

Morfología de infraestructura verde y percepción térmica en la faja marginal del río Cumbaza, Tarapoto.

Morphology of Green Infrastructure and Thermal Perception in the Riparian Zone of the Cumbaza River, Tarapoto.

DOI: 10.17981/mod.arq.cuc.33.1.2024.04

Artículo Recibido: 20/09/2024. Artículo Aceptado: 05/11/2024. Artículo Publicado: 30/11/2024.

Andrea Zunilde Díaz Vásquez 
Universidad Peruana Unión (Perú)

Kamila Romina Herrera Rios 
Universidad Peruana Unión (Perú)

Iván Mestanza Ríos 
Universidad Peruana Unión (Perú)

Para citar este artículo:

Díaz Vásquez, A., Herrera Ríos, K. Mestanza Rios, I. (2024). Características Morfológicas de Percepción Térmica en la Faja Marginal de un Río Amazónico - Perú, 2023. MODULO ARQUITECTURA CUC, 33(1), 88-112. <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.33.1.2024.04>

Resumen

El estudio examinó cómo las características morfológicas de la infraestructura verde en la faja marginal del río Cumbaza influyen en la percepción térmica de sus habitantes. Con una muestra de 114 personas, se utilizó un enfoque mixto y un diseño de triangulación concurrente para recopilar datos a través de cuestionarios y fichas de observación, sometidos a pruebas de consistencia interna y externa para asegurar su confiabilidad. Los resultados destacaron que los entornos amazónicos, caracterizados por especies arbóreas nativas que brindan una mayor sombra, están fragmentados debido a la presencia de asentamientos informales. Además, se encontró que la percepción térmica varía según factores como la edad, adaptabilidad, estado de ánimo y satisfacción. Por último, el estudio ofrece una crítica a las medidas de gestión pública implementadas para abordar el cambio climático.

Palabras clave: Confort térmico, áreas verdes, isla de calor urbano, crecimiento urbano, regulación de microclima.

Abstract

The study examined how the morphological characteristics of the green infrastructure in the marginal strip of the Cumbaza River influence the thermal perception of its inhabitants. With a sample of 114 people, a mixed approach and a concurrent triangulation design were used to collect data through questionnaires and observation sheets, subjected to internal and external consistency tests to ensure their reliability. The results highlighted those Amazonian environments, characterized by endemic tree species that provide greater shade, are fragmented due to the presence of informal settlements. In addition, thermal perception was found to vary according to factors such as age, adaptability, mood, and satisfaction. Finally, the study offers a critique of the public management measures implemented to address climate change.

Keywords: thermal comfort, green areas, urban heat island, urban growth, microclimate regulation.



INTRODUCCIÓN

Las dinámicas globales de cambio en el uso de la tierra y el cambio climático están transformando los paisajes, degradando los ambientes térmicos urbanos y exacerbando fenómenos como las islas de calor urbano, lo que resulta en la pérdida de espacios verdes (Hedblom et al., 2020, p. 1; Liu et al., 2023, p. 1; Zeeshan et al., 2023, p. 247). Estos cambios no solo afectan la percepción del ambiente térmico, sino que también tienen un impacto significativo en la salud humana el rendimiento y la comodidad, poniendo en riesgo la calidad de vida y creando entornos incómodos desde el punto de vista térmico. (Jamei et al., 2016, p. 381; Silva & Hirashima, 2021, p. 1; Zhou et al., 2022, p. 2).

La mitigación del calor y el mejoramiento del confort térmico exterior son, por lo tanto, imperativos para el bienestar humano y el urbanismo sostenible (Han et al., 2023, p. 1). Se hace necesario aplicar estrategias de diseño que reconozcan y se adapten a las identidades locales y condiciones térmicas específicas, lo cual incluye una consideración detallada de la morfología de las infraestructuras verdes urbanas (IVU) y su rol en la modulación del microclima (de Quadros & Mizgier, 2023, p. 1; Morakinyo et al., 2020, p. 2). Puesto que estas características morfológicas de las IVU (densidad de vegetación, altura de los árboles, ancho de la copa, estructura y proximidad entre sí) impactan potencialmente en el ambiente

micro climático (Zeeshan et al., 2023, p. 248). Las fajas marginales ribereñas son componentes vitales de las IVU, proporcionando servicios eco sistémicos esenciales y requiriendo una caracterización detallada para una gestión eficaz del suelo urbano (Ali & Patnaik, 2018, p. 944; Liu et al., 2023, p.1).

El déficit de espacios verdes públicos en el Perú y la necesidad de alinearlos con los requerimientos de sostenibilidad urbana es particularmente pronunciado en las ciudades amazónicas, donde la infraestructura verde natural es extensa pero insuficientemente cuantificada en términos de cobertura y contribución a la mitigación de la temperatura (Zucchetti et al., 2020, p. 68). Las ciudades tropicales, como Tarapoto, enfrentan retos significativos debido a las altas cargas térmicas que imponen tensiones sobre sus habitantes (Silva & Hirashima, 2021, p. 1).

El rápido crecimiento de Tarapoto y la gestión deficiente han llevado a la deforestación descontrolada de áreas verdes, especialmente notoria en la parte baja del río Cumbaza, donde el sector Los Andes sufre de inestabilidad y riesgos climáticos elevados (INDECI, 2007, pp. 59–60; Maco, J, 2007, p. 8; Municipalidad Provincial de San Martín, 2019). Este estudio busca abordar estas problemáticas mediante una evaluación precisa de la cobertura verde y las percepciones térmicas para fortalecer la resiliencia climática y mejorar el bienestar de los residentes, esta problemática se representa esquemáticamente en la Figura 1.

Figura 1. Árbol de Problemas sobre el Crecimiento de la isla de calor urbano.



Adaptación propia en base a la revisión bibliográfica.

El crecimiento urbano y su impacto en el cambio ambiental se han estudiado durante más de una década. Los estudios muestran una disparidad térmica significativa entre las superficies naturales y artificiales, siendo los árboles particularmente valiosos para mejorar el confort térmico. (Lee et al., 2023, p. 1). Las estrategias para mitigar el calor, como la vegetación y la reflectividad, dependen del mantenimiento y las características de la infraestructura verde (Jamei et al., 2020, pp. 2–3). Las Infraestructuras Verdes Urbanas (IVU) pueden promover la actividad al aire libre y las conexiones sociales, impactando positivamente la salud física y mental (Oliveira et al., 2015, p. 115).

El confort térmico es crucial para la habitabilidad urbana y un diseño exterior adecuado puede incentivar el bienestar y la salud (Höppe, 2002, p. 661). Variables ambientales como la temperatura, la humedad, el viento y la radiación solar determinan estas percepciones. Soluciones innovadoras que tengan en cuenta los requisitos de OTC y controlen los aspectos arquitectónicos pueden mejorar la calidad de vida y la relación con la naturaleza (TAREB, 2004, p.6). La distribución de áreas verdes en entornos urbanos maximiza los beneficios ecológicos (Morakinyo et al., 2020, p. 16; Zeeshan et al., 2023, p. 248).

La interpretación del paisaje y su impacto en las personas que habitan requiere un análisis detallado de la interacción entre elementos y el

aire (Luo et al., 2022, p. 8). Los procedimientos estándar para examinar el confort térmico en paisajes junto a ríos incluyen visitas, toma de fotografías, encuestas y entrevistas exhaustivas para comprender la experiencia del individuo en estos entornos. La implementación de técnicas para documentar el comportamiento espacial y las características específicas del sitio es crucial para entender la generación de calor antropogénico y las causas subyacentes del fenómeno conocido como isla de calor urbano (Romero Rodríguez et al., 2020, pp. 1–2). El uso de tecnologías avanzadas como el seguimiento ocular y herramientas como el Green View Index de Google Street View evalúan la cobertura vegetal y su aporte como proveedor de sombra (Dang & Li, 2021, p. 2021).

La teoría de Confort Térmico fue formulada por Fanger en 1970, estableciendo que la interacción térmica humano-ambiente es ajustada por variables como la actividad, indumentaria, humedad, temperatura ambiental, radiación media y velocidad del aire. La implementación de infraestructura verde urbana (IVU) modifica los factores micro climáticos ejerciendo un rol importante en la mitigación de extremos climáticos (Hansen et al., 2019, p. 100).

La presente investigación aborda la escasez de estudios sobre la percepción térmica en infraestructuras verdes fluviales en zonas amazónicas. Reconociendo la relevancia de la IVU en la dinámica entre seres humanos y su entorno, tanto urbano como natural (Safriel &

Adeel, 2008, p. 677), este estudio se propone analizar las características morfológicas de la infraestructura verde que determinan la percepción térmica de los habitantes de la faja marginal del Río Cumbaza. Mientras que existen estudios sobre el confort térmico en exteriores que idealizan una condición neutra (Vellei et al., 2023, p. 6), la realidad de los ambientes urbanos complejos sugiere una revisión de esta noción. Por ello el primer objetivo específico del estudio consiste en analizar las percepciones térmicas de los habitantes de la faja marginal del río Cumbaza. Donde simultáneamente se establece como segundo objetivo específico identificar las características morfológicas de vegetación (cobertura de dosel, especies, altura y densidad) y usos de suelos de la faja marginal del Río Cumbaza, lo cual apoyará a comprender las condiciones del microclima de estos espacios exteriores para la toma de decisiones en el uso y gestión de suelos urbanos (Ali & Patnaik, 2018, p. 944). Como tercer y último objetivo se plantea identificar las políticas públicas relacionadas a la gestión de la infraestructura verde a nivel internacional, nacional y regional con la finalidad de reconocer como se manejan estas políticas en diversos entornos urbanos.

La pregunta central de la investigación es: ¿Cuáles son las características morfológicas de la infraestructura verde que determinan la percepción térmica en la faja marginal del Río Cumbaza en la ciudad de Tarapoto?

Este artículo aspira a ser un referente para la planificación urbana de Tarapoto y el manejo

de sus zonas ribereñas, así como una guía para el diseño de infraestructuras verdes en ciudades amazónicas.

METODOLOGÍA

Diseño de la Investigación

Este estudio utiliza un enfoque mixto, utilizando la triangulación concurrente para recopilar datos cuantitativos y cualitativos. Este método permite una comprensión holística de las condiciones térmicas y el bienestar humano. La dimensión cuantitativa se centra en variables medibles relacionadas con el confort térmico, mientras que el análisis cualitativo profundiza la interpretación de las propiedades de la infraestructura verde.

Lugar de estudio y factores importantes

El sector los Andes, de Morales, está en Tarapoto, en la región amazónica de San Martín. Está en un clima lluvioso y constante humedad, con temperaturas moderadamente cálidas. El río Cumbaza, una fuente hidrográfica importante, extiende por las zonas urbanas de Tarapoto y tiene una cuenca de 57,120 hectáreas cuadradas. La región ha experimentado un desarrollo urbano considerable, y se destaca la necesidad de un estudio detallado sobre la interacción entre urbanización y ecología fluvial.

Universo y muestra. Criterios de selección

Este estudio se centra en 114 residentes de Los Andes, excluyendo aquellos que viven en viviendas marginales, para examinar el impacto

Figura 2. Zona de la muestra de estudio (Sector Los Andes, Morales – Tarapoto).



Adaptación propia en base a fotografía aérea de Google Earth.

directo de la expansión de la infraestructura verde. La muestra se eligió con un nivel de confianza del 95%, una desviación estándar de 0,5 y un margen de error del 5% de un total de 160 residentes. La muestra se dividió en 114 participantes, a excepción de los mayores de 80 años y los que se encontraban en viviendas desocupadas.

Recolección de datos

El estudio se centró en la estructura y densidad de la cobertura arbórea para comprender sus interacciones con el entorno térmico. Se eligieron 114 pobladores de la zona adyacente al marginal Río Cumbaza para evaluar cómo la proximidad fluvial afecta la percepción y adaptación climática. Se utilizaron tres técnicas: encuestas abiertas, mapas de observación detallados y revisión de documentos. La encuesta fue validada por alfa de Cronbach y seguida por revisión de expertos. El estudio también analizó el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) y las directrices internacionales, nacionales y locales relacionadas.

Análisis de datos

Este estudio se centra en las características morfológicas del área marginal y la percepción térmica subjetiva de los individuos, proporcionando una comprensión multifacética de las interacciones humanas y ambientales. Al integrar múltiples criterios, el estudio compara efectivamente la información de campo con las teorías existentes, desempeñando un papel

crucial en la identificación de características únicas en el contexto del cambio climático. Utilizando SPSS para el análisis de datos, el estudio identifica variaciones en la percepción térmica entre los residentes del área marginal. El Alfa de Cronbach para calibración de confiabilidad calibra la consistencia interna del instrumento cuantitativo, logrando una alta puntuación de confiabilidad de 0,71. El enfoque multicriterio proporciona una comprensión integral de cómo las variables ambientales y la temperatura influyen en la percepción térmica y las condiciones de vida. Las visitas de campo brindan información valiosa sobre los asentamientos informales en el área marginal, identificando expansión territorial y diversidad de vegetación. Los instrumentos fueron validados por profesionales calificados en campos relevantes, asegurando su aplicabilidad y validez para la población objetivo.

RESULTADOS

Análisis de Percepción Térmica

Las encuestas se realizaron entre los meses de agosto y septiembre del año 2023 presentando una temperatura de 34°C con una sensación térmica de 36°C, en el horario de 9 am – 12 pm. Entre los encuestados, el 82.5% (94 personas) manifestaron una sensación térmica “muy caliente”. Además, se puede observar que el análisis generacional revela una variabilidad en la percepción, esto a pesar del consenso sobre la sensación; donde el 26% pertenecen al grupo

de jóvenes, el 60% son adultos y el 14% adultos mayores. A pesar de las altas temperaturas, el 50.9% (58 personas) informaron que no sienten incomodidad alguna, este grupo se divide en un 21% de jóvenes, un 60% de adultos y un 19% de adultos mayores, por lo tanto, esto revela que los adultos podrían tener una mayor capacidad de tolerancia al calor.

Las preferencias mostraron que un 84.2% de los participantes (96 individuos) tienen preferencia por sensaciones más frescas, siendo el grupo de adultos el más inclinado hacia esta elección. En cuanto a la temperatura ideal

de confort, el 51.8% de encuestados sitúa a la temperatura entre 20° y 25°C, una preferencia que se extiende a todas las edades. Esto muestra el énfasis general en la moderación térmica para garantizar el bienestar personal (ver [Tabla 2](#)).

TABLA. 1. Porcentaje de Respuesta de Participantes.

Variable Estadístico	Moda	Frecuencia Moda	Categorías	Jóvenes	Adultos	Adultos Mayores 60+	Frecuencia por categoría	Frecuencia rel. por categoría (%)	Total, de participantes
¿Cómo siente la temperatura durante el día?	Muy caliente	94	Cálido	2	8	1	11	9.6	114
			Frío	2	1	0	3	2.6	
			Muy Caliente	23	54	13	94	82.5	
	No	58	Neutro	1	4	1	6	5.3	114
			No	12	35	11	58	50.9	
			No estoy seguro/a	4	5	2	11	9.6	
			Si	13	30	2	45	39.5	

Nota.

Tabla 2. Porcentaje de Respuesta de Participantes.

Variable/ Estadístico	Moda	Frecuencia/ Moda	Categorías	Jóvenes 17-26	Adultos 27-59	Adultos Mayores 60+	Frecuencia por categoría	Frecuencia rel. Por categoría (%)	No. de observaciones
¿Qué tipo de clima prefiere para sentirse más cómodo?	Fresco	96	Cálido	1	9	5	15	13.2	114
			Fresco	26	57	13	96	84.2	
			No tengo preferencia alguna	1	2	0	3	2.6	
¿Cuál es la temperatura ideal para que se sienta cómodo?	De 20 – 25 °C	59	De 20 – 25 °C	8	41	10	59	51.8	114
			De 25 °C a mas	1	2	1	4	3.5	
			Por debajo de 25°C	19	25	7	51	44.7	

Nota.

Confort Térmico

El estado de ánimo de 90 participantes se encuentra influenciado por las variaciones de temperatura, manifestando un impacto significativo en el 39.5% y una influencia moderada en otro 39.5%, de este último destaca el grupo de adultos el cual representa el 64%.

De igual manera, el 89.5% (102 personas) consideran las zonas ribereñas como espacios que ofrecen una sensación más fresca. Esta percepción es compartida de manera generalizada en todas las edades; con un 57% de adultos, un 25% de jóvenes y un 18% de adultos mayores, lo cual revela que la percepción de frescura es una constante independiente de la edad (ver [Tabla 3](#)).

El análisis sobre la adaptación al microclima local indica que un considerable 45.6% de los

encuestados, representado por 52 individuos, han expresado haber logrado una total adaptación a la temperatura de la zona. Este proceso de adaptabilidad se distribuye entre un 21% de jóvenes, un 56% de adultos y un 23% de adultos mayores. Estos resultados destacan la notable capacidad de adaptación de la población, demostrando que la mayoría ha logrado ajustarse al ambiente térmico con ciertas variaciones según los distintos grupos etarios (ver [Tabla 4](#)).

Respecto a la satisfacción con relación al ambiente térmico, el 82.5% de los participantes manifiestan insatisfacción, siendo esta percepción notablemente prevalente entre los adultos, alcanzando un 59%. Asimismo, un considerable 74.6% de los encuestados reportan sentirse afectados por los cambios de

temperatura, siendo nuevamente los adultos el grupo más susceptibles a estas variaciones. Estos descubrimientos ponen de manifiesto una marcada insatisfacción y sensibilidad hacia la variabilidad de temperatura, especialmente evidente entre la población adulta (Ver [Tabla 5](#)).

TABLA 3. Porcentaje de Respuesta de Participantes.

Variable/ Estadístico	Moda	Frecuencia Moda	Categorías	Jóvenes 17-26	Adultos 27-59	Adultos Mayores +60	Frecuencia por categoría	Frecuencia rel. por categoría	No. De observaciones
¿La temperatura de la zona afecta de su vida diaria?			No, no afecta en absoluto.	9	11	4	24	21.1	
	Sí, pero no afecta mucho –	45	Sí, afecta significativamente	7	28	10	45	39.5	114
	Sí, afecta significativamente		Sí, pero no afecta mucho	12	29	4	45	39.5	
¿Usted piensa que las zonas ribereñas presentan un clima más fresco?			No estoy seguro	0	7	0	7	6.1	
	Sí	102	No	2	3	0	5	4.4	114
			Sí	26	58	18	102	89.5	

Nota.

TABLA 4. Porcentaje de Respuesta de Participantes.

Variable/ Estadístico	No. de categorías	Moda	Frecuencia Moda	Categorías	Jóvenes 17-26	Adultos 27-59	Adultos Mayores +60	Frecuencia por categoría	Frecuencia rel. por categoría	No. De observaciones
¿Se ha adaptado bien al clima local desde que se mudó aquí?	5	Si, me he adaptado completamente	52	No estoy seguro/a.	1	2	2	5	4.4	114
				No, no me he adaptado en absoluto.	1	1	0	2	1.8	
				No, todavía tengo problemas para adaptarme.	3	8	0	11	9.6	
				Si, me he adaptado completamente.	11	29	12	52	45.6	
				Si, pero con algunas dificultades.	12	28	4	44	38.6	

Nota.

TABLA 5. Porcentaje de Respuesta de Participantes.

Variable/ Estadístico	No. de categorías	Moda	Frecuencia Moda	Categorías	Jóvenes 17-26	Adultos 27-59	Adultos Mayores +60	Frecuencia por categoría	Frecuencia rel. por categoría	No. De observaciones
¿Cómo te sientes con la temperatura de tu entorno en estos momentos?	5	Muy insatisfecho	94	Insatisfecho	5	13	2	20	17.5	114
			Muy insatisfecho	23	55	16	94	82.5		
			Neutro	0	0	0	0	0		
			Satisfecho	0	0	0	0	0		
			Muy satisfecho	0	0	0	0	0		
¿Con que frecuencia se siente afectado por los cambios de clima?	5	Siempre	85	A veces	3	10	0	13	11.4	114
			Casi nunca	0	3	0	3	2.6		
			Casi siempre	3	8	0	11	9.6		
			Nunca	0	2	0	2	1.8		
			Siempre	22	43	18	85	74.6		

Nota.

Por otro lado, el análisis sobre la influencia de la edad muestra que el 62.3% (71 personas) de los participantes consideran que su edad ha desempeñado un papel fundamental en su capacidad para ajustarse a los cambios de temperatura en el entorno. Siendo el grupo más alto los adultos con un 68% (48 personas), donde se refleja la

capacidad acumulada a lo largo de los años. Sin embargo, es esencial reconocer que, aunque los adultos constituyen la mayoría en esta percepción, los jóvenes y adultos mayores también cuenta con una cierta adaptabilidad al ambiente térmico (ver [Tabla 6](#)).

TABLA 6. Porcentaje de Respuesta de Participantes.

Variable/ Estadístico	No. de categorías	Moda	Frecuencia Moda	Categorías	Jóvenes 17-26	Adultos 27-59	Adultos Mayores +60	Frecuencia por categoría	Frecuencia rel. por categoría.	No. De observaciones
¿Cree que su edad es un factor que lo ayuda a adaptarse al ambiente?	3	No		No	23	20	0	43	37.7	114
		Si	71	No estoy seguro/a	0	0	0	0	0.0	
				Si	5	48	18	71	62.3	

Nota.

Características morfológicas de la infraestructura verde.

La [figura 2](#) muestra el total de superficie vegetativa de la faja marginal la cual abarca 4.54 km en su extensión vegetativa. No obstante, se observa que esta sufre una fragmentación, lo que sugiere una desconexión ecológica. En la [figura 3](#), se muestra dos cortes topográficos donde se presenta la faja marginal, la vegetación y la identificación de 12 asentamientos informales al borde de la expansión territorial en pendientes pronunciadas y suelos con riesgo a desbordes ocasionales en la [figura 3](#).

Además, se identificó y se registró una variedad de vegetación nativa en el entorno. Se recopilaron detalles relevantes sobre la flora encontrada, incluyendo información detallada con respecto a la altura, tipo de densidad (baja, media, alta); en el caso de los árboles, el diámetro y tipo de copa como se observa en la [tabla 7](#).

Se muestra una variedad de especies con una diferencia notable de altura, siendo los árboles como la Quinilla, Capirona los de mayor altura con 35 metros, sin embargo, árboles como la Acacia Amarilla y el Ficus poseen mayor medida en el diámetro de sus copas. Se identificó como la especie más baja en altura a la Yuquilla, siendo la de mayor proporcionalidad dentro de la faja marginal. Estas variaciones pueden influir en la eficiencia en la generación de sombra y en la distribución del flujo de aire dentro de la faja marginal, por ende, las especies con mayor diámetro y con densidad alta son las que mayor sombra producen.

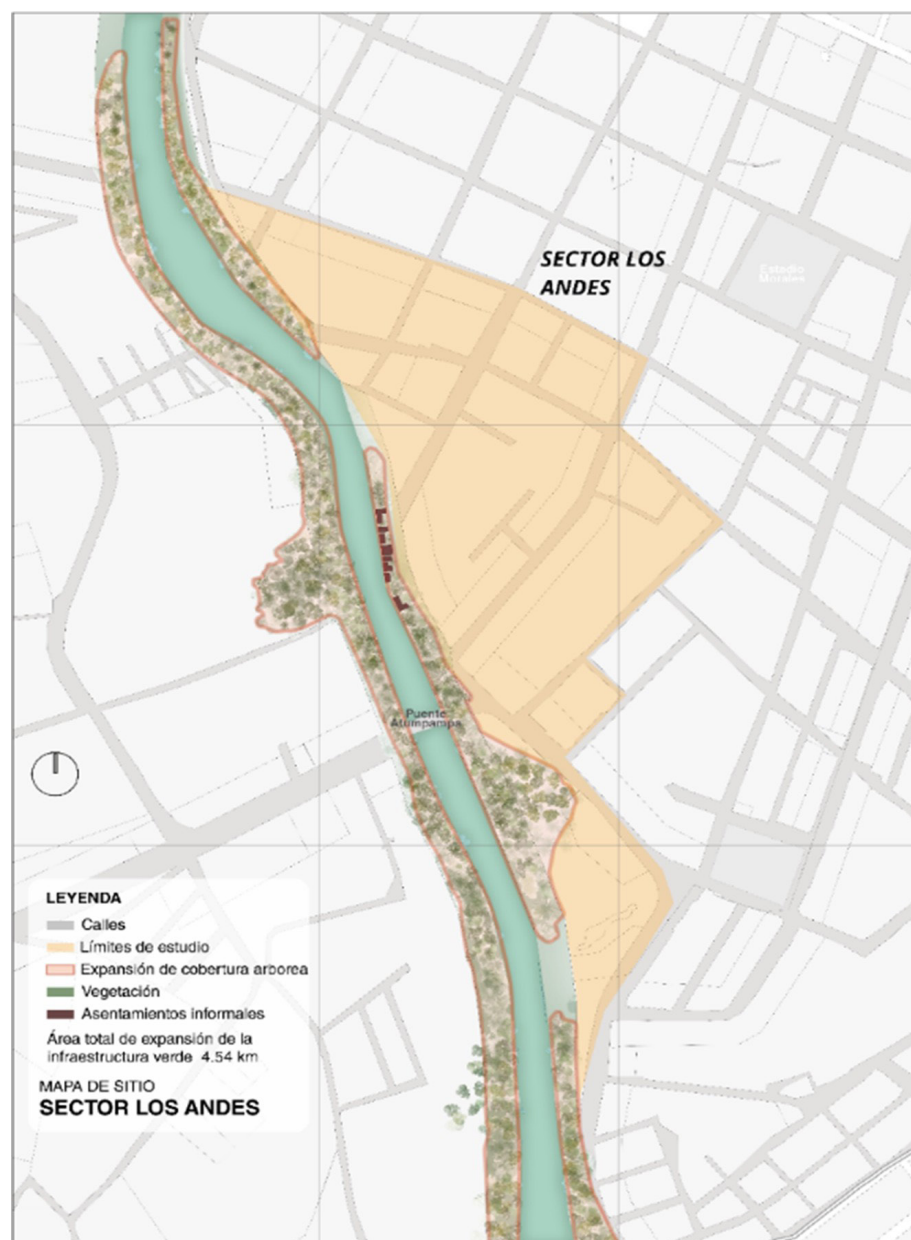


Figura 3. Mapeo del Área Total de Superficie de la Extensión Arbórea de la Faja Marginal. Adaptación propia utilizando como base el plano del sector.

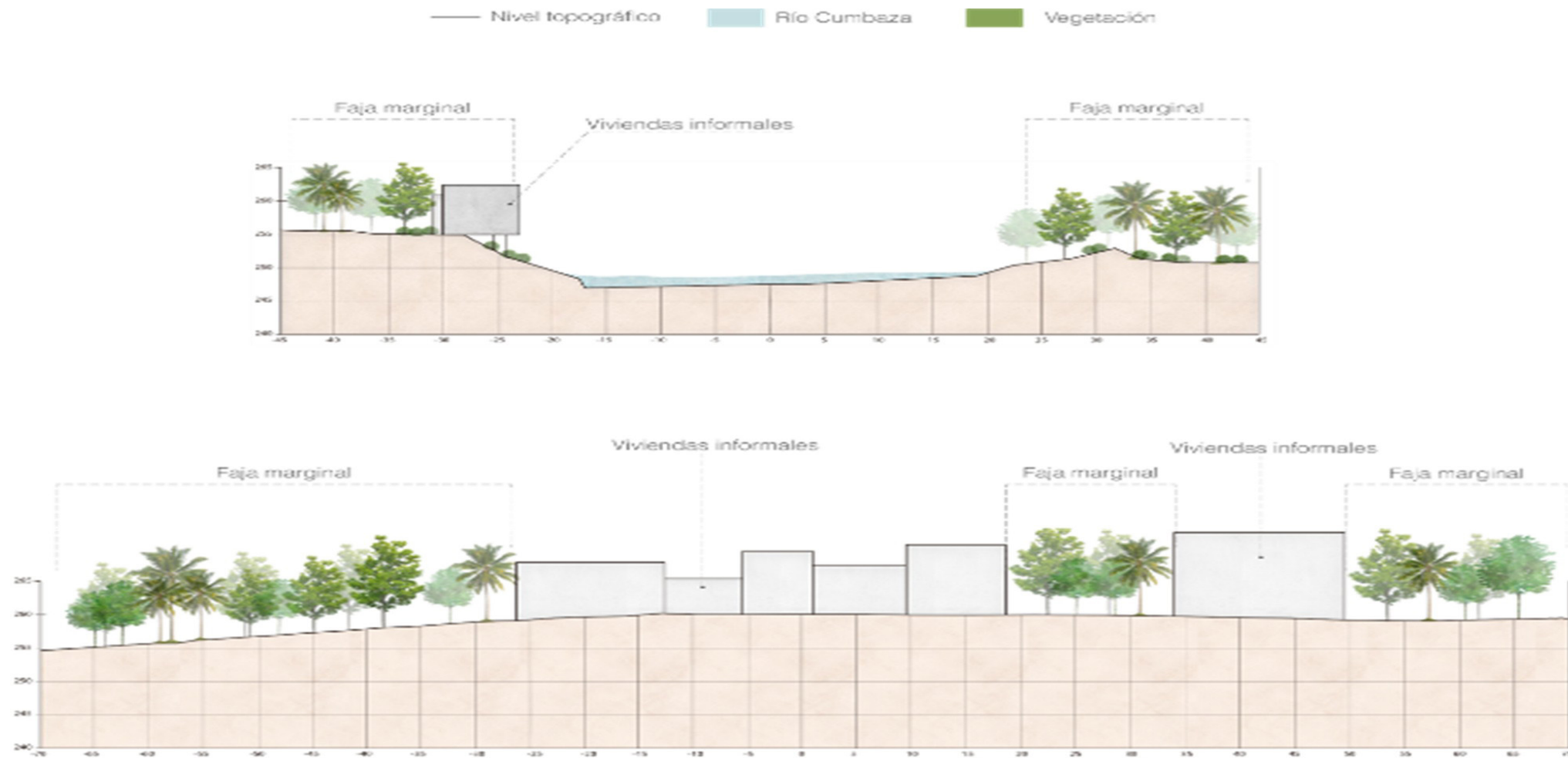


Figura 4. Cortes Topográficos de la Faja Marginal. Adaptación propia utilizando como base el plano del sector.

Además, se distinguió mediante un patrón de distribución de la vegetación, revelando la disposición espacial de las distintas especies en el entorno, esto ayudó a comprender la dinámica del paisaje y su influencia en la distribución del calor y la sensación térmica en el área estudiada.

Usos de suelos de la Infraestructura Verde

En el análisis del Plan de Desarrollo Urbano (PDU) se evidencia la importancia de la faja marginal como elemento clave para la protección contra posibles desbordes fluviales.

La planificación urbana busca estratégicamente resguardar las áreas vulnerables ante eventos naturales, y la faja marginal se erige como una barrera fundamental para mitigar los riesgos asociados con inundaciones y crecidas cuerpos de agua circundantes.

No obstante, la efectividad de esta zonificación se ve desafiada por la presencia de asentamientos informales dentro de la propia faja marginal. Este tipo de consolidación urbana se define como Uso Residencial Incipiente; se caracteriza por viviendas construidas de adobe y calamina ubicadas en zona de riesgo como en el caso de la faja

marginal, son viviendas autoconstruidas que tiene la función de refugio provisional los cuales buscan solventar la crisis habitacional existente en la zona. (Municipalidad Provincial de San Martín, 2014). Esta situación plantea dilemas significativos en términos de cumplimiento de las directrices establecidas en el PDU. La

coexistencia de asentamientos informales es esta área crítica no solo compromete la integridad de la planificación urbana, sino que también genera riesgos adicionales para la seguridad y bienestar de los residentes.



Figura 5. Fotografía de la Faja Marginal y Asentamientos Informales en los Límites de Extensión.

TABLA 7. Vegetación dentro de la Faja Marginal. Adaptación propia en base a la vegetación identificada mediante las fichas de observaciones en el sector de estudio.

FOTO	NOMBRE	ALTURA	Ø COPA	% DENSIDAD DE FOLLAJE	TIPO DE COPA
	Palmera Cocotera <i>Cocos Nucifera</i>	14 m	80 cm	Medio	Irregular
	Capirona <i>Calycophyllum spruceanum</i>	35 m	80 cm	Medio	Aparasolada
	Sacha Pashaca <i>Schizolobium excelsum</i>	30 m	1 m	Alto	Aparasolada
	Acacia Amarilla <i>Acacia retinodes</i>	20 m	12 m	Alto	Aparasolada
	Quinilla <i>Manilkara bidentata</i>	35 m	70 cm	Alto	Estratificada
	Paliperro <i>Barbeyana Cogniaux</i>	15 m	30 cm	Alto	Aparasolada
	Ficus Benjamina <i>Ficus Benjamina</i>	15 m	2 m	Alto	Redondeado
	Huayruro <i>Ormosia coccinea</i>	30 m	1 m	Alto	Aparasolada
	Plátano <i>Musa Paradisiaca</i>	2.3 m	20 cm	Medio	Irregular
	Pata <i>Alocasia macrorrhizos (L.)</i>	2 m	-	Alto	-
	Fraleicillo <i>Astraea lobata (L.) Klotzsch</i>	20 cm	-	Medio	-
	Tua Tua <i>Jatropha gossypifolia L.</i>	1 m	-	Alto	-
	Lágrima de Job <i>Coix lacryma-jobi L.</i>	70 cm	-	Medio	-
	Hibisco falso <i>Malvaviscus penduliflorus</i>	3 m	-	Alto	-
	Parra del Desierto <i>Cyphostemma sokodense</i>	1 m	-	Medio	-
	Yuquilla <i>Ruellia tuberosa L.</i>	9 cm	-	Bajo	-
	Sampaguita <i>Jasminum sambac (L.)</i>	1.4 m	-	Alto	-
	Helecho águila <i>Diplachne fusca (L.) P.-</i>	10 cm	-	Medio	-

Figura 6. Fotografía de la Faja Marginal y Asentamientos Informales en los Límites de Extensión. Adaptación propia utilizando el plano base del sector.



Políticas sostenibles frente al cambio climático

Por el otro lado, en la revisión de gestiones públicas a nivel global, se logró identificar tres políticas representativas por cada nivel: Internacional, nacional y regional. Como se

muestra en la figura 6. Donde destacan las políticas que tienen como objetivo principal hacer frente al cambio climático: como es el caso de Ciudades y comunidades Sostenibles Obj. 11 de la ONU y el Plan de adaptación al cambio climático (NAP) de MINAM, a diferencia de

los demás lineamientos que presentan planes más ligados al desarrollo sostenible urbano. La normativa local sobre el diagnóstico ambiental indica que el crecimiento urbano desordenado tiene su expresión en la ocupación de áreas de riesgo ambiental y hacia zonas bajas e inundables de la ciudad, agotando y deteriorando las posibilidades del casco urbano, asimismo siendo muchas de estas zonas intangibles como

la faja marginal del Río Cumbaza. Además, dentro del PDU existen proyectos de prioridad parte del presupuesto participativo 2011 en la Municipalidad Provincial de San Martín para la preservación de la faja marginal como la “Construcción de la defensa ribereña Malecón Cumbaza” y “Plan de Reforestación Distrital” (MPSM, 2011).



Figura 7. Bases y Objetivos para la Gestión Ambiental a Escala Global (Fajas Marginales). Adaptación propia en base a la revisión de normativa realizada.

DISCUSIÓN

Factores de la percepción térmica

Los antecedentes resaltan la variabilidad de la percepción térmica basada en el factor de edad que afecta al rango de confort térmico

(Kuchen & Fisch, 2009, p. 839; Loftness et al., 2007, p. 421). Lo cual podría explicarse en las percepciones dentro de la faja Marginal del Sector los Andes, donde la edad se muestra como un factor determinante en la tolerancia al calor, con un notable porcentaje del 50.9% de

adultos que, a pesar de percibir el clima “muy caliente” no presentaba ninguna incomodidad respecto al ambiente térmico. Por consiguiente, el 37% de jóvenes que prefieren un clima fresco <25°C a diferencia del porcentaje mayor de adultos que prefiere un clima cálido de 20 - 25°C. Esto constata una similitud con los autores, sin embargo, el estudio fue realizado en playas turísticas a diferencia del contexto del presente estudio el cual es una zona ribereña.

Además, dentro de la literatura científica se señala que el estado emocional, sensaciones térmicas, la satisfacción y la aceptabilidad están influenciadas por la coincidencia entre las expectativas sobre el ambiente en un contexto particular (de Dear & Brager, 2002b, pp. 549–550; Wang & Liu, 2020b, p. 2). Este puede reflejarse en contextos amazónicos, donde se observa una discordancia entre las expectativas y el ambiente térmico, generando un impacto negativo al estado emocional y al grado de satisfacción de las personas, como se observa en las respuestas de expectativa del 89.5% de que las zonas ribereñas son más frescas que otros entornos térmicos, por lo que no se cumple y llega a afectar el estado emocional de las personas, lo cual se evidencia en el resultado del 79% de personas que han sido afectadas en su calidad de vida. De igual manera, al grado de satisfacción del 59% de personas que se sienten muy insatisfechos con el ambiente térmico exterior. Entonces, se podría decir que las percepciones térmicas no dependen del contexto, sino del nivel de

expectativa sobre el ambiente. Este nivel de expectativa del ambiente u entorno está condicionado a las características morfológicas de la infraestructura verde ya que influyen en la percepción de confort térmico de los usuarios.

Morfología de la infraestructura verde

El potencial regulador térmico depende de la forma de la vegetación y su ubicación, además de la altura y densidad (Morakinyo et al., 2020, p. 16). Como presenta el antecedente de Reino Unido, el cual señala la importancia del diseño de fajas marginales debido a que el efecto de enfriamiento es producido de acuerdo a la cantidad de vegetación y sombra (Hathway & Sharples, 2012b, p. 22). De igual manera se presenta en el sector Los Andes, donde se identificó a los árboles que miden entre los 5 - 15 metros de altura presentaban mayor densidad en sus copas como las especies “capirona”, “quinilla” y “huayruro”. Así también la composición vegetativa de la especie “ficus” mostró el mayor porcentaje con el 34% de área con sombra. Por ende, estas son parte importante de las características morfológicas de percepción térmica de la infraestructura verde de la faja marginal del río amazónico. A comparación de las características vegetativas que menciona el antecedente, este estudio reveló que las especies nativas son favorables para la proyección de sombra en entornos de fajas marginales.

Sin embargo, a diferencia de los contextos internacionales, el entorno amazónico del sector

Los Andes presenta la alteración de la faja marginal con la instalación de asentamientos informales dentro de sus límites de expansión, ocupando el 30% total del área. Esta situación se ha visto mayormente en ciudades de Latinoamérica. Si bien al momento de la toma de estos espacios, las condiciones de percepción térmica en el contexto de la faja marginal pueden ser relativamente confortables y estables, ya sea por la sombra generada por la copa de los árboles, con el pasar de los años el crecimiento de estos asentamientos puede causar una degradación significativa de las áreas verdes y su potencial regulador de la isla de calor urbano, que en consecuencia podría producir alteraciones en el ambiente térmico o una variación en la temperatura. Esto refleja una creciente preocupación por la preservación de las características morfológicas de la infraestructura verde para garantizar sus propiedades reguladoras ambientales y sus beneficios para la calidad de vida de la zona.

Políticas de mitigación de la isla de calor urbano

Es evidente que el cambio climático ha experimentado un continuo aumento, llevando a las ciudades a desarrollar políticas destinadas a la mitigación de las islas de calor urbano. Uno de los referentes globales más utilizado es el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11 del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), donde se promueve principalmente la gestión ambiental urbana,

impulsando la reducción de la degradación ambiental, infraestructuras verdes y zonas públicas. Actualmente, el Perú cuenta con el Plan Nacional de Adaptación (NAP) frente al cambio climático, este instrumento se implementó como guía de adaptabilidad que tiene un enfoque a la disminución de vulnerabilidad y exposición ante los riesgos y alteraciones climáticas, el cual está proyectado hasta el 2050.

Adentrándonos al contexto local, el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) de la ciudad de Tarapoto presenta como principal objetivo el desarrollo sostenible urbano apoyándose de instrumentos de emplazamiento territorial y está orientado en la condición espacial para la predisposición del uso de suelos. No obstante, no se observa ningún aporte hacia la mitigación de las islas de calor urbano, en consecuencia, se tiene un plan de desarrollo superficial que, a pesar de presentar indicadores de riesgos en zonas ambientales protegidas, no aborda de manera detallada ni estratégica un plan de acondicionamiento frente al impacto del crecimiento urbano en la temperatura local y dentro de espacios verdes protegidos, afectando a la ciudad amazónica. Esto puede deberse a la escasez de proyectos de viviendas sociales y al mayor enfoque que se da al desarrollo turístico y económico de la ciudad. En caso de no tomar acción, las consecuencias repercuten en los espacios de áreas protegidas como las fajas marginales. Además, estos efectos ya se evidencian en los resultados de percepción, donde el 79% de habitantes revelan ser afectados en

su vida diaria por los aumentos de temperatura. La ausencia de iniciativas específicas plantea interrogantes sobre la capacidad del PDU para garantizar un desarrollo urbano parcial y resiliente en el futuro. Por ende, es necesario formular un plan de desarrollo de ciudad sostenible que mitigue los cambios climáticos en la ciudad de Tarapoto que este actualizado a los lineamientos nacionales como el NAP de MINAM y que tenga como pilar objetivos como el ODS 11 de la ONU.

Según los estudios revisados, se puede decir que la percepción térmica en la faja marginal del Sector Los Andes es influenciada por una interacción compleja, incluyendo la edad, el estado emocional, las expectativas sobre el ambiente, y las características morfológicas de la infraestructura verde. Por ello, es necesario desarrollar políticas efectivas para mitigar las islas de calor urbano y proteger el entorno natural, como la implementación de proyectos de viviendas sociales y la conservación de la vegetación nativa, para garantizar un desarrollo urbano sostenible y resiliente en el futuro.

Limitaciones de estudio

El estudio reconoce ciertas limitaciones, las cuales fueron cruciales considerar al interpretar los resultados obtenidos. En primer lugar, la muestra estuvo sesgada hacia una población de adultos por lo que hubo una desigualdad en la distribución de edades. De tal manera, no se lo logró obtener una muestra equitativa que representara adecuadamente los distintos

grupos etarios. En segundo lugar, hubo una restricción impuesta por la inseguridad en ciertas áreas del lugar de estudio, esto limitó severamente el horario en el que se pudieron realizar las encuestas, restringiéndolas exclusivamente a las mañanas. Estas limitaciones deben considerarse al interpretar los resultados y formular recomendaciones.

CONCLUSIONES

En este estudio, se midieron las percepciones térmicas y las características morfológicas como la vegetación (expansión, altura, especies y densidad), uso de suelos y asentamientos de la infraestructura verde del río Cumbaza utilizando guías de cuestionario y fichas de observación que previamente pasaron por una evaluación de consistencia externa e interna para mayor confiabilidad. Los hallazgos clave resaltan la existencia de especies nativas de vegetación arbórea como la capirona, quinilla, huayruro y ficus, las cuales se distinguen por su capacidad para generar un mayor porcentaje de proyección de sombra. Así mismo, la faja marginal se ha visto afectada por la presencia de asentamientos informales, sufriendo una fragmentación en su expansión vegetativa, este fenómeno podría deberse a la inacción del municipio y los planes de desarrollo urbano que no presentan lineamientos actualizados al desarrollo sostenible y a los planes de adaptación frente al cambio climático. A través de este caso, podemos dar un enfoque a los entornos

tropicales y analizar los factores que aportan a la mitigación de las islas de calor urbano.

Primero, cabe resaltar que los resultados mostraron que el rango de edad es un factor que debe tomarse en cuenta para la adaptación de las personas al entorno térmico, así mismo se deben solventar las expectativas de percepción para de esa manera no afectar en el bienestar y las actividades humanas.

En segundo lugar, a comparación con el resto de las ciudades, las fajas marginales presentan el apoderamiento de los espacios ribereños con el crecimiento desmedido de viviendas informales, lo que a largo plazo podría ocasionar la degradación de vegetación y un déficit del potencial regulador de calor urbano siendo este una amenaza para los habitantes del Sector Los Andes.

Finalmente, el cambio climático es un problema actual que va en aumento rápidamente. Por ello, las medidas que toman los gobiernos y jurisdicciones públicas son cruciales para frenar el crecimiento de la isla de calor urbano y mitigar sus efectos nocivos. Como muchos referentes plantean, una alternativa eficaz son las infraestructuras verdes por sus diversos beneficios ecosistémicos, y se sabe que las ciudades amazónicas poseen un gran porcentaje de áreas verdes naturales, a pesar de ello están ubicadas en zonas periféricas urbanas, descentralizadas de la ciudad. Por lo que se debe enfocar en las infraestructuras verdes dentro del área urbana, como es el caso de la vegetación en las fajas marginales, pues no solo basta

su delimitación dentro del plan urbano, sino también, la buena gestión de mantenimiento y conservación en planificaciones futuras.

El estudio sirve como apoyo en la toma de decisiones futuras en gestiones municipales, distritales y regionales, que tengan como objetivo el desarrollo sostenible de la ciudad y busquen mitigar el impacto térmico urbano actual además de promover la conservación de áreas intangibles como la faja marginal ribereña del Río Cumbaza. Incluso, sirve como guía para el estudio en entornos con características similares.

RECOMENDACIONES

Se sugiere que en futuras investigaciones se debe examinar estrategias de control efectivo y de diseño en las fajas marginales de las ciudades amazónicas, considerando la vegetación nativa para la mitigación de la isla de calor con el fin de disminuir el riesgo de degradación las áreas verdes. Igualmente, se sugiere que las siguientes gestiones municipales planteen medidas de participación ciudadana para la creación de espacios urbanos y áreas verdes urbanas, asimismo establecer estrategias de conservación de la faja marginal ribereña del Río Cumbaza y otros. Se recomienda realizar un estudio específico de la zona para determinar áreas que puedan ser de recorrido para iniciativas de turismo vivencial y con los fondos obtenidos continuar manteniendo y mejorando el área.

REFERENCIAS

- Ali, S. B., & Patnaik, S. (2018). Thermal comfort in urban open spaces: Objective assessment and subjective perception study in tropical city of Bhopal, India. *Urban Climate*, 24, 954–967. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.11.006>
- Dang, H., & Li, J. (2021). The integration of urban streetscapes provides the possibility to fully quantify the ecological landscape of urban green spaces: A case study of Xi'an city. *Ecological Indicators*, 133, 108388. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108388>
- de Dear, R. J., & Brager, G. S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, 34(6), 549–561. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1)
- de Quadros, B. M., & Mizgier, M. G. O. (2023). Urban green infrastructures to improve pedestrian thermal comfort: A systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 88, 128091. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128091>
- Han, D., An, H., Cai, H., Wang, F., Xu, X., Qiao, Z., Jia, K., Sun, Z., & An, Y. (2023). How do 2D/3D urban landscapes impact diurnal land surface temperature: Insights from block scale and machine learning algorithms. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104933. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104933>
- Hansen, R., Olafsson, A. S., van der Jagt, A. P. N., Rall, E., & Pauleit, S. (2019). Planning multifunctional green infrastructure for compact cities: What is the state of practice? *Ecological Indicators*, 96, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.042>
- Hathway, E. A., & Sharples, S. (2012). The interaction of rivers and urban form in mitigating the Urban Heat Island effect: A UK case study. *Building and Environment*, 58, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.06.013>
- Hedblom, M., Hedenås, H., Blicharska, M., Adler, S., Knez, I., Mikusiński, G., Svensson, J., Sandström, S., Sandström, P., & Wardle, D. A. (2020). Landscape perception: linking physical monitoring data to perceived landscape properties. *Landscape Research*, 45(2), 179–192. <https://doi.org/10.1080/01426397.2019.1611751>
- Höppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34(6), 661–665. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00017-8)
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2007). Estudio: Mapa de peligros de las ciudades de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4460>

- Jamei, E., Ossen, D. R., Seyedmahmoudian, M., Sandanayake, M., Stojcevski, A., & Horan, B. (2020). Urban design parameters for heat mitigation in tropics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110362. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110362>
- Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M., & Jamei, Y. (2016). Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1002–1017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104>
- Maco, J. (2007). ESTUDIO TEMÁTICO EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL HÍDRICO MESO ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA SUB CUENCA DEL CUMBAZA. <https://es.scribd.com/document/408766441/Hidrologia-Rio-Cumbaza>
- Kuchen, E., & Fisch, M. N. (2009). Spot Monitoring: Thermal comfort evaluation in 25 office buildings in winter. *Building and Environment*, 44(4), 839–847. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.023>
- Lee, H., Lim, H., & Park, S. (2023). Quantitative assessment of green coverage changes under the human-biometeorological perspective: A simulation case study in Jeju, Republic of Korea. *Sustainable Cities and Society*, 97, 104734. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104734>
- Liu, X., Chen, X., Huang, Y., Wang, W., Zhang, M., & Jin, Y. (2023). Landscape Aesthetic Value of Waterfront Green Space Based on Space–Psychology–Behavior Dimension: A Case Study along Qiantang River (Hangzhou Section). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3115. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043115>
- Loftness, V., Hakkinen, B., Adan, O., & Nevalainen, A. (2007). Elements That Contribute to Healthy Building Design. *Environmental Health Perspectives*, 115(6), 965–970. <https://doi.org/10.1289/ehp.8988>
- Luo, J., Zhao, T., Cao, L., & Biljecki, F. (2022). Semantic Riverscapes: Perception and evaluation of linear landscapes from oblique imagery using computer vision. *Landscape and Urban Planning*, 228, 104569. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104569>
- Morakinyo, T. E., Ouyang, W., Lau, K. K.-L., Ren, C., & Ng, E. (2020). Right tree, right place (urban canyon): Tree species selection approach for optimum urban heat mitigation - development and evaluation. *Science of The Total Environment*, 719, 137461. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137461>
- Municipalidad Provincial de San Martín (2014). Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tarapoto y Núcleos Urbanos de Morales

- y la Banda de Shilcayo. https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/PDU_MUNICIPALIDADES/TARAPOTO/PDU_TARAPOTO_DIAGNOSTICO.pdf
- Municipalidad Provincial de San Martín. (2019). Plan de Desarrollo Urbano - Tarapoto (PDU). <https://www.gob.pe/institucion/munisanmartin/informes-publicaciones/2442679-plan-de-desarrollo-urbano-de-la-ciudad-de-tarapoto-pdu-2019-2029>
- Oliveira, S., Vaz, T., & Andrade, H. (2015). Perception of thermal comfort by users of urban green areas in Lisbon. *Finisterra*, 49(98). <https://doi.org/10.18055/Finis6464>
- Romero Rodríguez, L., Sánchez Ramos, J., Sánchez de la Flor, F. J., & Álvarez Domínguez, S. (2020). Analyzing the urban heat Island: Comprehensive methodology for data gathering and optimal design of mobile transects. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102027. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102027>
- Safriel, U., & Adeel, Z. (2008). Development paths of drylands: thresholds and sustainability. *Sustainability Science*, 3(1), 117–123. <https://doi.org/10.1007/s11625-007-0038-5>
- Silva, T. J. V., & Hirashima, S. Q. S. (2021). Predicting urban thermal comfort from calibrated UTCI assessment scale - A case study in Belo Horizonte city, southeastern Brazil. *Urban Climate*, 36, 100652. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100652>
- TAREB (2004). Energía, confort y arquitectura: proyecto EU TAREB. London Metropolitan University. https://books.google.com.pe/books/about/Energ%C3%ADa_confort_y_arquitectura.html?id=JM63MwEACAAJ&redir_esc=y
- Vellei, M., Pigliautile, I., & Pisello, A. L. (2023). Effect of time-of-day on human dynamic thermal perception. *Scientific Reports*, 13(1), 2367. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29615-8>
- Wang, H., & Liu, L. (2020). Experimental investigation about effect of emotion state on people's thermal comfort. *Energy and Buildings*, 211, 109789. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109789>
- Zeeshan, M., Ali, Z., & Ranjha, Q. A. (2023). Green Infrastructure with Actual Canopy Parameterization: A Simulation Study for Heat Stress Mitigation in a Hot-Humid Urban Environment. *Arboriculture & Urban Forestry*, 49(5), 247–267. <https://doi.org/10.48044/jauf.2023.016>
- Zhou, X., Zhang, S., Liu, Y., Zhou, Q., Wu, B., Gao, Y., & Zhang, T. (2022). Impact of urban morphology on the microclimatic regulation of water bodies on waterfront in summer: A case study of Wuhan. *Building and Environment*, 226, 109720. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109720>

Zucchetti, A., Freundt, D., & Cánepa, M. (2020).
Ciudades amazónicas del Perú. Segundo
Reporte de Indicadores Urbanos 2019.
www.sistemab.org