



# **MICROCLIMAS URBANOS EN LA CIUDAD DE PANAMÁ: Estudio de tres recortes históricos de la ocupación urbana.**

***MICROCLIMAS URBANOS NA CIDADE DO PANAMÁ:  
Estudo de três recortes históricos da ocupação urbana.***

***URBAN MICRO-CLIMATES IN PANAMA CITY:  
Study of three historical clippings of urban occupation.***

MENDES DA SILVA, Angela Collado<sup>1</sup>  
ROMERO, Marta Adriana Bustos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,  
Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.  
colladomsilva@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0001-6113-6516

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,  
Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.  
romeroa@unb.com  
ORCID ID: 0000-0002-4222-8463

Recebido em 22/10/2020. Aceito em 26/03/2021.



## Resumen

Algunas variables del clima influyen en el confort higrotérmico del espacio urbano, el cual es influenciado por las características de su geometría urbana (paisaje urbano) y de su entorno natural (paisaje natural). Este trabajo analiza las cualidades del espacio urbano utilizando las Zonas Climáticas Locales (ZCLs) de tres áreas diferentes de la ciudad de Panamá. El estudio está basado en la construcción de un modelo para simulación del microclima urbano utilizando el software ENVImet v.4.4.5 – Science, y se realiza en 4 etapas: i) recolección de datos, ii) modelaje, iii) simulación, iv) extracción de datos. El trabajo mostró que el sistema de clasificación ZCLs, de Stewart y Oke (2012) permite una mejor comprensión de los diferentes microclimas urbanos. Se constató que el uso de arborización en el espacio construido es vital para mitigar las altas temperaturas de las superficies, sean pavimentos o suelos cubiertos con césped. Los tres recortes no mostraron mucha diferencia entre ellos de temperaturas (28.6, 28.18, 28.7 °C) y humedad relativa (61.92, 62.94, 62.62 %); pero se evidenció que el barrio de Vista hermosa tenía una ZCL con características de ICU, apuntando la mayor temperatura mínima (28.24°C) y máxima nocturna (28.7°C) de los tres recortes analizados.

**Palabras clave:** Ciudad de Panamá, Materiales urbanos, Geometría urbana, Isla de calor urbana (ICU), Zonas Climáticas Locales (ZCLs).

## Resumo

*Algumas variáveis de clima influenciam no conforto higrotérmico do espaço urbano, o qual é influenciado pelas características da sua geometria urbana (paisagem urbana) e do seu entorno natural (paisagem natural). Este trabalho analisa as qualidades do espaço urbano utilizando as Zonas Climáticas Locais (ZCLs) de três áreas diferentes da cidade do Panamá. O estudo se baseia na construção de um modelo para simulação do microclima urbano utilizando o software ENVImet v.4.4.5 – Science, e se realiza em 4 etapas: i) coleta de dados, ii) modelagem, iii) simulação, iv) extração de dados. O trabalho mostrou que o sistema de classificação ZCLs, de Stewart e Oke (2012) permite uma melhor compreensão dos comportamentos dos diferentes microclimas urbanos. Além disso, se constatou que o uso de arborização no espaço construído é vital para a mitigação das altas temperaturas das superfícies, sejam pavimentos ou solos cobertos com grama. Os três recortes não mostraram muita diferença entre eles em quanto à temperatura (28.6, 28.18, 28.7 °C) e umidade relativa (61.92, 62.94, 62.62 %); porém, se evidenciou que o bairro de Vista Hermosa tinha uma ZCL com características de ICU, apontando a maior temperatura mínima (28.24°C) e máxima (28.7°C) noturna dos três recortes analisados.*

**Palavras chave:** Cidade do Panamá, Materiais urbanos, Geometria urbana, Ilha de Calor Urbana (ICU), Zonas Climáticas Locais (ZCLs).

## Abstract

*Some variables of the climate that influence the hygrothermal comfort of the urban space, which is influenced by the characteristics of its urban geometry (urban landscape) and its natural environment (natural landscape). This work analyzes the qualities of urban space using the Local Climate Zones (LCZs) in three different areas of Panama City. The study is based on the construction of a model for simulation of the urban microclimate using Envimet v.4.4.5 - Science software, and is carried out in 4 stages: i) data collection, ii) modeling, iii) simulation, iv) Data extraction. The work showed that the classification system of LCZs, of Stewart and Oke (2012) allows a better understanding of the behaviors of different urban microclimates. In addition, it was found that the use of arborization in the built space is vital to mitigate the high temperatures of the surfaces, be they pavements or floors covered with grass. The three cuts did not show much difference between them in temperatures (28.6, 28.18, 28.7 °C) and relative humidity (61.92, 62.94, 62.62 %); but it was evident that the Vista Hermosa neighborhood had a ZCL with UHI characteristics, indicating the highest minimum (28.24°C) and maximum (28.7°C) night temperature of the three cuts analyzed.*

**Keywords:** Panamá city, Urban materials, Urban geometry, Urban Heat Island (UHI), Local Climate Zones (LCZs).



## 1. Introducción

El desarrollo de las ciudades en el último siglo se basó en una ocupación del suelo que ignoró el medio circundante y utilizó materiales con alta retención de carga térmica e impermeabilizante del suelo natural, conformando un cambio en el clima autóctono e imponiéndole al mundo una cuenta energética y ambiental muy alta (HIGUERAS, 2017).

Aunque las ciudades ocupan solo el 2% de superficie global, llegan a consumir entre un 60 a 80% de la energía producida y generan emisiones de gases efecto invernadero (GEI), los cuales llegaron a aumentar en un 50% desde 1990, causando grandes desequilibrios en el clima mundial (ONU- ODS 2030, 2018).

Según la ONU, mitad de la humanidad - 3,5 billones de personas - vive en ciudades y para el 2030 se estima que el 60% de la población mundial viva en áreas urbanas, lo que hace que aumente la preocupación con el cambio climático por efecto de la manera en que se construyen las ciudades y los consumos que estas generan sobre los ecosistemas.

Los análisis sobre el clima giran en varias esferas, según su dimensión. Podemos partir de la dimensión macro a la micro. El macro y meso clima, que se ubican en escala de continentes y países, se apoyan en factores globales como la radiación solar, la latitud, la altitud, los regímenes de vientos y las masas de agua y tierra. En la dimensión micro, los factores se definen como locales porque su escala se ubica en un punto específico como ciudades, barrios, calles, y están conformados por la topografía, la vegetación, y las superficies del suelo natural y construido. Estos factores son los que dan origen al clima local y al microclima urbano (ROMERO, 2013). Ferreira apud Romero (2013), define los elementos del clima (temperatura, humedad, precipitaciones, movimientos del aire) como sus “componentes físicos”, los cuales reflejan los distintos tipos de clima que encontramos en las ciudades.

Varios autores (ROMERO, 2011/2013; OLGAY, 1998; GARTLAND, 2010) afirman que, al observar la ciudad, el clima local también será influenciado por las construcciones y los pavimentos que la componen, una vez que las superficies de su geometría urbana reciben la radiación solar, a la vez que impermeabilizan el suelo natural, disminuyendo la humedad relativa y aumentando así la temperatura del aire. Esto ocurre porque la energía térmica que el material absorbe es repasada por reflexión a otras superficies y por convección al aire, que, a su vez, adquiere esta temperatura modificando el microclima del lugar.

La vegetación arbórea tiene un papel crucial en conseguir disminuir las temperaturas del aire por la acción transformadora de la radiación solar en calor latente y posterior efecto de evapotranspiración de sus hojas al ambiente (SHINZATO & DUARTE, 2018; LABAKI et al, 2011). Ya en el caso de vegetación al ras del suelo, estas funcionan más que todo, como instrumento de permear el suelo y permitir que el agua se deposite sobre él, haciendo un trabajo de refrescar por convección de la cobertura terrestre modificando así las temperaturas del microclima de los diferentes ambientes urbanos (ROMERO, 2011/2013/2015; GARTLAND, 2010; MASCARÓ, 1996/2015; KOENIGSBERGER *et al*, 1977). Es por este motivo que en países de clima con alta tasa de radiación de onda corta es crucial el diseño de ciudades considerando la implementación del verde urbano con el uso de masas arboladas y superficies permeables como herramienta de protección y mitigación del calor.

Este aumento de temperaturas en las ciudades es conocido como efecto Isla de Calor Urbana (ICU) o *Urban Heat Island* (UHI), y es ampliamente relatado por Gartland (2010), Stewart & Oke (2012) y Lombardo (1985) al comparar algunas variables del clima en las zonas urbanas y suburbanas con las existentes en áreas rurales o con superficies cubiertas por vegetación y suelo húmedo. Otras variables como los GEI, el calor antropogénico y la producción de partículas son factores que aumentan el efecto ICU.



Las ICU pueden producir grandes perjuicios a la salud de las personas por causa del estrés térmico que ocurre al no existir un ambiente en sus recintos que proporcione confort térmico a los ocupantes de la misma. También se genera un aumento de la demanda de energía para combatir la alta temperatura con el uso de acondicionadores de aire (en países de clima cálido), y calefacción (países de clima frío), lo que recarga aún más el calor en el espacio construido.

Oke (2004) estableció un método de análisis para caracterizar el uso de suelo de la ciudad y estudiar el comportamiento climático estandarizado en varios lugares del mundo y en el que varios especialistas puedan interactuar en los análisis con relación al clima. En 2012, Stewart y Oke presentan el método para estudio del microclima basado en 10 zonas homogéneas de estructura urbana y 7 tipos de coberturas de suelo, llamadas Zonas Climáticas Locales (ZCLs) o *Local Climate Zones* (LCZ). Estas regiones van desde sitios semirurales (no necesariamente el campo) hasta sitios intensamente desarrollados, en un intento de analizar las ICU sin la única referencia que relaciona las islas de calor urbana solamente con el parámetro “urbano o rural”.

Las ZCLs se configuran como un sistema clasificatorio de “conjunto completo” de las propiedades de clima superficial de un lugar y se definen por sus características morfométricas: Estructura Urbana (dimensión de los edificios y espacios intersticiales); Cobertura Urbana (pavimentada, vegetada, suelos desnudos, agua); Tejido Urbano (paisaje urbano y paisaje natural); y Metabolismo Urbano (calor, agua, y actividades antrópicas) (STEWART & OKE, 2012; ROMERO et al, 2019).

Este trabajo tiene el objeto de analizar las cualidades del espacio urbano utilizando la metodología de las zonas climáticas locales de Stewart & Oke (2012) en tres áreas diferentes de la ciudad de Panamá que fueron ocupadas en tiempos distintos en la historia del país y que poseen características espaciales y ambientales propias de su contexto socio histórico. El trabajo desea conocer el microclima existente en cada área y conocer si los mismos configuran la isla de calor urbana. Los lugares de nuestro análisis son: 1) el casco antiguo, 2) un *clúster* de casas de la antigua zona del canal, 3) un barrio de uso mixto del casco urbano de la ciudad de Panamá. El estudio está basado en la construcción de un modelo para simulación del microclima urbano utilizando el software Envimet (v.4.4.5 Science) y se realiza en 4 etapas: i) recolección de datos, ii) modelaje, iii) simulación, iv) extracción de datos.

## 2. Objetivos

Esta investigación tiene como objetivo general comparar las cualidades espaciales y ambientales de tres recortes históricos de la Ciudad de Panamá, a través de la clasificación del clima utilizando las ZCLs y por medio de simulación computacional. Además, se listan 3 objetivos específicos:

- a) Conocer cuáles son los diferentes microclimas generados por las cualidades del espacio construido de tres áreas de distinta composición urbana, para establecer una comparación de su calidad en materia de confort higrotérmico urbano.
- b) Analizar como las grandes reflexiones de superficies de fachadas, la impermeabilización del suelo, la emisividad de los materiales, y la acción antrópica causan el efecto isla de calor (ICU);
- c) Analizar como los espacios urbanos pueden disminuir su temperatura de manera pasiva al adoptar la implementación de una protección arbórea, arbustiva o cubre suelos, y por medio de espacios abiertos con pavimentos filtrantes para mitigar la ICU.

## 3. Método

El estudio se realizó en tres áreas diferentes de la Ciudad de Panamá. Se definió un recorte para cada área y se procedió a la construcción de un modelo del escenario de cada lugar utilizando un simulador de microclimas ENVI-met v.4.4.5 - Science (BRUSE, 2020). A partir del modelo se trabajó con varios *plugins* del programa (ENVI-core, Leonardo, Biomet), para extraer las informaciones simuladas. El método se divide en 4 etapas: i) recolección de datos ii) modelaje de escenarios iii) simulación iv)

resultados. Se utilizó el método cualitativo: descripción físico-geográfica de los tres recortes; y también el método cuantitativo con uso de variables ambientales (temperatura del aire, humedad relativa, viento, radiación solar). El estudio se ejecutó en la estación seca, en el mes de marzo del 2015, con histórico de menor humedad relativa entre el 2015-2019 y donde se registra mayor brillo solar.

### 3.1. Recolección de datos

#### 3.1.1 Localización geográfica territorial

Figura 1: Localización del Istmo de Panamá



Fuente: Wikipedia (2020).

La República de Panamá se ubica en el istmo que une a América del Sur con América Central (Figura 1). El país limita al norte con el Mar Caribe, al sur con el Océano Pacífico, al este con Colombia y al oeste con Costa Rica, y tiene una superficie de 75,420 Km<sup>2</sup>. Su capital es la Ciudad de Panamá, localizada en la bahía de Panamá, en el Pacífico central. Sus coordenadas geográficas son latitud entre 7°11' y 9°39' Norte; y longitud entre 77°10' y 83°03' Oeste (HIDROMET, 2007).

#### 3.1.2 Ubicación del área de estudio

Figura 2: Localización Ciudad de Panamá



Fuente: Wikipedia (2020)

Figura 3: Ciudad de Panamá y Zona del Canal



Fuente: Google Maps (2020).

La ciudad de Panamá se localiza en el Océano Pacífico, específicamente en la Bahía de Panamá (Figura 2) a una altitud entre 0 a 1000 msnm, con una población alrededor de 3,405,813 habitantes (INEC, 2014).

La ciudad tuvo un crecimiento pautado en la delimitación del área destinada al funcionamiento del Canal interoceánico iniciado por Francia en 1880 y terminado por los Estados Unidos de América en 1914 (ACP, 2020). Esto provocó un estrangulamiento creciendo en forma de "Y" hacia la derecha (Figura 3), como cita Uribe (1989, pág.10):

[...] "la creación del enclave norteamericano de la Zona del Canal, que dividió en dos el territorio nacional, reinstaló el estatus colonial en la zona de tránsito y finalmente, aunque no por ello menos importante, deformó el crecimiento de las ciudades de Panamá y Colón".

La República de Panamá tuvo muchas influencias e intervenciones en su historia, pasando de ser colonia de España (1519) Colombia (1810), y de cierta forma, fue controlada por la fuerte presencia de los Estados Unidos al continuar y finalizar la construcción del Canal interoceánico en 1914.

Debido a esta gran influencia extranjera en la historia del país, que dejó huellas de los formatos de uso y ocupación del suelo cónsonos con su tiempo, se realizó una selección de tres recortes para el análisis de sus cualidades espaciales y ambientales, que son: el Casco Antiguo (la segunda ciudad colonia española en el istmo), la antigua Zona del Canal en Clayton (ocupación norteamericana), y el Casco urbano de Panamá – Vista Hermosa (desarrollo estrangulado y fragmentado).

### a. Recorte 1 - Casco Antiguo

Figura 4: Localización del recorte 1



Fuente: Google Maps (2020).

El primer recorte (Figura 4) se ubica en el Casco Antiguo, segunda ciudad de Panamá (1673) y obedece a un plano de urbanización de las Leyes de Indias (1680) que daba directrices sobre cómo diseñar las ciudades colonizadas por la corona española. El emplazamiento en damero se orienta alineado según los 4 puntos cardinales. La plaza mayor (fig.4- punto b) obedece a la composición con la iglesia (fig.4 – punto a), y a medida que iba creciendo la ciudad otras plazas debían surgir, todas con dimensión de 1.5 su anchura. Este lugar es considerado Patrimonio de la humanidad por la UNESCO, ver Figura 5. El mismo mantiene una normativa de alturas según las construcciones vernaculares (3 a 4 pisos) con materiales que van del calicanto, la madera, hasta bloques de arcilla y concreto.

Figura 5: Imágenes del Casco Antiguo



Fuente: Google Maps (2020).

La mayoría de los techos son de tejas coloniales, unos pocos en losa y calles en adoquines rojos. Los únicos árboles que existen se ubican en las plazas y ninguno en aceras por la estrechez de las calles - mínimo de 4.5 m. y máximo de 9 m.

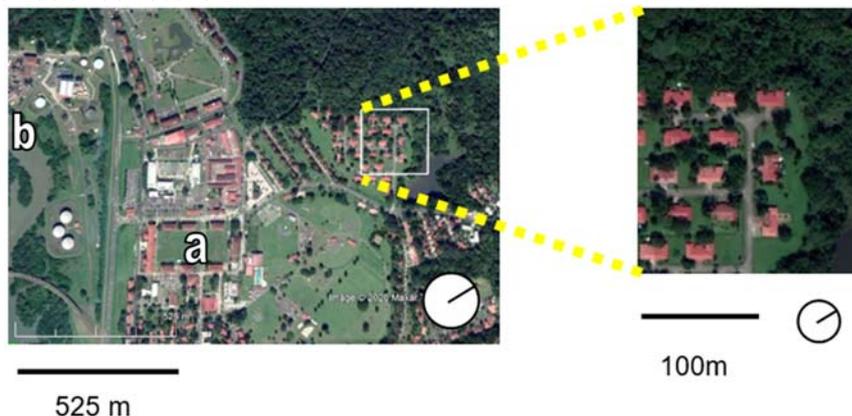
Se encuadra el recorte en una ventana de 290 m (x) por 226 m (y), abarcando la Catedral Metropolitana y la Plaza Mayor Principal de la ciudadela ubicada sobre una península en la Bahía de Panamá. El lugar configura una zona climática local tipo ZCL 3, según Stewart & Oke (2012), ver Cuadro 1.

**Cuadro 1:** Clasificación ZCL (OKE, 2012)

|   |                |  |               |   |
|---|----------------|--|---------------|---|
| <p>ZCL 3<br/>Compacta de baja elevacion</p>  |                | <p>Estructura: edificios bajos de hasta 3 a 4 pisos. Materiales pesados (concreto, piedra, calicanto, adoquin) y techos de tejas. Cobertura: pavimentada, adoquin, basalto, y poca arborización. Uso: Residencial, comercial, institucional.</p> |               |  |
| H/W= 1.38   | SVF= 0.2 - 0.5 | Altura media = 9 m   | Rugosidad = 6 | Ar.Impermeable >90%   |

**b. Recorte 2 - Clúster Zona Canalera**

**Figura 6:** Localización del recorte 2



Fuente: Google Maps (2020).

Se ubica en Clayton (fig.6- punto a), en la antigua zona de ocupación norteamericana para la construcción del Canal interoceánico de Panamá, Figura 6. Estas casas fueron ocupadas por soldados del gobierno de Estados Unidos que mantenían bases militares para protección de la región y del Canal (figura 6- punto b), actualmente la ocupan panameños.

**Figura 7:** Imágenes del Clúster



Fuente: Archivo personal (2020).

Las casas obedecen a una implantación que permite el flujo de vientos entre ellas, además de un paisajismo muy acentuado de forma a conservar el ciclo del agua para abastecimiento del canal y manteniendo el carácter de ciudad jardín. Son hechas en bloques y techos de aguas en aluminio rojo, Figura 7. El segundo recorte mide 135 m (x) por 180 m (y). Este recorte presenta una clasificación ZCL 9 AyG (STEWART & OKE, 2012), ver Cuadro 2.

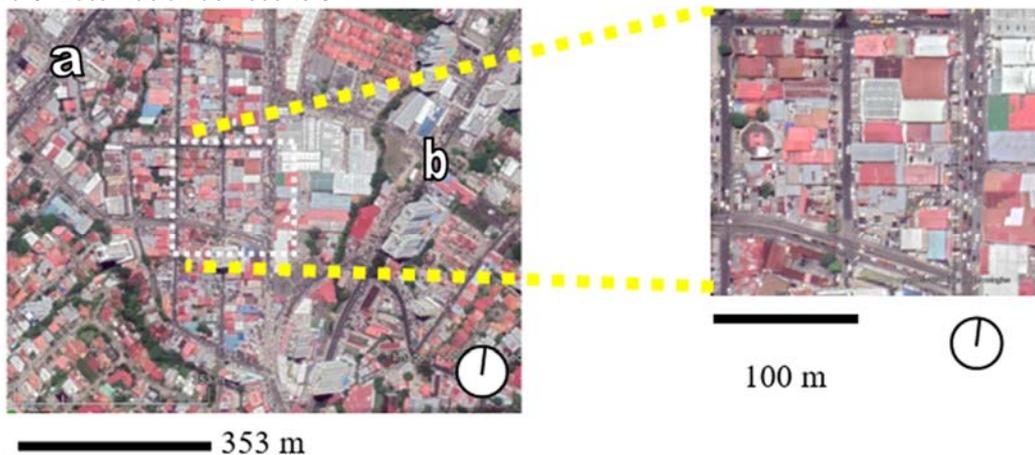
**Cuadro 2:** Clasificación ZCL (OKE, 2012)

|  |   |   |                          |                                 |
|--|---|---|--------------------------|---------------------------------|
| <p>ZCL 9 - A y G</p> <p>Construcción dispersa con vegetación densa y cuerpos de agua</p>  | <p>Estructura: edificios bajos de hasta 1 piso.<br/>Materiales pesados (concreto, vidrio) y techos de aluminio.<br/>Cobertura: poca pavimentación concreto, predomina área vegetada, arborización boscosa tropical.<br/>Uso: Residencial.</p> |  |                          |                                 |
| <p>H/W = 0.23</p>  | <p>SVF = 0.30 – 0.60</p>  | <p>Altura media= 3.5 m</p>  | <p>Rugosidad = 6 y 8</p> | <p>Ar. Impermeable &lt; 10%</p> |

### c. Recorte 3 - Vista Hermosa

Se ubica en el barrio de Vista Hermosa en el casco urbano (figura 8), entre dos vías arteriales principales que cortan toda la ciudad: la Vía Transistmica (fig.8 - punto a) y la Vía España (fig.8 punto b). Una tercera avenida, la Vía Fernández de Córdoba, bordea el barrio y lo conecta entre las vías Interamericana y España. Este barrio se ubica en un área central de la ciudad, y no posee mucha vegetación, siendo su cobertura alrededor de un 90% impermeable, mayormente en concreto y asfalto. La gran mayoría de fachadas son opacas a la luz y al viento.

**Figura 8:** Localización del recorte 3



Fuente: Google Maps (2020).

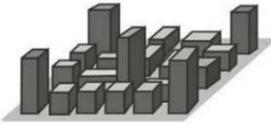
El uso de suelo del barrio se caracteriza actualmente por un uso mixto comercial y residencial. El uso residencial está conformado mayormente por baja y mediana densidad (máximo de 5 pisos), y algunos edificios de alta densidad comienzan a surgir, siendo al máximo unos 3 o 4, Figura 9.

**Figura 9:** Imágenes de Vista Hermosa



Fuente: Archivo personal (2020).

Muchos terrenos de casas fueron transformados en uso comercial para patios de reventa de autos usados, distribuidoras, ventas al detal, etc. Predomina materiales con bloque de concreto y techos metálicos. El recorte mide 220 m (x) por 220 m (y), con clasificación ZCL 2- 5, según Stewart & Oke (2012), ver Cuadro 3.

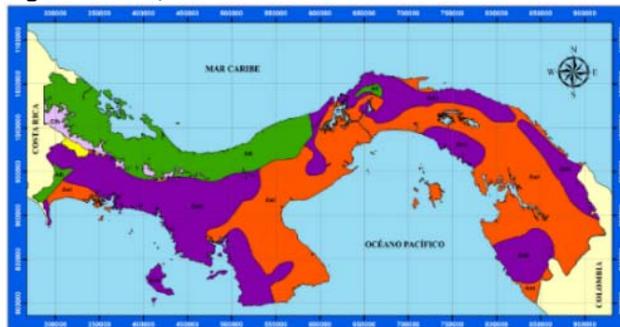
| Cuadro 3: Clasificación ZCL (OKE, 2012)  |   |                   |               |   |
|--|---|-------------------|---------------|---|
| <p>ZCL 2 - 5<br/>Compacta de Media elevación</p>  | <p>Estructura: mayormente edificios bajos de hasta 3 a 5 pisos, pocos edificios de 15 a 20 pisos.<br/>Materiales pesados (concreto, acero, vidrio) y techos de losa o metal.<br/>Cobertura: pavimentada, poca arborización.<br/>Uso: Residencial, comercial, institucional.</p> |                   |               |  |
| H/W = 0.6  | SVF = 0.30 – 0.70   | Altura media= 9 m | Rugosidad = 6 |   |

### 3.1.3 Clima

Según la clasificación climática de Köppen de 1936 (HIDROMET, 2007) el país se ubica en dos niveles de tipo climático: tropical (A) y templado cálido o mesotérmico (C), ver Figura 10 y Tabla 1.

El segundo nivel de clasificación se basa en las precipitaciones, que son: del tipo constantes ( f ), todos los meses; monzónico (m), con estación seca pero compensada por un alto nivel de precipitaciones anuales; y estación seca (w) durante el invierno del respectivo hemisferio. Por último, la tercera clasificación corresponde al factor térmico, que en este caso es de débil oscilación térmica ( i ) (HIDROMET, 2007).

Figura 10: mapa climático de Panamá



Fuente: Hidromet, 2007

Tabla 1: Clasificación climática de Köppen.

| Código | Tipo de clima             |
|--------|---------------------------|
| Afi    | Clima tropical muy húmedo |
| Ami    | Clima tropical húmedo     |
| Awi    | Clima tropical de sabana  |
| Cfi    | Clima templado muy húmedo |
| Cwi    | Clima templado húmedo     |

Fuente: Hidromet, 2007

Los tres recortes se encuentran en la región climática Awi presentando, por lo tanto, clima tropical de estación seca durante el invierno del hemisferio norte con poca oscilación térmica.

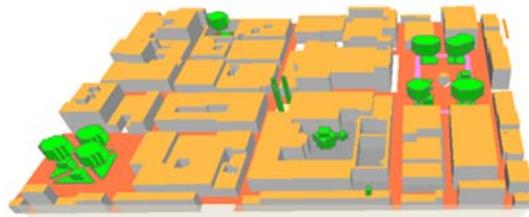
### 3.2. Modelización

Antes de la simulación, fue construido el modelo de cada recorte (ver figuras 11, 12 ,y 13). Se giró el Norte de manera que cada modelo quede ajustado en un formato ortogonal a los ejes (x,y) ; para simplificación del proceso de modelización. Es importante que cada modelo contenga las informaciones de alturas de las edificaciones (ver cuadros 4, 5, y 6), materiales de las superficies, pavimentos, especies vegetales existentes *in situ* (ver tablas 2, 3, y 4).

A partir de esto se procedió a seleccionar para cada recorte los materiales y la vegetación compatibles en el banco de datos del ENVI-met (ver tabla 5).



**Figura 11:** Modelo del recorte 1



Mesa de trabajo (GRID) de 145x113x30  
Pixel=2x2x3

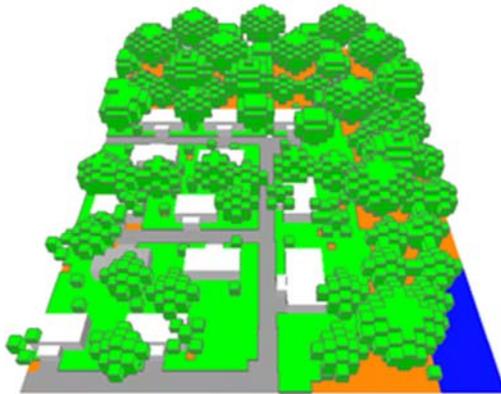
**Tabla 2:** Materiales de las superficies

| Color | Material                                       |
|-------|--|
|       | adoquines rojos                                |
|       | adoquines basalto                              |
|       | Concreto                                       |
|       | edificios calicanto/bloque con techos de tejas |
|       | Vegetación                                     |

**Cuadro 4:** Alturas del recorte 1



**Figura 12:** Modelo del recorte 2

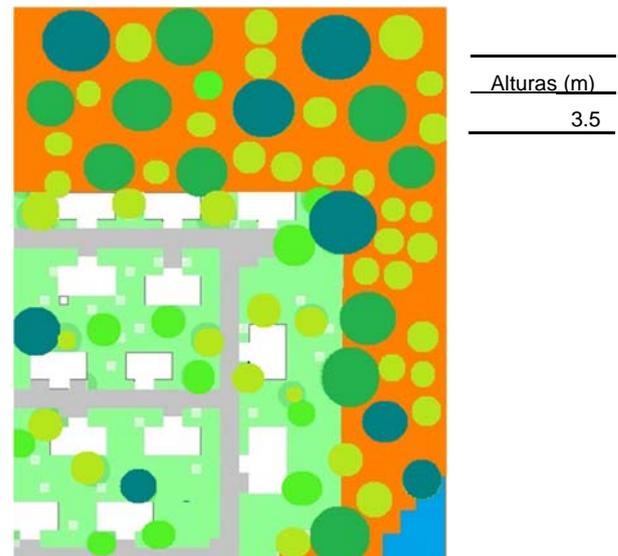


Mesa de trabajo (GRID) de 45x60x30  
Pixel=3x3x2

**Tabla 3:** Materiales de las superficies

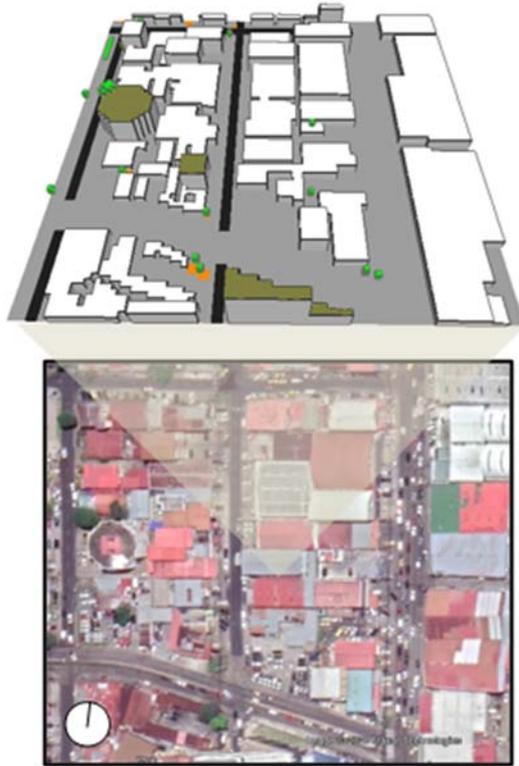
| Color | Material                                |
|-------|---|
|       | Concreto                                |
|       | Edificios bloque con techos de aluminio |
|       | vegetación                              |
|       | cuerpos de agua                         |

**Cuadro 5:** Alturas del recorte 2



**Figura 13:** Modelo del recorte 3

**Tabla 4:** Materiales de las superficies



Mesa de trabajo (GRID) de 86x86x30  
Pixel=2.5x2.5x2.5

| Color       | Material                                    |
|-------------|---|
| Black       | Asfalto                                     |
| Grey        | Concreto                                    |
| Light Brown | edificios en bloques con techos de aluminio |
| Dark Brown  | edificios en bloques con techos de losa     |
| Green       | vegetación                                  |

Cuadro 6: Alturas del recorte 3

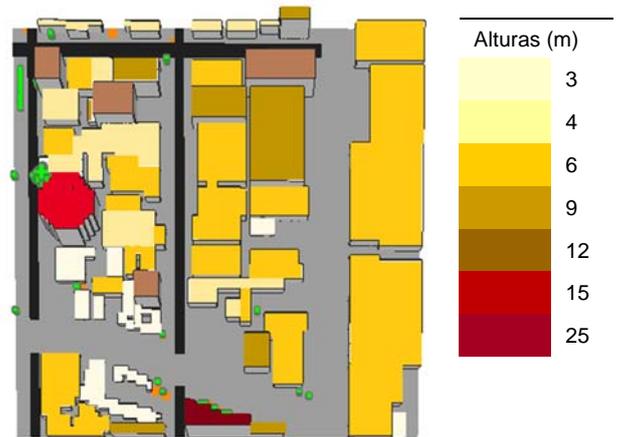


Tabla 5: Compatibilización de materiales para el simulador

| MATERIALES                |                          | BANCO DE DATOS ENVI met 4.4.5                | CÓDIGO | ALBEDO |
|---------------------------|--------------------------|--|--------|--------|
| <b>Materiales in loco</b> |                          |  |        |        |
| <b>PAVIMENTOS</b>         | Adoquines rojos          | <i>Brick road (red Stone)</i>                | KK     | 0.30   |
|                           | Piso de concreto         | <i>Concrete pavement gray</i>                | PG     | 0.50   |
|                           | asfalto                  | <i>Asphalt road</i>                          | ST     | 0.20   |
|                           | Piso de basalto          | <i>Basalt Brick Road</i>                     | BA     | 0.80   |
| <b>SUELOS</b>             | Suelo arenoso            | <i>Sandy soil</i>                            | SD     | 0.30   |
|                           | Suelo arcilloso          | <i>Loamy soil</i>                            | LO     | 0.0    |
|                           | grama                    | <i>Grass 25 cm dense</i>                     | XX     | 0.20   |
| <b>VEGETACION</b>         | Arboles frondosos bajos  | <i>Spherical / Heart Shaped (5m), dense</i>  | DS     | 0.20   |
|                           | Arboles frondosos medios | <i>Spherical / Heart Shaped (15m), dense</i> | DM     | 0.20   |
|                           | Arboles frondosos altos  | <i>Spherical / Heart Shaped (25m), dense</i> | DL     | 0.20   |
|                           | Palmeras medianas        | <i>Palm (15m), médium LAD</i>                | PLDM   | 0.20   |

### 3.3 Simulación

La simulación se estipula para el mes más seco en un quinquenio, desde 2015 hasta 2019. Se analizaron los datos de cinco años y se obtuvo los promedios mínimos y máximos de la humedad relativa de los 12 meses de cada año. De estos valores promedio se extrae el mes más seco, con la menor humedad relativa y menor radiación difusa, causa de gran malestar en el espacio abierto entre las edificaciones. Se obtiene un resultado que arroja el mes de febrero de 2016 con la menor humedad relativa máxima

del quinquenio (78.3%), pero no se configura como el mes más seco dentro de los 5 años, quedando confirmado el mes de marzo de los 4 años restantes (2015, 2017, 2018, 2019) como el mes más seco. Dentro de esos cuatro años que presentaron el mes de marzo como el más seco, sobresale el año 2015 con el menor valor de humedad relativa mínima igual a 53.8% (medidor #1) y 54.2% (medidor #2), específicamente el día 3 de marzo, ver Tabla 6.

A pesar de que los tres recortes presentan localización en la ciudad de Panamá, se decidió optar por utilizar data de dos medidores con lectura de temperatura del aire a 2 m del suelo (°C), velocidad del viento a 10 m del suelo (m/s); siendo uno ubicado en el recorte n°2 (Clayton) y otro en el recorte n°3 (Vista Hermosa). Esto obedece a la posibilidad de que las variables de temperatura y humedad en el área canalera (recorte n°2) sean diferentes al resto de la ciudad por encontrarse en un área con extensa cobertura vegetal e hídrica.

**Tabla 6:** Valores de entrada para simulación

| MEDIDOR            | Tmax (°C) | T min (°C) | HRmáx (%) | HRmín (%) | Wdir (°) | Ws(m/s) | Factor Rugosidad |
|--------------------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|---------|------------------|
| CLAYTON (#1)       | 29.9      | 25.1       | 84.2      | 53.8      | norte    | 5.05    | 0.01             |
| VISTA HERMOSA (#2) | 30        | 25.2       | 84.3      | 54.2      | norte    | 5       | 0.1              |

Para elaborar el archivo de clima se obtuvo la data meteorológica del servicio CLIMdata SOLARGIS@ (2020), cedida para este trabajo por el Grupo de Investigación en Energética y Confort en Edificaciones Bioclimáticas (ECEB) de la Universidad Tecnológica de Panamá – UTP.

### 3.4 Extracción de datos

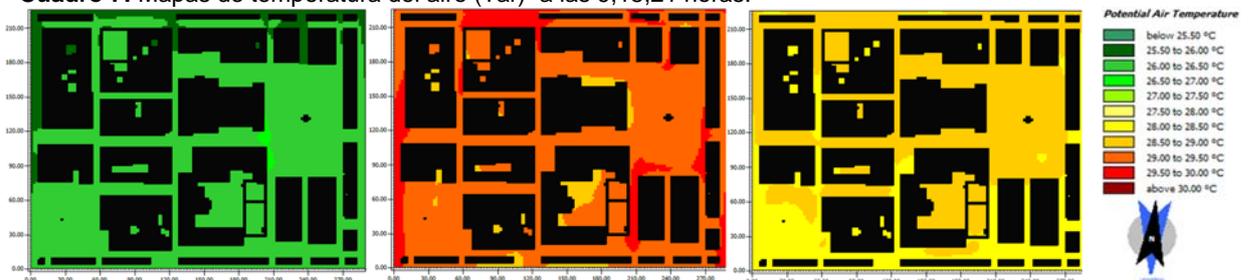
Para la extracción de los datos se trabaja con los horarios definidos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), que son 9:00, 15:00, y 21:00 horas. A partir de la simulación generada por el Envi-met a través del *plugin* ENVI-core, se procede a la extracción de mapas que recogen los algoritmos de comportamientos del microclima de cada escenario por simulación y son interpretados por otros dos *plugins*: Biomet para índices de confort, en este caso PMV, y Leonardo para generar los mapas de variables de temperatura del aire (C°), humedad relativa (%) y temperatura media radiante (C°).

## 4. Resultados y Discusión

En este apartado se procederá a describir los resultados encontrados en los mapas de temperatura (°C), humedad relativa (%), temperatura radiante media (°C), viento (m/s) y voto medio previsto (PMV); generados por los *plugins* Leonardo y Biomet, así como también se discutirán estos resultados.

### Recorte 1

**Cuadro 7:** Mapas de temperatura del aire (Tar) a las 9,15,21 horas.



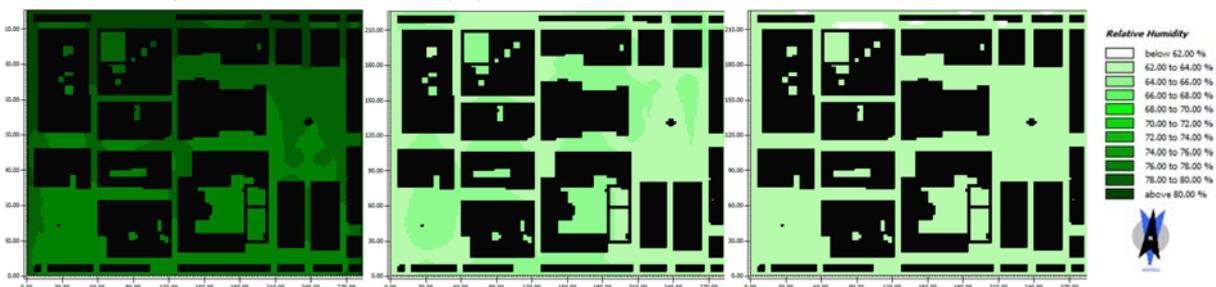
Se observa una temperatura amena a las 9 horas de 25.8°C a 26.61°C. En el horario de las 15 horas la temperatura aumenta hasta unos 5°C (29.83°C), lo que puede ser causado por la acción de la radiación solar sobre las superficies, en especial las fachadas hacia el Este que reciben la radiación matutina, y al

pasar el horario del medio día las fachadas orientadas al Oeste comienzan a cargarse de calor; así como también a las 12 horas, el sol en cenit que en el mes de marzo tiene un ángulo de inclinación alto de 82°, haciendo un aporte de radiación horizontal directa sobre los pavimentos.

Ya a las 9 de la noche la temperatura del aire disminuye un poco más de 1°C (28.6°C), siendo insuficiente para considerarse una temperatura de confort, reflejando el fuerte impacto de la radiación solar sobre el espacio a la altura del dosel urbano, ver Cuadro 7.

Esto se puede explicar porque las paredes del cañón desprenden la radiación (emitancia) en ese horario nocturno pero el calor se mantiene aún retenido (calor sensible) en las construcciones, además de la baja velocidad del aire (2 m/s) y un factor  $W=1/2H$ , a la altura del peatón, causando esta temperatura alta en el aire.

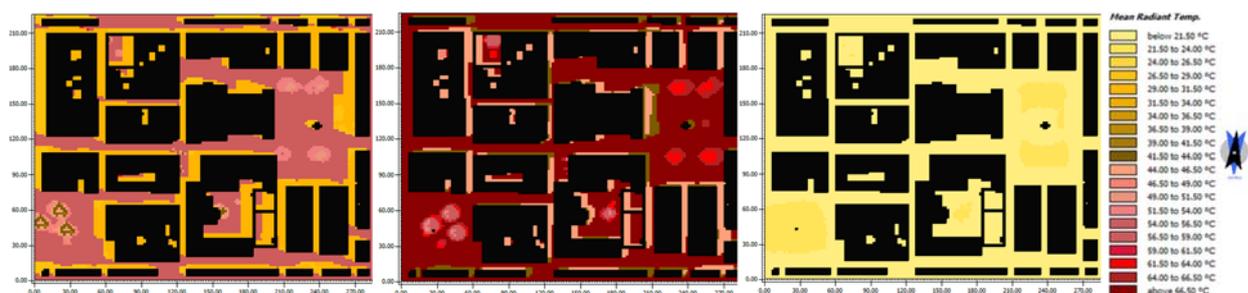
**Cuadro 8:** Mapas de humedad relativa (Hr) a las 9, 15, 21 horas.



En la mañana la humedad relativa es bastante alta, en torno de los 82.78%. En este caso es muy probable la influencia de la proximidad al mar, ya que el recorte se ubica en una península, y no hay mucha área vegetada en el lugar.

Por la tarde ya vemos un descenso de la humedad por los factores sol, viento, superficies impermeables; bajando hasta unos 62.03%. En la noche la humedad aún se mantiene baja, en 61.92%. Quedando el efecto de humidificar al periodo de la madrugada donde el mar aporta la brisa marina, ver Cuadro 8.

**Cuadro 9:** Mapas de temperatura radiante media (Trm) a las 9, 15, 21 horas.



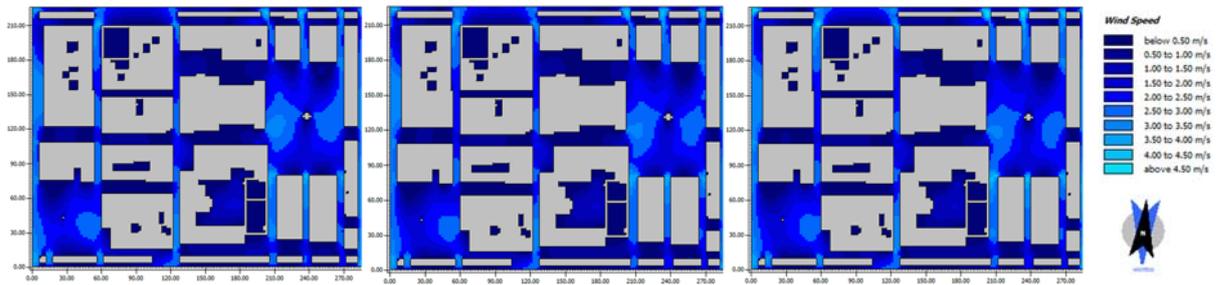
La temperatura radiante media (Trm) ya se puede considerar alta desde las 9 horas (59°C). Cabe notar que aún las áreas de sombra en color mostaza, mantienen una temperatura radiante alta (29°C). En un análisis hecho a las 7 de la mañana se pudo observar que la Trm se encontraba alrededor de los 14°C y los 17°C, confirmando así que la Trm de las 9 horas ya mostraba una rápida absorción de los materiales.

En la tarde (15 horas) la Trm alcanza un pico de temperatura de 70°C, y se observó en otro análisis que comienza a descender a las 17 horas (57°C) y 18 horas (25°C). Esto muestra que la emitancia de los materiales también es alta y disipa el calor rápidamente una vez que la radiación de onda corta disminuye.

En relación a los árboles, hay poca disminución de la Trm bajo los mismos, algo cerca de 1 °C, en los

horarios mostrados, posiblemente por la gran cantidad de cobertura impermeable, ver Cuadro 9.

**Cuadro 10:** Mapas de velocidad de viento (Vv) a las 9,15,21 horas.



La simulación trabajó con datos de medición de viento a 10 metros del suelo, con un valor de 5 m/s. A pesar de ese valor ser propicio para mantener confort en un clima cálido húmedo, según la carta bioclimática de Olgay, se observó en los mapas que las velocidades que se registran al nivel peatonal no pasan los 2.7 m/s, y cuando mucho 3 m/s, en la gran mayoría de los espacios del recorte, ver Cuadro 10.

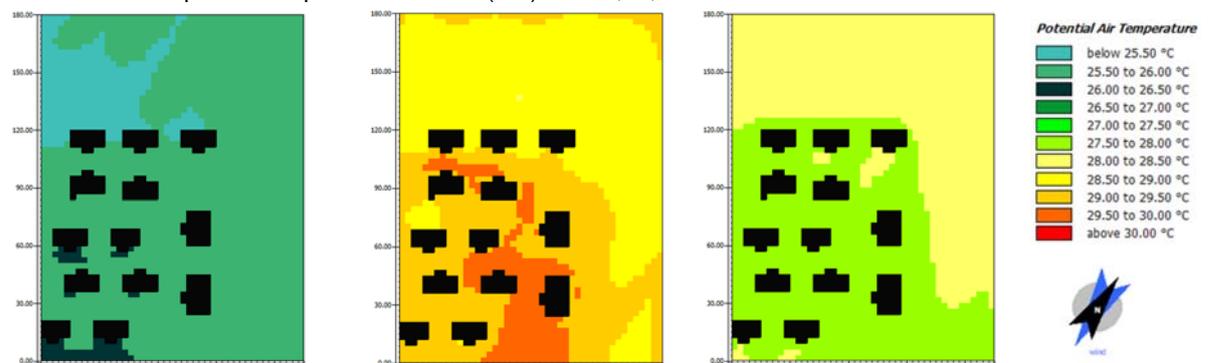
Además, cabe notar que el viento proviene del Norte y la traza en damero es alineada en sentido de los 4 puntos cardinales, obteniendo los vientos predominantes en sentido paralelo a sus calles (norte-sur), y presentando un efecto de viento tipo canalización. Las calles en sentido perpendicular al viento (este-oeste) presentan el efecto de barrera en barlovento y de estera en sotavento, siendo medido un flujo mínimo que va desde 0.15 m/s hasta 0.8 m/s.

En general, se observa en los tres horarios medidos que las velocidades y los comportamientos se mantienen con pocas variantes. Es importante notar que la traza hipodámica o en damero es pobre en el sentido de permitir que el viento pueda penetrar las construcciones, al dejar casi que escapar el flujo por canalización y producir muchas sombras de viento en los edificios.

Este análisis sobre el viento permite entender porque las temperaturas se mantienen altas desde tempranas horas del día y por qué no existe un microclima en el lugar que tenga confort en el ambiente externo, además de afectar el clima interior de las construcciones.

## Recorte 2

**Cuadro 11:** Mapas de temperatura del aire (Tar) a las 9,15,21 horas.



En relación a la temperatura, a las 9 horas se observa una temperatura por debajo de los 25.5 °C, en la región posterior izquierda, que se ubica cercano al bosque. Las temperaturas ascienden 0.5 grado en la región que mantiene la superficie sin árboles y con pavimentos (26°C).

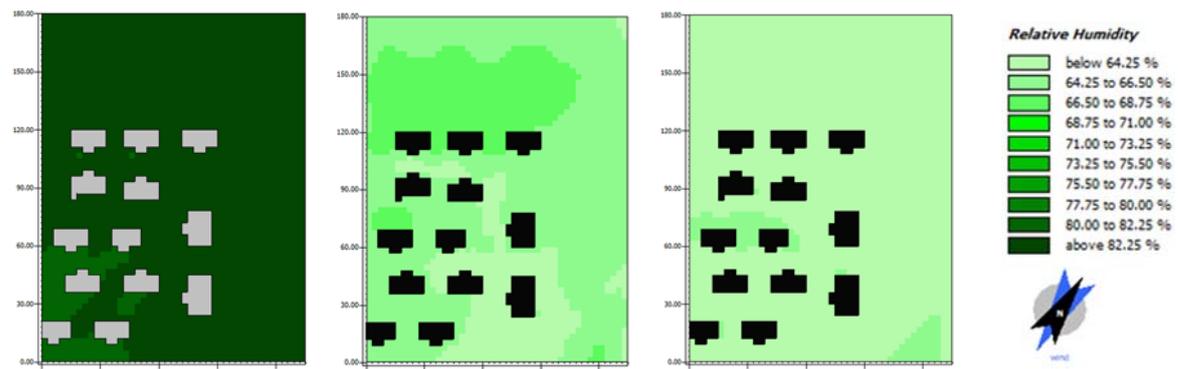
A las 15 horas ocurre una progresión hasta los 29.5°C (color amarillo oscuro) que es la región de las casas y cobertura en césped, y finalmente llegando a aumentar en las superficies pavimentadas hasta

unos 30°C (color anaranjado), ver Cuadro 11.

A las 21hrs, la temperatura cae nuevamente 2 grados, llegando en torno de 27.71°C (verde) y en 28.18°C (amarillo). Hay que notar que la temperatura más alta se mantiene en la región boscosa y que es menor en el área construida en este horario. Se verifica que la temperatura a las 21hrs disminuye 1.79°C en relación a las 15 horas, pero no lo suficiente.

Elementos de su cobertura, en este caso el denso bosque que rodea el *clúster*, produce una barrera al bajar la velocidad del viento que mantiene el calor absorbido durante el día transformándolo como calor latente el cual se irá desprendiendo a medida que pase la noche en forma evaporativa.

**Cuadro 12:** Mapas de humedad relativa (Hr) a las 9, 15, 21 horas.

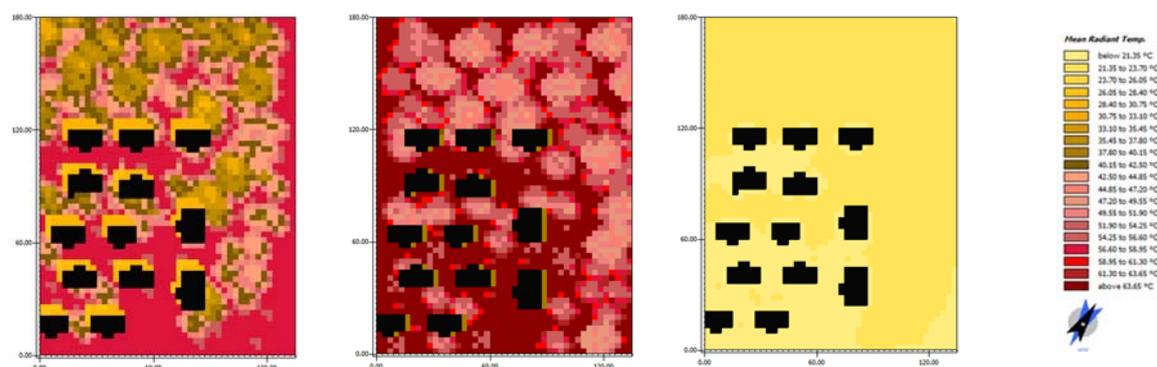


A las 9 horas la humedad relativa se encuentra por encima del 80% en general, con algunos puntos variando entre 81.85% a 82.03%, y un valor máximo de 84.88%, siendo más húmedo en el entorno boscoso y el cuerpo de agua. Se ve reflejado que el entorno se mantiene humectado por características de permeabilidad y el proceso evaporativo de los árboles al incrementar la cantidad de agua en el lugar.

A las 15 horas hay un descenso brusco de la cantidad de agua en el ambiente - por aumento de la radiación solar - con una Hr de 62% a 68% en el área gramada, arbórea y cuerpo de agua, siendo inferior en el área de la calle y espacios de suelo descubierto. Es importante recordar que esta simulación ocurre en la estación seca, en el día más seco del año con un mínimo de 54.2% en la data meteorológica del lugar, por consiguiente, esto refleja la baja humedad por la falta de lluvias.

En el periodo nocturno de las 21 horas, la Hr se mantiene en torno de los 62% a 65% de manera uniforme en el lugar, con excepción del cuerpo de agua y del agrupamiento de árboles ubicados en el centro de las casas de la segunda cuadra (Cuadro 12).

**Cuadro 13:** Mapas de temperatura radiante media (Trm) a las 9, 15, 21 horas



En relación a la temperatura radiante media (Trm) es evidente el beneficio de los árboles frondosos para mitigar las altas temperaturas radiactivas sobre la superficie terrestre. Se observa en el mapa de las 9

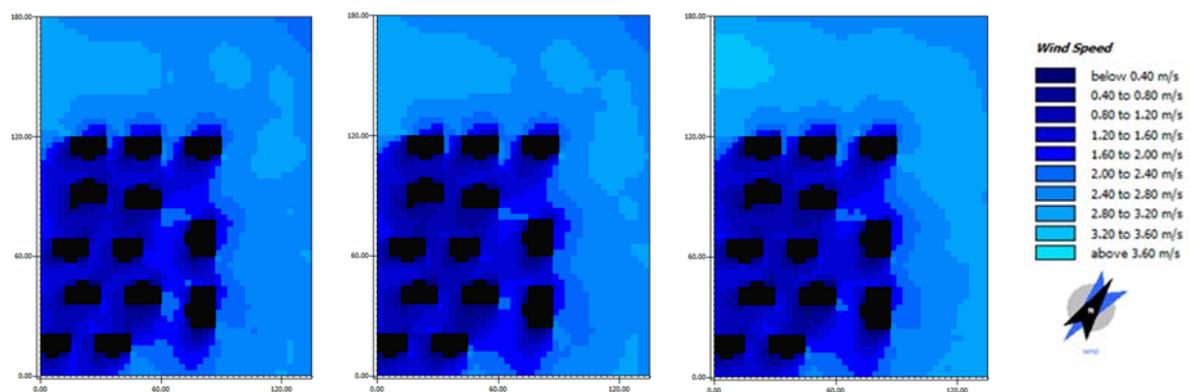
horas que en el área donde se ubican los árboles de alta densidad de hoja y de grandes copas, ocurre un descenso de  $T_{rm}$  de hasta  $20^{\circ}\text{C}$ ; a diferencia de los lugares descubiertos de este tipo de vegetación arbórea, o que mantiene arboles aislados y no en agrupamientos y que, a pesar de estar cubierto por grama, la temperatura de superficie alcanza los  $57/59^{\circ}\text{C}$ .

Queda evidenciado que el bajo albedo de la grama o vegetación cubre suelo retiene la radiación y puede únicamente mejorar las temperaturas en una situación de enfriamiento (por convección) a través de lluvias, pero cabe a los árboles el papel de bloqueo solar para filtrar los rayos del sol antes de llegar a las superficies. Además, queda probado que la sombra de las construcciones puede disminuir la temperatura de la superficie de forma contundente.

En el horario de las 15 horas las temperaturas radiantes son altísimas ( $67^{\circ}\text{C}$ ) en toda la cobertura, tanto pavimentada como vegetada o suelo descubierto, y únicamente bajo los árboles de copas frondosas llega a bajar hasta unos 20 grados, algo en torno de los  $47^{\circ}\text{C}$ .

Por la noche se observa que la temperatura de las superficies, tanto concreto como grama, ha descendido considerablemente a unos  $19/23^{\circ}\text{C}$ . Esto se debe a la rápida acción de enfriamiento nocturno por la amplitud térmica de la estación seca, que permite un cielo despejado todo el día, además del formato abierto de implantación de las casas (Cuadro 13).

**Cuadro 14:** Mapas de velocidad de viento ( $V_v$ ) a las 9,15,21 horas

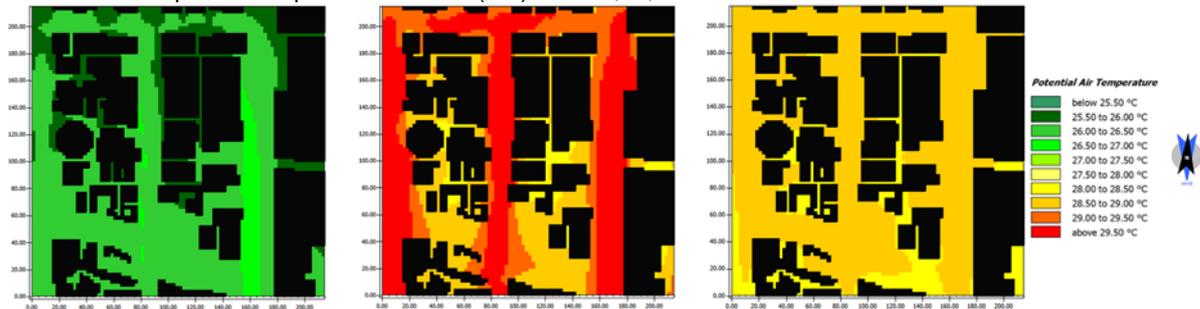


En los tres horarios la velocidad del viento se mantiene muy estable. En el área boscosa el viento mantiene una velocidad promedio de  $2.75\text{ m/s}$ , entre las casas a barlovento en  $1.75\text{ m/s}$  y en las sombras de viento en torno de  $1\text{ m/s}$ . Siendo la velocidad medida a  $10\text{ m}$  sobre el suelo de unos  $5.05\text{ m/s}$ , la misma no alcanza con esa velocidad el suelo ni la altura de las edificaciones. Solo llega un 60% de ese valor por el bloqueo que la gran masa arbórea boscosa que se ubica atrás y a la derecha de las construcciones ejerce al frenar la velocidad del viento (Cuadro 14).

Aunque haya disminución de la velocidad es interesante notar que el proceso de evapotranspiración de los árboles promueve un refrescamiento en el viento insuflado al clúster de casas, lo que mantiene unas temperaturas no tan extremas en los tres periodos. Únicamente a las 15 horas se alcanza el pico térmico de unos  $29/30^{\circ}\text{C}$ , pero al mantener un viento de  $1.5\text{ m/s}$  es factible de conseguirse algún confort.

### Recorte 3

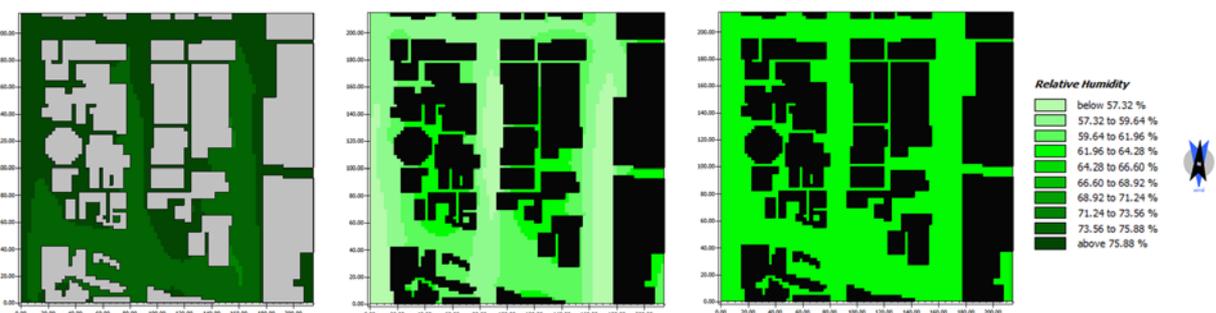
**Cuadro 15:** Mapas de temperatura del aire (Tar) a las 9,15,21 horas



En la mañana (9 horas), se registra una temperatura del aire entre 26,68°C hasta 26,74°C, como máximo. Los lugares con la temperatura del aire más alta se ubican en las superficies que reciben la radiación solar directa en ese horario, por altura solar de 42°, aproximadamente. La mayoría de las superficies se encuentra sombreada por los edificios.

A las 15 horas se refleja un aumento de unos 4 grados (30,46°C), de forma general sobre los pavimentos de concreto y asfalto, y en algunas áreas de sombra puede disminuir hasta unos 2 grados. En el periodo de la noche de 21 horas, se observa una temperatura casi uniforme en todo el recorte de unos 28.5°C a 29°C (Cuadro 15).

**Cuadro 16:** Mapas de humedad relativa (Hr) a las 9, 15, 21 horas

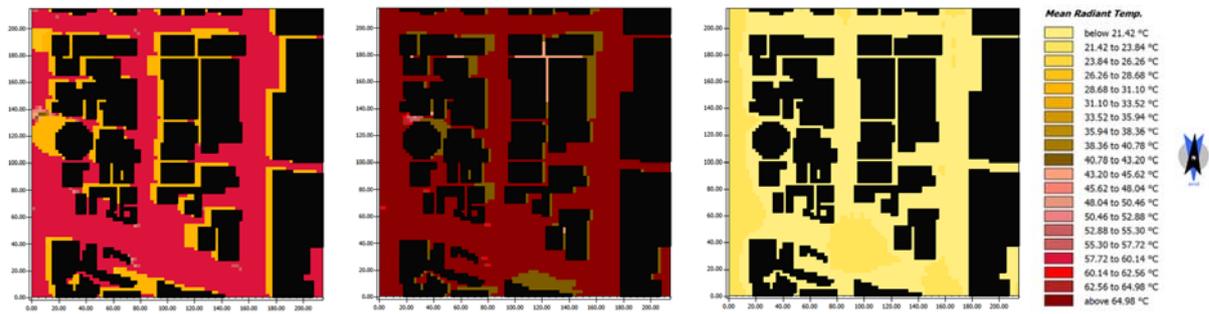


La humedad relativa (Hr) del lugar se ubica alrededor de los 70% en la mañana por los pocos árboles existentes, a pesar no haber suelo descubierto, prevaleciendo los materiales impermeables de cobertura urbana(Cuadro 16).

A partir de las 15 horas se observa que la Hr ha descendido a unos 57%, especialmente en los lugares donde el viento circula intensamente y crea remolinos por alta presión.

A las 21 horas predomina una humedad de 62%, considerada fuera del rango de confort si mantiene una temperatura de 29°C en ese mismo horario, según la carta bioclimática de Olgay (1998).

**Cuadro 17: Mapas de temperatura radiante media (Trm) a las 9, 15, 21 horas**

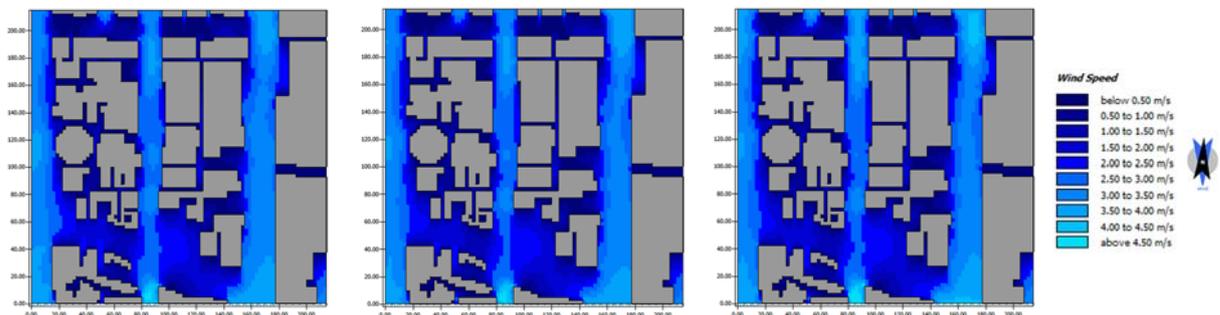


Los mapas reflejan una temperatura de superficie a las 9 horas en torno de los 57.72°C en las manchas de color vino, y en las de color mostaza se ubican las sombras, con una temperatura entre 26°/28°C.

A las 15 horas la temperatura radiante media se encuentra extrema entre los 62,56°C y los 64,98°C, y la completa ausencia de vegetación arbórea y arbustiva potencializa que las temperaturas de superficie sean tan altas. Se observan algunas sombras arrojadas por los edificios en torno de 30 grados (°C) a menos, probando el beneficio del sombreado como estrategia.

Aunque la temperatura radiante media se ubique entre los 50°C a 60°C en la mañana y en la tarde, por la noche el efecto de enfriamiento convectivo (vientos de 3.5 m/s) y por emisividad de los materiales logra un descenso en la temperatura radiante, llegando a unos 21°C (Cuadro 17).

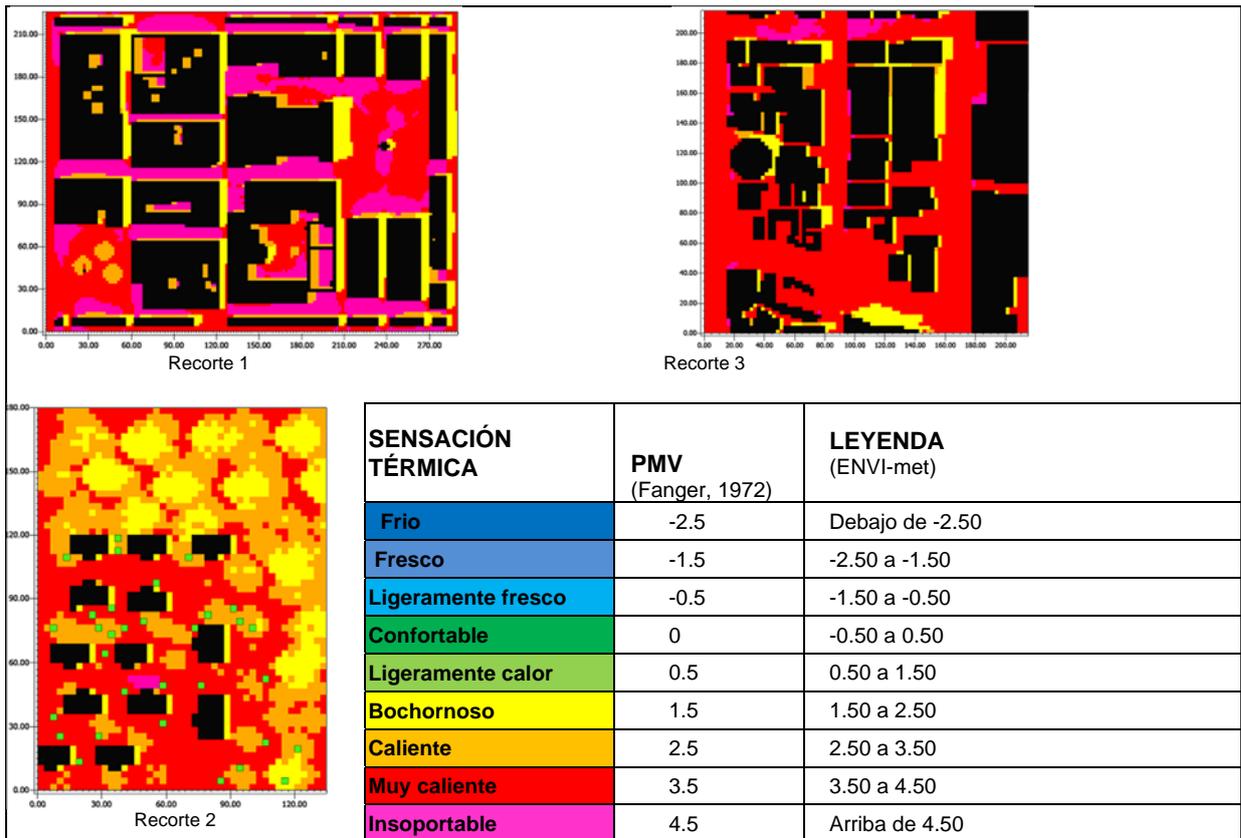
**Cuadro 18: Mapas de velocidad de viento (Vv) a las 9,15,21 horas**



Los vientos pueden ayudar a explicar las observaciones anteriores. Con relación a la humedad relativa, aunque sea baja (60%) en conjunto con la temperatura del aire (29°C), para obtener confort sería necesario vientos de 1.5 m/s.

Los mapas de viento en los tres horarios muestran el efecto canalización en las calles principales, ya que las velocidades que predominan en los corredores viales varían en torno de 2.7 a 3.5 m/s, siendo las más altas del recorte. Esto también muestra que también las calles, aunque asfaltadas, recibiendo una alta carga térmica liberan calor por sus propiedades de emitancia; y por convección aunado a la acción del viento y cielo visible (Cuadro 18).

**Cuadro 19:** Mapas de Voto Medio previsto (PMV) a las 15 horas, en los tres recortes.



**Tabla 7:** Resultados obtenidos en la simulación a las 21 horas.

| Recorte           | Temperatura (°C)                 | Humedad (%)          | Temp. Radiante media (°C) | Vientos (m/s)    |
|-------------------|----------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------|
| Casco antiguo (1) | 28.22 (min) – 28.60 (máx)        | 61.92 -- 63.89       | 19.09 – 22.29             | 2.20 – 2.90      |
| Clúster (2)       | 27.71 (mín) – 28.18 (máx)        | <b>62.64 – 65.23</b> | <b>19.76 – 23.14</b>      | 1.75 – 3         |
| Vista Hermosa (3) | <b>28.24 (mín) – 28.70 (máx)</b> | 62.62 – 64.45        | 19.38 – 21.96             | <b>2.7 - 3.5</b> |

En la Tabla 7 comparamos los resultados obtenidos en los tres barrios analizados con relación a los valores micro climáticos encontrados. Valores máximos en negro.

## 5. Conclusión

El primer deseo de este trabajo fue indagar cuál era el comportamiento del microclima de tres lugares históricos en la Ciudad de Panamá que tienen características espaciales y ambientales relativas a un contexto de la historia de la ciudad. Se pudo constatar que cada sitio reflejaba aspectos puntuales de las ZCLs, tales como: el factor H/W, rugosidad, % de área impermeable, el factor de cielo visible (SVF), estructuras y uso antropogénico. Este sistema clasificatorio permitió una mejor comprensión de como el clima en la capa del dosel urbano, al nivel del peatón, se genera en función de sus componentes físicos (geometría, materiales, absorción, emisión, albedo) y ambientales (suelo natural, partículas en el aire, acción antrópica).

Los tres recortes no reflejaron grandes diferencias de temperatura del aire entre ellos, destacándose el recorte 2 (clúster) con la menor temperatura del aire en el área construida (27.71°C), con una diferencia de 1 grado a más en relación a las áreas construidas de los otros recortes (28.70/28.60).

En materia de confort higrotérmico a través del índice Voto Medio Previsto (PMV), fué el recorte 1 (Casco) quien presentó el rango de calor extremo (magenta) en las calles transversales a la dirección del viento.



Los tres recortes presentaron temperaturas de superficie (T<sub>rm</sub>) altísimas a las 15 horas, siendo el recorte 1 (Casco) el que arrojó el mayor valor igual a 70°C.

En relación al área vegetada de suelo del recorte 2 (*clúster*), sorprendió que mantuviera la misma temperatura que el concreto a las 15 horas (67°C). Únicamente bajo los árboles de copa frondosa y altura mínima de 15 metros ocurrió un descenso bastante significativo de la temperatura radiante media (T<sub>rm</sub>), hasta unos 20 grados a menos. Esto comprueba que no es suficiente el uso de grama para mitigar las temperaturas extremas en el espacio intraurbano en un clima cálido húmedo, siendo fundamental el papel que juegan los árboles como agentes humectantes del aire y de bloqueo solar sobre las superficies.

Esta investigación buscó comprender los comportamientos de la geometría urbana en 3 zonas espaciales distintas. En este aspecto, se constató la existencia del cañón urbano en el recorte 1. Esto se debe a la traza hispánica implantada en el emplazamiento peninsular que en su momento de fundación (1673) retrató un formato importado de Europa que no se aplica al clima tropical húmedo. A pesar de que la Leyes de Indias intentaron plantar ciudades de forma a observar su entorno, no consideraron las cuestiones como el movimiento del viento en altura y los materiales no autóctonos, como un problema a futuro en un clima cambiante. Ciertamente las temperaturas en aquel entonces eran más bajas que hoy.

El recorte 3 mostró una geometría que, aunque mantenga predominancia de baja a media altura, intercalada, el error está en que el porcentaje de ocupación de suelo es prácticamente el 90 a 95 %. Esto bloquea el flujo del viento entre las construcciones.

Se constató que las altas temperaturas de superficie dependen del uso de sombras para ayudar a disminuir las temperaturas del aire, una vez que este absorbe el calor de los materiales por donde pasa. De cualquier forma, son variables que pueden ser mitigadas con retiros obligatorios que permitan mayor ventilación entre las construcciones, porcentajes de suelo permeable mayor y el uso de vegetación arbórea en las vías.

El trabajo se limitó al análisis de un solo día del año, específicamente en la estación seca – mes de marzo. Sería de gran valor un nuevo estudio del microclima de los mismos recortes en la estación lluviosa para corroborar el aporte del área vegetada en materia de disminución de las temperaturas radiante y del aire.

Se espera que este trabajo ayude al Estado, a la Academia, a los arquitectos, ingenieros ambientales, y urbanistas de Panamá a realizar más observaciones sobre el clima para la ejecución de los proyectos de diseño, tanto arquitectónico como del espacio urbano, de tal forma que la Ciudad de Panamá pueda prepararse para los grandes problemas de este siglo en relación al cambio climático.

## 6. Agradecimientos

Una parte de esta publicación ha recibido financiación de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) con el código de proyecto FID18-056. Los autores desean agradecer a la Universidad Tecnológica de Panamá y a la Facultad de Ingeniería Mecánica por su colaboración.

## 7. Referencias

ACP. Autoridad del Canal de Panamá. **Construcción del Canal Francés**. Obtenido en <https://micanaldepanama.com/historia-del-canal/la-construccion-del-canal-frances/>. Acceso en Junio/2020.

BRUSE, M. *Environmental Modelling and Software, ENVImet v.4.4.5 -Science*. 2020.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor: Cómo mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo. 2010.



GOOGLE MAPS. **Mapas de Ciudad de Panamá.** Obtenido en <https://www.google.com/maps/place/Panam%C3%A1/@8.3768031,-82.3504484,7z/>. Acceso junio 2020

HIDROMET. Hidrometeorología/ETESA. **El Clima de Panamá.** 2007. Obtenido en: [http://www.hidromet.com.pa/clima\\_panama.php](http://www.hidromet.com.pa/clima_panama.php). Acceso en mayo/2020.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Clima según clasificación Köppen.** 2007. Obtenido en [http://www.hidromet.com.pa/Mapas/Mapa\\_Clasificacion\\_Climatica\\_KOPPEN\\_2007\\_Panama.pdf](http://www.hidromet.com.pa/Mapas/Mapa_Clasificacion_Climatica_KOPPEN_2007_Panama.pdf). Acceso en junio/2020.

HIGUERAS, Esther. **Urbanismo Bioclimático.** Gustavo Gili. Barcelona. España. 2017.

INEC- Instituto Nacional de Estadística y Censo. **Censo de Panamá.** Obtenido en: [https://www.inec.gob.pa/archivos/P6691Distribuci%C3%B3n%20Territorial%20y%20Migraci%C3%B3n%20Interna%20en%20Panam%C3%A1-Censo2010\\_F.pdf](https://www.inec.gob.pa/archivos/P6691Distribuci%C3%B3n%20Territorial%20y%20Migraci%C3%B3n%20Interna%20en%20Panam%C3%A1-Censo2010_F.pdf). 2014. Acceso en Junio/2020.

KOENIGSBERGER, O.; INGERSOL, T.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. **Viviendas y Edificios en zonas cálidas y tropicales.** Ed. Paraninfo. Madrid. España. 1977.

LABAKI, L et al. **Vegetação e Conforto térmico em Espaços Urbanos Abertos.** Forum Patrimônio. Belo Horizonte. v. 4, n. 1, p. 23-42. 2011.

MASCARÓ, Lucia. **Ambiência Urbana.** 1º Edição. Ed Zagra d Luzzato. Porto Alegre. Brasil. 1996.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ J. **Vegetação Urbana.** 4º Edição. Ed. Maisquatro. Porto Alegre. 2015.

OLGYAY, Víctor. **Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.** 14ª edición. Edición em Español. Editora Gustavo Gili. España. 1998.

ONU ODS 2030. **La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Meta 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.** 2018. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>. Acceso en junio 2020.

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites.** IOM Rep. 81, WMO/TD-No. 1250, 47 pp. 2004. Disponible en <https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>. Acceso en junio/2020.

ROMERO, Marta Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano.** Editora UNB. Brasília. Brasil. 2013.

\_\_\_\_\_. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público.** Editora UNB. Brasília. Brasil. 2015.

\_\_\_\_\_. **Arquitetura do lugar. Uma Visão Bioclimática da Sustentabilidade em Brasília.** 1º Edição. Ed. Nova Técnica. São Paulo. 2011.

ROMERO, Marta B.; BATISTA, Gustavo; LIMA, Erondina; WERNECK, Daniela; VIANNA, Elen; SALES, Gustavo. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas.** Universidade de Brasília. FAU. 2019. Obtenido en <https://repositorio.unb.br/handle/10482/34661?mode=full>. Acceso en junio/2020.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197- 215, abr./jun. 2018.



SOLARGIS - Data calculated from GOES **satellite data** (© 2020 NOAA) and from atmospheric data (© 2020 ECMWF, NOAA and NASA) by Solargis method. Hourly time series (01/01/1999 - 31/01/2020).

STEWART, I.D; OKE, T. R. **Local Climate Zones for Urban Temperature Studies**.

**American Metereological Society. May/2012**. Obtenido en <https://journals.ametsoc.org/bams/article/93/12/1879/60280/Local-Climate-Zones-for-Urban-Temperature-Studies>. Acceso en junio/2020.

WIKIPEDIA. **Mapa del Distrito de Panamá**. Obtenido en [https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_de\\_Panam%C3%A1](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Panam%C3%A1). Acceso en junio/2020.

URIBE, A. **La Ciudad Fragmentada**. Ed. Cela. Texas .1989.

### **Angela Collado Mendes da Silva**

Nascida no Panamá em 1969, possui Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (1993), graduação em Teologia pela Universidade Kurios, FAK, Brasil. Especialista em Arquitetura de Interiores pela Universidade Potiguar - UNP (2012) de RN/Brasil, Especialista em docência superior pela Universidad Católica Santa María la Antigua – USMA (2015) de Panamá, Panamá, Especialista em Sustentabilidade do curso Reabilita , FAU/UNB (2020), em Brasília, Brasil. Atualmente é professora da UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PANAMA- UIP nas matérias de Planejamento Urbano, Projeto Arquitetônico, Arquitetura Bioclimática, Regeneração Urbana Ambiental, Leis de Ordenamento Territorial, Desenvolvimento Sustentável da Cidade. Professor investigador da Universidad Tecnológica de Panamá – UTPContribuição de autoria:

**Contribuição de autoria:** fundamentação teórico-conceitual e problematização; pesquisa de dados e análise estatística; elaboração de figuras e tabelas; Fotos; elaboração e redação do texto; seleção das referências bibliográficas.

### **Marta Adriana Bustos Romero**

Graduação pela Universidad de Chile e pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (1978), Especialização em Arquitetura na Escola de Engenharia, USP de São Carlos (1980). Mestrado em Planejamento Urbano pela Universidade de Brasília (1985) e Doutorado em Arquitetura - Universitat Politècnica de Catalunya (1993), Pós Doutorado em Lanscape Architecture na PSU (2001). Atualmente é professora Titular da Universidade de Brasília. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes temas: sustentabilidade, bioclimatismo, desenho urbano, espaço público e arquitetura e clima. Líder do Grupo de Pesquisa A Sustentabilidade em Arquitetura e Urbanismo Coordena o Laboratório de Sustentabilidade Aplicada - LaSUS. Coordena Curso de Especialização a Distância, Lato Sensu "Reabilita - Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística" e pesquisa em parceria com a Coordenação do Sangue do Ministério da Saúde para a reabilitação ambiental de edifícios da Hemorrede do Brasil.

**Contribuição de autoria:** fundamentação teórico-conceitual, problematização e revisão do texto.

**Como citar:** MENDES DA SILVA, Angela Collado, ROMERO, Marta Adriana Bustos Microclimas urbanos en la ciudad de Panamá: estudio de três recortes históricos de la ocupación urbana. Revista Paranoá. n. 30, jan/jun 2021. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n30.2021.03

**Editores responsáveis:** Carolina Pescatori, Dr. Daniel Sant’Ana e Caio Frederico e Silva.