

# EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL AGUA EN LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN UN SECTOR DE ANCÓN

*Alcides Montenegro<sup>1a</sup>, Aralis Castillo<sup>1b</sup>, Sthefanny Ríos<sup>1c</sup>, Jorge Isaac Perén<sup>1,2d</sup>*

<sup>1</sup> *Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá.*

<sup>2</sup> *Sustainable Building and City Research Group -SusBCity, Ciudad de Panamá, Rep. de Panamá*

<sup>1a</sup> *alcidesa.montenegro-s@up.ac.pa;* <sup>1b</sup> *aralis.castillo-f@up.ac.pa;* <sup>1c</sup> *sthefanny.rios@up.ac.pa;* <sup>1,2d</sup> *jorge.peren@up.ac.pa*

<sup>1a</sup> 0000-0003-3632-4907; <sup>1b</sup> 0000-0002-1629-4635; <sup>1c</sup> 0000-0002-7287-6867; <sup>1,2d</sup> 0000-0003-4762-9255

**RESUMEN:** El agua, al ser un fluido capaz de absorber y retener la radiación, es un factor que afecta una gran variedad de procesos físicos. La influencia del agua sobre la temperatura superficial de los pavimentos está relacionada con la evolución de los mismos en diversas condiciones climáticas. La investigación busca conocer el impacto del agua de lluvia en la temperatura de la capa superficial de los pavimentos en un periodo de tiempo establecido. Para ello, se evaluaron las temperaturas superficiales de dos tipos diferentes de pavimento: uno que contiene agua y otro que no contiene agua. Los resultados muestran que cuando el pavimento se encuentra mojado, la temperatura superficial es menor en comparación con el caso contrario. Esta investigación contribuye en la generación de información útil para la toma de decisiones en la gobernanza local y la adopción de medidas de mitigación o adaptación ante los impactos del cambio climático.

**PALABRAS CLAVES:** temperatura superficial, pavimentos, agua, microclima, seco.

**ABSTRACT:** Water, being a fluid capable of absorbing and retaining radiation, is a factor that affects a wide variety of physical processes. The influence of water on the surface temperature of pavements is related to their evolution in various climatic conditions. The research seeks to know the impact of rainwater on the temperature of the surface layer of pavements in a set period of time. For this, the surface temperatures of two different types of pavement were evaluated: one that contains water and another that does not contain water. The results show that when the pavement is wet, the surface temperature is lower compared to the opposite case. This research contributes to the generation of useful information for decision-making in local governance and the adoption of mitigation or adaptation measures in the face of the impacts of climate change.

**KEYWORDS:** surface temperature, pavements, water, microclimate, dry.

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un factor importante del microclima. La lluvia es el efecto más obvio del agua sobre el pavimento, pero también hay otros efectos.

El agua tiene una alta emisividad y por lo tanto tiene un fuerte efecto sobre la temperatura de la superficie del pavimento. La lluvia en sí misma no es suficiente para crear un cambio en la temperatura de la superficie del pavimento; también debe estar presente el calentamiento o enfriamiento por evaporación, condensación y radiación.

La distribución de la lluvia impulsada por el viento influye particularmente en la distribución espacial y temporal de las temperaturas de la superficie y del aire. Se encuentra una influencia significativa de las superficies vecinas en las temperaturas superficiales [1].

La presencia de agua no absorbida en las superficies de los pavimentos aumenta su capacidad de absorción de calor superficial al aumentar sus características de emisión. [2].

Cuando hay agua en el pavimento, proporciona una capa de aislamiento que ayuda a mantener la superficie fresca y evita que se caliente tan rápido. El calor liberado por este proceso también es absorbido por el suelo que se encuentra debajo, lo que a su vez ayuda a mantener fresca esa capa de suelo. El suelo más frío actúa como un aislante contra el calor proveniente de arriba, lo que ayuda a evitar que se produzcan cambios significativos de temperatura en la superficie que se encuentra sobre él [3].

El proyecto posee una utilidad tanto social como ambiental, ya que permite conocer la distribución de las temperaturas superficiales y la influencia del agua en la regulación de la temperatura en las zonas pavimentadas en el área de Ancón (Avenida Ancón). Es importante destacar que la información

en el ámbito de la investigación local es muy escasa, por lo cual el proyecto podrá contribuir a la generación de contenido útil para el diseño de nuevas estrategias para la mitigación de los efectos del cambio climático como, por ejemplo, el uso de espacios azules o sitios que permitan la acumulación temporal de agua.

Según Gunawardena [3] los espacios azules poco profundos se están volviendo más comunes como parte de los sistemas de drenaje sostenible a medida que los planes de desarrollo urbano a gran escala reciben una atención creciente. Por lo tanto, la inclusión de la estratificación y el efecto de diferentes profundidades de las masas de agua presentan una oportunidad para futuras investigaciones sobre la interacción entre las masas de agua y el clima urbano.

Es necesario y vital el estudio de la temperatura superficial en Panamá con mediciones más precisas; ya que el descubrimiento de las zonas con temperaturas críticas y el entendimiento de la configuración de la ciudad, esto puede ayudar a los diseñadores de espacio, arquitectos y urbanistas a desarrollar propuestas más comprensivas y sustentables para la mejora de los espacios públicos [4].

## 2. METODOLOGÍA

Nuestra metodología consistía en evaluar la temperatura superficial en intervalos de 1 hora, específicamente en la Avenida Ancón; esta medición se extiende hasta el Edificio de la Administración.

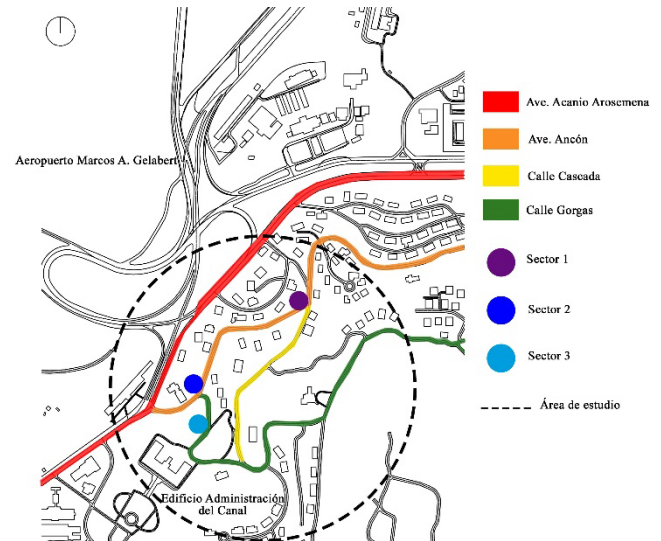
Para este estudio se tomaron en cuenta tres puntos estratégicos en la Ave. Ancón y Calle Gorgas que garantizan un buen estudio y recolección de la información en la zona escogida, estos puntos fueron determinados en un recorrido previo donde observamos que sectores cumplían con las características necesarias para el estudio, al tener estos puntos seleccionados, se realizarán las mediciones necesarias, donde se evaluará el impacto del agua en la temperatura superficial, tomando en cuenta la condición de cada sector propuesto.

Analizamos las distintas condiciones que presenta cada sitio como (seco/mojado) y el tipo de material (asfalto/concreto) utilizando un sensor de temperatura superficial FLIR modelo E4 para tomar de manera precisa la temperatura y confirmarlas con ayuda de la resolución infrarroja; los datos obtenidos de este sensor ayudarán a entender y analizar el cambio de la temperatura en las superficies estudiadas.

### 2.1 Lectura del entorno

Como primer punto se procedió a realizar una lectura del entorno urbano del área de Ancón. En la figura 1 se observa un acercamiento al área de estudio, donde se muestran los 2 puntos de referencia: El Aeropuerto Marcos A. Gelabert y el Edificio de la Administración del Canal; además de las

principales vías: Ave. Ascanio Arosemena, Ave. Ancón, Calle Gorgas y Calle Cascada; y un área de estudio en donde se identificaron los 3 sectores de estudio.



**Figura 1.** Mapa del área de estudio del corregimiento de Ancón, Ciudad de Panamá

### 2.2 Sectores de estudio

En las figuras 2a, 2b, 2c se observan los puntos donde se enfocó el análisis. En la figura 2a y 2b se muestran el sector 1 y el sector 2 respectivamente. Ambos sitios ubicados en la Ave. Ancón, presentan calle de concreto con la única diferencia que el Sector 1 está arborizado y el Sector 2 no. La figura 2c de la Calle Gorgas se encuentra ubicado en unos estacionamientos que no están arborizados y el material de la calle es de asfalto.

En el sector 1\_calle\_concreto (ver figura 5a) se observa el material en condición de humedad, la presencia de agua en este punto se debe a una filtración subterránea, por lo tanto, se mantiene en constante movimiento, en este sector había aproximadamente 3mm de capa de agua. En el sector 2\_calle\_concreto, el agua no estaba en movimiento, sin embargo, era el que más cantidad presentaba en su superficie, 5mm de capa de agua; mientras que en el sector 3\_calle\_asfalto (ver figura 5b), el agua no estaba en movimiento y tenía alrededor de 1mm de agua.



**Figura 2a.** Sector 1 en la Ave. Ancón



Figura 2b. Sector 2 en la Ave. Ancón



Figura 2c. Sector 3 en la Calle Gorgas

**2.3. Análisis del aumento de la temperatura superficial en tres sectores**

Para realizar el análisis en los tres sectores de estudio, y así poder identificar la influencia del agua en la temperatura superficial de los materiales, se procedió a lo siguiente:

**2.3.1 Mediciones de temperatura**

Se realizaron mediciones de la temperatura superficial en los tres sectores seleccionados con el objetivo de determinar el aumento de la temperatura superficial en condición seco y agua de los materiales (asfalto y concreto).

En la figura 3, se muestra la cámara térmica manual FLIR E4 la cual nos permitió obtener medidas de la emisividad del material y la distancia entre el dispositivo y las superficies.



Figura 3. Sensor de temperatura FLIR E4



Figura 4. Proceso de medición de temperatura superficial en el Sector 2.

**2.4 Horario de Estudio**

Las mediciones para la investigación se realizaron en un horario de 8:30 am a 3:30 pm del día 29 de junio. Estas mediciones se dieron en intervalos de 1 hora.

**3. RESULTADOS**

**3.1 Resultados de la medición en los tres sectores**

El agua tiene un impacto significativo en la temperatura de la superficie de los pavimentos. Los datos presentados en este estudio muestran que hay un descenso significativo en la temperatura cuando hay agua presente en el pavimento. Esto se debe a que el agua tiene una capacidad calorífica específica más baja que el asfalto y el hormigón, lo que significa que absorbe más calor del sol e irradia menos calor al aire.

Tabla 1. Temperatura superficial de los tres sectores.

Sectores y Puntos	Material	Condición	Temperatura Superficial- Condición Sol/Lluvia							
			8:00 a.m (8:30)				12:00 a.m			
			9:00 a.m (9:30)	10:00 a.m (10:35)	11:00 a.m (11:35)	1:00 p.m (1:40)	2:00 p.m (2:30)	3:00 p.m (3:30)		
S1-P1-Calle	Concreto	Sol/Seco	38.6°	43°	40.3°	47.2°	Receso	56.8°	54.3°	46.5°
S1-P2-Calle	Concreto	Sol/Agua	37.4°	37.3°	32.3°	37.2°		37.1°	35.8°	32.4°
S2-P1-Calle	Concreto	Sol/Seco	37.2°	45.9°	43°	50°		58.7°	39.5°	39.4°
S2-P2-Calle	Concreto	Sol/Agua	34.6°	38.3°	36.7°	35.8°		36.3°	32.3°	32.6°
S3-P1-Calle	Asfalto	Sol/Seco	34.7°	45.4°	41.8°	51.9°		60.6°	60.2°	53.8°
S3-P2-Calle	Asfalto	Sol/Agua	32.5°	38.4°	35.6°	40.7°		42.6°	34.8°	33.2°

\*Seco= se encuentra en condiciones normales con el sol  
 \*Agua= se interpreta la superficie cuando llueve

Los datos muestran que cuando hay agua en el pavimento, este llega a bajar hasta un 20% como es el caso del S1-P1 a las 11:00 a.m. (tabla 1). El porcentaje de disminución en la temperatura de la superficie depende de la cantidad de agua presente, así como de otras variables, como el tipo de material del pavimento y su coloración. En la tabla 1 podemos notar que las temperaturas son más altas en el asfalto. El asfalto oscuro o negro absorbe entre el 80% y el 95% de los rayos del sol, calentando las calles entre 50 y 60 grados centígrados.

El agua puede enfriar las superficies calientes, pero también se evapora rápidamente, lo que puede dificultar la medición del efecto exacto que tiene el agua en la temperatura de la superficie del pavimento. La mejor manera que encontramos para determinar esto es midiendo la temperatura

antes y después de la exposición al agua (ver figura 5a y 5b) durante al menos cuatro horas. Esto permite ver si hay cambios en los datos como resultado de la exposición al agua.

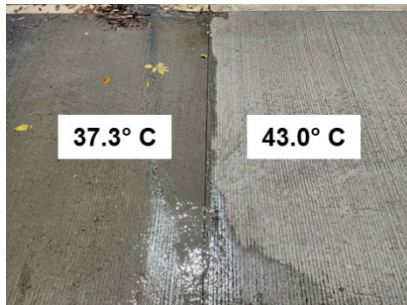


Figura 5a. Contraste de temperatura en el Sector 1

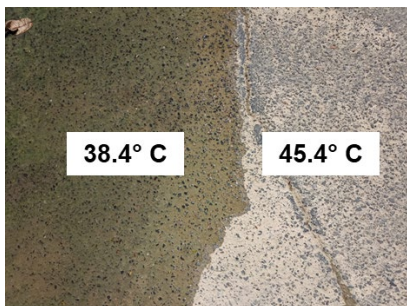


Figura 5b. Contraste de temperatura en el Sector 3

En el horario de las 9:00 a.m. notamos que en el sector 1 el agua fue capaz de disminuir la temperatura superficial en un 13% (Figura 5a). A la misma hora, pero en el sector 3 la reducción fue del 15% (Figura 5b). Podemos notar que al transcurrir el tiempo aumenta la temperatura de las superficies secas, en cambio las zonas húmedas se mantienen oscilando entre los 30°C y 40°C (ver figura 6).

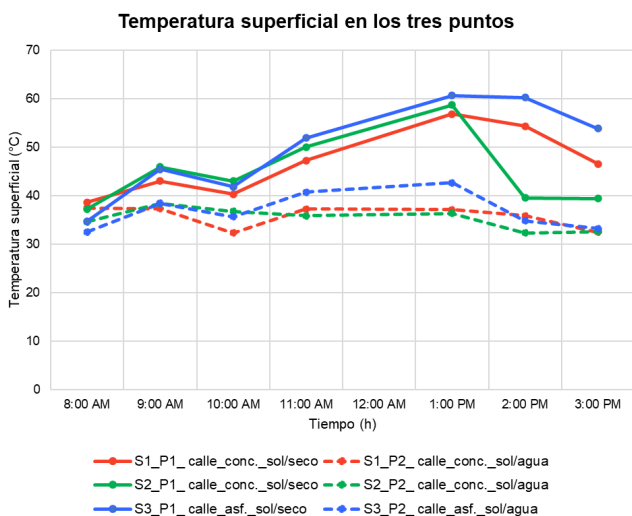


Figura 6. Efecto del agua en la temperatura de la superficie del pavimento a lo largo del tiempo.

En el gráfico de la figura 6 podemos observar que hay notables variaciones en las temperaturas del pavimento entre las diferentes horas del día. Esto podría atribuirse a diferentes condiciones meteorológicas, como la cobertura de nubes, la velocidad y la dirección del viento en diferentes lugares, junto con otros factores, como la cobertura del suelo y las propiedades del suelo.

### 3.1.1 Resultados de la medición en el sector 1

En el sector 1 la temperatura máxima en superficie seca fue de 56.8°C en el horario de las 1:00 p.m. (ver figura 6). Aquí el agua tuvo la capacidad de bajar la temperatura 19.7°C. A las 8.00 a.m. notamos que las temperaturas superficiales de los puntos secos y mojados se mantienen equiparadas y tan solo una hora después empezamos a ver una diferencia de 6°C.

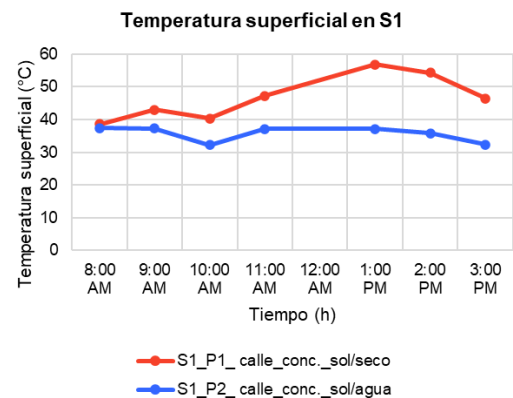


Figura 6. Gráfico de relación temperatura – tiempo en el sector 1.

### 3.1.2 Resultados de la medición en el sector 2

La temperatura más alta del pavimento seco es de 58.7°C y ocurre a las 1:00 p.m. (ver figura 7), sin embargo, en la siguiente hora, en la misma superficie seca la temperatura baja hasta los 39.5°C por acción de la sombra de los árboles. Con estos datos podemos afirmar que la sombra tiene igual capacidad de reducción de temperatura superficial que la del agua.

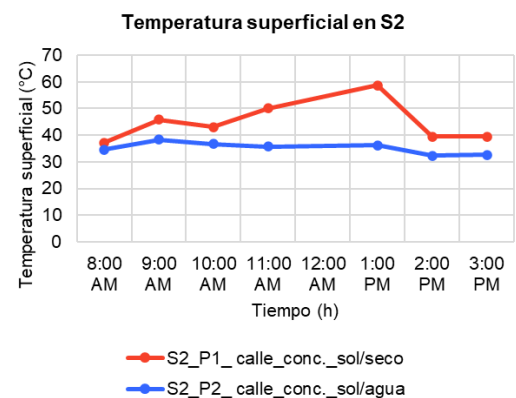


Figura 7. Gráfico de relación temperatura – tiempo en el sector 2.

### 3.1.3 Resultados de la medición en el sector 3

El sector 3 tiene el caso particular que su material, a diferencia de los otros dos sectores estudiados, es de asfalto. En consecuencia, las temperaturas tienden a ser las más altas. En este sector la temperatura máxima se dio a las 1:00 p.m. y fue de 60.6°C en la zona seca y 42.6°C en la mojada, 18°C de diferencia (ver figura 8).

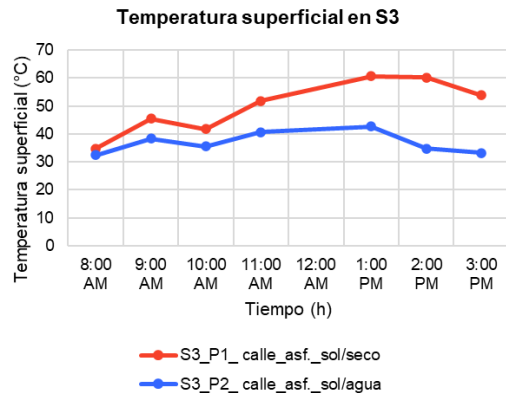


Figura 8. Gráfico de relación temperatura – tiempo en el sector 3.

Los datos apuntan a que el agua es un factor importante en el desarrollo del microclima. La cantidad de escorrentía de agua se puede controlar aplicando superficies impermeables o desarrollando áreas de escorrentía de agua baja dentro del sistema de pavimento.

El agua puede ingresar a un pavimento a través de muchas vías diferentes, que incluyen: escorrentía superficial (lluvia), infiltración del subsuelo y fallas en el sistema de drenaje.

## 4. DISCUSIONES

Las mediciones consistían en evaluar la temperatura de las superficies estando secas y húmedas (por acción del agua de lluvia), sin embargo, las condiciones meteorológicas no fueron favorables el día de las mediciones, por lo que se recurrió a utilizar superficies que ya se encontraban húmedas por acción medios externos como método de simulación para nuestra investigación.

Las mediciones se pausaron a las 12:00 p.m. para el receso, almuerzo y carga del equipo de medición.

Es recomendable hacer las mediciones en superficies de igual condición, por ejemplo, el hormigón de las calles, que generalmente es de tono claro tiende a oscurecerse por efecto del humo de los vehículos. Una evidente variación de color en el material influye directamente en su temperatura superficial.

El enfoque más común es medir la temperatura del pavimento antes y después de un evento de lluvia. Este enfoque introduce posibles fuentes de error, como el tiempo de demora entre el evento de lluvia y el momento en que se toman las mediciones, variaciones en las condiciones meteorológicas

durante el período entre mediciones, cambios en la temperatura del aire durante este período, etc.

## 5. CONCLUSIONES

- En el S3\_P1\_calle\_asfalto la máxima temperatura superficial se dio a las 1:00 p.m. con 60.6°C en la zona seca y 42.6°C en la húmeda, 18°C de diferencia, es decir, el agua refrigeró un 29% dicho material.
- El S2\_P2\_calle\_concreto, hubo un cambio en la condición del sitio, este pasó de ser sol/agua a ser sombra/agua, este cambio se observó al retomar las mediciones a las 1:00 p.m., al haber cambiado de condición la temperatura en este sitio, pasó de 38.3°C, como la máxima temperatura superficial a las 9:00 a.m. a 32.3°C en la última medición a las 3:00 p.m.
- En general se observaron diferencias de temperatura superficial por arriba de los 15°C, en un mismo material, pero cuando estaba expuesto a la humedad.
- La escorrentía de agua de los pavimentos provoca una reducción de la temperatura de la superficie, lo que provoca una reducción de la resistencia térmica del pavimento.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al profesor y Doctor Jorge Isaac Perén Montero por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados a lo largo de este trabajo de investigación.

A la arquitecta Laura Candanedo por la orientación y contribuciones en la investigación, al igual por brindar su casa como centro de encuentro en el proceso de medición de campo.

Por último, pero no por eso menos importante a todos los asistentes que nos ayudaron de la mejor manera posible y se relacionaron con nuestro tema para así ayudarnos a la hora de los resultados en nuestro caso particular agradecemos a José Cedeño.

## REFERENCIAS

- [1] AA A. Kubilay, D. Derome y J. Carmeliet, "Coupling of physical phenomena in urban microclimate: A model integrating air flow, wind-driven rain, radiation and transport in building materials", *Urban Climate*, vol. 24, pp. 398–418, junio de 2018. Accedido el 26 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.04.012>
- [2] OpenStax, Water. Cnx Biology, 2014. Accedido el 7 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: <http://cnx.org/contents/a4f8df82-c778-4971-8dec-7c5c72578e94@9>
- [3] K. R. Gunawardena, M. J. Wells y T. Kershaw, "Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity", *Science of The Total Environment*, vol. 584-585, pp. 1040–1055, abril de 2017. Accedido el 19 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>

- [4] H. Gómez Concepción, I. Rojas Márquez, y J. Perén Montero, 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, n.º 1, pp. 31-38, ene. 2021.
- [5] J. Perén, INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN EN DOS SECTORES DEL CORREGIMIENTO DE CALIDONIA, *SusBCity*, vol. 4, n.º 1, pp. 53-63, ene. 2022.
- [6] O. Wald, A. Sánchez, G. Ayarza, N. Barranco, y J. Perén, «INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA URBANA EN EL MICROCLIMA DE LOS ALREDEDORES DE CALLE 50, EN CIUDAD DE PANAMÁ», *SusBCity*, vol. 3, n.º 1, pp. 16-24, ene. 2021.

Fecha de Recepción: 5 de junio de 2022

Fecha de Aceptación: 3 de agosto de 2022