

## **Inconfort térmico en espacios públicos urbanos: análisis en el centro de Buena Fe, Ecuador**

**Thermal discomfort in urban public spaces: an analysis of the centre of Buena Fe, Ecuador**

**Desconforto térmico em espaços públicos urbanos: uma análise do centro de Buena Fe, Equador**

Zamora-Cedeño, Jonathan Javier  
Investigador Independiente

[arq.jzamora07@outlook.com](mailto:arq.jzamora07@outlook.com)

<https://orcid.org/0009-0006-0838-0580>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/nE1/1427>

### **Como citar:**

Zamora-Cedeño, J. J. (2026). Inconfort térmico en espacios públicos urbanos: análisis en el centro de Buena Fe, Ecuador. *Código Científico Revista De Investigación*, 7(E1), 2822–2844.

**Recibido:** 24/02/2026

**Aceptado:** 22/03/2026

**Publicado:** 31/03/2026

### Resumen

El incremento de las temperaturas urbanas y las condiciones propias del clima tropical húmedo han intensificado los problemas de confort térmico en espacios públicos, especialmente en ciudades. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la inconfortabilidad térmica en el centro urbano de Buena Fe, considerando la influencia de variables microclimáticas y morfológicas. Se basó en un enfoque descriptivo con trabajo de campo, mediante la medición de temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y temperatura superficial en distintos horarios del día. Se elaboraron diagramas de confort térmico y se realizó un estudio solar para evaluar la incidencia de la radiación y el comportamiento de las sombras. Los resultados evidenciaron que las condiciones registradas se mantienen fuera de la zona de confort, principalmente por la alta humedad y la baja ventilación, mientras que factores como la geometría urbana, la escasa vegetación y el uso de materiales con alta absorción térmica incrementan el calentamiento del espacio público. En conclusión, se determinó que la aplicación de estrategias bioclimáticas, como el incremento de áreas verdes, el control del asoleamiento y la optimización de la ventilación, permite mejorar las condiciones térmicas, aportando lineamientos para el diseño urbano sostenible en contextos tropicales.

**Palabras clave:** confort térmico, microclima urbano, diseño bioclimático, espacios públicos, clima tropical.

### Abstract

The increase in urban temperatures and conditions specific to the humid tropical climate has intensified the problems of thermal comfort in public spaces, especially in cities. In this context, the present study aims to analyze thermal discomfort in the urban center of Buena Fe, considering the influence of microclimatic and morphological variables. It is based on a descriptive approach to fieldwork, by measuring air temperature, relative humidity, wind speed and surface temperature at different times of the day. Thermal comfort diagrams were drawn up and a solar study was carried out to evaluate the incidence of radiation and the behavior of shadows. The results showed that the recorded conditions remained outside the comfort zone, mainly due to high humidity and low ventilation, while factors such as urban geometry, sparse vegetation and the use of materials with high thermal absorption increase the heating of public space. In conclusion, it was determined that the application of bioclimatic strategies, such as the increase in green areas, the control of oil and the optimization of ventilation, allows improving thermal conditions, providing guidelines for sustainable urban design in tropical contexts.

**Keywords:** thermal comfort, urban microclimate, bioclimatic design, public spaces, tropical climate.

### Resumo

O aumento das temperaturas urbanas e das condições próprias do clima tropical úmido intensificou os problemas de conforto térmico em espaços públicos, especialmente em cidades. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar a inconfortabilidade térmica no centro urbano de Buena Fe, considerando a influência de variáveis microclimáticas e morfológicas. Foi baseado em uma abordagem descritiva do trabalho de campo, através da medição da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e temperatura superficial em diferentes horários do dia. Foram elaborados diagramas de conforto térmico e realizado um estudo solar para avaliar a incidência da radiação e o comportamento das sombras. Os

resultados evidenciaram que as condições registradas são mantidas fora da zona de conforto, principalmente pela alta umidade e baixa ventilação, enquanto fatores como a geometria urbana, a vegetação escassa e o uso de materiais com alta absorção térmica incrementam o aquecimento do espaço público. Concluindo, foi determinado que a aplicação de estratégias bioclimáticas, como o incremento de áreas verdes, o controle do aislamiento e a otimização da ventilação, permite melhorar as condições térmicas, fornecendo alinhamentos para o design urbano sustentável em contextos tropicais.

**Palavras-chave:** conforto térmico, microclima urbano, design bioclimático, espaços públicos, clima tropical.

## Introducción

El incremento sostenido de las temperaturas urbanas y la intensificación de eventos climáticos extremos han posicionado al confort térmico como una variable crítica en la planificación de ciudades, especialmente en regiones tropicales (Paiva et al., 2026). A nivel global, se estima que más del 55 % de la población reside en áreas urbanas, proporción que podría alcanzar el 68 % para 2050, lo que incrementa la exposición de millones de personas a condiciones térmicas adversas. En este contexto, la formación de islas de calor urbano (ICU) puede generar diferencias térmicas de entre 2 °C y 7 °C respecto a zonas rurales circundantes, afectando directamente la habitabilidad de los espacios públicos (Lopes et al., 2025). Estas condiciones se agravan en ciudades intermedias de países en desarrollo, donde el crecimiento urbano acelerado no siempre ha sido acompañado de estrategias de planificación climáticamente sensibles (Rosso-Alvarez et al., 2025).

En América Latina, y particularmente en zonas costeras tropicales, la combinación de alta radiación solar, humedad relativa superior al 70 % y escasa ventilación urbana contribuye significativamente a la sensación de disconfort térmico (Rodríguez et al., 2023). Estudios recientes han demostrado que índices como la Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) y el Índice Universal de Clima Térmico (UTCI) frecuentemente superan los umbrales de confort en espacios abiertos, alcanzando valores considerados de estrés térmico moderado a fuerte durante gran parte del día (Lopes et al., 2022). En ciudades ecuatorianas de la región litoral,

las temperaturas medias anuales oscilan entre 24 °C y 27 °C, con picos que superan los 32 °C en temporadas secas, lo cual, combinado con superficies urbanas impermeables y baja cobertura vegetal, intensifica la acumulación de calor (García-Melgar et al., 2025).

El cantón Buena Fe, ubicado en la provincia de Los Ríos, representa un caso emblemático de urbanización intermedia con características climáticas típicamente tropicales húmedas. Su centro urbano, donde se concentran actividades comerciales, administrativas y sociales, evidencia una alta densidad de infraestructura construida, predominio de materiales con alta capacidad de absorción térmica (como el concreto y el asfalto) y limitada presencia de áreas verdes funcionales. Estas condiciones favorecen la acumulación y reemisión de calor, generando microclimas urbanos que pueden elevar la temperatura superficial hasta en 10 °C respecto a zonas sombreadas. A su vez, la falta de planificación bioclimática en el diseño de espacios públicos reduce la capacidad de mitigación térmica, afectando la permanencia y el bienestar de los usuarios.

Desde una perspectiva fisiológica y ambiental, el inconfort térmico en espacios públicos no solo impacta la percepción subjetiva de bienestar, sino que también tiene implicaciones en la salud pública y la dinámica socioeconómica (Fan et al., 2025; Rezaie et al., 2025). Se ha documentado que exposiciones prolongadas a condiciones de estrés térmico pueden incrementar el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor, como golpes de calor, deshidratación y afecciones cardiovasculares, particularmente en poblaciones vulnerables (Palomo et al., 2023). Además, el deterioro del confort térmico limita el uso efectivo del espacio público, reduciendo la interacción social, la actividad física y la vitalidad urbana, elementos esenciales para el desarrollo sostenible de las ciudades (Zhang et al., 2025). En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar la inconfortabilidad térmica en los espacios de uso público del centro urbano de Buena Fe.

## Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo–exploratorio con integración cuali-cuantitativa, orientado a analizar el comportamiento del confort térmico en espacios públicos del centro urbano de Buena Fe. El diseño metodológico combinó investigación documental y de campo, permitiendo relacionar fundamentos teóricos del confort térmico con datos empíricos obtenidos in situ. La fase documental se basó en la revisión de literatura científica sobre microclima urbano, confort térmico y diseño bioclimático, mientras que la fase de campo se centró en la medición directa de variables ambientales.

La recolección de datos se realizó mediante monitoreo microclimático en puntos representativos del área de estudio, considerando tres franjas horarias (mañana, mediodía y tarde) para capturar la variabilidad diaria. Se registraron variables como temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y temperatura superficial de materiales urbanos. Para ello, se utilizaron un termohigrómetro digital, un anemómetro digital y un termómetro infrarrojo, asegurando la consistencia de las mediciones mediante registros repetidos en diferentes días. Los datos fueron sistematizados en tablas y posteriormente procesados para obtener valores promedio.

Adicionalmente, se elaboraron climogramas de confort térmico basados en el modelo de Olgyay, a partir de la relación entre temperatura y humedad relativa, lo que permitió evaluar la ubicación de las condiciones registradas respecto a la zona de confort. De manera complementaria, se realizó un estudio solar mediante simulación digital y análisis volumétrico, considerando equinoccios y solsticios en tres horarios (08:00, 12:00 y 16:00), con el fin de determinar la incidencia de la radiación solar y la proyección de sombras en el espacio público.

El análisis de la información se llevó a cabo mediante estadística descriptiva y evaluación comparativa de variables, integrando los resultados con criterios de diseño urbano bioclimático. Se consideraron aspectos como geometría del cañón urbano, densidad

edificatoria, orientación, vegetación y materialidad, con el objetivo de identificar su influencia en el comportamiento térmico.

## Resultados

### Toma de datos los factores climáticos

Los resultados obtenidos evidenciaron una marcada variabilidad térmica a lo largo del día, destacándose el periodo del mediodía como el de mayor carga térmica en el entorno urbano evaluado. En este intervalo, la temperatura del aire alcanzó un promedio de 29,7 °C, acompañado de una reducción de la humedad relativa hasta valores cercanos al 69,1 %, lo cual intensificó la sensación de calor percibido por los usuarios. Asimismo, se registraron las mayores temperaturas superficiales, particularmente en el asfalto, con un promedio de 34,6 °C, superando en aproximadamente 8 °C a las superficies con cobertura vegetal. Por otro lado, las zonas con vegetación mostraron consistentemente las temperaturas más bajas durante los tres periodos analizados, con valores promedio de 23,8 °C en la mañana, 26,6 °C al mediodía y 26,8 °C en la tarde, lo que confirma su papel fundamental como reguladores térmicos dentro del espacio urbano. La velocidad del viento se mantuvo baja en todos los horarios ( $\leq 0,58$  m/s), lo que limita la disipación del calor acumulado y favorece condiciones de inconfort térmico (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Variables microclimáticas registradas en espacios públicos del centro urbano de Buena Fe*

Variable	Mañana	Mediodía	Tarde
Temperatura del aire (°C)	25,1	29,7	28,7
Humedad relativa (%)	78,7	69,1	70,4
Temperatura ambiente (anemómetro) (°C)	25,8	28,8	28,7
Velocidad del viento (m/s)	0,58	0,52	0,43
Temperatura en acera (°C)	26,1	31,5	30,6
Temperatura en asfalto (°C)	27,6	34,6	32,1
Temperatura en vegetación (°C)	23,8	26,6	26,8

*Nota:* (Autores, 2026).

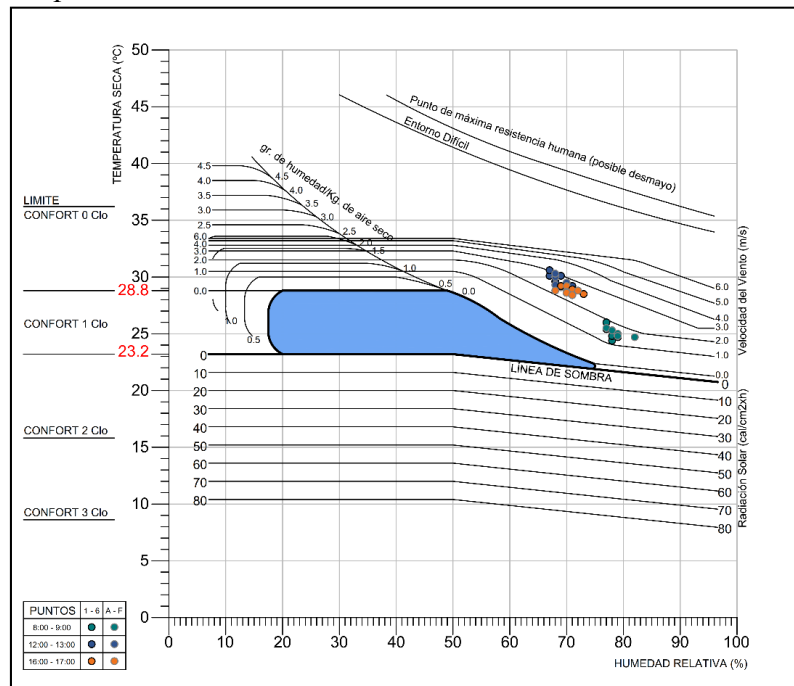
### Climogramas de confort térmico

Los resultados evidenciaron que ninguna de las combinaciones de temperatura y humedad registradas se ubicó dentro de la zona de confort térmico. Esta condición estuvo determinada principalmente por los elevados niveles de humedad relativa, que en la mayoría de los casos superaron el 70 %, limitando significativamente la disipación del calor corporal. En los casos donde la humedad relativa disminuyó, se observó un incremento simultáneo de la temperatura del aire, lo que igualmente impidió que las condiciones ambientales se aproximaran a rangos de confort.

Adicionalmente, se observó que la mayoría de los puntos registrados en los climogramas se ubicaron dentro de la zona de control por ventilación, lo que sugiere que el desconfort térmico podría ser mitigado mediante estrategias pasivas orientadas a mejorar la circulación del aire. En este sentido, datos reportados por el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Buena Fe (2020–2023) indican que la velocidad del viento oscila entre 2 y 4 m/s, con una frecuencia de ocurrencia entre el 59 % y el 82 %, lo que representa un potencial significativo para la implementación de soluciones basadas en ventilación natural. No obstante, los registros obtenidos en campo evidenciaron velocidades inferiores (generalmente  $<1$  m/s).

En cuanto a la variación temporal, se determinó que el periodo de mayor carga térmica correspondió predominantemente al mediodía, donde se registraron las combinaciones más desfavorables de temperatura y humedad. En contraste, durante la tarde, si bien se mantuvieron condiciones cálidas, en la mayoría de los casos no se superaron los valores máximos del mediodía, lo que sugiere una limitada persistencia del calor acumulado. Al comparar las zonas correspondientes al área de estudio con aquellas consideradas como zonas adicionales, se observó una baja variabilidad en los parámetros microclimáticos evaluados (Figura 1).

**Figura 1**  
Climograma de los promedios de los datos



Nota: (Autores, 2026).

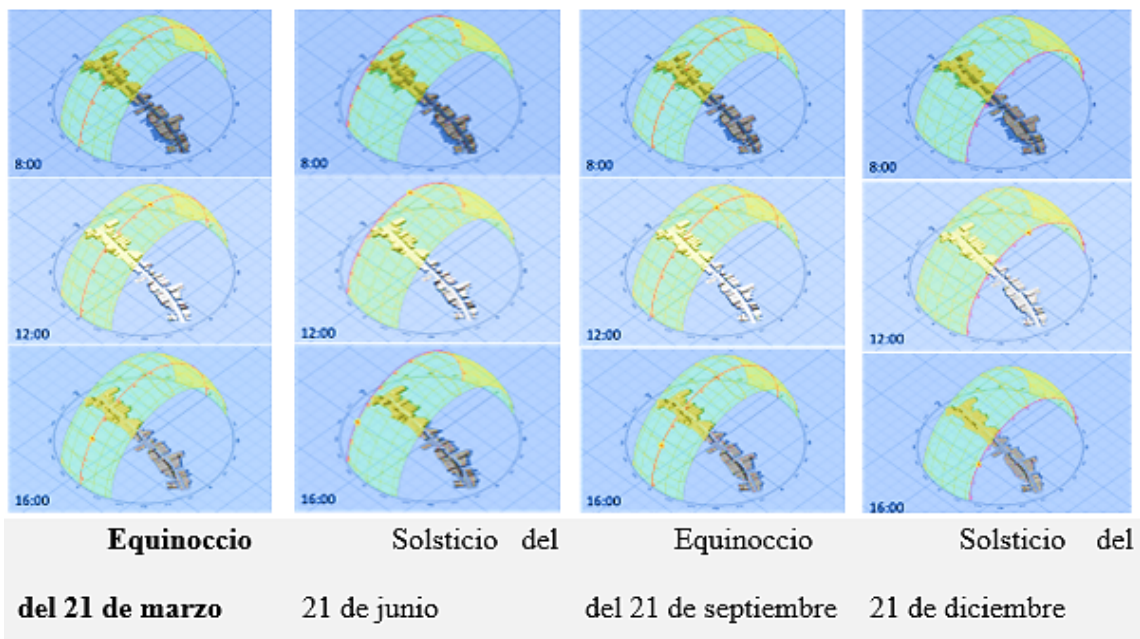
**Estudio solar**

El análisis del comportamiento solar, desarrollado mediante una maqueta volumétrica y evaluado en los equinoccios y solsticios en tres horarios (08:00, 12:00 y 16:00), evidenció una relativa estabilidad en la proyección de sombras a lo largo del año, atribuida a la proximidad del área de estudio a la línea ecuatorial. El movimiento de las sombras proyectadas por las edificaciones resultó limitado, con variaciones puntuales principalmente en las intersecciones viales. A las 08:00 h se registró una mayor longitud de sombras, especialmente en el sector este donde se concentran edificaciones de mayor altura; mientras que a las 12:00 h se identificó la máxima incidencia de radiación solar directa tanto sobre el espacio público como sobre las fachadas edificadas. Para las 16:00 h, las sombras tendieron a ser más cortas debido a la menor presencia de edificaciones altas en el sector oeste.

En relación con la distribución espacial del asoleamiento, se identificaron mayores niveles de incidencia solar en las zonas 3 y 6, correspondientes al parque central y parque infantil, así como en sectores con calles amplias y edificaciones de baja altura (zonas 1 y 2),

incluyendo intersecciones viales. En estos espacios, la escasa presencia de elementos de sombra, como edificaciones altas o vegetación densa, favorece una mayor acumulación de radiación solar. En el caso específico del parque central, la limitada cobertura vegetal intensifica la exposición, mientras que el parque infantil presenta condiciones ligeramente más favorables debido a la presencia de vegetación más frondosa (Figura 2).

**Figura 2**  
*Proyección solar en el área de estudio durante equinoccios y solsticios*



Nota: (Autores, 2026),

**Criterios y estrategias de diseño para el confort térmico**

El análisis integral de las condiciones microclimáticas y morfológicas del área de estudio permitió establecer un conjunto de criterios fundamentales orientados a mejorar el confort térmico en los espacios públicos. Entre los principales se identificaron la radiación solar, la ventilación, el sombreado y la protección frente a precipitaciones. A partir de estos criterios, se definieron estrategias de diseño urbano y arquitectónico que responden a uno o más de dichos factores (Tabla 2).

**Tabla 2***Relación entre criterios bioclimáticos y estrategias de intervención en el área de estudio*

<b>Estrategias</b>	<b>Radiación solar</b>	<b>Ventilación</b>	<b>Sombreamiento</b>	<b>Protección de lluvias</b>
Orientación	X	X	X	
Densidad urbana		X		
Geometría de cañón	X	X	X	
Configuración espacial	X	X	X	
Vegetación		X	X	
Elementos de protección			X	X
Permeabilidad				X
Materialidad	X	X		

*Nota:* (Autores, 2026).

### **Orientación**

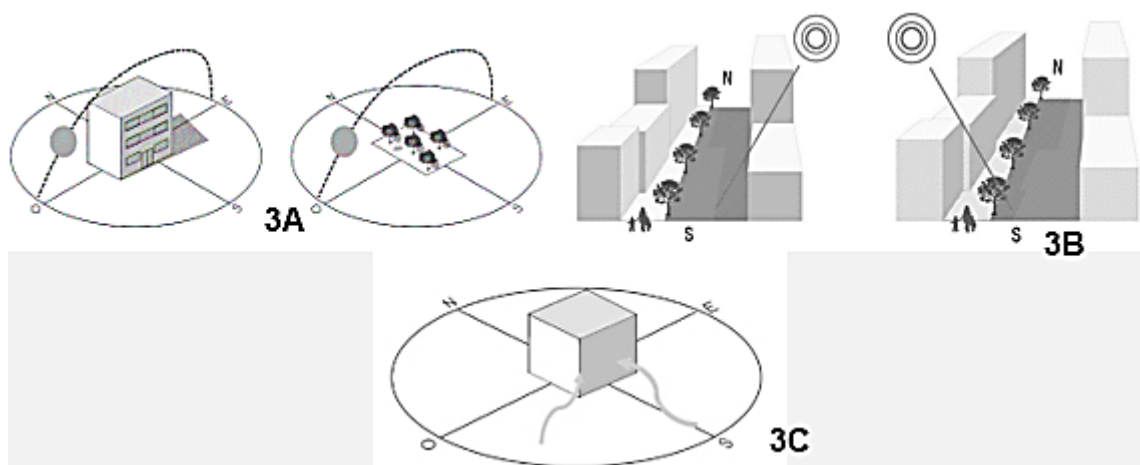
En este contexto, la orientación urbana y arquitectónica se consolidó como una estrategia clave, al influir directamente en la captación o mitigación de la radiación solar, así como en el aprovechamiento de la ventilación natural. Se determinó que las orientaciones norte-sur son más favorables para las fachadas principales debido a su menor exposición solar directa, mientras que las orientaciones este-oeste, predominantes en el área de estudio debido a la trama urbana, incrementan la carga térmica en diferentes momentos del día (Figura 3A). En particular, las fachadas orientadas al este reciben mayor radiación en horas de la mañana, mientras que las orientadas al oeste concentran la carga térmica en la tarde, lo que intensifica el discomfort térmico. No obstante, estas condiciones también pueden ser aprovechadas estratégicamente, por ejemplo, mediante el uso adecuado de materiales o elementos de control solar que permitan regular la ganancia térmica (Figura 3B).

Asimismo, se identificó el potencial de la ventilación natural como mecanismo de mitigación térmica, considerando que, según el PDOT del cantón Buena Fe (2020–2023), los vientos predominantes provienen del sur y suroeste. Sin embargo, su efectividad depende de la ausencia de barreras físicas que limiten su circulación (Figura 3C). En cuanto a los espacios públicos, especialmente los parques urbanos, se evidenció que, pese a contar con una orientación favorable, presentan altos niveles de exposición solar debido a la baja densidad edificatoria y limitada cobertura vegetal, lo que incrementa la temperatura percibida. En este

sentido, se recomienda la implementación de estrategias complementarias como el incremento de vegetación arbórea, incorporación de elementos de sombra (pérgolas, cubiertas) y ajustes en la configuración espacial.

### Figura 3

*Estrategias de orientación, incidencia solar y ventilación en el área de estudio*



*Nota:* (A) análisis de la orientación urbana y arquitectónica en relación con la incidencia solar y su efecto sobre fachadas y espacio público; (B) evaluación de la proyección solar y generación de sombras en diferentes horarios; y (C) análisis de la ventilación predominante (dirección sur-suroeste) y su interacción con la morfología urbana (Autores, 2026).

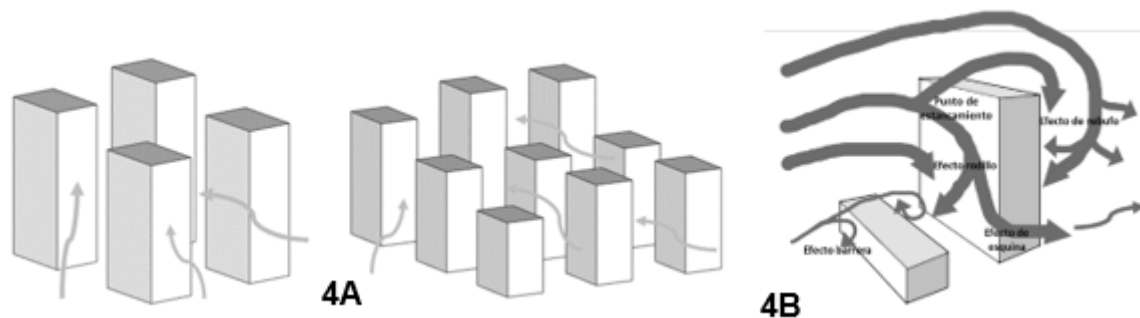
### Densidad urbana y ventilación

El análisis de la densidad urbana evidenció que el centro urbano de Buena Fe presenta una morfología predominantemente compacta, caracterizada por edificaciones adosadas de entre dos y tres pisos, lo que limita la circulación efectiva del viento a nivel peatonal y favorece condiciones de estancamiento térmico. Si bien una mayor altura edificatoria puede potenciar la captación de los vientos predominantes (provenientes del sur y suroeste), la escasa separación entre edificaciones reduce significativamente este beneficio. Adicionalmente, se identificaron efectos aerodinámicos asociados a la forma y altura de las edificaciones que influyen en el comportamiento del viento (Figura 4A). Entre estos, destaca el efecto de esquina, donde se produce un aumento de la velocidad del viento debido a la interacción entre zonas de sobrepresión y depresión en las aristas de los edificios, fenómeno que se intensifica con mayor altura y geometrías rectangulares. Asimismo, el efecto de rodillo, presente en edificaciones que

superan los 15 m de altura, genera turbulencias en la base de las fachadas, provocando movimientos descendentes y circulares del aire que pueden afectar el confort a nivel peatonal (Figura 4B).

#### Figura 4

*Efectos de la densidad urbana sobre la ventilación en el área de estudio*



*Nota:* (A) configuración de la densidad urbana y su influencia en la circulación del viento; (B) representación del efecto de esquina en edificaciones y su impacto en la aceleración del flujo de aire (Autores, 2026).

#### Geometría de cañón urbano

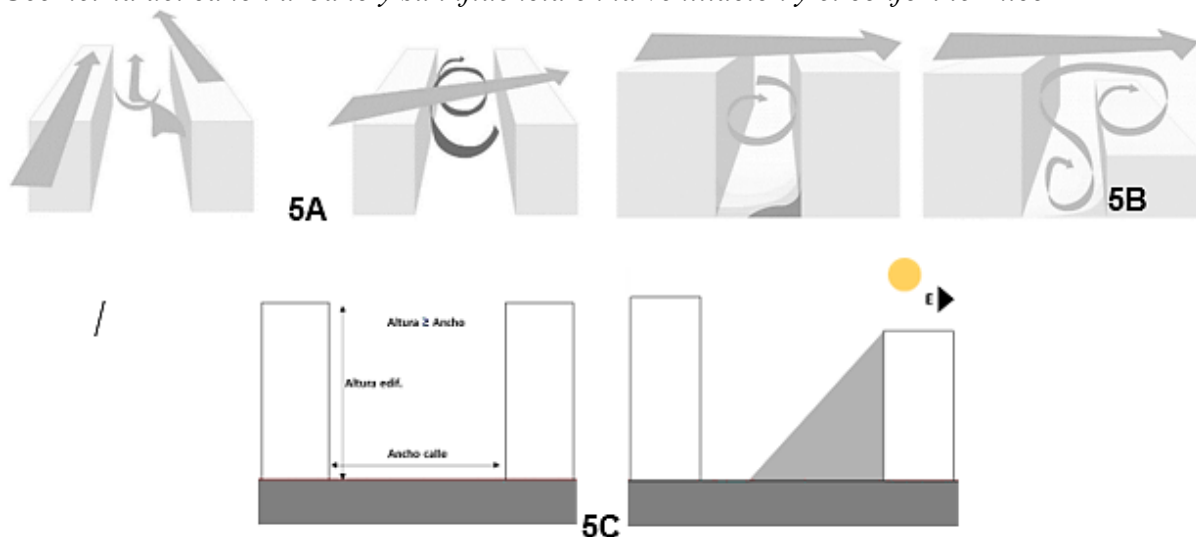
El análisis de la geometría del cañón urbano evidenció que el centro de Buena Fe presenta calles predominantemente anchas, con variaciones en su trazado y cierta curvatura, lo que condiciona el comportamiento del flujo de aire. Cuando el viento se alinea de forma paralela a la calle, este circula con menor velocidad y genera turbulencias locales cercanas a las fachadas. En cambio, cuando la dirección del viento es oblicua respecto al eje vial, se produce un flujo helicoidal o tipo “sacacorchos”, donde el aire descendente adquiere mayor velocidad que el ascendente (Figura 5A).

Desde el punto de vista del diseño bioclimático, se identificó que la morfología actual limita la generación de sombras y reduce la eficiencia del cañón urbano como regulador térmico. En este sentido, se recomienda evitar la uniformidad en alturas y longitudes de fachadas, promover irregularidades que favorezcan la turbulencia y diseñar cañones urbanos con proporciones altura/ancho más equilibradas (Figura 5B). Asimismo, se propone la configuración de cañones asimétricos, donde las edificaciones del lado oeste presenten mayor

altura que las del este, permitiendo la entrada de radiación solar en la mañana y la generación de sombra en la tarde (Figura 5C).

### Figura 5

*Geometría del cañón urbano y su influencia en la ventilación y el confort térmico*



*Nota:* (A) flujo de viento paralelo y oblicuo; (B) cañón urbano simétrico y asimétrico; y (C) edificios de altura similar y variada (Autores, 2026).

### Configuración espacial

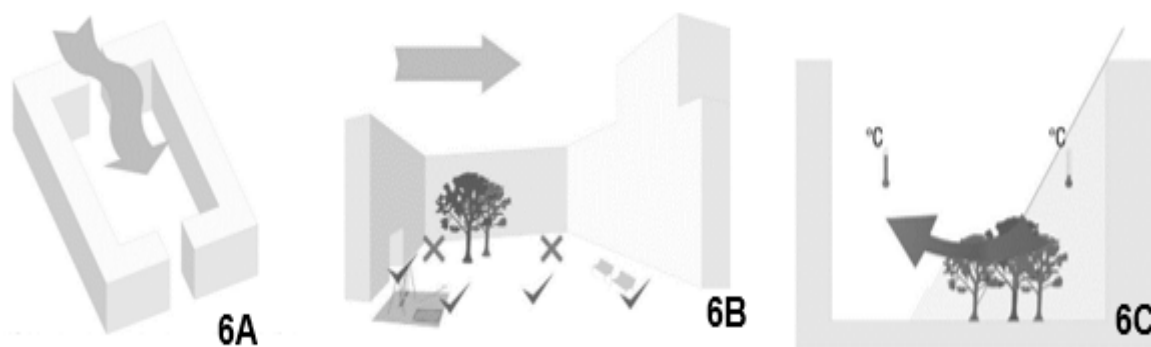
El análisis de la configuración espacial urbana evidenció que el centro de Buena Fe presenta una estructura consolidada, organizada en torno a un eje lineal principal con ciertas curvaturas y una red secundaria casi ortogonal adaptada a la topografía. Esta disposición condiciona el comportamiento del microclima urbano, influyendo en la distribución de la radiación solar y en la circulación de los vientos. En este sentido, la adecuada disposición de edificaciones y espacios abiertos permite optimizar el confort térmico, favoreciendo tanto la ventilación como el control del asoleamiento. En particular, las plazas y espacios públicos de mayor escala deben diseñarse para facilitar el ingreso de corrientes de aire, considerando la altura y orientación de las edificaciones circundantes (Figura 6A).

Adicionalmente, se identificó que la configuración espacial puede potenciar efectos aerodinámicos locales que contribuyen a mejorar la ventilación en condiciones de baja velocidad del viento. Entre estos, destaca el efecto Venturi y el efecto de esquina, los cuales

permiten acelerar el flujo de aire en puntos específicos del tejido urbano (Figura 6B). Asimismo, la generación de microbrisas mediante contrastes térmicos favorece el enfriamiento del espacio público (Figura 6C).

### Figura 6

*Configuración espacial y estrategias de ventilación en el área de estudio*



*Nota:* (A) Ventilación en plaza; (B) uso de espacio urbano que favorecen a la ventilación; y (C) creación de microbrisas en el espacio urbano (Autores, 2026).

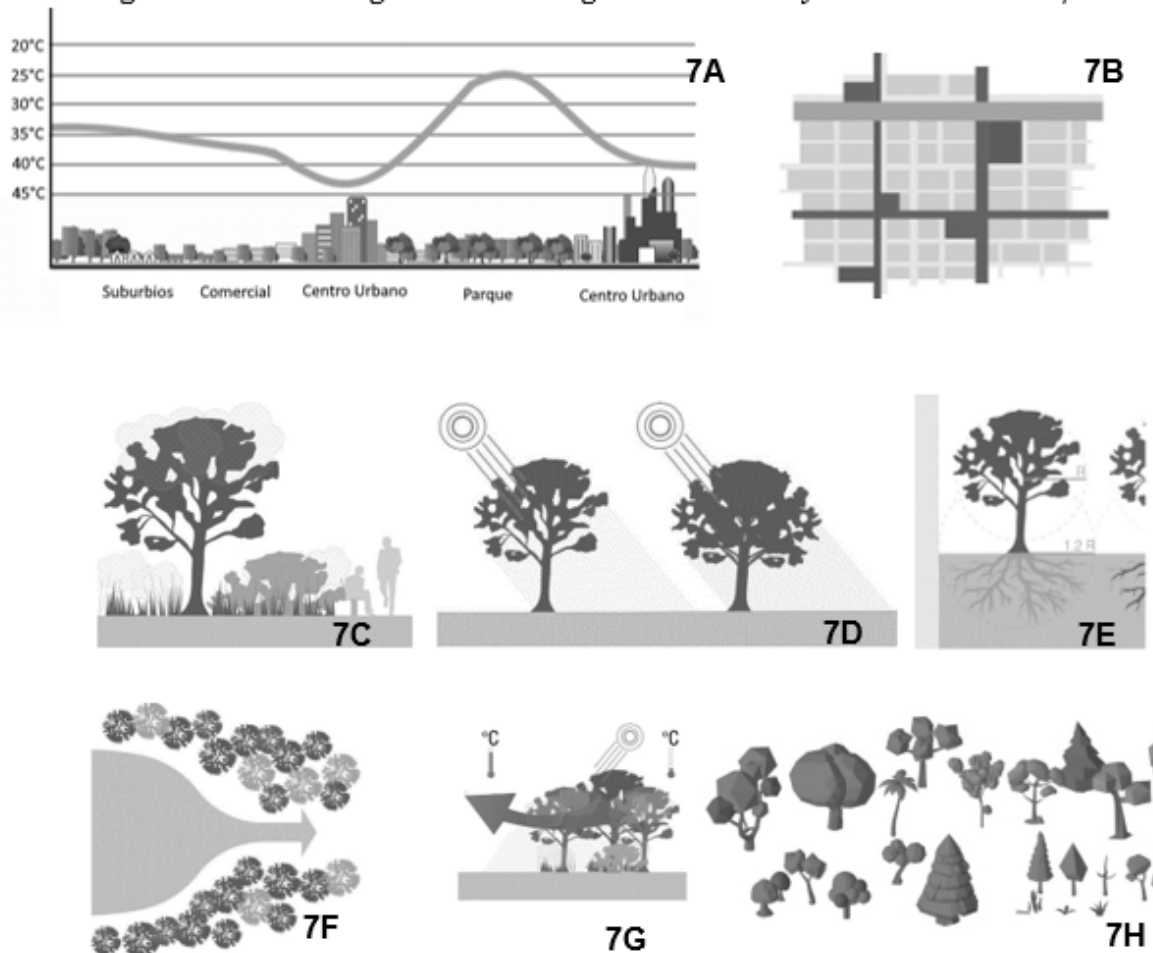
### Vegetación y regulación microclimática

El análisis evidenció que la vegetación desempeña un papel fundamental en la termorregulación del espacio urbano, al reducir la temperatura mediante sombra, evapotranspiración y control de la radiación solar. Se identificaron efectos como la “isla fría”, donde las áreas verdes presentan temperaturas inferiores al entorno construido, y el “efecto oasis”, asociado a dinámicas de intercambio térmico entre superficies vegetadas y zonas urbanizadas (Figura 7A–7B).

Desde el punto de vista del diseño urbano, se determinó que la incorporación estratégica de árboles, arbustos y coberturas vegetales favorece el sombreado, la ventilación y la dispersión de contaminantes, siempre que se consideren aspectos como la densidad, altura, tipo de copa y distanciamiento (Figura 7C–7D). Además, la vegetación puede inducir microbrisas y potenciar efectos aerodinámicos locales como el efecto Venturi, contribuyendo a mejorar el confort térmico (Figura 7E–7F). No obstante, una disposición inadecuada puede obstaculizar la ventilación y generar acumulación de calor o contaminantes, por lo que se recomienda una

planificación equilibrada que integre infraestructura verde diversa y adaptada al contexto urbano (Figura 7G–7H).

**Figura 7**  
*Rol de la vegetación en la regulación térmica y ventilación urbana*



*Nota:* (A) efecto isla fría; (B) red de áreas verdes; (C) plantas de diferentes dimensiones; (D) sombreado de diferentes especies arbóreas; (E) relación de la dimensión raíz-copa de los árboles; (F) generación de microbrisas por medio de la vegetación; (G) efecto de Venturi mediante barreras vegetales; y (H) árboles de diversas copas tamaño (Autores, 2026).

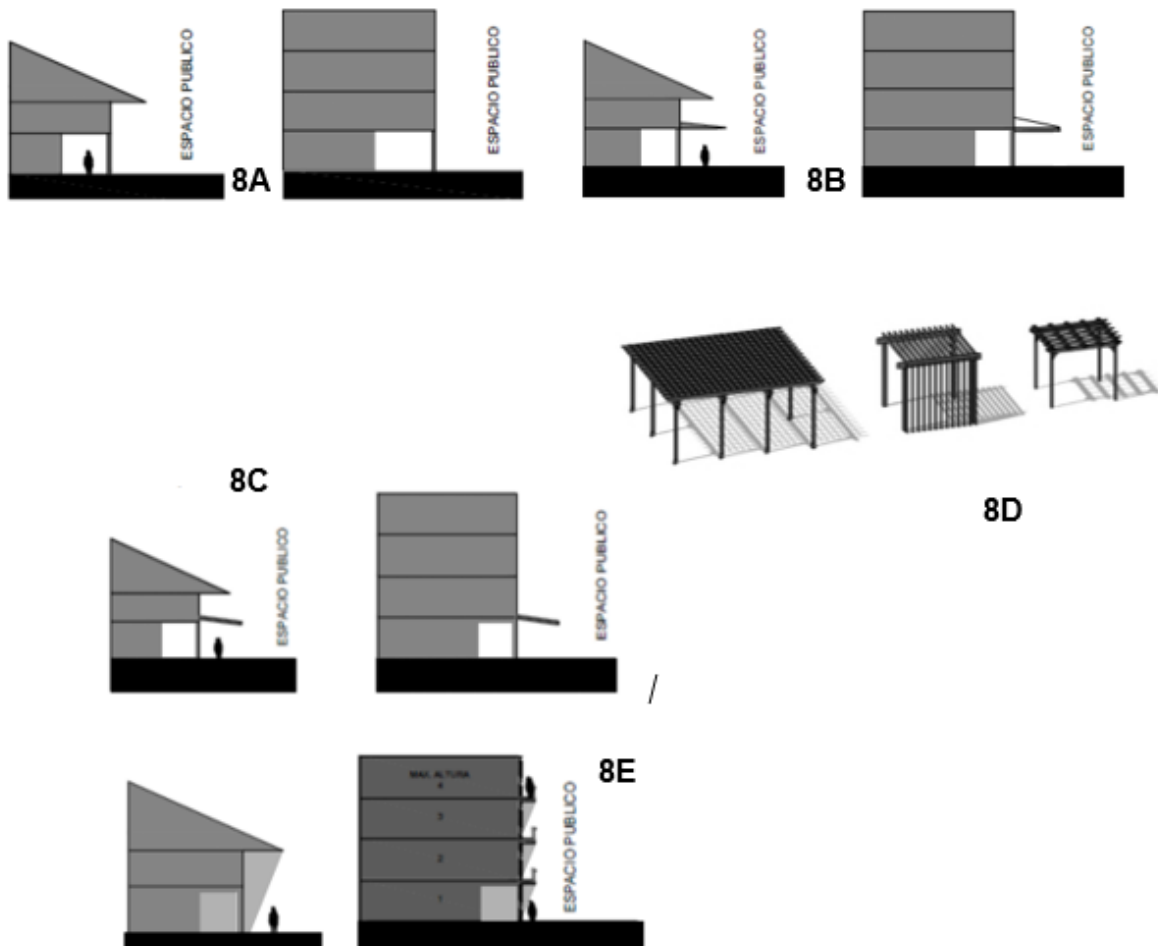
### Elementos de protección

El análisis evidenció que los elementos de protección constituyen una estrategia clave para mitigar la incidencia solar y la exposición a lluvias en el espacio público. En el área de estudio se identificaron soluciones como soportales, marquesinas, aleros y toldos, los cuales contribuyen al sombreado y mejoran la habitabilidad urbana cuando son implementados de forma continua y adecuada (Figura 8A–8B). En particular, los soportales permiten la circulación peatonal protegida, mientras que los elementos móviles, como toldos, ofrecen

flexibilidad frente a la radiación solar, aunque su uso debe regularse para evitar impactos negativos como la contaminación visual o la obstrucción de la ventilación (Figura 8C).

Adicionalmente, se determinó que elementos como pérgolas y estructuras ligeras pueden ser incorporados en espacios públicos amplios para generar sombra controlada, optimizando su diseño en función de la trayectoria solar (Figura 8D). No obstante, se destaca la necesidad de equilibrar la protección solar con el acceso a radiación natural, evitando la creación de espacios excesivamente sombreados que puedan afectar la salubridad urbana (Figura 8E).

**Figura 8**  
*Elementos de protección solar y pluvial en el espacio público urbano*



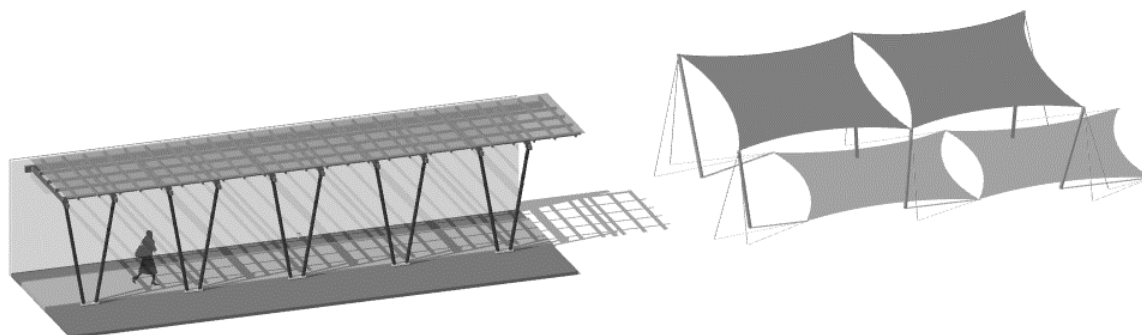
*Nota:* (A) soportales como elementos continuos de sombra y protección peatonal; (B) marquesinas y aleros en fachadas para control de radiación solar y lluvia; (C) toldos o lonas como sistemas móviles de protección solar; (D) pérgolas como estructuras fijas para generación de sombra controlada; y (E) equilibrio entre sombreado y acceso a radiación solar para garantizar confort y salubridad en el espacio público (Autores, 2026).

## Permeabilidad

Los resultados evidenciaron que la permeabilidad constituye una estrategia complementaria para mejorar el confort en espacios públicos, especialmente frente a eventos de precipitación. La incorporación de elementos como soportales y cubiertas ligeras permite garantizar la continuidad del uso peatonal durante condiciones climáticas adversas, sin comprometer la ventilación natural. Asimismo, se recomienda el uso de materiales en las cubiertas que no generen sobrecalentamientos y que siempre se diseñen con alturas y pendientes apropiadas (Figura 9).

### Figura 9

*Estrategias de permeabilidad para protección pluvial en el espacio público*



*Nota:* (Autores, 2026).

## Materialidad

El análisis evidenció que la materialidad de las superficies urbanas y edificaciones influye directamente en el comportamiento térmico del espacio público, particularmente en la absorción, almacenamiento y emisión de calor. En el área de estudio, el uso predominante de materiales con alta capacidad de absorción térmica contribuye al incremento de la temperatura superficial y al desconfort térmico. En este sentido, se identificó que los materiales rugosos tienden a acumular mayor energía solar y a reducir la velocidad del viento por efecto de fricción, mientras que los materiales lisos favorecen la reflexión de la radiación y permiten una mejor circulación del aire (Figura 10A). Asimismo, el color de los materiales constituye un factor determinante, ya que los tonos oscuros incrementan la absorción de calor, mientras que

los colores claros reflejan una mayor proporción de radiación, contribuyendo a reducir la carga térmica (Figura 10B).

Por otra parte, se determinó que la incorporación de superficies permeables y vegetadas permite disminuir la temperatura mediante procesos de evapotranspiración, en contraste con materiales impermeables como el hormigón o el asfalto, que intensifican el calentamiento urbano. Además, la conductividad térmica de los materiales influye en la transferencia de calor, siendo más adecuados aquellos de baja conductividad para mitigar el calentamiento del entorno construido (Figura 10C).

**Figura 10**

*Influencia de la materialidad en el comportamiento térmico urbano*



*Nota:* (A) efecto de la textura superficial en la absorción de calor y la circulación del viento; (B) influencia del color en la absorción y reflexión de la radiación solar; y (C) comportamiento térmico de materiales según su conductividad y capacidad de transferencia de calor (Autores, 2026).

**Tabla 3**

*Conductividad térmica de materiales utilizados en edificaciones y espacio público*

Material	Conductividad térmica (W/m·K)	Material	Conductividad térmica (W/m·K)
Cobre	380	Madera	0,091 – 0,157
Aluminio	210	Agua	0,58
Bronce	64	Aire	0,026
Acero	58	Baldosa cerámica	0,81
Hormigón	1,63	Bloques cerámicos	0,37
Rocas porosas	2,33	Cinc	106 – 140
Adobe	0,90	Corcho (tableros)	0,042
Asfalto	0,70	Espuma de poliuretano	0,029
Arena	0,58	Espuma de vidrio	0,047
Ladrillo macizo	0,46 – 1	Granito	3
Arcilla	0,93	Hierro	72
Latón	81 – 116	Mortero de cal y cemento	0,7
Mortero de cemento	1,4	Mortero de yeso	0,76
Placas de yeso	0,29 – 0,58	Poliestireno	0,157
Tejas cerámicas	0,76	Vidrio	0,81
Cartón	0,14 – 0,35	Yeso	0,81

*Nota:* (Autores, 2026).

## Discusión

Los resultados obtenidos confirman que el discomfort térmico en los espacios públicos del centro urbano de Buena Fe está determinado principalmente por la interacción entre altas temperaturas y elevados niveles de humedad relativa, condición característica de climas tropicales húmedos. Este comportamiento coincide con lo reportado por Savvides et al. (2024), quienes señalan que en entornos urbanos cálidos la humedad limita significativamente los mecanismos fisiológicos de disipación térmica, y por Kamenská & Smatanová (2022), quienes destacan que la percepción de confort está más influenciada por la combinación de variables que por valores extremos individuales. En este contexto, los climogramas desarrollados en el presente estudio evidencian que las condiciones microclimáticas se mantienen fuera de la zona de confort durante la mayor parte del tiempo, lo que valida la hipótesis inicial y demuestra que el entorno urbano, en conjunto con las condiciones climáticas locales, genera escenarios persistentemente desfavorables para el bienestar térmico.

Desde el punto de vista morfológico, los resultados ponen en evidencia que la configuración urbana compacta del área de estudio actúa como un factor limitante para la ventilación natural, favoreciendo la acumulación de calor en el espacio público. Esta situación se alinea con lo planteado por Gallay et al. (2023), quienes establecen que la densidad y continuidad del tejido urbano influyen directamente en la reducción de la velocidad del viento, y con Ramanauskas et al. (2025), quienes demuestran que la falta de permeabilidad urbana disminuye la eficiencia de las estrategias de ventilación pasiva. En el caso de Buena Fe, la diferencia entre las velocidades de viento registradas a escala urbana general y las medidas a nivel peatonal ( $<1$  m/s) sugiere la existencia de barreras físicas que alteran el flujo del aire, lo que refuerza la necesidad de replantear la relación entre densidad, altura edificatoria y separación entre volúmenes como variables clave en el diseño urbano bioclimático.

En relación con la geometría del cañón urbano y la configuración espacial, los hallazgos evidencian que la predominancia de calles anchas y edificaciones de baja altura reduce la capacidad de generación de sombra y, por ende, incrementa la exposición a la radiación solar. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado por Klopfer (2023), quien destaca que proporciones inadecuadas entre altura y ancho en cañones urbanos disminuyen la eficiencia del sombreado, y por Leppänen et al. (2024), quienes enfatizan la importancia de la morfología urbana en la regulación del microclima. En este sentido, los resultados del presente estudio sugieren que la falta de una relación equilibrada entre estos parámetros en Buena Fe limita el potencial del entorno construido para mitigar el calentamiento urbano, lo que plantea la necesidad de incorporar criterios geométricos más eficientes en futuras intervenciones urbanas.

Por otra parte, la vegetación y la materialidad se consolidan como factores determinantes en la modulación del microclima urbano. Los resultados muestran que las superficies vegetadas presentan temperaturas considerablemente menores en comparación con las superficies impermeables, lo cual coincide con lo señalado por He et al. (2024), quienes destacan el rol de la infraestructura verde en la reducción de la temperatura urbana, y por Audusseau et al. (2024), quienes evidencian mejoras significativas en el confort térmico asociadas a la presencia de vegetación. Asimismo, el uso de materiales con alta absorción térmica y colores oscuros contribuye al incremento de la carga térmica, lo que refuerza la necesidad de seleccionar materiales con mayor albedo y menor conductividad térmica. En conjunto, estos resultados subrayan la importancia de integrar estrategias basadas en naturaleza y materialidad como herramientas clave para la mitigación del calentamiento urbano.

Finalmente, aunque el estudio aporta evidencia empírica relevante sobre el comportamiento térmico en una ciudad intermedia tropical, presenta limitaciones relacionadas con la temporalidad del muestreo y el alcance metodológico. En particular, la recolección de datos en periodos específicos puede no reflejar completamente la variabilidad estacional, lo

que coincide con lo señalado por Zhou et al. (2024), quienes destacan la importancia de estudios longitudinales para comprender la adaptación térmica urbana. Asimismo, la ausencia de índices biometeorológicos avanzados limita la interpretación integral del confort, aspecto también abordado por Savvides et al. (2024). No obstante, los hallazgos constituyen una base sólida para futuras investigaciones, las cuales deberían integrar modelaciones microclimáticas, análisis multitemporales y enfoques centrados en la percepción del usuario.

## Conclusión

Los resultados evidencian que el disconfort térmico en el centro urbano de Buena Fe es consecuencia de la interacción entre condiciones climáticas tropicales y una configuración urbana poco adaptada al entorno. Se determinó que la alta humedad, las elevadas temperaturas y la baja velocidad del viento limitan el confort térmico, mientras que factores urbanos como la geometría de cañón, la densidad edificatoria y la orientación incrementan la exposición solar y reducen la ventilación. Asimismo, se comprobó que la escasa cobertura vegetal y el uso de materiales con alta absorción térmica intensifican el calentamiento del espacio público; por lo tanto, si estos factores no son considerados en la planificación y gestión urbana, es previsible un incremento progresivo de las temperaturas, agravando las condiciones de confort térmico y la habitabilidad de estos espacios.

La aplicación de estrategias bioclimáticas como el incremento de vegetación, la incorporación de elementos de sombreado, la optimización de la ventilación y la adecuada selección de materiales permite mejorar significativamente las condiciones microclimáticas. Este estudio aporta lineamientos técnicos aplicables al diseño urbano en ciudades intermedias tropicales, contribuyendo al desarrollo de espacios públicos más confortables y sostenibles.

## Referencias bibliográficas

- Audusseau, H., Schmucki, R., Croci, S., & Dubreuil, V. (2024). Sustainable urban planning needs stronger interdisciplinarity and better co-designing: How ecologists and climatologists can fully leverage climate monitoring data. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 15(6). <https://doi.org/10.1002/wcc.912>
- Fan, L., Zhao, M., Huo, J., Sha, Y., & Zhou, Y. (2025). The Impact of Vegetation Layouts on Thermal Comfort in Urban Main Streets: A Case Study of Youth Street in Shenyang. *Sustainability (Switzerland)*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/su17041755>
- Gallay, I., Olah, B., Murtinová, V., & Gallayová, Z. (2023). Quantification of the Cooling Effect and Cooling Distance of Urban Green Spaces Based on Their Vegetation Structure and Size as a Basis for Management Tools for Mitigating Urban Climate. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043705>
- García-Melgar, P., Montero-Gutiérrez, P., Carmen Guerrero Delgado, M. del, Narváez, A. C., Ramos, J. S., & Domínguez, S. Á. (2025). Mitigating urban heat pains through nature-based cool pavement in extremely hot climates. *Energy and Buildings*, 343. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115945>
- He, X., Gao, W., & Wang, R. (2024). Effect of urban structure on land surface temperature around elementary schools in Hangzhou based on local climate zones. *Sustainable Cities and Society*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105724>
- Kamenská, M., & Smatanová, K. (2022). The impacts of climate change on urban structures in Slovak cities: Identifying vulnerable urban structures. *Architecture Papers of the Faculty of Architecture and Design STU*, 27(1). <https://doi.org/10.2478/alfa-2022-0005>
- Klopfer, F. (2023). The thermal performance of urban form – An analysis on urban structure types in Berlin. *Applied Geography*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102890>
- Leppänen, P. K., Kinnunen, A., Hautamäki, R., Järvi, L., Havu, M., Junnila, S., & Tahvonen, O. (2024). Impact of changing urban typologies on residential vegetation and its climate-effects – A case study from Helsinki, Finland. *Urban Forestry and Urban Greening*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128343>
- Lopes, H. S., Remoaldo, P. C., Ribeiro, V., & Martín-Vide, J. (2022). A comprehensive methodology for assessing outdoor thermal comfort in touristic city of Porto (Portugal). *Urban Climate*, 45. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101264>
- Lopes, H. S., Remoaldo, P. C., Vidal, D. G., Ribeiro, V., Silva, L. T., & Martín-Vide, J. (2025). Sustainable Placemaking and Thermal Comfort Conditions in Urban Spaces: The Case Study of Avenida dos Aliados and Praça da Liberdade (Porto, Portugal). *Urban Science*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/urbansci9020038>
- Paiva, D., Silva, M. A. S. da, Ferreira, D., & Osborne, T. (2026). The thermalscapes of urban consumption: Informal shading practices in a hot Brazilian city centre. *Cities*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.106590>
- Palomo Amores, T. R., Sánchez Ramos, J., Guerrero Delgado, Mc. C., Castro Medina, D., Cerezo-Narvaéz, A., & Álvarez Domínguez, S. (2023). Effect of green infrastructures supported by adaptative solar shading systems on livability in open spaces. *Urban*

*Forestry and Urban Greening*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127886>

- Ramanauskas, E., Bukantis, A., Dringelis, L., Kaveckis, G., & Jonkutė-Vilkė, G. (2025). Urban Environment and Structure of Lithuanian Cities: Their Assessment in the Context of Climate Change and Other Potential Threats. *Land*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/land14091759>
- Rezaie, P., Lopez-Cabeza, V. P., Sola-Caraballo, J., & Galan-Marin, C. (2025). Cooling Heritage Scenarios: Transforming Historic Squares for Thermal Comfort. *Buildings*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/buildings15040564>
- Rodriguez, M. V., Melgar, S. G., & Marquez, J. M. A. (2023). Design recommendations for the rehabilitation of an urban canyon in a subtropical climate region using aerial thermography and simulation tools. *Energy and Buildings*, 298. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113525>
- Rosso-Alvarez, J., Jiménez-Caldera, J., Campo-Daza, G., Hernández-Sabié, R., & Caballero-Calvo, A. (2025). Integrating Objective and Subjective Thermal Comfort Assessments in Urban Park Design: A Case Study of Monteria, Colombia. *Urban Science*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/urbansci9050139>
- Savvides, A., Vassiliades, C., Lau, K., & Rizzo, A. (2024). Examining user thermal comfort in spaces between buildings: Exploring parametric solutions for BIPVs for Luleå, Sweden, and Limassol, Cyprus. *Energy Reports*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.04.066>
- Zhang, D., Liu, G., Kang, K., Chen, X., Sun, S., Xie, Y., & Lin, B. (2025). Quantifying Thermal Demand in Public Space: A Pedestrian-Weighted Model for Outdoor Thermal Comfort Design. *Buildings*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/buildings15132156>
- Zhou, T., Jia, W., Yan, L., Hong, B., & Wang, K. (2024). Urban park's vertical canopy structure and its varied cooling effect under continuous warming climate. *Urban Climate*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101819>