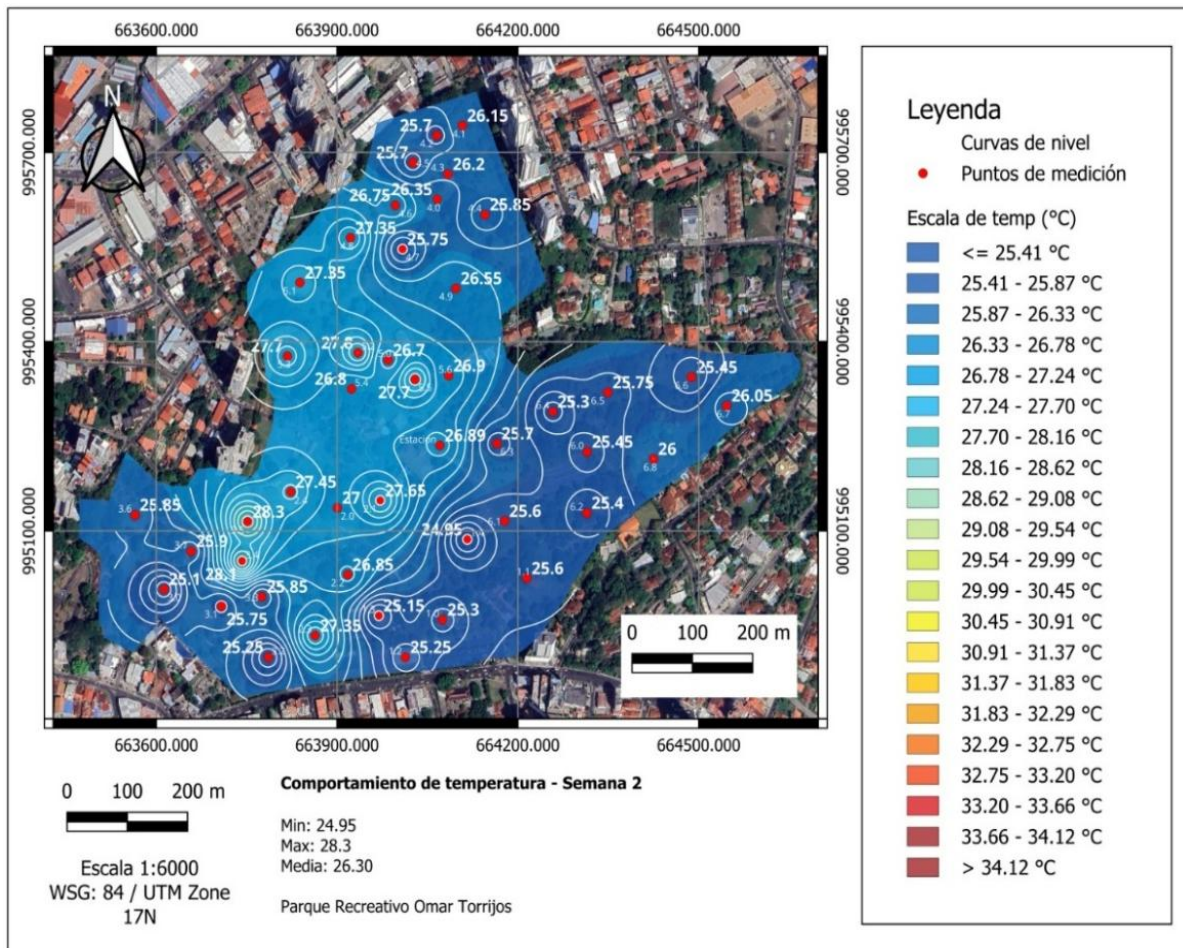
El análisis comparativo evidencia una alta concordancia entre las mediciones del sensor Fluke y la estación del IMHPA, lo que respalda la validez y confiabilidad del instrumento portátil utilizado en campo. En general, ambas series muestran una tendencia ascendente progresiva de la temperatura a lo largo del periodo de observación, reflejando el incremento térmico diurno asociado a la radiación solar y la disminución de la humedad relativa hacia las horas centrales del día.

Durante las primeras mediciones, entre los puntos 1 y 10, se observa una estabilidad térmica en torno a los 25–26 °C, atribuible a las condiciones matutinas y a la presencia de nubosidad parcial. A partir de la medición 13, las temperaturas aumentan de manera sostenida, alcanzando valores próximos a 29 °C hacia el final de la serie (medición 37), lo cual sugiere un máximo térmico diurno típico de ambientes tropicales húmedos.

Las diferencias puntuales entre ambos registros, menores a 0.5 °C, pueden explicarse por factores microclimáticos locales como la exposición solar directa, la circulación del aire y la altura del sensor respecto al suelo.

Figura 6

Mapa de isotermas y distribución espacial de temperaturas en un día de lluvias intensas.

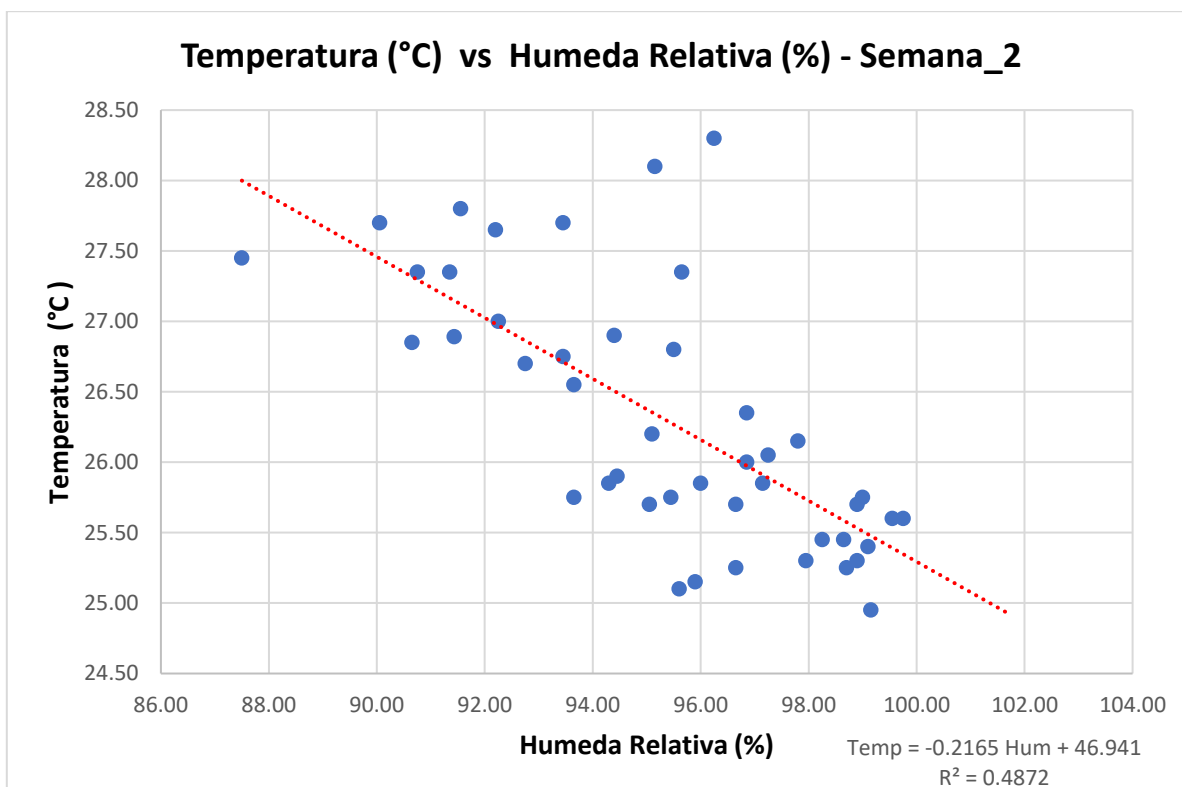


Predomina una saturación de humedad relativa ($>98\%$), probablemente asociada a lluvias recientes o a una elevada nubosidad (Fig. 7). En este contexto, las temperaturas se mantienen frescas y estables; sin embargo, las áreas 5 y 2 presentan valores ligeramente más altos debido a la menor cobertura de sombra y a la presencia de infraestructuras como la Casa Club, canchas de tenis, piscina al aire libre, anfiteatro y zona de juegos infantiles, además de superficies asfaltadas que favorecen la acumulación de calor (Fig. 6). Este comportamiento coincide con estudios que destacan el papel de la vegetación en la retención de humedad y la moderación térmica en entornos urbanos (Bowler et al., 2010; Emmanuel & Krüger, 2012; Santamouris, 2015).



Figura 7

Relación entre temperatura y humedad relativa en un día de lluvia intensa.



El mapa de isotermas correspondiente a un día de lluvias ligeras muestra un gradiente térmico atenuado, con transiciones suaves entre clases de temperatura debido a la menor radiación solar directa y al enfriamiento evaporativo de las superficies húmedas (Fig. 8). Este efecto genera una distribución espacial más homogénea en amplios sectores del parque. Aun así, las áreas 5 y 2 mantienen valores ligeramente más altos de temperatura. La inercia térmica de estos materiales y su bajo albedo explican la persistencia de estos núcleos cálidos.

Se registra un incremento térmico significativo (>30 °C) con descenso progresivo de la humedad relativa (Fig.9), fortaleciendo la correlación negativa ($R^2 > 0.9$). Las zonas expuestas al sol y con menor vegetación presentan temperaturas extremas, mientras que áreas densas en vegetación mantienen condiciones más estables.

Figura 8

Mapa de isotermas y distribución espacial de temperaturas en un día de lluvias ligera.

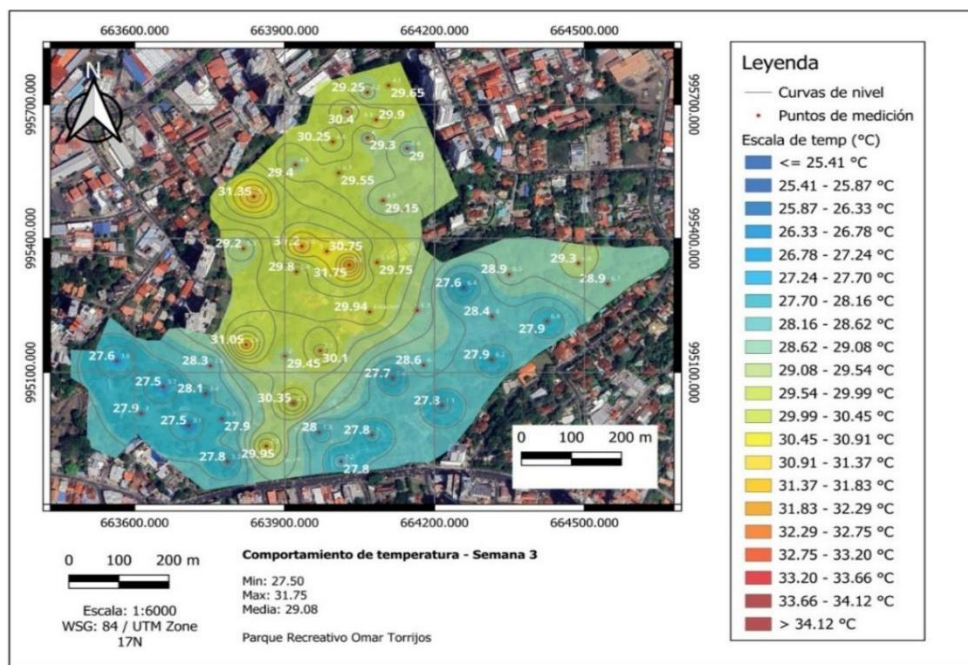
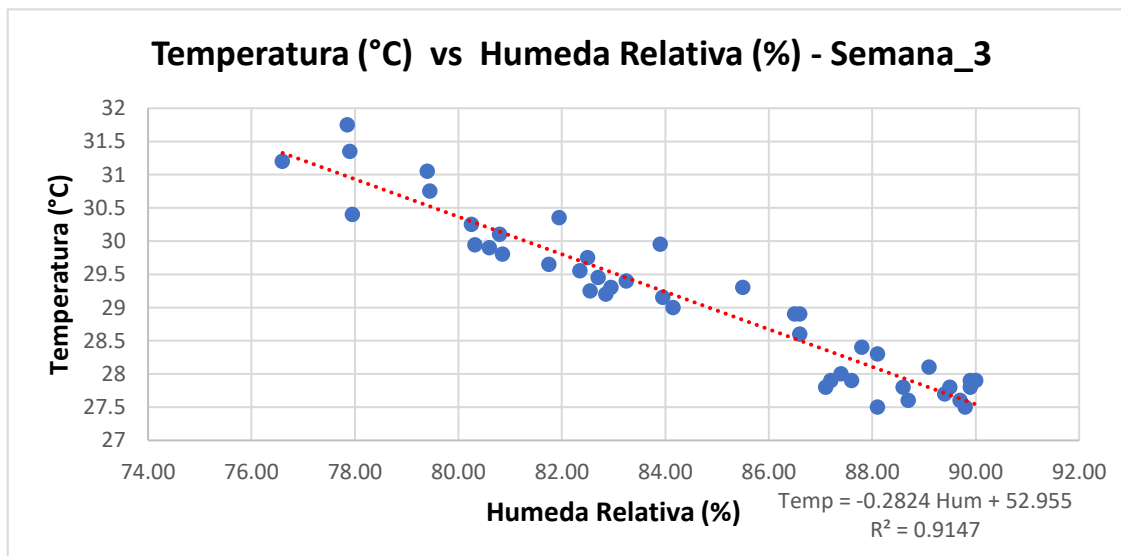


Figura 9

Relación entre temperatura y humedad relativa en un día de lluvia ligera

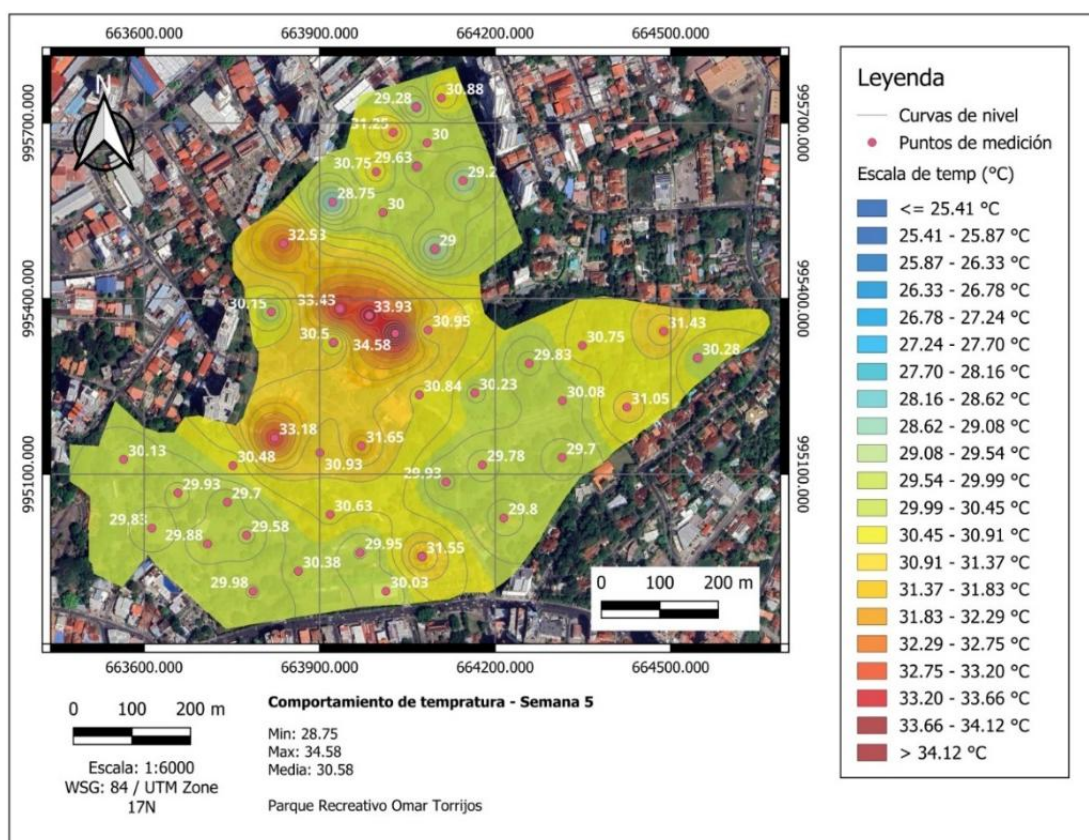


Durante los días soleados con cielo parcialmente despejado (Fig. 10), se registró una temperatura media de 30,58 °C, con máximos de hasta 34,58 °C en los sectores centrales (áreas 2 y 5). Estos valores superan ampliamente los rangos de confort térmico establecidos por la norma ASHRAE 55-2017, que sitúa el umbral de aceptabilidad en ambientes exteriores tropicales entre 26,0 °C y 28,0 °C bajo condiciones de alta humedad relativa.

En consecuencia, los usuarios de estas zonas experimentan estrés térmico moderado a alto, especialmente en áreas asfaltadas o con escasa sombra. En contraste, los sectores periféricos con mayor cobertura vegetal (27,5 °C –29,0 °C) ofrecen condiciones más cercanas al confort, actuando como refugios climáticos dentro del parque.

Figura 10

Mapa de isotermas y distribución espacial de temperaturas en un día soleado con cielo parcialmente despejado.

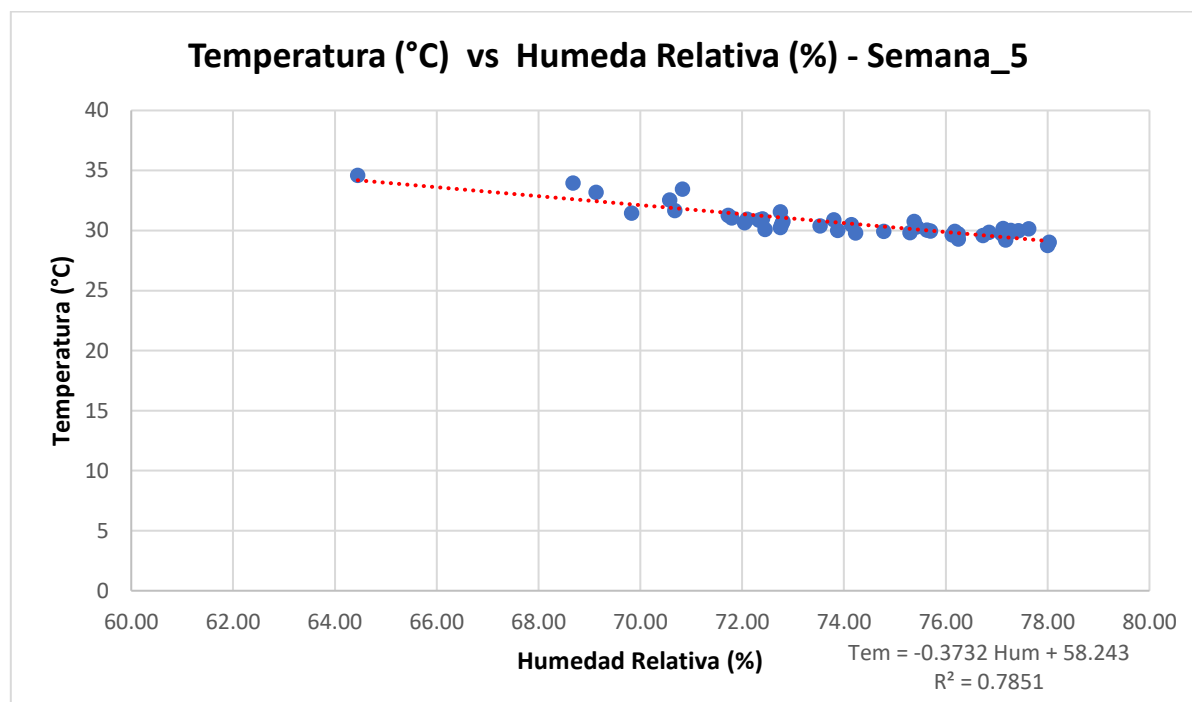


Bajo condiciones de cielo parcialmente despejado y radiación solar directa, se observó una disminución generalizada de la humedad relativa, con valores inferiores al 80 %, mientras que las temperaturas se mantuvieron dentro de rangos medios a altos. Las áreas 2 y 5 registraron los valores térmicos más elevados, asociados a una menor cobertura vegetal, en tanto que el área 6 presentó una mayor humedad relativa, evidenciando su capacidad de regulación microclimática (Fig. 10).

La dispersión de los datos reveló una marcada heterogeneidad térmica interna, coherente con lo expuesto por Oke (1982) respecto al efecto de isla de calor urbana, donde las variaciones en la cobertura del suelo y la vegetación generan contrastes significativos en las condiciones microclimáticas (Fig. 11).

Figura 11

Relación entre temperatura y humedad relativa en un día soleado con cielo parcialmente despejado.



La situación se intensifica en los días despejados (Fig. 12), cuando la temperatura media asciende a 31,31 °C y los máximos alcanzan 34,1 °C. La expansión de áreas con valores superiores a 31,0 °C indica que gran parte del parque se encuentra fuera de la zona de aceptabilidad térmica, lo que reduce drásticamente el confort percibido y aumenta la demanda de sombra, agua y espacios ventilados. Los núcleos cálidos se concentran en superficies duras y recreativas como el anfiteatro, las canchas y las áreas de juegos infantiles, mientras que las zonas con mayor densidad arbórea mantienen temperaturas más moderadas (30,0 °C – 30,5 °C), aunque todavía por encima del rango óptimo de confort.

Figura 12

Mapa de isotermas y distribución espacial de temperaturas en un día de lluvias soleado con cielo despejado.

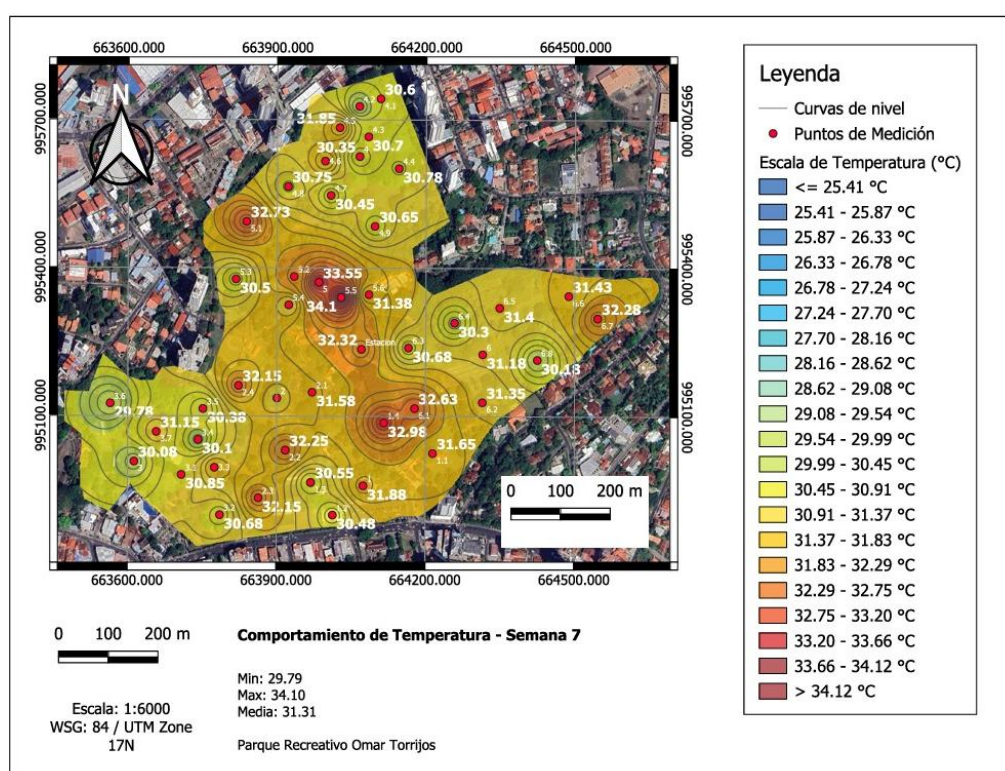
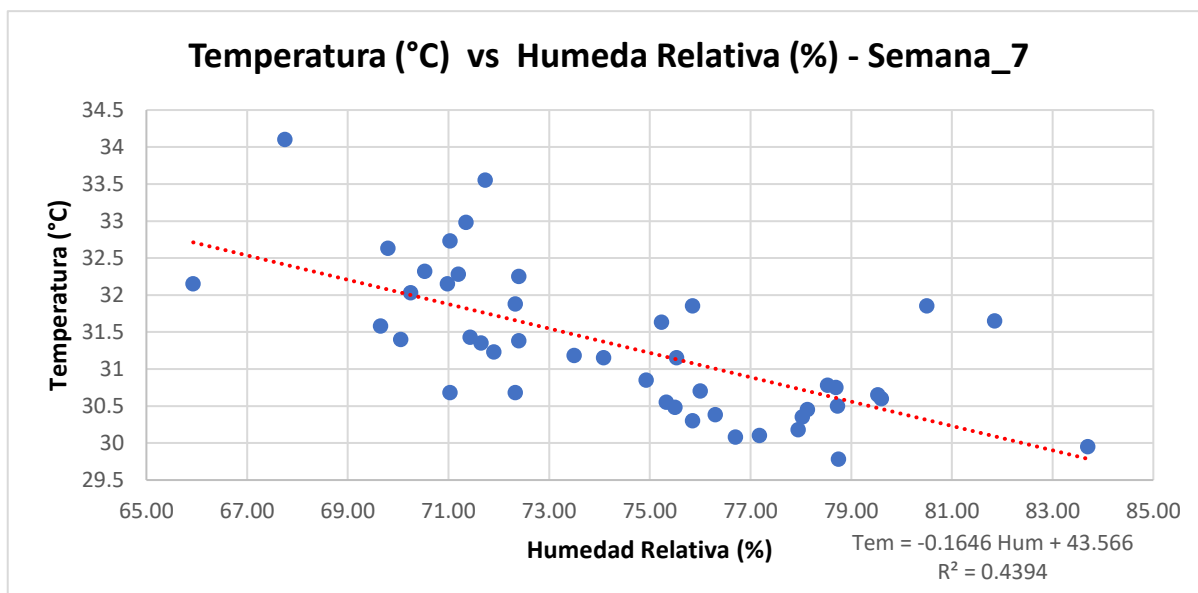


Figura 13

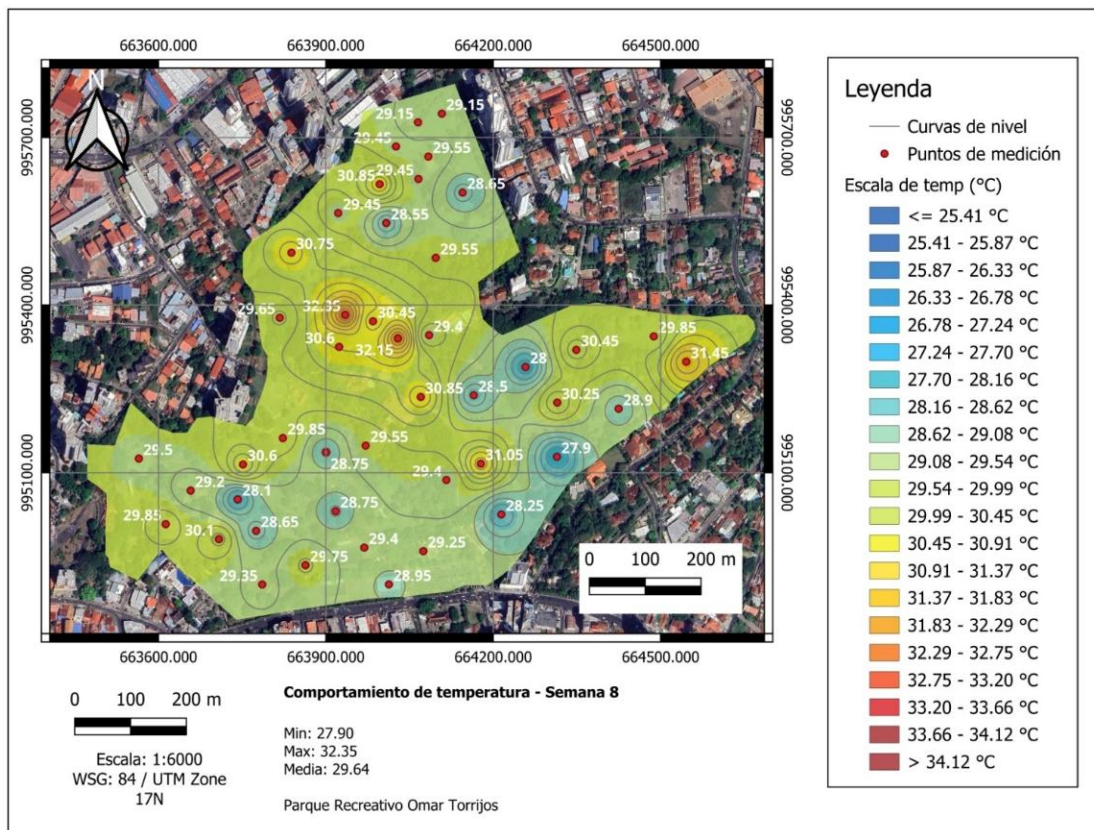
Relación entre temperatura y humedad relativa en un día soleado con cielo despejado



En un día soleado con cielo despejado, las condiciones se intensificaron, con temperaturas superiores a 30,0 °C en varias zonas y humedades también menores al 80 %. Nuevamente, los valores más críticos se concentraron en las áreas 2 y 5, confirmando su vulnerabilidad, mientras que el área 6 presentó condiciones más moderadas. La amplia variabilidad espacial coincidió con lo señalado por Emmanuel & Krüger (2012) acerca de la importancia de los espacios verdes en la resiliencia climática urbana. En conjunto, los resultados muestran un parque en fase de secado y calentamiento, con contrastes claros entre zonas que plantean implicaciones para la gestión pública y la conservación ecológica (Fig 13).

Figura 14

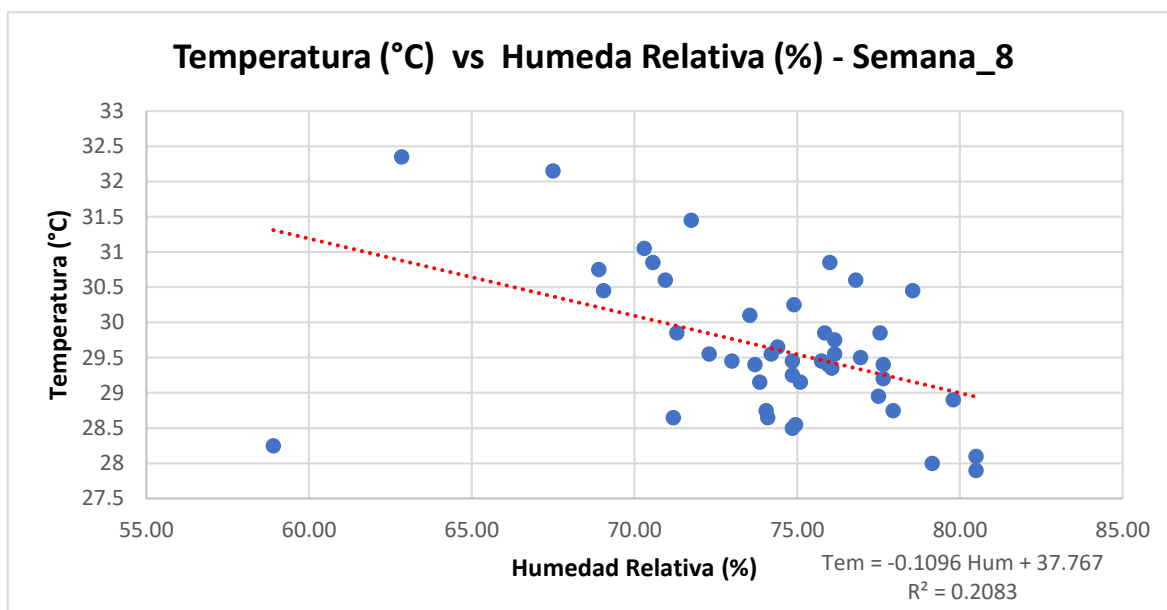
Mapa de isotermas y distribución espacial de temperaturas en un día soleado totalmente nublado.



El día soleado con presencia de nubosidad evidenció un comportamiento mixto, caracterizado por temperaturas que oscilaron entre rangos medios y altos, junto con niveles de humedad relativa que fluctuaron entre valores moderados y elevados. Este patrón apunta a una fase de transición, posiblemente asociada a variaciones estacionales o a la alternancia entre días soleados y lluviosos. En este contexto, las áreas 3 y 4 presentaron una mayor dispersión, lo que refleja una marcada variabilidad interna en la respuesta climática. En contraste, el área 1 mostró una distribución más compacta, lo que refuerza la percepción de homogeneidad en sus condiciones (Fig. 14).

Figura 15

Relación entre temperatura y humedad relativa en un día soleado nublado.



La relación entre temperatura y humedad relativa mantuvo una correlación negativa, aunque con menor intensidad que en semanas previas, lo que sugiere la influencia de factores adicionales en la modulación de esta interacción (Fig 15). Este comportamiento se alinea con lo planteado por Wilks (2011), quien resalta la utilidad de los análisis de series temporales para identificar transiciones climáticas. Asimismo, la resiliencia observada en ciertas zonas coincide con lo documentado por Bowler et al. (2010), quienes destacan la capacidad de los parques urbanos para amortiguar las fluctuaciones térmicas.

CONCLUSIONES

El análisis microclimático del Parque Recreativo Omar evidenció una marcada heterogeneidad espacial de las temperaturas, directamente condicionada por el tipo de cobertura y el uso del suelo. Durante las ocho semanas de medición, la temperatura promedio osciló entre 28,51 °C y 31,24 °C, con una media general de 29,47 °C, diferencia que, aunque aparentemente reducida, resulta significativa en términos de percepción de confort térmico bajo un clima tropical húmedo como el de Ciudad de Panamá.

Los resultados confirmaron que las áreas con alta densidad arbórea y presencia de cuerpos de agua, como los senderos sombreados, los gazebos y las zonas de piscina, registraron los valores más bajos de temperatura (28,7 °C–29,3 °C), actuando como refugios climáticos naturales dentro del parque. En contraste, las superficies asfaltadas, los estacionamientos y

los espacios recreativos abiertos, entre ellos el anfiteatro y las canchas sintéticas, presentaron temperaturas superiores a los 30,5 °C, configurándose como focos locales del efecto de isla de calor urbana.

La correlación negativa entre temperatura y humedad relativa ($R^2 > 0.9$ en días soleados despejados) refuerza la influencia de la radiación solar y la cobertura vegetal sobre las condiciones de confort. Las áreas con menor vegetación mantuvieron humedades relativas reducidas (<80 %), intensificando la sensación térmica, mientras que los sectores arbolados retuvieron mayor humedad, amortiguando las fluctuaciones térmicas y confirmando su papel regulador.

Asimismo, los valores máximos registrados durante jornadas soleadas y de cielo despejado, que alcanzaron hasta 34,6 °C en los sectores centrales del parque, superan ampliamente los umbrales de aceptabilidad térmica establecidos por la norma ASHRAE 55-2017 para climas tropicales húmedos (26,0 °C–28,0 °C). Este resultado sugiere que los usuarios de diversas zonas del parque experimentan niveles de estrés térmico moderado a alto, lo que puede tener implicaciones directas en la planificación de actividades recreativas, la gestión del espacio público y la salud ambiental urbana.

En conjunto, estos hallazgos demuestran que el parque, aunque ofrece sectores con microclimas confortables, también concentra núcleos cálidos que reducen la calidad ambiental. El fortalecimiento de la infraestructura verde, mediante el incremento del arbolado, la incorporación de cubiertas ligeras y el uso de materiales permeables en superficies duras, se proyecta como una estrategia prioritaria para mitigar el efecto de isla de calor, mejorar el confort térmico y asegurar la sostenibilidad del espacio urbano.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la administración del Parque Recreativo y Cultural Omar y al despacho de la primera dama, en especial a la directora María del Carmen Salaverry de Garuz, por la autorización y apoyo brindado para la realización de las mediciones climáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achebak, H., De'Donato, F., & Ballester, J. (2023). Impact of heat on mortality due to heat stroke in Spain: A national time-series analysis. *Environmental Health*, 22(1), 23. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37757878>
- Aghamolaei, R., y Lak, A. (2023). Outdoor Thermal Comfort for Active Ageing in Urban Open Spaces: Reviewing the Concepts and Parameters. *Ageing Int*, 48, 438-451. <https://doi.org/10.1007/s12126-022-09482-w>



- Andreou, E. (2013). Thermal comfort in outdoor spaces and urban canyon microclimate. *Renewable Energy*, 55, 182–188. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2012.12.040>
- ASHRAE. (2017). ANSI/ASHRAE Standard 55-2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Austin-Ortega, D., Mora, D. & Chen, M. (2023). *Estimación del nivel de arborización para edificaciones en clima tropical: Enfoque estadístico y simulación dinámica*. I+D Tecnológico. Vol.19, No.1, 48-60.
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2010.05.006>
- Candanedo, M. & Villarreal, D. (2020). *Efecto de las islas de calor urbano en las principales vías de la Ciudad de Panamá*. I+D Tecnológico, 16(2), 25-36. <http://doi.org/10.33412/idt.v16.2.2829>
- Cárdenas, L. (2012). Caracterización de patrones bioclimáticos en tejidos urbanos residenciales. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 82, Article 82. 90 <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/1840>
- Córdova, K. (2011). Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y la salud humana. Análisis estacional comparativo: Caracas, octubre – 2009, marzo – 2010. *Terra Nueva Etapa*, 27(42), 95-122. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72121706005>
- Cuellar, K., López, A., Montenegro, R., Ramos, M. & Perén, J. (2021). *Estudio de la morfología urbana del sector de Punta Paitilla*. *SusBCity*, 3(1), 39–43. Recuperado a partir de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/SusBCity/article/view/2010>
- Dirección de Planificación Urbana (DPU), Alcaldía de Panamá. (2025). *Informe técnico de la propuesta de zonificación del corregimiento de San Francisco*. Alcaldía de Panamá.
- Duval, V. S., Benedetti, M., & Baudis, K. (2020). *El impacto del arbolado de alineación en el microclima urbano: Bahía Blanca*. Investigaciones Geográficas.
- Emilsson, T. (2021). Urban life and climate change. *The Impacts of Climate Change: A Comprehensive Study of Physical, Biophysical, Social, and Political Issues*, 453–462. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822373-4.00009-4>



- Emmanuel & Krüger (2012). Urban heat island and climate resilience in Glasgow.
- Fanger, P. O. (1972). Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. CABI Digital Library. <https://n9.cl/nlgggt>
- Fiol, I., Núñez, J., Rodríguez, A., Sarmiento, A., Gómez, M. & Sánchez-Galán, J. *Análisis Geoespacial Multitemporal de la Relación Entre Cobertura Boscosa y Sensación térmica en área Urbana de la Ciudad de Panamá. IEEE Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN)*, Panama, Panama, (2024). 1-6 doi: 10.1109/CONESCAPAN62181.2024.10891102.
- Flores-de la O. (2018). Evaluación de los efectos micro climáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52, 123–140. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=665070590008>
- Fluke Corporation. (2005). *Fluke 971 temperature humidity meter: User's manual* (Rev. 1, September 2005). Fluke Corporation. <https://www.fluke.com/>
- García, A. (2017). *Efectos de las islas de calor y de frío en parques urbanos: implicancias para la planificación urbana y la calidad ambiental*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gómez, H., Rojas, I., & Perén, J. (2021). *Una aproximación a los efectos del diseño urbano en el microclima y calidad de espacios urbanos de una ciudad cálida-húmeda: Panamá*. *SusBCity*, Vol.3, No.1, 31-38.
- He, B. J., Zhao, D., Dong, X., Xiong, K., Feng, C., Qi, Q., Darko, A., Sharifi, A., & Pathak, M. (2022). Perception, physiological and psychological impacts, adaptive awareness and knowledge, and climate justice under urban heat: A study in extremely hot-humid Chongqing, China. *Sustainable Cities and Society*, 79, 103685. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.103685>
- Jiang, J., Wang, D., Liu, Y., Di, Y., & Liu, J. (2021). A holistic approach to the evaluation of the indoor temperature based on thermal comfort and learning performance. *Building and Environment*, 196, 107803. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107803>
- Jin, H., Cui, P., Wong, N. H., y 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. doi: 10.3390/su10010206



- Khan, A., Chatterjee, S., & Weng, Y. (2021). Scaling UHI and microclimate environment. *Urban Heat Island Modeling for Tropical Climates*, 117–152. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819669-4.00004-0>
- Lima, E. D., y Lopes, A. (2017). The urban heat island effect and the role of vegetation to address the negative impacts of local climate changes in a small Brazilian city. *Atmosphere*, 8(2), 18. doi: 10.3390/atmos8020018
- Lin, T.-P. (2009). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44(10), 2017–2026. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.02.004>
- Lindén, J., Fonti, P., y Esper, J. (2016). Temporal variations in microclimate cooling induced by urban trees in Mainz, Germany. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 198-209. doi:10.1016/j.ufug.2016.09.001
- Liu, Z., Li, J., & Xi, T. (2023). A Review of Thermal Comfort Evaluation and Improvement in Urban Outdoor Spaces. *Buildings*, 13(12), 3050. <https://doi.org/10.3390/buildings13123050>
- Martini, A., Biondi, D., y Batista, A. C. (2017). Urban forest components influencing microclimate and cooling potential. *Revista Arvore*, 41(6), e410603. doi: 10.1590/1806-90882017000600003
- Mendes da Silva, A. C., & Romero, M. A. B. (2021). *Microclimas urbanos en la Ciudad de Panamá: estudio de tres recortes históricos de la ocupación urbana*. <http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.30.2021.03>
- Ministerio de Ambiente de Panamá. (2019). Inventario forestal del Parque Omar: Reglamento y manual de procedimiento. Panamá City: Ministerio de Ambiente de Panamá.
- Ministerio de la Presidencia. (2022, October 5). *Decreto Ejecutivo No. 2362: Que adopta el reglamento de operación y funcionamiento del Parque Recreativo y Cultural Omar*. Gaceta Oficial Digital, No. 28627.
- Ng, E., Chen, L., Wang, Y., & Yuan, C. (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment*, 47(1), 256–271. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2011.07.014>



- Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35(1), 95–101. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00084-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00084-1)
- O., J. L. F.-D. la, Villanueva-Solis, J., & Quiroa-Herrera, J. A. (2018). Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana: Parque en la ciudad de Torreón, México. *Ciencias Ambientales*, 52(2), 16. <https://doi.org/10.15359/RCA.52-2.7>
- Oke, T. R. (2006). *Boundary Layer Climates* (2nd ed.). Routledge.
- Ramírez, M., & Torres, D. (2021). Efecto de la vegetación en microclimas urbanos tropicales. *Revista de Ecología Urbana*, 15(1), 21–35.
- Oke, T.R. (1982). The energetic basis of the urban heat island.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2005). ISO 7730:2005 Ergonomía de los ambientes térmicos - Determinación analítica e interpretación del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de confort térmico local. <https://n9.cl/tepib>
- Ortega, F. (2018). *Isla de calor urbana de Santiago y microclima en el espacio público: De la medición a la percepción. El caso del Barrio Italia en la comuna de Providencia, Chile* (Tesis de Magíster). Universidad de Chile.
- Osorio, H. (12 de febrero de 2021). *Bosques urbanos, una mirada al eje verde de las ciudades*. La Estrella de Panamá.
- Perén, J., Rodríguez, M., Valdivieso, K., Vargas, B., Medina, D., Ojeda, J., & Cedeño, J. (2022). *Influencia de la Vegetación en dos Sectores del Corregimiento de Calidonia*. SusBCity, Vol.4, No.1, 53-63.
- Ruiz, M. A., Correa, E. N. y Cantón, M. A. (2015). Incidencia de la selección de la especie forestal en el confort térmico de cañones urbanos de zonas áridas: El caso de Mendoza, Argentina. *Urbano* 18(32), 60-70. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19844017007>
- Santamaría, J. F. (2018). *Clima urbano y vegetación: Influencias en la mitigación del calor urbano*. Editorial Académica Española.
- Santamouris, M. (2015). Analyzing the heat island magnitude and characteristics.



- Sayad, B., Alkama, D., Ahmad, H., Baili, J., Aljahdaly, N. H., & Menni, Y. (2021). Nature-based solutions to improve the summer thermal comfort outdoors. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 101399. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101399>
- Shashua-Bar, L., Tsiros, I. X., & Hoffman, M. E. (2010). A modeling study for evaluating passive cooling scenarios in urban streets with trees. Case study: Athens, Greece. *Building and Environment*, 45(12), 2798–2807. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2010.06.008>
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Silva, L. F., Carvalho, M. M., & Nunes, B. (2024). Extreme heat and hospitalizations due to infectious and renal diseases: a multi-city study in Portugal and Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(4), 1132. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11517055/>
- Soto, J. A. (02 de septiembre de 2011). *Las áreas verdes urbanas: Una alternativa para mejorar el microclima urbano*. Otro mundo es posible. Recuperado el 02 de octubre de 2016, de <http://www.otromundoesposible.net/las-areas-verdes-urbanas-una-alternativa-para-mejorar-el-microclima-urbano/>
- Spagnolo, J., & de Dear, R. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and Environment*, 38(5), 721–738. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00209-3)
- Therán Nieto, J., Pérez Martínez, E., & Gil Botero, R. (2019). *Evidencias de la isla de calor urbana en la ciudad de Medellín*. *Revista EIA*, 16(32), 1–16.
- Valenzuela, P. (2021). Comparación del Índice de Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) y el Índice Universal de Clima Térmico (UTCI) en el análisis del confort térmico urbano. *Revista de Climatología Aplicada*, 14(1), 91–105.
- Villarreal, Y., Martínez, D., Samaniego, A. & Perén, J. (2023). *Estudio de la temperatura superficial en pavimentos según el tipo de material en la zona de Ancón bajo condiciones de sol y sombra*. *SusBCity*, Vol.5, No.1, 27-32.
- Wald, O., Sánchez, A., Ayarza, G., Barranco, N. & Perén, J. (2021). *Influencia de la morfología urbana en el microclima de los alrededores de calle 50, en ciudad de Panamá*. *SusBCity*, Vol.3, No.1, 16-24.



Wilks, D. S. (2011). Time Series. *International Geophysics*, 100, 395–456.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385022-5.00009-9>

Zhang, Y., Yu, C., Wang, L., et al. (2022). Heat-related illness and death: a systematic review and meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 845, 157209.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157209>

