





Artículo de divulgación

## Influencia de la urbanización en los gradientes de calor urbano: un enfoque socioecosistémico

*Influence of urbanization on urban heat gradients: a socio-ecosystem approach*

Tomás Martínez-Trinidad <sup>1</sup>, Marlín Pérez-Suárez <sup>2,\*</sup>, José Antonio de la Cruz-Hernández <sup>3</sup>,  
Demetrio Castelán-Urquiza <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, 56264, Estado de México, México.

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, 50295, Toluca, Estado de México, México.

<sup>3</sup> Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo. Carretera Federal Valle de Bravo Km. 30, Ejido San Antonio Laguna, Valle de Bravo, 51200, Estado de México, México.

\* Autor para correspondencia: [mperezs@uaemex.mx](mailto:mperezs@uaemex.mx)

**Recibido:**

1/04/2026

**Aceptado:**

27/04/2026

**Publicado:**

8/05/2026

**RESUMEN**

El crecimiento urbano ha transformado significativamente las condiciones ambientales y climáticas del territorio, favoreciendo la formación de islas de calor urbano, caracterizadas por temperaturas más elevadas en zonas densamente urbanizadas. Este fenómeno se relaciona con la sustitución de la vegetación por superficies impermeables, incrementando la absorción de energía solar. Desde una perspectiva territorial, estas variaciones pueden analizarse mediante el gradiente urbano-rural, donde interactúan cambios en el uso del suelo, la cobertura vegetal y las dinámicas sociales. Este artículo presenta una revisión divulgativa sobre los procesos que originan las islas de calor urbano, sus principales implicaciones socioambientales y el papel de la vegetación como regulador térmico. Asimismo, se destacan estrategias de mitigación basadas en infraestructura verde y planificación urbana, enfatizando la necesidad de enfoques socioecosistémicos para el diseño de ciudades más sostenibles, equitativas y resilientes.

**Palabras clave:** adaptación climática, gradiente térmico social, isla de calor urbano, socioecosistema, urbanización, uso del suelo.

**ABSTRACT**

The rapid growth of cities has significantly transformed the environmental and climatic conditions of territories. One of the most evident phenomena associated with this process is the formation of urban heat islands, characterized by higher temperatures in densely urbanized areas compared to surrounding rural zones. This phenomenon is primarily driven by the replacement of vegetation and natural soils with impermeable surfaces, such as asphalt and concrete, which absorb and store greater amounts of solar energy. From a territorial perspective, these thermal differences can be understood through the urban-rural



gradient, which describes the progressive decrease in temperature from urban cores toward peri-urban, agricultural and forested areas. Along this gradient, changes occur in vegetation cover, land use, infrastructure density, and human activities, all of which directly influence the spatial distribution of heat. This article presents an outreach-oriented review of the processes that generate urban heat islands, their main socio-environmental impacts, and the role of urban vegetation as a thermal regulator. It also discusses mitigation strategies based on green infrastructure and urban planning, highlighting the importance of integrating natural elements on green infrastructure and urban planning, highlighting the importance of integrating natural elements into the design of more sustainable, equitable, and resilient cities.

**Keywords:** climate adaptation, land use, social thermal gradient, socio-ecosystem, urban heat island, urbanization.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la urbanización se ha consolidado como uno de los procesos de transformación territorial más importantes a escala global, concentrando a más de la mitad de la población mundial en ciudades y modificando de manera profunda la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. Este crecimiento urbano acelerado ha traído consigo múltiples beneficios en términos de desarrollo económico y acceso a servicios, pero también ha generado nuevos desafíos ambientales, entre ellos la alteración de los climas locales y el incremento de riesgos asociados a eventos extremos, particularmente las olas de calor. En un contexto de cambio climático, las ciudades se han convertido en espacios críticos donde se intensifican las interacciones entre procesos atmosféricos, transformaciones del paisaje y dinámicas sociales.

El calentamiento urbano, por otra parte, no afecta de manera homogénea a toda la población. Diversos estudios han señalado que los impactos del calor extremo tienden a concentrarse en los grupos sociales más vulnerables, debido a diferencias en la calidad de la vivienda, el acceso a áreas verdes, la disponibilidad de servicios urbanos y la capacidad de adaptación. De este modo, el calor urbano no solo constituye un problema ambiental o climático, sino también un desafío social y territorial que pone en evidencia desigualdades preexistentes en la estructura de las ciudades.

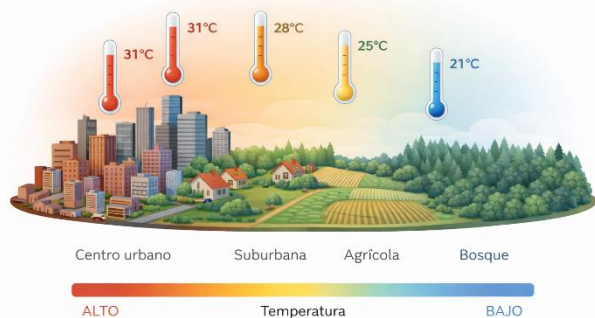
La urbanización es un proceso complejo que reconfigura paisajes y formas de vida, generando no solo cambios

físicos en el ambiente sino también nuevas dinámicas socioeconómicas. Uno de los fenómenos ambientales más visibles asociados a este proceso es la formación de gradientes de calor urbano (Figura 1), definidos como variaciones de temperatura en el espacio urbano que responden a cambios en el uso del suelo, la densidad de infraestructura y otros factores antropogénicos (Chen et al., 2025). Estos gradientes no son uniformes: áreas con menor cobertura vegetal y mayor presencia de superficies impermeables tienden a registrar mayores temperaturas que zonas periféricas o menos densamente urbanizadas.

Desde una perspectiva tradicionalmente física, este fenómeno se ha interpretado como el resultado del efecto de isla de calor urbano. Sin embargo, la temperatura en las ciudades también está modulada por factores socioecosistémicos, como la distribución desigual de recursos, la estructura económica y las prácticas culturales de uso del territorio (Hsu et al., 2021). Entender los gradientes térmicos como intersecciones entre procesos ambientales y sociales permite abordar no solo las causas físicas de su generación, sino también las desigualdades en exposición y vulnerabilidad térmica entre diferentes grupos sociales (Hsu et al., 2021; Lee et al., 2025).

Este artículo propone una visión integradora, donde la urbanización se entiende como un gradiente tanto térmico como social, en el que cada escala, desde la parcela hasta la metrópolis, refleja interacciones dinámicas entre componentes físicos y humanos.





**Figura 1.** Gradiente urbano-rural de temperatura en un gradiente urbano rural. Imagen generada con inteligencia artificial mediante ChatGPT (OpenAI, 2026).

En este contexto, el concepto de gradiente urbano-rural se convierte en una herramienta analítica fundamental para comprender cómo las transformaciones del paisaje urbano modifican la distribución espacial del calor. A lo largo de este gradiente, desde los centros urbanos densamente construidos hasta las zonas rurales circundantes, se observan cambios progresivos en la cobertura vegetal, el uso del suelo, la densidad de infraestructura y las condiciones socioeconómicas, factores que en conjunto configuran la intensidad y distribución de los gradientes térmicos urbanos.

## FUNDAMENTOS DEL GRADIENTE DE CALOR URBANO

La urbanización transforma superficies naturales en entornos dominados por materiales de alta capacidad térmica (asfalto, concreto, etc.), alterando la balanza energética del paisaje. La reducción de vegetación disminuye la evapotranspiración mientras aumenta la absorción de radiación solar, promoviendo temperaturas superficiales y ambientales más elevadas (Phelan et al., 2015). Estos cambios se traducen en gradientes de calor que suelen intensificarse hacia el centro de la ciudad, donde la densidad de infraestructura es mayor. En conjunto, los gradientes de calor urbano resultan de la interacción entre factores físicos, urbanos y sociales que operan a distintas escalas. Los componentes presentados en la Tabla 1 se sustentan en evidencia científica que demuestra que los gradientes de calor urbano resultan de la interacción entre factores biofísicos, urbanos y

socioeconómicos. La cobertura vegetal y los materiales urbanos influyen directamente en la regulación térmica (Bowler et al., 2010; Phelan et al., 2015), mientras que la morfología urbana modula la acumulación de calor (Li et al., 2017). A su vez la distribución desigual del ingreso y de la infraestructura verde genera patrones diferenciados de exposición y vulnerabilidad térmica (Hsu et al., 2021; Lee et al., 2025), en un contexto donde las decisiones políticas y la inversión pública contribuyen a reproducir o mitigar estas desigualdades (Anguelovski et al., 2016).

**Tabla 1.** Componentes socioecosistémicos de los gradientes de calor urbano (Integrada de Bowler et al., 2010; Lee et al., 2025; Phelan et al., 2015 y Shreevastava et al., 2025).

Dimensión	Factor clave	Mecanismo principal	Implicación socioambiental
Física	Cobertura vegetal	Mejor evapotranspiración	Reducción del estrés térmico
	Materiales urbanos	Mayor absorción de radiación	Incremento del calor urbano
Urbana	Densidad construida	Acumulación y retención de calor	Menor confort térmico
Social	Nivel socioeconómico	Acceso desigual a áreas verdes	Mayor vulnerabilidad térmica
Política	Inversión pública	Distribución desigual de infraestructura	Reproducción de inequidad espacial

La dimensión política de los gradientes térmicos se relaciona con los procesos de toma de decisiones, planificación urbana e inversión pública, los cuales influyen directamente en la distribución de la infraestructura verde. Diversos estudios han demostrado que estas decisiones pueden reproducir desigualdades socioespaciales, favoreciendo a ciertos grupos mientras excluyen a poblaciones vulnerables (Anguelovski et al., 2016)

Estos procesos no ocurren de manera uniforme en el territorio. Por el contrario, generan gradientes térmicos que siguen el patrón espacial de la urbanización, donde las temperaturas tienden a ser mayores en los centros urbanos densamente construidos y disminuyen

progresivamente hacia zonas periurbanas, agrícolas y forestales. Este patrón constituye lo que se conoce como gradiente urbano-rural de temperatura, ampliamente documentado en estudios de climatología urbana.

## URBANIZACIÓN COMO PROCESO SOCIOECOSISTÉMICO

Más allá de los mecanismos físicos, la urbanización implica transformaciones profundas en el uso del suelo, la estructura económica y el modo de vida. Los patrones de desarrollo urbano están relacionados con decisiones políticas, mercado inmobiliario y distribución de la riqueza. Estos factores determinan qué áreas reciben inversiones en infraestructura verde, servicios y espacios públicos, influyendo en la configuración espacial de los gradientes térmicos. Por ejemplo, barrios con menor inversión pública suelen presentar menor cobertura vegetal y mayores superficies de concreto, elevando las temperaturas locales y exacerbando la vulnerabilidad de poblaciones con menos recursos para enfrentar eventos de calor extremo.

## INTERACCIONES SOCIOESPACIALES Y DISTRIBUCIÓN DEL CALOR

Los gradientes térmicos urbanos reflejan desigualdades socioeconómicas que se manifiestan en la distribución espacial de infraestructura y servicios. Estudios han demostrado que dentro de áreas urbanas las poblaciones con menor ingreso y niveles socioeconómicos más bajos tienden a experimentar mayores exposiciones a intensidades de isla de calor urbano, debido a la distribución desigual de espacios verdes y el predominio de superficies impermeables (Hsu et al., 2021; Lee et al., 2025). Estas desigualdades no son homogéneas a escala global, sino que dependen de la configuración socioespacial de cada ciudad, particularmente de la distribución de infraestructura verde y de los patrones de urbanización (Lee et al., 2025). Áreas con menor capital económico tienden a tener menor capacidad adaptativa, enfrentando mayores riesgos de estrés térmico, problemas de salud y menor calidad de vida. Esto demuestra que los gradientes de calor son tanto un indicador ambiental como social, revelando patrones de inequidad territorial.

## ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN BASADAS EN UN ENFOQUE SOCIOECOSISTÉMICO

Para enfrentar los gradientes térmicos y sus consecuencias es crucial integrar acciones que combinen planificación urbana, gestión ambiental y políticas sociales. Estas acciones promueven no sólo la sostenibilidad ambiental sino también la justicia climática.



**Figura 2.** La presencia de árboles y áreas verdes reduce la temperatura mediante sombra y evapotranspiración, mejorando el confort térmico. Imagen generada con inteligencia artificial mediante ChatGPT (OpenAI, 2026).

La literatura científica indica que las estrategias más eficaces incluyen la expansión de infraestructura verde, como parques, corredores verdes, techos y muros vegetados, que incrementan la sombra y la evapotranspiración. Lo anterior, contribuye a la reducción de las temperaturas urbanas y al mejoramiento del confort térmico.

Por otra parte, el uso de materiales urbanos de alta reflectancia, como techos y pavimentos frescos, permiten disminuir la absorción de radiación solar y reducir las temperaturas superficiales y ambientales, siendo una de las estrategias más efectivas para la mitigación de las islas de calor urbano (Tun et al., 2025; Tabla 2).

Las estrategias de mitigación de las islas de calor en el gradiente urbano-rural (Tabla 2) se sustentan en evidencia científica que demuestra la efectividad de intervenciones basadas en infraestructura verde, materiales urbanos y diseño urbano. La vegetación urbana, en particular, reduce significativamente la temperatura mediante sombra y evapotranspiración (Bowler et al., 2010), mientras que la utilización de

materiales reflectantes en techos y pavimentos disminuye la absorción de la radiación solar (Tun et al., 2025). De la misma manera, el diseño urbano bioclimático favorece la ventilación y mejora el confort térmico (Emmanuel y Krüger, 2012), mientras que las estrategias sociales, como la educación climática y la adaptación comunitaria, fortalecen la resiliencia frente a eventos extremos (IPCC, 2022).

**Tabla 2.** Estrategias de mitigación de los gradientes de calor urbano desde un enfoque socioecosistémico (integrada de Bowler et al., 2010; Gill et al., 2007; Santamouris, 2013 y Tun et al., 2025; Emmanuel y Krüger, 2012; IPCC, 2022).

Tipo	Acción	Mecanismo	Beneficio social
Verde	Parques urbanos y arbolado	Sombra, evapotranspiración	Reducción de temperatura y bienestar
Material	Techos, pavimentos fríos	Mayor reflectancia solar	Menor acumulación de calor
Urbana	Diseño urbano bioclimático	Ventilación urbana	Mejora del confort térmico
Social	Educación climática	Adaptación comunitaria	Mayor resiliencia

Desde una perspectiva socioecosistémica, estas intervenciones deben complementarse con un diseño urbano inclusivo que priorice las zonas más vulnerables y garantice un acceso equitativo a los beneficios de la infraestructura verde y de las estrategias de enfriamiento urbano. Además, los programas comunitarios de educación y adaptación al calor, centrados en poblaciones de mayor riesgo, pueden fortalecer la capacidad adaptativa local, mejorar la respuesta ante eventos extremos e integrar el conocimiento social en la gestión del territorio. En conjunto, estas acciones no solo contribuyen a amortiguar los gradientes térmicos, sino que también promueven el bienestar urbano y la justicia ambiental al abordar simultáneamente los determinantes físicos y sociales del impacto térmico en las ciudades.

## CONCLUSIONES

Los gradientes de calor urbano son el resultado de la interacción entre procesos físicos y sociales asociados a la urbanización. Analizarlos desde un enfoque socioecosistémico permite comprender cómo las transformaciones del territorio –como los cambios en el uso de suelo, la expansión de la infraestructura urbana y las dinámicas económicas– modifican el clima local. Estas transformaciones generan diferencias térmicas a lo largo del gradiente urbano-rural, donde las zonas densamente urbanizadas suelen presentar temperaturas más elevadas que las áreas periurbanas, agrícolas o forestales. Al mismo tiempo, estas variaciones térmicas pueden traducirse en desigualdades en la exposición y en la vulnerabilidad de la población frente al calor.

En este contexto, la urbanización debe entenderse como un proceso multidimensional que configura simultáneamente las condiciones ambientales y las condiciones de vida en las ciudades. Frente a estos desafíos, resulta fundamental impulsar estrategias integradas que combinen soluciones técnicas –como la incorporación de infraestructura verde y el diseño de urbano bioclimático– con políticas orientadas a la equidad social y a la gestión ambiental participativa. Este enfoque no solo contribuye a reducir los impactos térmicos en las ciudades, sino que también fortalece la resiliencia urbana y promueve formas de desarrollo más justas y sostenibles frente al cambio climático, lo que posiciona a los gradientes urbano-rurales como una herramienta clave para el diseño de ciudades más justas, resilientes y climáticamente adaptadas.

## Literatura citada

- Anguelovski, I.; Shi, L.; Chu, E.; et al. (2016) Equity impacts of urban land use planning for climate adaptation: Critical perspective from the global North and South. *Journal of Planning Education and Research*, 36(2), 333-348. <https://doi.org/10.1177/0739456X16645166>
- Bowler, D.E.; Buyung-Ali, L.; Knight, T.M.; Pullin, A.S. (2010) Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>



- Chen, T.L.; Lin, Z.H.; Jheng, D.C. (2025) Spatial regression analysis of land use impact on land surface temperature in four East Asian metropolises. *Scientific Reports*, 15(22252), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07980-w>
- Emmanuel, R.; Krüger, E. (2012) Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Building and Environment*, 53, 137-149. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.020>
- Gill, S.E.; Handley, J.F.; Ennos, A.R.; Pauleit, S. (2007) Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115-133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Hsu, A.; Sheriff, G.; Chakraborty, T.; Manya, D. (2021) Disproportionate exposure to urban heat island intensity across major US cities. *Nature Communications*, 12(2721), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22799-5>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Lee, J.; Yerim, L.; You, G.Y.; Santamouris, M. (2025) Contrasting urban heat disparities across income levels in Seoul and London. *Sustainable Cities and Society*, 121, 106215. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106215>
- Li, X.; Zhou, Y.; Asrar, G., Imhoff, M., Li, X. (2017) The surface urban heat island response to urban expansion: A panel analysis for the conterminous United States. *Science of the Total Environment*, 605-60, 426-435. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.229>
- Open AI. (2026) *Gradiente urbano-rural de temperatura en un gradiente urbano rural*. [Imagen generada por inteligencia artificial]. ChatGPT. <https://chat.openai.com/>
- Open AI. (2026) La presencia de árboles y áreas verdes reduce la temperatura mediante sombra y evapotranspiración, mejorando el confort térmico. [Imagen generada por inteligencia artificial]. ChatGPT. <https://chat.openai.com/>
- Phelan P.E.; Kaloush, K.; Miner, M.; et al. (2015) Urban heat island: mechanisms, implications, and possible remedies. *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 285-307. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021155>
- Rascón Villanueva, A. E.; Cervantes Rendón, E. (2022) Vulnerabilidad social y clima extremo en estudios de América Latina. 2000-2019. *Tlalli. Revista de Investigación en Geografía*, (8), 6-32. <https://doi.org/10.22201/ffyl.26832275e.2022.8.1801>
- Shreevastava, A., Hulley, G.; Prasanth, S.; et al. (2025) Contemporary income inequality outweighs historic redlining in shaping intra-urban heat disparities in Los Angeles. *Nature Communications*, 16(4950), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59912-x>
- Tun K.Z.; Pramanik, M.; Mallick, S.K.; et al. (2025) Cooling the cities: A comprehensive review of urban heat island mitigation strategies in Southeast Asia. *Human Settlements and Sustainability*, 1(2), 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.hssust.2025.05.002>

**Aviso legal/Nota del editor:** Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Agraria ni de sus editores. Agraria y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.

