



Avenida Circunvalación, cuadra N°22-23, Tarapoto, Perú. Fuente: Autores, 2024.

Restauración ambiental y confort urbano en Tarapoto: el rol de la infraestructura verde

Environmental Restoration and Urban Comfort in Tarapoto: The Role of Green Infrastructure

Brayan Dávila-Paredes, Sebastián Mendoza-Villacorta y Astrid Cesia Zapata-Antesana

RESUMEN: Las ciudades tropicales enfrentan desafíos en el confort urbano y la restauración ambiental debido a la gestión de infraestructura verde. La falta de espacios naturales en entornos urbanos afecta la calidad de vida de los habitantes, aumenta las temperaturas y degrada el medio ambiente. Este artículo analiza el efecto de la infraestructura verde en la restauración ambiental y el confort urbano en la ciudad de Tarapoto durante el año 2024, empleándose un enfoque mixto con un diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por 55 residentes de viviendas ubicadas entre las cuadras 10 y 24 de la avenida Circunvalación. Los resultados revelan que el 81% de los encuestados perciben un impacto positivo y significativo de la infraestructura verde en su calidad de vida. Estos hallazgos destacan la importancia de fomentar políticas públicas para el desarrollo y mantenimiento de espacios verdes en ciudades cálidas como Tarapoto, promoviendo un entorno urbano más sostenible y habitable.

PALABRAS CLAVE: confort urbano, infraestructura verde, restauración ambiental, Amazonía peruana

ABSTRACT: Tropical cities face challenges in urban comfort and environmental restoration due to green infrastructure management. The lack of natural spaces in urban environments affects the quality of life of inhabitants, increases temperatures, and degrades the environment. This article analyzes the effect of green infrastructure on environmental restoration and urban comfort in the city of Tarapoto during the year 2024, using a mixed approach with a non-experimental design. The sample consisted of 55 residents of homes located between blocks 10 and 24 of Circunvalación Avenue. The results reveal that 81% of respondents perceive a positive and significant impact of green infrastructure on their quality of life. These findings highlight the importance of promoting public policies for the development and maintenance of green spaces in warm cities like Tarapoto, promoting a more sustainable and livable urban environment

KEYWORDS: Urban comfort, green infrastructure, environmental restoration, Peruvian Amazon

RECIBIDO: 17 junio 2025

ACEPTADO: 10 diciembre 2025

Introducción

En las últimas décadas, el crecimiento urbano y la expansión de infraestructuras grises contribuyen significativamente a la degradación ambiental [1]. Este fenómeno afecta la biodiversidad, deteriora la pureza atmosférica y del agua, y aumenta riesgos asociados al cambio climático [2]. El aumento de la temperatura global ha ocasionado varias consecuencias en los últimos años, tanto para el ecosistema como para la salud de los seres humanos. [3]

Cabe mencionar que la infraestructura verde, además de ser un concepto relativamente nuevo, es una solución multifuncional que integra la naturaleza en el entorno urbano y rural [4]. Su implementación permite mitigar los impactos negativos de la urbanización acelerada y también ofrece beneficios ambientales, sociales y económicos que mejoraron el bienestar y la durabilidad de las poblaciones [5]. La literatura científica evidencia que la implementación de infraestructura verde genera múltiples beneficios; purifica el aire, regula la temperatura urbana, mitiga el efecto isla de calor, gestiona sosteniblemente las aguas pluviales, incrementa la biodiversidad y mejora la salud física y mental de los residentes. [6] [7]

La norma establece que las temperaturas consideradas de ambiente de confort aceptables para los seres humanos, están en un rango de 23 °C a 27 °C en verano y para los meses de invierno en un rango de 20 °C a 25 °C [8]. Por ello, algunos autores proponen un marco de servicio climático que integra la planificación de la infraestructura verde urbana con estrategias de adaptación, lo que permite a las ciudades reducir la temperatura y mejorar la calidad de vida mediante soluciones naturales accesibles y rentables [9].

En diversas ciudades se han ejecutado exitosas estrategias de Infraestructura Verde Urbana (IVU), consideradas como referencia, por contribuir con la optimización de la temperatura ambiental, el control acústico y la creación de ambientes de aprendizaje, ejemplos inspirados en proyectos, como los jardines de captación urbana y techos verdes experimentales en Buenos Aires [10]. Otro caso se reporta en China, donde se ha logrado reducir las temperaturas superficiales y mejorar la calidad del entorno construido mediante la integración de vegetación, cuerpos de agua y espacios abiertos en la estructura urbana, a partir del análisis bibliométrico y la aplicación de herramientas, como CiteSpace. [11]

Las altas temperaturas pueden causar problemas de salud, como golpes de calor, responsables de la muerte de un número significativo de personas, fundamentalmente de la tercera edad, o personas vulnerables, y también exacerbar enfermedades

- [1] De la Maza CL, Rodríguez M, editores. Sustentabilidad y biodiversidad urbana. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza; 2016.
- [2] Flores S, Van Mechelen C, Palacios J, Van Meerbeek K. Trends and status of urban green and urban green research in Latin America. *Landscape and Urban Planning* [Internet]. 2022 [cited: 2024 Sep 5]; 227(1):104536. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104536>
- [3] Seastedt H, Schuetz J, Perkins A, Gamble M, Sinkkonen A. Impact of urban biodiversity and climate change on children's health and well being. *Pediatric Research*. 2025 [cited: 2025 Sep 5]; 98:452-457. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41390-024-03769-1>
- [4] Sun F, Zhang J, Yang R, Liu S, Ma J, Lin X, et al. Study on Microclimate and Thermal Comfort in Small Urban Green Spaces in Tokyo, Japan. A Case Study of Chuo Ward. *Sustainability* [Internet]. 2023 [cited: 2024 Sep 5]; 15(24):16555. Available from: <https://doi.org/10.3390/su152416555>
- [5] Gaffin SR, Rosenzweig C, Kong A. Adapting to climate change through urban green infrastructure. *Nature Climate Change* [Internet]. 2012 [cited: 2024 Sep 1]; 2:704. Available from: <https://doi.org/10.1038/nclimate1685>
- [6] Dige G. Infraestructura verde: una vida mejor mediante soluciones naturales [Internet]. European Environment Agency; 2015 [modificado: 11 de septiembre de 2021; consultado: 30 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/articles/infraestructura-verde-una-vida-mejor>
- [7] De Quadros BM, Ordenes MG. Urban green infrastructures to improve pedestrian thermal comfort: A systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening* [Internet]. 2023 [cited: 2024 Sep 5]; 88:128091. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128091>
- [8] ANSI-ASHRAE. Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy [Internet]. 2023 [cited: 2025 Nov 12]. Georgia (USA): American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Available from: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>
- [9] Oukawa GY, Krecl P, Targino AC, Lobo Faria PC, Antunes Batista LF. Mitigating urban heat stress through green infrastructure: A climate service approach. *Urban Climate* [Internet]. 2025 [cited: 2025 Sep 1]; 61:102384. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102384>
- [10] Castro Lancharro B, Chevalier O, Cordero H. IDB Improving lives. *Urban Green Infrastructure: a solution to climate challenges* [Internet]. Inter-American Development Bank; 2022 May 19 [cited: 2024 Sep 21]. Available from: <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/en/urban-green-infrastructure-a-solution-to-climate-challenges>
- [11] Feng S, Peng L, Ma M, Wang Z, Cong J. Research Characteristics of Thermal Comfort of Urban Block Landscape Based on Knowledge Graph Analysis. *Journal of Landscape Research* [Internet]. 2024 [cited: 2025 Sep 1]; 16(2):42-46. Available from: <https://doi.org/10.16785/j.issn.1943-989x.2024.2.009>

respiratorias y cardiovasculares [12]. Por otra parte, el confort térmico influye de manera directa en el rendimiento cognitivo y físico. Ambientes confortables mejoran la concentración, la productividad y la capacidad de aprendizaje [13].

Sin embargo, las ciudades peruanas muestran un marcado déficit de áreas verdes, alcanzando en promedio $3,6 \text{ m}^2$ por habitante, cifra significativamente inferior a los estándares internacionales recomendados [14], evidenciando una brecha del 10 % de la sostenibilidad urbana. Estudios realizados en ciudades como Arequipa, Tacna y Lima han demostrado que la implementación estratégica de infraestructura verde puede reducir hasta un 25 % la temperatura superficial urbana, mejorar un 30 % los índices de calidad del aire y aumentar en un 20 % la capacidad de gestión de aguas pluviales en zonas tropicales [7]. En respuesta a ello, se vienen implementando diversos proyectos urbanos innovadores y sostenibles, como la creación de parques urbanos y corredores verdes en Lima, con el objetivo de mejorar la calidad del aire y mitigar el efecto de isla de calor. Asimismo, en Huamanga –Ayacucho–, se llevó a cabo el Plan de Arborización de vías y accesos, logrando la plantación de más de 5 000 árboles y el establecimiento de más de 2 000 plantones de especies forestales en un área de $3 056 \text{ m}^2$ destinada al “Bosque urbano” de la ciudad de Tarapoto [15].

La ciudad amazónica de Tarapoto, con 180 073 habitantes y una superficie de 15 km^2 , experimenta un crecimiento poblacional acelerado y descontrolado, con tasas del 4,1 % en La Banda de Shilcayo y 3,4 % en Morales. Esta urbe enfrenta graves problemas de ocupación irregular del territorio, proliferación de lotizaciones clandestinas y una marcada ausencia de espacios verdes. Esta situación compromete no solo la calidad del entorno urbano, sino también la capacidad de la ciudad para adaptarse a los desafíos climáticos y garantizar el bienestar de sus habitantes [16].

A partir de esta problemática, la presente investigación busca evaluar el impacto de la infraestructura verde en la restauración ambiental y el confort urbano en la ciudad de Tarapoto. Específicamente, se propuso identificar las áreas urbanas que requieren intervención prioritaria, analizar los factores que influyen en la implementación efectiva de infraestructura verde y determinar cómo estas intervenciones mejoran el confort urbano de los residentes. El estudio responde a la pregunta: ¿Cómo influye la infraestructura verde en la restauración ambiental y el confort urbano en la ciudad de Tarapoto en 2024?

Metodológicamente, la investigación adoptó un enfoque mixto que combina el análisis espacial, la evaluación de indicadores ambientales y la consulta a actores clave, para generar un diagnóstico integral que sustente propuestas de intervención contextualizadas. El aporte principal radica en desarrollar un modelo de planificación urbana sostenible adaptado a las condiciones específicas de una ciudad amazónica, que pueda servir como referente para otras urbes con características similares [17].

Los resultados preliminares sugieren que la implementación estratégica de infraestructura verde en puntos críticos de la ciudad podría reducir la temperatura superficial entre 2 °C hasta 4 °C, según la densidad arbórea y el tipo de cobertura vegetal. Estos hallazgos refuerzan la urgencia de incorporar soluciones basadas en la naturaleza, en la planificación urbana y las políticas públicas locales, como vía para construir ciudades más resilientes, habitables y en armonía con su entorno natural [18] [19].

- [12] Adnan Bukhari H. A Systematic Review on Outcomes of Patients with Heatstroke and Heat Exhaustion. Open Access Emergency Medicine [Internet]. 2023 [cited: 2024 Sep 1]; 15:343-354. Available from: <https://doi.org/10.2147/OAEM.S419028>
- [13] Jiang J, Wang D, Liu Y, Di Y, Liu J. A holistic approach to the evaluation of the indoor temperature based on thermal comfort and learning performance. Building and Environment [Internet]. 2021 [cited: 2024 Sep 5]; 196(4):107803. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107803>
- [14] Zucchetti A, Hartmann N, Alcántara T, Gonzales P, Cánepa M, Gutierrez C. Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático. Prácticas inspiradoras en ciudades de Perú, Chile y Argentina [Internet]. Lima: World Wildlife Fund INC; 2020 [consultado: 30 de agosto de 2024]. Disponible en: https://cdkn.org/sites/default/files/files/REPORTE-CIUDADES-VERDES-FINAL-020920_rv_compressed.pdf
- [15] Ministerio del Ambiente. Perú prioriza medidas para contribuir al manejo sostenible de la tierra [Internet]. gob.pe; 2020 [consultado: 5 de septiembre de 2024]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/187438-peru-prioriza-medidas-para-contribuir-al-manejo-sostenible-de-la-tierra>
- [16] Municipalidad Provincial de San Martín. Plan de Desarrollo Urbano del ámbito metropolitano de la ciudad de Tarapoto [Internet]. Municipalidad Provincial de San Martín. Departamento de San Martín. República del Perú; 2023 [consultado: 7 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://mpsm.gob.pe/portal/pdu/metropolitano-tarapoto>
- [17] Silva Duarte DH, Teixeira Gonçalves FL. Urban climate adaptation: an interdisciplinary research experience empowering architecture and urbanism education. Revista de Arquitectura [Internet]. 2022 [cited: 2024 Sep 1]; 24(2):116-125. Available from: <https://doi.org/10.14718/RevArq.2022.24.4380>
- [18] Mihai FC, Schneider P, Eva M. Chapter 5: Ecological Engineering and Green Infrastructure in Mitigating Emerging Urban Environmental Threats. In: Vara Prasad MN, editors. Handbook of Ecological and Ecosystem Engineering. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.; 2021 [cited: 2024 Sep 1]. p. 95-121. Available from: <https://doi.org/10.1002/9781119678595.ch5>
- [19] Llomparte Frenzel MP, Casares M. Infraestructura verde y espacios verdes públicos. Reflexiones desde el paisaje en el sistema metropolitano de Tucumán, Argentina. Ciudades [Internet]. 2023 [consultado: 5 de septiembre de 2024]; (26):99-122. Disponible en: <https://doi.org/10.24197/ciudades.26.2023.99-122>

Materiales y método

Diseño de la investigación

La metodología empleada integró enfoques cuantitativos y cualitativos. Este último permitió explorar las experiencias de manera flexible y abierta, ofreciendo una perspectiva más rica y contextualizada [20], mientras que el enfoque cuantitativo proporcionó datos medibles y análisis estadísticos confiables para evaluar el impacto de la infraestructura verde en el contexto urbano sostenible. Se incluyeron también dimensiones e indicadores específicos alineados a la infraestructura verde, tales como: entorno (análisis del sitio, calidad del aire y características físicas), funcionalidad (perfil del usuario, distribución espacial y flexibilidad de uso) y accesibilidad (infraestructura, espacios verdes, circulación e iluminación).

Área de estudio

La zona de estudio abarcó 14 cuadras, desde la 10 a la 24 de la vía Circunvalación, con un total de 267 viviendas. Las cuadras seleccionadas fueron elegidas debido a la presencia de diversos problemas ambientales previamente identificados, entre los cuales se encuentran la escasez de espacios verdes en algunos sectores, lo que ha contribuido a la degradación ambiental; el aumento de temperaturas urbanas (efecto isla de calor); y la disminución en la calidad del aire. La falta de infraestructura verde en estas áreas hace necesaria una evaluación detallada de sus impactos y posibles soluciones. Por otra parte, estas cuadras presentaban una alta densidad poblacional y una urbanización desordenada, lo que hace necesaria la creación de espacios verdes para mejorar la calidad de vida de los residentes.

Marco teórico

La investigación se fundamentó en el análisis de la infraestructura verde desde una perspectiva dual, considerando, por un lado, sus componentes territoriales y de planificación, y por otro, su relación con los ejes temáticos del desarrollo sostenible, incluyendo la mitigación del cambio climático, la resiliencia urbana, la conservación de la biodiversidad y la mejora del bienestar social [21]. Este enfoque integral permite comprender cómo la infraestructura verde no solo contribuye a la regulación térmica y la calidad ambiental, sino que también desempeña un papel clave en la planificación urbana sostenible y en la generación de espacios más habitables y equitativos [22].

Se consideraron aportes teóricos de diversos autores que destacan la implementación de zonas verdes en la prevención del cansancio físico y mental de los residentes, al ofrecer paisajes naturales que permiten la práctica de deportes al aire libre, favorecen la interacción social y reducen el estrés [23] [24]. Asimismo, se incorporaron hallazgos sobre la importancia de la interacción con entornos naturales para mantener un alto confort en contextos urbanos, que disminuyen los niveles de estrés al permitir realizar actividades como leer, reflexionar y socializar [25]. La investigación también se basó en aportes de otros autores [26], quienes demostraron que las zonas verdes públicas contribuyen a mejorar la calidad de vida, siendo valoradas por la comunidad como lugares de encuentro, recreación y relajación, que influyen positivamente en el estado emocional y físico de los residentes.

- [20] Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la Investigación. 6ta ed. México DF: McGraw-Hill / Interamericana Editores; 2014 [consultado: 31 de agosto de 2024]. Disponible en: https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- [21] Castillo Echeverría C. The access to green spaces in public and private schools in Curridabat, Costa Rica. Letras Verdes Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales [Internet]. 2018 [cited: 2024 Aug 31]; (23):157-177. Available from: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.23.2018.2893>
- [22] Anguelovski I, Connolly J, Brand AL. From landscapes of utopia to the margins of the green urban life: For whom is the new green city? City [Internet]. 2018 [cited: 2024 Sep 1]; 22(3):417-436. Available from: <https://doi.org/10.1080/13604813.2018.1473126>
- [23] Vidaurre Cladera RF, Olivera Villaroel S. Parques urbanos en la ciudad de La Paz, Bolivia: Aplicaciones de política pública. Revista Investigación & Negocios [Internet]. 2018 [consultado: 1 de septiembre de 2024]; 11(18):43-51. Available from: <https://revistas.usfx.bo/investigacionynegocios/index.php/revista/article/view/40>
- [24] Orozco Hernández ME, Álvarez Arteaga G, Reyes Zuazo MA. Social aptitude of environmental perception in the Bicentennial Metropolitan Park, city of Toluca, Mexico. Revista de Urbanismo [Internet]. 2020 [cited: 2024 Sep 1]; (42):151-175. Available from: <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2020.56964>
- [25] Arias Orozco S. La infraestructura verde como estrategia de transformación hacia el urbanismo sustentable. Vivienda y Comunidades Sustentables [Internet]. 2019 [consultado: 31 de agosto de 2024]; (6):9-30. Disponible en: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i6.105>
- [26] De Sousa Silva C, Viegas I, Panagopoulos T, Bell S. Environmental Justice in Accessibility to Green Infrastructure in Two European Cities. Land [Internet]. 2018 [cited: 2024 Sep 5]; 7(4):134. Available from: <https://doi.org/10.3390/land7040134>

Determinación de la muestra objeto de estudio

Para la primera muestra se tomaron en cuenta dos momentos. En el primero se utilizó la fórmula de Pacheco [27] adaptada para una población finita. La fracción de muestreo se aplicó a las viviendas por cuadras, con el fin de determinar la cantidad de cuestionarios a aplicar a los residentes, dando como resultado 55 cuestionarios a aplicar (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de cuestionarios por cuadra y número de viviendas habitadas.

Nº de cuadras	Nº de viviendas habitadas	Nº de cuestionarios
10	13	3
11	11	2
12	20	4
13	15	3
14	16	3
15	14	3
16	36	7
17	18	4
18	28	6
19	21	4
20	22	5
21	20	4
22	21	4
23	11	2
24	1	0
TOTAL	267	55

Fuente: Elaboración propia, 2024

Los cuestionarios se aplicaron a 55 residentes de las cuadras seleccionadas, entre mujeres y varones mayores de 18 años. Para la evaluación de la entrevista se tomó una muestra de 5 expertos profesionales conocedores del tema. En la selección de los expertos en urbanismo, arquitectura paisajista y gestión ambiental, se consideraron profesionales con al menos cinco años de experiencia en sus respectivos campos, asegurando un conocimiento profundo y una perspectiva amplia.

Las encuestas se realizaron en diferentes días, tanto entre semana como durante el fin de semana, para captar las opiniones de residentes en las diferentes variaciones de temperaturas diarias, teniendo en cuenta que las condiciones climáticas no afectaran los datos

- [27] Chero Pacheco VH. Population and sample. International journal of interdisciplinary dentistry [Internet]. 2024 [cited: 2024 Sep 1]; 2(17):66. Available from: <https://dx.doi.org/10.4067/s2452-55882024000200066>
- [28] Čulić A, Nižetić S, Čulić Gambiroža J, Šolić P. Progress in data-driven thermal comfort analysis and modeling. Energy and Buildings [Internet]. 2025 [cited: 2024 Sep 5]; 336(12):115599. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115599>
- [29] Peng Y, Peng Z, Feng T, Zhong C, Wang W. Assessing Comfort in Urban Public Spaces: A Structural Equation Model Involving Environmental Attitude and Perception. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2021 [cited: 2024 Sep 5]; 18(3):1287. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031287>

recolectados. Además, se cubrieron distintas franjas horarias para asegurar que se recogieran respuestas de personas con diferentes rutinas diarias. Al comparar datos obtenidos en diferentes momentos, se pudo evaluar la estabilidad de los resultados y reducir el riesgo de que las conclusiones se debieran a factores circunstanciales o a un único punto en el tiempo [28].

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de información se realizó a través de entrevistas semiestructuradas a los expertos en urbanismo para alcanzar un entendimiento cabal de sus percepciones y vivencias. El proceso comenzó con la transcripción detallada de todas las entrevistas, asegurando que cada palabra y matriz fueran capturadas con precisión. Luego, se aplicó la codificación, asignando elementos que incidieron en el crecimiento de la infraestructura verde. Estos factores se agruparon en siete categorías: mejora de la calidad del aire, regulación del clima, mejora de la salud mental, fomento de la recreación, falta de financiamiento y barreras de planificación urbana, para luego ser asignados a una escala de importancia de 1 a 5. Asimismo, se procedió con la fase de observaciones directas de las zonas verdes para evaluar su estado, uso y accesibilidad. La recolección de datos se realizó en el mes de agosto, periodo que forma parte de la temporada de verano en la ciudad de Tarapoto, caracterizada por ser una ciudad muy calurosa y lluviosa durante todo el año, con precipitaciones particularmente intensas en verano. La selección de este momento buscaba garantizar la representatividad de los resultados [29]. Esta fase incluyó la recopilación de información mediante el uso de encuestas estructuradas, evaluando la percepción y uso de las áreas verdes, como también abordando aspectos funcionales, físicos y ecológicos.

Los datos recolectados se analizaron mediante una escala Likert con el uso del software especializado SPSS, seleccionado por su adaptabilidad y polivalencia

de adaptarse a grandes datos, así como por sus avanzadas herramientas de análisis estadístico. En el análisis se encontró una correlación positiva moderada entre la variable restauración ambiental y confort urbano ($\rho=0,595$; $p<0,001$). El intervalo de confianza del 95 % indica que la correlación verdadera se encuentra entre 0,385 y 0,747.

Para asegurar la validez y fiabilidad de los instrumentos la evaluación se realizó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach. Esta prueba consistió en seleccionar una muestra representativa de participantes con rasgos semejantes al grupo objetivo de estudio. Los resultados indicaron una fiabilidad aceptable ($\alpha = 0,715$), considerando los 10 ítems que conformaron la escala.

En la última fase se empleó el termómetro convencional. Las mediciones se realizaron en condiciones controladas, cuidando la luz solar intensa para prevenir lecturas erróneas debido al calentamiento superficial. Además, se seleccionaron puntos de medición representativos y se realizaron múltiples lecturas en diferentes momentos del día para obtener un promedio y reducir la variabilidad. La recopilación de datos se ingresó a una tabla Excel, generando un gráfico de barras para simplificar la comprensión y proporcionar una representación visual clara y comprensible.

Fundamentación teórica de los aportes de la infraestructura verde

La investigación se sustentó en la clasificación integral de los aportes de la infraestructura verde a la sostenibilidad urbana, según la propuesta de Sun y otros [4] que incluye cuatro dimensiones principales reflejados en la (Tabla 2).

Tabla 2. Aportes de la infraestructura verde a la sostenibilidad.

Ambientales	Sociales	Económicos	Cambio climático
Reducción de la contaminación atmosférica	Urbanismo humano	Gestión eficiente de los recursos públicos	Reducción de emisiones
Restauración ecológica	Promoción de la salud integral	Fomentar la colaboración y las conexiones	Mejora de la calidad ambiental urbana
Mitigación acústica	Vínculos comunitarios	Destino preferente para inversiones sostenibles	Control térmico
Purificación del aire	Desarrollo del bienestar	Aumento del valor inmobiliario	Gestión integral de recursos hídricos
Embellimiento del entorno	Realce visual del entorno	Consumo energético eficiente	Promoción de la capacidad de respuesta ante eventos extremos
Provisión de servicios naturales	Actividades recreativas	Economías derivadas de una movilidad más eficiente	Mitigación de desastres naturales
Ambiente más sano	Cuida la salud de la comunidad	Gestión eficiente de los recursos sanitarios	Aumento de la capacidad adaptativa

Fuente: Elaboración propia, a partir de Sun et al, 2023.

Resultados

Áreas urbanas que requieren intervención ambiental

El análisis realizado permitió identificar datos cruciales para determinar las áreas urbanas que requieren intervención ambiental en la avenida Circunvalación de la ciudad de Tarapoto en 2024. El estudio se llevó a cabo mediante un análisis espacial desde la cuadra 10 a la 24, diferenciando entre aquellas con y sin suficiente vegetación. Para ello se utilizó un sistema de información geográfica (SIG), lo que permitió evaluar con mayor precisión la distribución de la infraestructura verde, y facilitó la identificación de puntos críticos, como aquellos donde existe vegetación densa. Este procedimiento proporcionó también información sobre la densidad de las edificaciones, el flujo vehicular y las dinámicas de uso de suelo, todo ello importante para obtener mayores resultados. (Figura 1)



Figura 1. Zona de intervención.
Fuente: Elaboración propia (SIG), 2024.

En la Figura 1 se presentan las cuadras categorizadas según la densidad de vegetación, las cuales fueron clasificadas en: vegetación densa, vegetación moderada y poca vegetación, cada una definida con rangos específicos de cobertura. En la zona de vegetación densa, la cobertura arbórea estimada oscila entre 50 % y 80 % del área de suelo, concentrándose principalmente en las cuadras 10, 12 y 24, donde la infraestructura verde contribuye de forma más efectiva a la regulación térmica. Este tipo de vegetación representa aproximadamente el 25 % del tramo evaluado.

En cuanto a la vegetación moderada, la cobertura se sitúa entre 30 % y 49 % distribuida principalmente entre las cuadras 14 a 16, las cuales representan cerca del 35 % del recorrido. Aunque estas áreas mantienen cierta presencia vegetal, su capacidad de regulación ambiental es intermedia.

Finalmente, en las cuadras 18 a 22 se observan sectores discontinuos con baja vegetación a lo largo de la avenida que constituyen los puntos críticos, lo que indica la necesidad urgente de plantación de árboles y otros proyectos de infraestructura verde. Estas áreas ocupan aproximadamente el 40 % del tramo, siendo las más afectadas por la falta de vegetación.

Factores que influyen en la implementación de infraestructura verde

La Figura 2 corresponde a los resultados de la entrevista semiestructurada realizada a cinco expertos en urbanismo, arquitectura paisajista y gestión ambiental, en la que se evaluaron diferentes variables que inciden en su aplicación. A continuación, se interpreta cada factor en función de las respuestas de los expertos. (Figura 2)

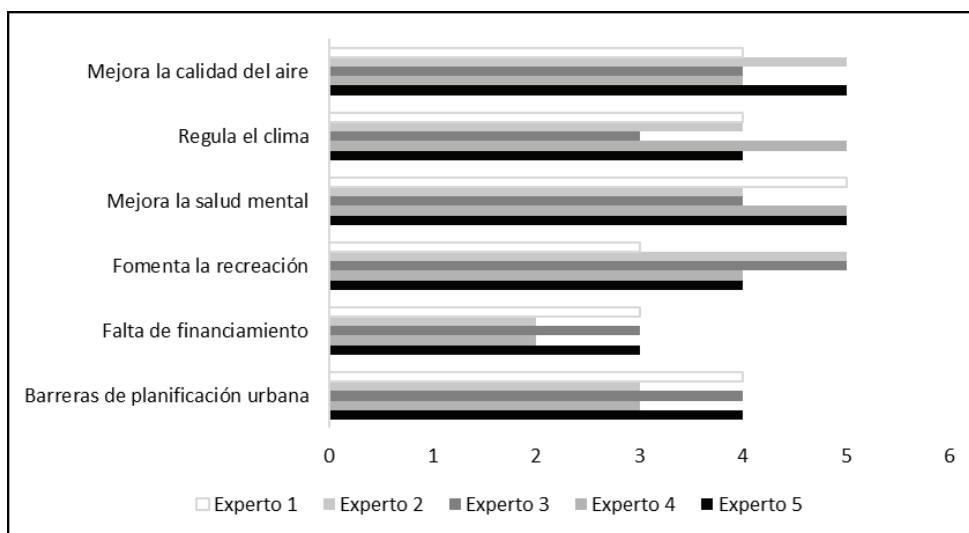


Figura 2. Factores agrupados según las percepciones de expertos. Fuente: Elaboración propia, 2024.

Según la Figura 2, las respuestas fueron agrupadas en siete categorías: mejora de la calidad del aire, regulación del clima, mejora de la salud mental, fomento de la recreación, falta de financiamiento y barreras de planificación urbana, que fueron asignados a una escala de importancia de 1 a 5, donde 1 representa poca importancia y 5 representa alta importancia.

El análisis muestra que los expertos coinciden en que la infraestructura verde mejora significativamente la calidad del aire, con puntuaciones cercanas a 4 y 5. Este consenso destaca que los árboles y espacios verdes reducen contaminantes y producen oxígeno, siendo un beneficio clave.

En cuanto a la regulación climática, las respuestas varían: algunos expertos otorgan altas calificaciones (cerca de 4), mientras que otros no la consideran tan relevante.

La mejora de la salud mental es altamente valorada, con puntuaciones entre 3 y 5.

La recreación también es importante, con puntuaciones de 3 a 5, ya que los espacios verdes facilitan tanto el descanso como las actividades físicas, beneficiando la salud física y social.

Respecto a la falta de financiamiento, las opiniones son diversas: algunos expertos la ven como una barrera significativa (puntuaciones cercanas a 4 o 5), mientras que otros no la consideran tan relevante.

Finalmente, todos los expertos coinciden en que las barreras de planificación urbana son una preocupación importante, con puntuaciones de 3 a 5.

Influencia de la cobertura vegetal en la regulación de la temperatura urbana

El estudio comprendió un seguimiento de las temperaturas en las 14 cuadras de estudio de la Avenida Circunvalación en diferentes horas del día. El análisis de las temperaturas máxima y mínima en diferentes tipos de cobertura vegetal evidencia el impacto de la vegetación en la regulación térmica del entorno urbano. Durante el periodo de medición, que abarcó una semana con condiciones climáticas predominantemente cálidas y cielo despejado, se registraron variaciones significativas entre la temperatura atmosférica y la temperatura superficial en áreas con distinta densidad arbórea. (Figura 3)

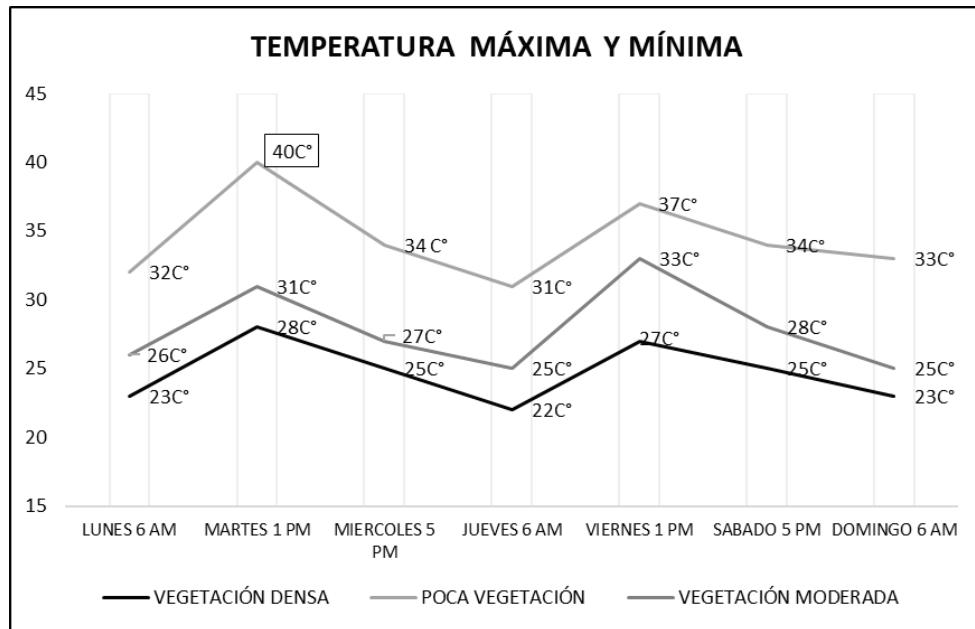


Figura 3. Temperatura máxima y mínima. Fuente: Elaboración propia, 2024.

Con respecto a la vegetación densa (línea negra), se observó que mantiene las temperaturas más bajas en todos los días (lunes a domingo) y horarios presentados. La temperatura máxima en zonas con vegetación densa llega a los 28 °C el martes a la 1 pm, mientras que las temperaturas mínimas caen hasta 22 °C el jueves a las 6 am y 23 °C tanto el lunes como el domingo a las 6 am. Este comportamiento se puede explicar por el hecho de que la vegetación densa suele mantener el suelo más fresco debido a la sombra que proporciona, lo que reduce la exposición directa al sol.

En las áreas con vegetación moderada (línea gris), se registran temperaturas más altas en comparación con la vegetación densa, pero aun significativamente más bajas que en las áreas con poca vegetación. Las máximas alcanzan los 34 °C el martes a la 1 pm, y las mínimas se sitúan en 25 °C en varios puntos (lunes 6 am, martes 1 pm, miércoles 5 pm y jueves 6 am). Estas áreas moderadamente vegetadas presentan un cierto grado de regulación térmica, aunque no tan efectivo como la vegetación densa.

Finalmente, en las áreas de poca vegetación (línea verde), se presentan las temperaturas más extremas, lo cual es predecible dada la falta de sombra y la mayor radiación directa que afecta estas zonas. El martes a la 1 pm se alcanza la temperatura máxima de la semana, 40 °C, mientras que las mínimas oscilan entre 28 °C y 25 °C. Estas áreas muestran una variación térmica muy pronunciada entre el día y la noche, debido a la ausencia de vegetación que ayude a regular la temperatura del suelo y del

aire. Finalmente se mostró una reducción de hasta 12 °C de diferencia entre el máximo y mínimo de temperatura debido a la cobertura arbórea.

Estos resultados evidenciaron que las masas arbóreas desempeñan un papel fundamental en la moderación de las temperaturas extremas, contribuyendo a mitigar el efecto de isla de calor y mejorando el confort térmico en el entorno urbano.

Influencia de la implementación verde en la mejora de la restauración ambiental

Para evaluar la percepción de los residentes sobre la infraestructura verde y su impacto en la restauración ambiental, se aplicó una encuesta estructurada a 55 habitantes de las cuadras 10 a 24. El cuestionario, diseñado para explorar múltiples dimensiones, permitió clasificar las respuestas en diferentes categorías (baremos) y obtener resultados cuantitativos. La Tabla 3 presenta un resumen de los hallazgos acerca de la dimensión confort térmico, en la que se evidencia que las respuestas de los encuestados se distribuyen en tres categorías: acuerdo alto, medio y bajo.

Tabla 3. Confort térmico.

Grado	Escala	Frecuencia	Porcentaje
ALTO	[21-24]	40	73 %
MEDIO	[17-20]	10	18 %
BAJO	[12-16]	5	9 %
TOTAL		55	100 %

Fuente: Autores, a partir del Software IBM SPSS 26, 2024.

Los resultados indican que una mayoría significativa (68 %) de los residentes perciben que la implementación de la infraestructura verde mejora el confort térmico. Este hallazgo destaca la importancia de la restauración ambiental como una estrategia esencial para mitigar los efectos de altas temperaturas y el fenómeno de isla de calor. La incorporación de soluciones como la reforestación, la recuperación de ecosistemas degradados y la integración de vegetación en el diseño de infraestructuras urbanas permite una regulación más eficiente de las temperaturas locales y también crea microclimas más agradables y habitables. Además, la creación de áreas verdes, espacios como parques, jardines verticales y corredores ecológicos no solo mejoran significativamente la estética de la ciudad sino también generan un sentido de pertenencia y bienestar de las personas, ofreciendo áreas de sombra, refrescamiento y confort. Desde una perspectiva ecológica, estas mejoras fomentan la biodiversidad, creando hábitat para aves, insectos y otros organismos, lo que enriquece el equilibrio ecológico de las áreas urbanas. Al priorizar soluciones basadas en la naturaleza

se ayuda a construir entornos más resilientes donde el bienestar humano y la sostenibilidad ambiental se integran de manera armoniosa.

Asimismo, se llevó a cabo una encuesta para medir el nivel de percepción de la infraestructura verde y su impacto en la calidad de vida de los residentes. En la Tabla 4 se pueden observar los resultados, que ilustran la distribución de respuestas de los encuestados, clasificadas en tres categorías: acuerdo alto, medio y bajo.

Tabla 4. Calidad de vida.

Grado	Escala	Frecuencia	Porcentaje
ALTO	[20-24]	48	81 %
MEDIO	[18-19]	10	17 %
BAJO	[12-17]	1	2 %
TOTAL		59	100 %

Fuente: Autores, a partir del Software IBM SPSS 26, 2024.

El análisis realizado sobre la percepción de los residentes respecto a la infraestructura verde y su impacto en la calidad de vida revela resultados significativos. Del total de encuestados, el 81 % considera que la infraestructura verde mejora significativamente su calidad de vida, lo que subraya su relevancia como estrategia clave para la restauración ambiental. Este alto nivel refleja que las estrategias de recuperación y conservación de espacios naturales no solo embellecen el entorno, sino que también influyen directamente en el bienestar físico y emocional de los residentes. Un 17 % de los encuestados que califican su percepción en un nivel medio, reconocen los beneficios potenciales de la infraestructura verde, aunque no lo consideran un factor determinante para su calidad de vida. Esto se ve vinculado a una percepción limitada de los beneficios integrales, como la regulación térmica, la mejora de la calidad del aire y la promoción de entornos más saludables. Por otro lado, el 2 % de los participantes valora su calidad de vida en un nivel bajo, sugiriendo que este grupo se encuentra en contextos donde la infraestructura verde es insuficiente, lo que limita sus efectos positivos. Finalmente, estos resultados destacan la necesidad de implementar estrategias basadas en la restauración ambiental, asegurando que todos puedan beneficiarse de las intervenciones relacionadas con el confort urbano.

Discusión

Este estudio demuestra que en las zonas con vegetación densa el suelo se mantiene más fresco debido a la provisión de sombra, lo que reduce la explosión directa al sol y, por ende, las temperaturas superficiales. En contraste, las áreas con vegetación moderada presentan temperaturas más elevadas,

ya que su capacidad de regulación térmica, aunque presente, no es tan efectiva como la de las zonas densamente vegetadas. Los resultados se alinean con estudios a nivel latinoamericano que destacan el rol del verde urbano (UG) en la mitigación de los impactos negativos de la urbanización, proporcionando hábitats para la biodiversidad y generando entornos urbanos más saludables [2]. En este contexto, es evidente que la densidad de vegetación no solo mejora el confort térmico, sino que también influye directamente en la resiliencia ante los efectos del cambio climático. La relación entre biodiversidad y sostenibilidad climática se refuerza al considerar investigaciones con características similares. En tal sentido, algunos autores [9] demostraron que la planificación estratégica de espacios verdes favorece tanto la biodiversidad urbana como la mitigación de los efectos del calentamiento global. Cabe resaltar que los resultados de este estudio se derivan de una muestra específica, lo que limita la posibilidad de generalizar estas observaciones a otras regiones con características ecológicas y climáticas diferentes.

Asimismo, los expertos entrevistados coinciden en que la infraestructura verde es esencial para reducir el impacto del calentamiento global y vivir mejor y promover la sostenibilidad urbana. Estos hallazgos guardan relación con otra investigación [7] donde menciona que la integración de zonas verdes en la ciudad no solo embellece el entorno urbano, sino que también fomenta la sostenibilidad ambiental y busca reducir los impactos del cambio climático. Sin embargo, a diferencia de estos autores, se identificaron barreras, como la falta de financiación y planificación adecuada que obstaculizan su implementación. Estos hallazgos sugieren que una mayor integración de políticas públicas, junto con un enfoque participativo, podría mejorar la efectividad de los proyectos de infraestructura verde.

Finalmente, se encontró que un 68 % de los residentes perciben que la implementación de la infraestructura verde mejora el confort térmico. Este hallazgo destaca la importancia de la restauración ambiental como una estrategia esencial para mitigar los efectos de altas temperaturas y el fenómeno de isla de calor. Además, la creación de áreas verdes, espacios como parques, jardines verticales y corredores ecológicos no solo mejoran significativamente la estética de la ciudad sino también generan un sentido de pertenencia y bienestar de las personas, ofreciendo áreas de sombra, refrescamiento y confort. Estos resultados son coherentes con estudios donde se indica que la interacción con entornos naturales mantiene una alta calidad de vida en las ciudades, disminuyendo los niveles de estrés al permitir realizar actividades como leer, reflexionar y socializar [26]. A pesar de que los resultados revelaron un alto nivel de acuerdo, la inexistencia de estudios locales limita la capacidad

de los urbanistas y los responsables de políticas para tomar decisiones informadas, siendo un obstáculo para la implementación de infraestructura verde en la ciudad de Tarapoto.

Un aporte significativo de la investigación es la posibilidad de generar lineamientos que puedan ser empleados en otras ciudades con desafíos ambientales similares, como pueden ser: priorizar la reforestación de tramos urbanos críticos, promover micro-corredores verdes, y fortalecer la participación comunitaria en el mantenimiento de áreas verdes mediante acciones basadas en soluciones de bajo costo que puedan adaptarse a urbes tropicales. Basándose en esta percepción, las políticas públicas podrían enfocarse en aumentar la inversión en parques, jardines y techos verdes, que no solo mejorarían el confort térmico, sino que también contribuirían a la resiliencia climática de la ciudad de Tarapoto.

Los resultados destacan que la participación activa de la comunidad, junto con el respaldo de políticas públicas enfocadas en la sostenibilidad urbana, son fundamentales para superar barreras identificadas en la implementación de infraestructura verde en la región. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones del estudio, tales como la estacionalidad de las mediciones, pues los registros se realizaron en un periodo específico del año, pudiendo realizarlo en otros meses, ya que el clima de la ciudad de Tarapoto es cambiante.

Entre las limitaciones de este estudio se pueden mencionar: el tamaño de la muestra (55 residentes) en un tramo definido de la ciudad; la cantidad de expertos consultados; la falta de estudios locales previos; las barreras institucionales identificadas vinculadas a la falta de financiamiento; la escasa continuidad de programas ambientales; y la poca planificación municipal.

Conclusiones

El estudio demuestra que los pequeños espacios verdes urbanos reducen significativamente la temperatura del aire, especialmente cuando hace calor, con reducciones de temperatura que oscilan entre 22 °C y 23 °C, inferiores de manera constante a las temperaturas más altas de las cuadras, principalmente entre las 6:00 y las 8:00 horas.

La implementación de infraestructura verde en la vía Circunvalación de Tarapoto podría tener un impacto positivo significativo en la restauración ambiental y en la mejora del confort urbano ya que no solo contribuiría a la reducción de temperaturas extremas, sino que también fomentaría el bienestar físico y mental de los residentes, evidenciando la necesidad de priorizar estas intervenciones en el desarrollo urbano sostenible de la ciudad.

Se identificaron zonas críticas en la vía Circunvalación de Tarapoto que requieren intervención ambiental urgente. Estas áreas se caracterizan por la falta de vegetación y la alta exposición al sol, lo que contribuye a temperaturas extremas y a una baja percepción de confort térmico en los residentes.

El tamaño de los espacios verdes no es el único factor que influye en el confort térmico; el diseño de las plantas dentro del espacio verde y el de los edificios circundantes también tienen un impacto. A pesar de su reducido tamaño, incluso los espacios verdes pequeños pueden mejorar significativamente el confort.

Se recomienda realizar estudios a largo plazo que evalúen el impacto de nuevas iniciativas de reforestación en Tarapoto, comparando los resultados con ciudades de climas diversos (áridos, tropicales, extremos y templados húmedos) para determinar la adaptabilidad de estas estrategias a diferentes condiciones ambientales.

Los espacios verdes pequeños pueden servir como una solución de alta frecuencia y bajo costo para la sostenibilidad ambiental al abordar el efecto cada vez más grave de isla de calor urbano, así como los desafíos ambientales que plantea el proceso de urbanización.

Este estudio resalta la importancia de la infraestructura verde no solo como una solución estética, sino como una herramienta efectiva para mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad urbana a largo plazo.

Es esencial implementar programas de reforestación en las zonas más afectadas para mejorar la regulación térmica y la biodiversidad; crear incentivos para que la comunidad participe en el mantenimiento y expansión de las áreas verdes; y fomentar alianzas entre gobiernos, sociedad civil y academia para políticas públicas basadas en evidencia que impulsen el desarrollo sostenible y el bienestar social.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Peruana Unión por el respaldo institucional brindado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación. Asimismo, se reconoce de manera especial el valioso acompañamiento académico de la Arquitecta Cinthya Arévalo Lazo, docente de la universidad, cuya orientación y aportes contribuyeron significativamente al rigor metodológico y a la calidad científica del estudio.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que representen riesgos para la publicación del artículo.

DECLARACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD AUTORAL

Brayan Dávila-Paredes: Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción, revisión y edición del manuscrito original.

Sebastián Mendoza-Villacorta: Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción, revisión y edición del manuscrito original

Astrid Cesia Zapata-Antesana: Supervisión, Validación, Redacción, revisión y edición de la versión final.



Brayan Dávila-Paredes
Arquitecto, egresado de la Escuela Profesional de Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú.
E-mail: brayandavila@upeu.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-6920-818X>



Sebastián Mendoza-Villacorta
Arquitecto, egresado de la Escuela Profesional de Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú.
E-mail: andresvillacorta@upeu.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-4804-7700>



Astrid Cesia Zapata-Antesana
Arquitecta, Maestra en Ciencias con mención de la Gestión de Riesgos de Desastres y Responsabilidad Social. Docente y Coordinadora de Investigación, Escuela Profesional de Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú.
E-mail: astridzapata@upeu.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-9362-3623>

Editoras:

Dr. Dania González-Couret

Dr.C. Mabel R. Matamoros-Tuma



Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)