

INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA URBANA EN EL MICROCLIMA DE LOS ALREDEDORES DE CALLE 50, EN CIUDAD DE PANAMÁ.

Wald Ottally^{1a}, Sánchez Amaris^{1b}, Ayarza Giselle^{1c}, Barranco Nicole^{1d}, Jorge I. Perén^{1,2e}

¹Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño-FADUP, Ciudad de Panamá, Rep. de Panamá

²Sustainable Building and City Research Group-SusBCity, Ciudad de Panamá, Rep. de Panamá

^{1a}ottally@hotmail.com, ^{1b}amarisvielka@gmail.com, ^{1c}charlee022017@gmail.com, ^{1d}nicolemichelle49@gmail.com, ^{1,2e}jorge.peren@up.ac.pa

RESUMEN: El presente estudio se desarrolla en el área metropolitana de la Ciudad de Panamá, en el corregimiento de San Francisco específicamente en los alrededores de la Calle 50. Esta zona de estudio resulta interesante ya que es céntrica y por lo tanto muy transitada, presenta un modelo urbano mixto, con edificios altos y bajos, con diferentes anchos de calles, cuenta con áreas verdes y además es atravesado por el Río Matasnillo. Este estudio tiene como objetivo principal evaluar la relación entre las variables de microclima urbano con respecto a los parámetros de morfología urbana. Basado en los resultados podemos indicar que los parámetros de morfología urbana que tienen mayor impacto sobre la sensación térmica en esta zona son el H/W y el factor de cielo visible (SVF). Sin embargo, la sensación térmica se mantiene homogénea en toda el área, lo que indica la existencia de una relación lineal directa entre las variables micro climática, temperatura y las morfológicas H/W y SVF en los alrededores de la zona de Calle 50.

PALABRAS CLAVE: morfología urbana, factor de cielo visible, cantidad de árboles, relación altura-ancho, variables micro climáticas, sensación térmica, correlación de Pearson.

ABSTRACT: The present study is developed in the metropolitan area of Panama City in San Francisco, specifically in the surroundings of Calle 50. This area of study is attractive because it is central and, therefore, very busy, it presents a mixed urban model, with high and low buildings, with different width of streets, green areas, and crossed by the Matasnillo River. This study's main objective is to evaluate the relationship between urban microclimate variables concerning urban morphology parameters. Based on the results, we can indicate that the parameters of an urban morphology that significantly impact the thermal sensation in this area are the H/W and the SVF. However, the thermal sensation remains homogeneous throughout the area, indicating the existence of a direct linear relationship between the micro-climatic variables, temperature, and the morphological H/W and SVF in the surroundings of the Calle 50 area.

KEYWORDS: urban morphology, sky view factor, number of trees, H/W ratio, microclimatic variables, thermal sensation, Pearson correlation.

1. INTRODUCCIÓN

La morfología urbana de una ciudad actúa como un modificador del clima local generando microclimas urbanos particulares que pueden favorecer o no a la eficiencia energética de los edificios y al confort de las personas que lo habitan [1][2].

El crecimiento de las ciudades latinoamericanas en general sigue las premisas de la globalización y los criterios de la arquitectura internacional, promoviendo morfologías urbanas

sin análisis previos que evalúen o determinen el uso correcto de materiales, métodos constructivos y organizaciones de los espacios urbanos. Estas morfologías pueden limitar el confort térmico urbano, transformando zonas costeras con un equilibrio climático placentero, producto de las brisas del mar, en lugares con climas calurosos y sofocantes por la presencia de grandes edificios que frenan la brisa refrescante. El crecimiento de la ciudad de Panamá, del Casco Antiguo a sectores como Paitilla, evidencia grandes cambios en la morfología urbana. Se aprecian construcciones variadas,

debido a la diversidad de usos de suelo, y grandes diferencias de alturas y distancias entre edificios las cuales pueden generar variaciones micro climáticas, especialmente también por la ausencia de áreas verdes.

A nivel nacional no existen investigaciones que evalúen el impacto de la morfología urbana en la sensación térmica urbana. El desafío de alcanzar la sustentabilidad del ambiente construido involucra el estudio del clima urbano [3]. El ambiente construido modifica las variables climáticas que influyen en el balance energético del cuerpo humano [4][5].

Estas modificaciones se perciben tanto en los espacios interiores como en los exteriores de la ciudad, siendo el confort térmico de las personas, en espacios exteriores, uno de los factores que más influye en la habitabilidad de los espacios públicos de las ciudades [6].

Para estos estudios el conjunto de modificaciones urbanas bajo estos fenómenos se agrupan utilizando un conjunto de indicadores morfológicos que condicionan la habitabilidad térmica de los espacios exteriores entre los cuales destacamos tres: (a) radio de cobertura de verde, que se refiere a la cantidad de espacios verdes y árboles que se encuentran en la zona de estudio; (b) factor de cielo visible o SVF (por sus siglas en inglés), el cual mide que tan visible está el cielo según los obstáculos que rodean la zona de estudio; y, finalmente (c) relación altura-ancho o H/W (por sus siglas en inglés), que es la relación entre la altura de los edificios que rodean la zona de estudio y el cañón o ancho de la calle [7].

Esta investigación tiene como objetivo general estudiar la relación entre las variables de microclima urbano con respecto a los indicadores de morfología urbana en un sector de la Calle 50, en el corregimiento de San Francisco. Se realizará una caracterización de la morfología urbana de dicho sector, con base en los indicadores SVF, H/W, cantidad de espacios verdes y árboles y se comparará con su respectivo microclima urbano (basado en la velocidad de viento, temperatura, humedad, sensación térmica) en los tres primeros meses de un año.

2. METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolla en los alrededores de la Calle 50 y la vía Israel, corregimiento de San Francisco, en el área metropolitana de la Ciudad de Panamá (Ver fig. 1). Esta zona de estudio resulta interesante ya que es céntrica y por lo tanto muy transitada; es de uso mixto, con edificios altos y bajos; con diferentes anchos de calles y por ella corre el Río Matasnillo, que es un afluente que nace y muere dentro del centro urbano de la ciudad; además esta zona cuenta con porcentaje significativo de área verde.

El área de estudio se dividió por zonas, de manera regular e irregular, tomando en cuenta las vías principales y colectoras y algunas zonas por el Río Matasnillo.

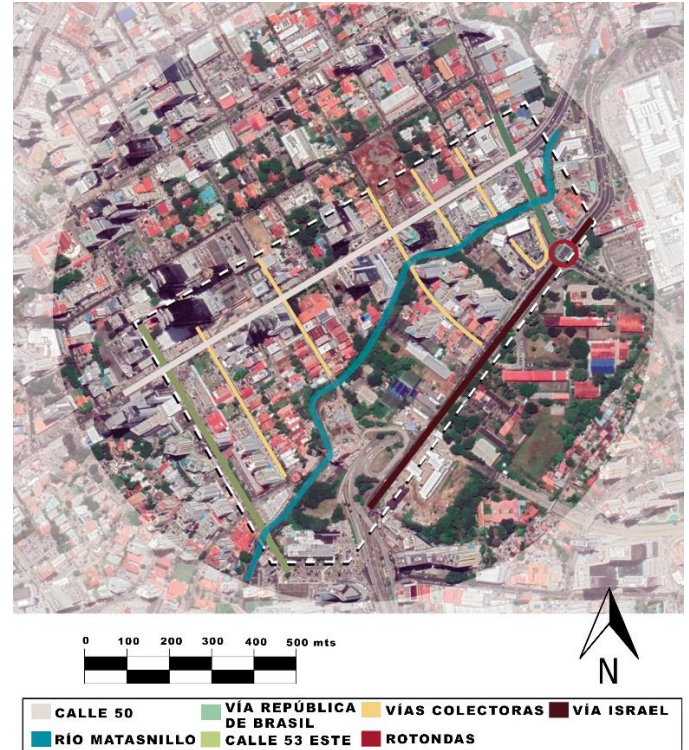


Figura 1. Mapa del área de estudio en la Zona de Calle 50.

Una vez determinada las zonas dentro del área de estudio, se ubicaron cinco puntos de medición, estos fueron escogidos de manera que las torres estuvieran orientadas a un espacio abierto, limitadas por edificios de norte a sur.

2.1 Descripción morfológica del sector

Para la caracterización morfológica del sector se llevó a cabo el análisis del área de estudio por medio del desarrollo de mapas, con el propósito de identificar las distintas características que posee la zona de estudio. Los mapas realizados son de: área de estudio, diagrama de zonas, mapa de alturas de edificios, mapa de zonificación y diagrama de cuadras.

Además, se realizó una tabla (Tabla 1), en la cual se divide el área de estudio en ocho zonas donde se muestra algunos datos morfológicos como la superficie (m²), la cantidad de edificios, altura mínima, altura media y máxima de las edificaciones, y algunos edificios destacados de esa zona, la cantidad de árboles y también indica si el río Matasnillo atraviesa esa zona.

Tabla 1. Descripción de datos morfológicos de las zonas dentro del área de estudio.

Zona	A	B	C	D	E	F	G	H
Superficie (m2)	39966,81	67075,77	46958,70	53634,42	55506,06	17901,86	67397,29	70683,38
Cantidad de Edificios	9	23	23	63	7	12	45	5
Altura Mínima (m)	4,0	3,5	3,5	3,5	9,0	3,0	3,5	3,0
Altura Media (m)	37,5	13,1	34,8	7,1	62,2	6,7	5,4	20,60
Altura Máxima (m)	207,0	71,0	236,0	17,5	176,0	15,0	122,5	87,5
Cantidad de Arboles	22	127	40	48	59	22	48	110
Río	no	no	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Edificios Destacados	Novey & Kohler, Soho Mall	Capital Bank, Lumicentro	Banco General de Marbella, Plaza Marbella	Café Unido de Marbella	Wao 97.5, Torre Global bank	Dominos 's Pizza, Alamo	Plaza Boulevard Street Mall	Panama Sports Club

Conjuntamente se calcularon otros parámetros morfológicos que son el H/W, el SVF y la cantidad de árboles.

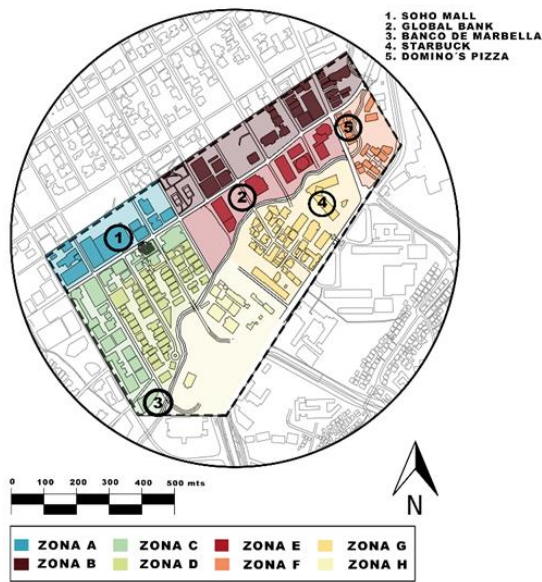


Figura 2. Sectores de estudio, y puntos específicos de medición

2.1.1. Relación Ancho-Altura (H/W)

Para obtener el H/W, la relación de altura y ancho, se llevó a cabo una medición aproximada de las alturas de dichos edificios, posterior a esto se realizó una división entre la altura de los edificios escogidos para la investigación y los que se encuentran ubicados frente a ellos, con el propósito de obtener un promedio de altura que luego sería dividido entre el ancho de calle el cual se extrajo de la medición de las vías que se encuentran próximas a los puntos de estudio. Posteriormente, se calculó el H/W, dividiendo la altura promedio de los edificios entre el ancho de la calle [8][7].

2.1.2. Factor de Cielo Visible (SVF)

El Factor de Cielo Visible es una medida de la apertura del cañón o para una ubicación dada en un cañón de calle, la

fracción del cielo que es visible desde esa ubicación. SVF es un parámetro adimensional con valores entre 0 y 1, esto último significa que todo el cielo es visible desde el punto dado, para esto se utiliza la siguiente formula $SVF_{2D} = \cos(\arcsin(\frac{H}{0.5W}))$ donde H es la media de altura de los edificios y W sería el cañón de calle [9].

2.1.3. Conteo de árboles

Para analizar las interacciones entre las variables micro climáticas y los parámetros morfológicos que intervienen en el confort térmico de los espacios urbanos de la zona de estudio, uno de los parámetros de mayor interés es el conteo de árboles, debido a que la existencia de forestación urbana muestra significancia estadística en la mejora de la condición de confort térmico exterior [7].

Durante el desarrollo de esta investigación para obtener el parámetro morfológico conteo de árboles, en la zona de estudio, recurrimos inicialmente al software OpenTreeMap [10] cuyo principal objetivo es darles a sus usuarios la capacidad de llevar un registro de los árboles que se encuentran en una zona. Este software es utilizado principalmente por instituciones municipales para llevar el inventario de los árboles. Sin embargo, no cuenta por el momento con la capacidad de detectar automáticamente los árboles en la zona designada.

Para solventar este reto, y poder realizar el conteo automático de los árboles se utilizó la librería de aprendizaje automático profundo DeepForest [11] [12], que está entrenada, para a partir de imágenes de áreas similares a las proporcionadas por OpenTreeMap, poder contar la cantidad de copas de árboles que se encuentran en las zonas estudiadas.

Sin embargo, esta librería fue entrenada y especializada en el conteo de árboles de zonas boscosas, por lo que fue necesario hacer una adaptación de la librería donde se proporcionaron

imágenes con mayor grado de saturación de colores para resaltar los elementos verdes dentro del paisaje urbano; de forma que la librería fuera capaz de encontrar las coronas de árboles que se encontraban distribuidos en la zona de estudio.

2.2. Análisis climático del sector

Para microclimas, la literatura indica que las variables de mayor interés son: temperatura, humedad, valor de radiación, sensación térmica, velocidad del viento, presión atmosférica, descripción del clima. Por lo que para el desarrollo de esta investigación se procuró construir una estructura de datos que permitiera que los datos recibidos fueran almacenados en una tabla donde son diferenciados por los datos de latitud y longitud de los puntos de interés [7]. Los puntos de interés son seleccionados a partir de sus diferentes combinaciones de parámetros morfológicos, debido a esto, es necesario obtener la data climática de esos puntos específicos, de forma rápida, para alimentar así nuestra estructura de datos para su posterior análisis.

Para este fin, se recurrió al uso de las bases de datos climáticas públicas que existen a nivel global y que diariamente registran esta información en sus sistemas en tiempo real [13].

Esto se consigue accediendo a los datos públicos de los sistemas Visual Crossing Weather [14] y OpenWeather[15] a través de su APIs (Application Programming Interface) públicos.

El API de Visual Crossing Weather se utilizó para construir data histórica de los tres primeros meses del año 2020 de los puntos de interés. Esto funciona indicando la latitud y la longitud de los puntos de interés, del punto de lectura y la fecha de consulta. Para este proyecto se utilizó el periodo que incluye 1 de Julio de 2019 hasta 1 de junio de 2020. OpenWeather se utilizó para obtener los datos climáticos de cada hora a partir del momento en que dejamos de recibir los datos históricos [16].

Una vez los datos fueron consumidos e ingresados en nuestra tabla, se designó un periodo de estudio en el que se pudiera observar cambios significativos. A partir de ellos se optó por restringir el estudio a los primeros 3 meses del año 2020, por ser temporada de verano.

Sobre este periodo se analizaron las horas del día que van entre las 7 de la mañana y las 6 de la tarde, promediando los datos climáticos obtenidos en rangos de dos horas. De forma que tuviéramos data equiparable con la información de los parámetros morfológicos capturados, y se pudiera realizar un buen análisis.

2.3. Correlación de Pearson

Con el fin de cuantificar que parámetros morfológicos tienen relación con las variables micro climáticas de interés, en este

caso la temperatura y la sensación térmica, se propuso el uso del coeficiente de correlación de Pearson, para este proyecto este recibirá como datos de entrada la estructura de datos propuestos que incluye las variables de microclima y los parámetros de morfología urbana [7].

Los coeficientes de correlación son expresiones numéricas que indican el grado de relación lineal existente entre 2 variables cuantitativas, es decir no se puede utilizar con valores cualitativos tales como el tipo de clima (soleado, lluvioso, etc.). En el coeficiente de correlación (r) sus valores suelen oscilar entre -1 y $+1$. Esta magnitud indica el grado de asociación entre las variables donde el valor 0 indica que no existe relación entre las variables.

Los valores ± 1 son indicadores de una correlación perfecta, siendo positiva al crecer ambos valores a la vez o cuando su crecimiento es inversamente proporcional.

En este estudio se realizó un análisis inicial por cada una de las zonas y finalmente se hizo un estudio con los datos de todos los puntos de interés. Para calcular entonces la matriz de correlación se empleó el software InfoStat [7].

3. RESULTADOS

3.1. Resultados del estudio morfológico del sector

En la figura 3 se puede observar el mapa de zonificación representado por una escala de colores que buscan identificar los códigos existentes, en donde muestra que el área de estudio es de uso mixto, donde la gran mayoría de la codificación es de uso residencial y la más escasa es de uso público.

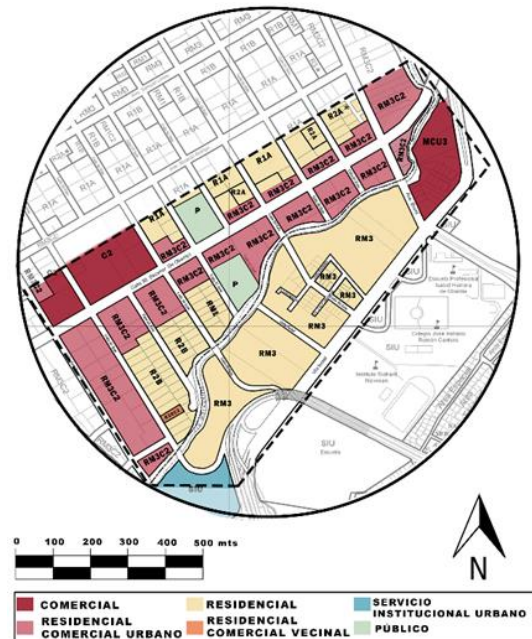


Figura 3. Mapa de zonificación del área de estudio.

En la figura 4, se indica la gran diversidad de tamaños y formas de los lotes del área de estudio. Sus superficies van desde 1000 metros cuadrados hasta 40 000 metros cuadrados.

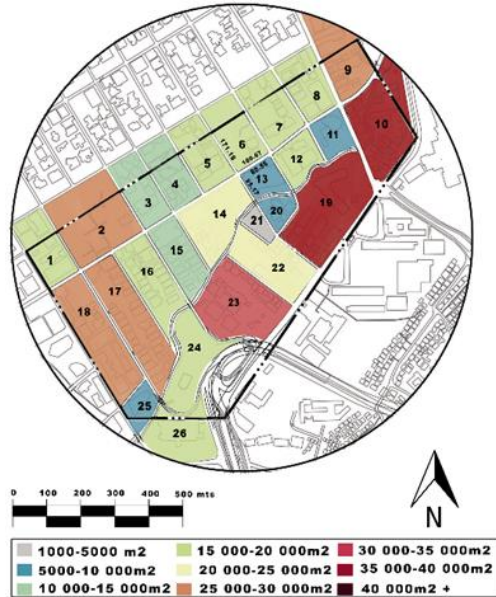


Figura 4. Mapa de cuadradas del área de estudio.

En la figura 5 se puede observar el mapa de alturas de edificios compuesto por una escala de colores utilizada para identificar el rango de altura de las diferentes edificaciones de la zona de estudio, dichos edificios van desde los 3 metros de altura hasta los 246.40 metros, siendo el F&F Tower el edificio más alto del área de estudio. El mapa se desarrolló con el propósito de obtener un rango aproximado de las alturas existente en la zona y así poder llevar a cabo los cálculos de H/W.

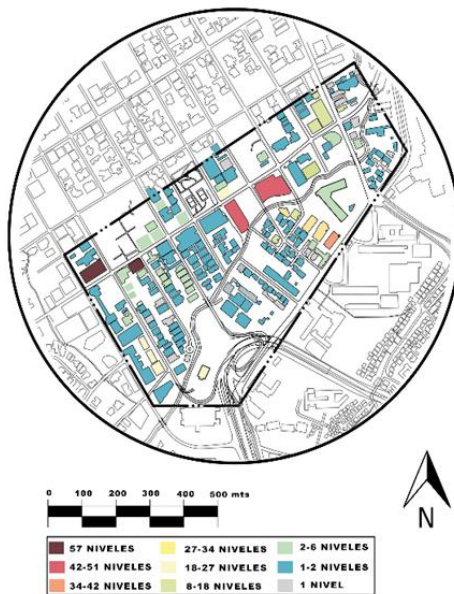


Figura 5. Mapa de Alturas de edificaciones.

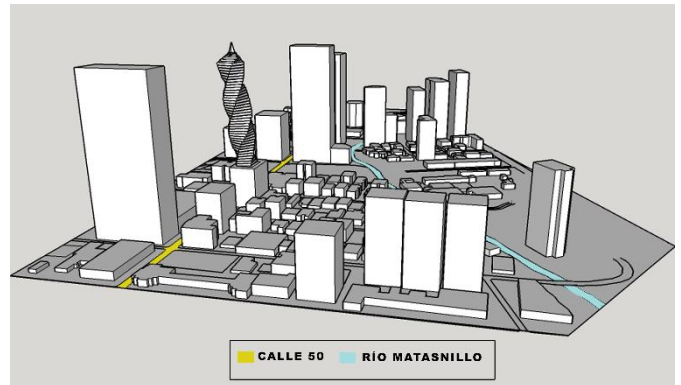


Figura 6. Perspectiva aérea del área de estudio.

La figura 6 muestra la perspectiva aérea del área de estudio en la que se observa de manera tridimensional las alturas de la zona. Los parámetros morfológicos urbanos involucrados en este estudio incluyen el porcentaje de área verde, relación H / W y SVF. En base a estos parámetros, se analizó y discutió la temperatura del aire exterior. Los hallazgos explicaron que los parámetros morfológicos urbanos, como un área verde más grande, una relación H /W baja y un SVF alto podrían proporcionar efecto de enfriamiento a las zonas circundantes [8].

3.1.1. Resultados del H/W:

En este caso haremos una comparación entre dos resultados obtenidos de los cálculos de H/W, específicamente del Banco General de Marbella y el Soho Mall. En el caso del Banco General el H/W dio como resultado una cifra de 0.32 lo que indicaría en teoría que tiene una de las condiciones para ser un lugar más fresco por el cual transitar; al contrario el de Soho Mall dio como resultado un H/W de 4.69 lo que en teoría le da una de la condiciones para ser un sitio más caluroso, esto se puede adjudicar a la diferencia de altura entre los dos edificios ya que las corrientes de aire al ser edificios más bajos pueden desplazarse mejor, en cambio los edificios más altos interrumpen el paso del viento lo que genera áreas calurosas.

3.1.2. Resultados del Factor de Cielo Visible (SVF):

Se observó que el SVF del punto 1, Soho Mall (Zona A) y el punto 2, Global Bank (Zona E) se obtuvo un rango de 0.10 y 0.19, respectivamente, de manera que se encuentra un mayor factor de cielo visible, demostrando que hay mayor incidencia de radiación solar directa en la Zonas A y E, lo cual, en teoría, mantiene el aire más caluroso en estas zonas.

Además, se observó que el SVF del punto 3, Banco General de Marbella (Zona C), el punto 4, Starbucks de Street Mall (Zona G) y el punto 5, Domino´s pizza (Zona F), se obtuvo un rango entre 0.72 a 0.84, de modo que se encuentra un menor factor

de cielo visible, facilitando la mayor protección de la incidencia de la radiación solar directa en la zona C, G y F, lo cual indicaría, en teoría, que tiene una de las condiciones para ser un lugar más sombreado por el cual transitar.

3.1.3. Resultados del Conteo de Árboles:

La tabla 2 además de mostrarnos los resultados de otras variables morfológicas analizadas, también muestra los resultados correspondientes al conteo de árboles ubicados en los cinco puntos específicos dentro del área de estudio, gracias a esta tabla podemos apreciar que existen zonas que carecen de vegetación, esto lo podemos adjudicar a la gran huella de concreto que poseen los edificios que comprenden el área de estudio. En cambio, en otros puntos se pueden observar mayor cantidad de árboles, esto gracias a que los terrenos en que se encuentran ubicados estos, están cerca del Río Matasnillo y son áreas verdes que no han sido intervenidas.

La zona de la Torre Global que está cerca del Río Matasnillo es el punto con más cantidad de árboles, posee 254 árboles. Las zonas de Soho Mall y Dominos' Pizza cuentan con 22 árboles siendo las zonas con más escasa vegetación. El área de estudio cuenta con 566 árboles en total.

Tabla 2. Resultados de los parámetros morfológicos de los puntos específicos de medición.

Nombre	Soho Mall	Dominos's Pizza	Torre Global bank	Banco General de Marbella	Starbucks-Street Mall
Latitud	8,983,247	8,985,817	8,984022	8,979,334	8,984,085
Longitud	-79,519,249	-79,513,736	-79,516724	-79,518,768	-79,513,536
Zona	A	F	E	C	G
H/W	4.69	0.47	2.57	0.32	0.44
SVI	0.10	0.72	0.19	0.84	0.74
Cantidad de Arboles	22	22	254	198	70

3.2. Resultados del estudio climático del sector

Como se observa en la Tabla 3, los datos climáticos han sido organizados alrededor de los cinco puntos de interés, que representan diferentes configuraciones morfológicas por lo que se esperaba que las variables de microclima urbano tuvieran variaciones a medida que nos desplazamos alrededor de estas zonas.

Sobre la tabla, es importante destacar que está organizada con los promedios de los valores climáticos por horas de interés durante los primeros tres meses del año 2020. Estas horas de interés son de 7:00 a.m. a 8:00 a.m., 11:00 a.m. a 12:00 p.m., 3:00 p.m. a 4:00 pm., 7:00 p.m. y 8:00 p.m., que representan hitos importantes durante el día como se menciona [7], si tomamos en consideración que durante los tres primeros meses del año Panamá se encuentra en su estación seca en la que las precipitaciones son muy escasas provocando que las jornadas

sean típicamente calientes y soleadas, adicionando que la geografía local puede modificar sustancialmente estos patrones climáticos, como observaremos:

3.2.1 Resultado de data de temperatura:

Basado en la información recolectada, podemos indicar que las horas de inicio de la mañana, tienen temperaturas que oscilan entre los 25° C hasta los 27°C, sin embargo, ya con el inicio de la mañana y hasta el final de la jornada las temperaturas tienen un aumento de 3° a 5° grados centígrados oscilando entonces los rangos de 29°C a 30°C.

Si bien la temperatura por sí misma no es un factor decisivo en cuanto a lo agradable del ambiente en los puntos de estudio, podemos observar que las temperaturas más altas se registran al final del día a partir de las 3:00 PM. Siendo marzo el mes más caliente en temperatura promedio de los meses estudiados.

3.2.2 Resultados de datos de humedad:

Entre las características climáticas de Panamá está su elevada humedad relativa con promedio anual de 75.7% según datos de la empresa estatal de transmisión de energía ETESA. Sin embargo, es interesante que, basado en los datos recabados, la humedad promedio se mantenía en un rango superior al 80% durante las primeras horas de la mañana, en cuanto a las medidas de inicio de jornada, sin embargo, la misma descendía hasta 40 puntos porcentuales hasta casi el final del día para volver a aumentar una vez caída las primeras horas de la noche según los datos recolectados que podemos observar en la tabla 3. Entre tanto se sugiere que esta caída sea verificada en futuros estudios.

3.2.3 Resultados de datos de velocidad de viento:

En la zona de estudio, y principalmente en los puntos de interés se puede observar que la información de velocidad de viento es muy variada, sin embargo, su comportamiento es muy similar a través de las horas a pesar de encontrarse con diferentes configuraciones morfológicas, lo que sin un estudio a profundidad pudiera indicarnos que esta variable climática no se ve influenciada por los parámetros de morfología urbana.

Resultados de Data de Sensación térmica:

Los datos de la sensación térmica son directamente afectados por las variables climáticas de temperatura y humedad, haciendo que el ambiente sea más o menos agradable para las personas que se encuentran en ese lugar. Como se observa en la tabla 3, el aumento de la temperatura es asociado a la sensación térmica que oscila entre 1° hasta los 4° centígrados. Observamos que ante mayor humedad como ocurre a principios de la jornada la sensación térmica tiene un aumento en un rango de 3° a 4° centígrados. Sin embargo, esta tendencia va disminuyendo durante el día hasta llegar a la última hora de la jornada donde la diferencia entre la temperatura y la sensación térmica es de no más de 1° centígrado.

Durante el análisis hemos observado que los valores de sensación térmica se ven muy similares entre los puntos con diferentes configuraciones morfológicas. Y en relación con los

regulador en la zona de estudio. Esto es debido a una de las características morfológicas que no estudiamos en este artículo que es la presencia de un afluente pluvial que pasa a través de varios puntos de la zona de estudio. Aspecto que también debe

Tabla 3. Resultados de variables micro climáticas por punto.

variables Climáticas	Punto	Soho Mall			Banco General de Marbella			Starbucks Street Mall			Global Bank			Domino's Pizza		
	Meses	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo
Temperatura (C°)	7:00 a.m. - 8:00 a.m.	25,37	25,42	25,39	25,16	25,42	25,39	25,36	29,53	27,37	25,49	25,42	25,41	25,34	25,42	25,39
	11:00 a.m. -12:00 p.m.	30,33	31,17	31,91	30,06	31,17	31,77	30,33	33,20	33,27	30,15	31,21	31,90	30,33	31,17	31,90
	3:00 p.m. - 4:00 p.m.	30,68	31,59	32,49	30,71	31,59	32,49	30,68	32,70	32,49	30,63	31,72	31,43	30,68	31,59	32,49
	7:00 p.m. -8:00 p.m.	27,85	28,33	30,13	27,88	28,33	29,06	27,84	33,13	31,19	26,73	28,36	30,43	27,85	28,33	29,07
Humedad (%)	7:00 a.m. - 8:00 a.m.	84,88	83,71	80,30	84,51	83,71	80,30	84,90	83,71	80,30	84,47	83,11	80,97	84,99	83,71	80,29
	11:00 a.m. -12:00 p.m.	64,51	58,58	51,77	64,01	58,58	52,49	64,52	58,58	52,03	65,50	58,02	52,46	64,52	58,57	52,03
	3:00 p.m. - 4:00 p.m.	62,48	54,35	48,45	61,88	54,35	48,51	62,49	54,35	48,59	62,62	53,36	50,42	62,49	54,35	48,79
	7:00 p.m. -8:00 p.m.	72,56	67,11	60,83	73,16	67,15	59,22	72,59	67,17	59,31	72,93	66,14	58,82	71,28	67,17	59,20
Sensación Térmica (C°)	7:00 a.m. - 8:00 a.m.	29,57	29,63	29,19	29,80	29,63	29,18	29,60	29,62	29,16	29,48	29,52	29,24	29,52	29,63	29,19
	11:00 a.m. -12:00 p.m.	34,36	34,73	34,59	34,08	34,73	34,55	34,38	34,79	34,58	34,45	34,63	34,68	34,38	34,75	34,58
	3:00 p.m. - 4:00 p.m.	34,49	34,52	34,72	33,82	34,52	34,73	34,50	34,53	34,72	34,39	34,53	34,88	34,50	34,43	34,72
	7:00 p.m. -8:00 p.m.	30,91	30,81	32,09	30,50	30,81	30,93	30,94	32,87	30,82	30,83	30,78	30,61	29,02	30,82	30,93
Velocidad de Viento (km/h)	7:00 a.m. - 8:00 a.m.	8,26	10,47	9,71	8,26	10,51	9,71	8,25	25,82	19,66	8,45	10,70	8,89	8,11	10,49	9,70
	11:00 a.m. -12:00 p.m.	19,22	23,73	21,72	15,49	23,73	21,37	19,22	27,68	26,83	20,16	24,32	19,86	19,23	23,73	21,64
	3:00 p.m. - 4:00 p.m.	21,65	25,59	23,63	23,35	25,62	23,49	21,64	30,31	27,67	21,85	25,29	23,13	21,64	25,62	23,64
	7:00 p.m. -8:00 p.m.	14,89	18,90	20,05	14,50	19,03	19,62	14,87	27,91	21,78	15,09	18,74	19,31	15,05	19,02	19,58

datos podemos observar que la humedad entra como factor

3.3. Resultados de la Correlación de Pearson

El resultado de las correlaciones de Pearson entre las variables micro climáticas y los parámetros morfológicos se organizó en la tabla 4. Luego de la evaluación, hemos observado que en el análisis, a partir de la matriz de correlaciones, se indica que existe relación lineal directa entre las variables micro climáticas, temperatura y las morfológicas H/W y SVF en la zona de Calle 50, y además una correlación positiva, pero no tan significativa con la cantidad de árboles.

Al mismo tiempo se observa una correlación negativa entre la humedad y las variables morfológicas SVF y Cantidad de árboles, también existe una mínima correlación entre la humedad y el H/W.

Tabla 4. Resultados de las correlaciones de Pearson.

	H/W	SVF	ÁRBOLES
TEMPERATURA	0.76	0.55	0.44
HUMEDAD	0.12	1.50E-03	2.30E-05
SENSACIÓN TÉRMICA	0.42	0.09	0.02
VELOCIDAD DE VIENTO	0.04	3.00E-05	2.40E-08

4. DISCUSIONES

Entre las principales limitantes encontradas durante el desarrollo de este estudio se encuentra que durante los meses de marzo del 2020 hasta junio de 2020, Panamá se encontraba bajo una estricta cuarentena que limitaba la movilidad. Esto provocó que fuera imposible obtener mediciones de campo.

evaluarse con mayor profundidad en futuros estudios.

Al no poder hacer mediciones directas sobre los puntos, se optó por obtener los datos climáticos a través de la base de datos climáticos públicas disponibles. Sin embargo, estas medidas dependen de la precisión de los instrumentos en las estaciones climáticas, así como de la disponibilidad de los datos. Las cuales no pueden contrastarse con datos locales, pues las entidades estatales se encontraban ocupadas manejando la crisis sanitaria.

Otra limitante importante, ocurre al obtener el parámetro morfológico de Factor de Cielo Visible. En los artículos donde se hace referencia a este parámetro se utilizó un instrumento de medición llamado cámara de ojo de pez, que a través de un software hacía el análisis de dicho factor. Esto fue influenciado igualmente por la movilidad reducida. Es por esto por lo que se optó por utilizar otra versión del cálculo del factor de cielo visible donde el análisis se hacía en dos dimensiones, tomando en cuenta la altura de los edificios de la zona y el tamaño del cañón de la calle.

Además, podemos mencionar que durante el desarrollo de este estudio no se tomó en cuenta la influencia del afluente pluvial que recorre a través de la zona de estudio.

En cuanto a otras de las variables morfológicas, encontramos una limitante en el cálculo de conteo de árboles. En Panamá, durante la alcaldía de José Isabel Blandón, se hizo un inventario de todos los árboles del distrito de Panamá, sin embargo, esa data no se encuentra actualmente disponible, por lo que recurrimos al uso de una librería de inteligencia

artificial profunda que se encuentra en desarrollo en estos momentos. El margen de error de detección de coronas de árboles con el software de DeepForest es del 0.1892%.

Con respecto al estudio de las relaciones entre variables climáticas y parámetros morfológicos, la correlación de Pearson fue la que utilizamos para analizar la relación entre variables continuas. Sin embargo, al no tomar en cuenta la variable que influye en la humedad, que sería el Río Matasnillo, puede que la relación contra la sensación térmica se haya visto afectada.

Finalmente, por factores de tiempo, no se incluyó en el estudio los meses de abril hasta junio, a pesar de que estos incluían los cambios propios del cambio a la temporada lluviosa, así como la influencia de abril que en promedio anual ha sido el mes más caluroso registrado.

5. CONCLUSIONES

Basado en los resultados observados, al comparar las variables micro climáticas contra los parámetros de morfología urbana estudiados, en la zona de los alrededores de Calle 50, podemos indicar que los parámetros de morfología urbana que tienen mayor impacto sobre la sensación térmica en exteriores son el H/W y el SVF, como se observa en la tabla de Correlación de Pearson General (Tabla n°4)

Si bien se observa que la variable de Sensación Térmica es similar en todos los puntos de estudio, podemos concluir que es debido a las diferentes configuraciones morfológicas de la zona, que contribuyen de una u otra manera a mantener la sensación térmica homogénea en toda el área. Esto lo podemos constatar revisando la tabla de parámetros morfológicos (Tabla 2) en los cuales se observa que los puntos con un H/W alto tienen un SVF inversamente proporcional, y viceversa.

Los puntos de estudio muestran diferentes configuraciones morfológicas que por su distribución regula la temperatura calculada en la zona, lo que hace significativo que las sombras de ciertos edificios, la existencia de ciertas áreas verdes y la presencia del afluente pluvial, se convierta en factores sobre los cuales vale la pena realizar un estudio a profundidad.

Sin embargo existen zonas como la de Street Mall, cuyo valor de SVF, es tan amplio que opaca el hecho de que su parámetro morfológico H/W sea bajo, y al no contar con zonas de áreas verdes significativas y tener una gran huella de concreto, contiene todos los factores que lo convierte en el punto más caliente del estudio.

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, se puede observar que las configuraciones de morfología urbana de los alrededores de Calle 50 influyen directamente en la sensación térmica de las personas que se localizan en el área de estudio.

AGRADECIMIENTOS

En esta investigación agradecemos el apoyo que nos brindó Joseph J. Johnson en la obtención de la data climática y el conteo automático de los árboles en el área de estudio.

Este proyecto se desarrolló como parte del Proyecto de investigación y Desarrollo (i+D): #MUVEE PANAMA, financiado por SENACYT y liderado por el Investigador Principal (IP) Profesor Dr. Jorge Isaac Perén.

REFERENCIAS

- [1] M. L. Córca and M. A. Ruiz, "Aspectos cuantitativos y cualitativos de la luz solar en recintos urbanos de alta densidad edilicia en climas soleados (período invernal)," *Rev. Hábitat Sustentable*, vol. 8, no. 1, pp. 16–27, Jun. 2018, doi: 10.22320/07190700.2018.08.01.02.
- [2] I. Tumini and A. Pérez Fargallo, "Del Confort Térmico En Espacios Abiertos , En Madrid," *Habitat Sustentable*, vol. 5, pp. 57–67, 2015.
- [3] E. Higuera, "Urbanismo bioclimático. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos," *Cuad. Investig. Urbanística*, vol. 24, no. April 2011, p. 80, 1998.
- [4] T. R. Oke, "Initial Guidance To Obtain Representative," *Wmo Iom*, no. 81, 2004, doi: [https://doi.org/10.1016/0021-9797\(74\)90295-1](https://doi.org/10.1016/0021-9797(74)90295-1).
- [5] E. N. Correa, "Sobre La Habitabilidad Térmica Exterior En Una Ciudad De Clima ...," no. July, 2017, doi: 10.22320/07190700.2017.07.01.05.
- [6] M. Nikolopoulou and S. Lykoudis, "Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries," *Build. Environ.*, vol. 41, no. 11, pp. 1455–1470, 2006, doi: 10.1016/j.buildenv.2005.05.031.
- [7] C. M. A. Sosa María Belen, Correa Erica Norma, "Influencia de la morfología urbana sobre la habitabilidad térmica exterior en una ciudad de clima árido."
- [8] S. A. Zaki *et al.*, "Effects of urban morphology on microclimate parameters in an urban university campus," *Sustain.*, vol. 12, no. 7, Apr. 2020, doi: 10.3390/su12072962.
- [9] M. Dirksen, R. J. Ronda, N. E. Theeuwes, and G. A. Pagani, "Sky view factor calculations and its application in urban heat island studies," *Urban Clim.*, vol. 30, no. February, p. 100498, 2019, doi: 10.1016/j.uclim.2019.100498.
- [10] "OpenTreeMap — Create greener communities and explore our urban forests, together." <https://www.opentree.org/> (accessed Jul. 20, 2020).
- [11] B. G. Weinstein, S. Marconi, S. Bohlman, A. Zare, and E. White, "Individual tree-crown detection in rgb imagery using

- semi-supervised deep learning neural networks,” *Remote Sens.*, vol. 11, no. 11, pp. 1–13, 2019, doi: 10.3390/rs11111309.
- [12] B. G. Weinstein, S. Marconi, S. A. Bohlman, and A. Zare, “Geographic Generalization in Airborne RGB Deep Learning Tree Detection 1,” *bioRxiv*, p. 790071, Oct. 2019, doi: 10.1101/790071.
- [13] K. Javanroodi and V. M. Nik, “Interactions between extreme climate and urban morphology: Investigating the evolution of extreme wind speeds from mesoscale to microscale,” *Urban Clim.*, vol. 31, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.uclim.2019.100544.
- [14] “Historical Weather Data & Weather Forecast Data | Visual Crossing.” <https://www.visualcrossing.com/weather-data> (accessed Jul. 26, 2020).
- [15] “OpenWeatherMap® API: Get Historical & Current Weather Data | RapidAPI.” https://rapidapi.com/blog/lp/openweathermap/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Alpha_102849194322&utm_term=openweatherapi_e&gclid=Cj0KCQjw3ZX4BRDmARIsAFYh7ZJSmQcnMoNxNCGWC-WvJq_qQIsUZI7ikGgZoj_y3j24y4zkJzoYeKQaAikEALw_wcB (accessed Jul. 08, 2020).
- [16] “One Call API: weather data for any geographical coordinate - OpenWeatherMap.” https://openweathermap.org/api/one-call-api?gclid=CjwKCAjwgdX4BRB_EiwAg8O8He5c2H17ADznPVvAgfa39B1tLqQNVGMP1gUgctUfyvbFQAxGylewLBoCB5AQAvD_BwE (accessed Jul. 20, 2020).

Fecha de recepción: 03 de julio de 2020.

Fecha de aceptación: 27 de octubre de 2020.