

Estrategias para mitigar el cambio climático en ciudades sostenibles mediante una revisión de la literatura

Strategies to mitigate climate change in sustainable cities through a literature review

Palacios-López, Luisa Anabel ¹; Pinargote-Bravo, Víctor Joel ²; Moran-González, Miguel Ramón ³; Navarro-Saltos, Gema Elizabeth ⁴.

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Calceta; <https://orcid.org/0000-0002-9257-7557>; luisa.palacios@unesum.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López; Ecuador, Calceta; <https://orcid.org/0000-0003-0599-1651>; vpinargote@espam.edu.ec

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0000-0002-6072-3599>; miguel.moran@unesum.edu.ec

⁴ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Santa Ana; <https://orcid.org/0009-0001-5603-7481>; gema.navarro@unesum.edu.ec

¹ Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n2/49>

Cita: Palacios-López, L. A., Pinargote-Bravo, V. J., & Moran-González, M. R. (2025). Estrategias para mitigar el cambio climático en ciudades sostenibles mediante una revisión de la literatura. *Innova Science Journal*, 3(2), 1-13. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n2/49>.

Recibido: 18/Ene/2025

Aceptado: 02/Feb/2025

Publicado: 30/Abr/2025



Copyright: © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Resumen: El cambio climático es un desafío crítico para las ciudades, responsables de más del 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Este estudio revisa estrategias de mitigación en ciudades sostenibles, analizando soluciones tecnológicas, políticas públicas y gobernanza. Mediante una revisión de literatura en Scopus y Web of Science, se identifican estrategias como infraestructura verde, transición energética y movilidad sostenible, destacando su efectividad en la reducción de emisiones. Sin embargo, la implementación enfrenta barreras como financiamiento insuficiente y resistencia política. Las políticas regulatorias, como impuestos al carbono y normativas de eficiencia energética, han demostrado ser útiles, pero requieren mayor integración con la participación ciudadana. Se concluye que la mitigación del cambio climático en ciudades exige un enfoque integral basado en tecnología, regulación y gobernanza participativa para lograr entornos urbanos resilientes y sostenibles.

Palabras clave: cambio climático; ciudades sostenibles; infraestructura verde; movilidad urbana; energía renovable.

Abstract: Climate change is a critical challenge for cities, which are responsible for more than 70% of greenhouse gas emissions. This study reviews mitigation strategies in sustainable cities, analyzing technological solutions, public policies and governance. Through a literature review in Scopus and Web of Science, strategies such as green infrastructure, energy transition and sustainable mobility are identified, highlighting their effectiveness in reducing emissions. However, implementation faces barriers such as insufficient financing and political resistance. Regulatory policies, such as carbon taxes and energy efficiency regulations, have proven to be useful, but require greater integration with citizen participation. It is concluded that climate change mitigation in cities requires a comprehensive approach based on technology, regulation and participatory governance to achieve resilient and sustainable urban environments.

Keywords: climate change; sustainable cities; green infrastructure; urban mobility; renewable energy.

1. Introducción

El cambio climático representa uno de los desafíos ambientales más críticos del siglo XXI, con impactos significativos en los ecosistemas urbanos, la infraestructura y la calidad de vida de las poblaciones (IPCC, 2021). Las ciudades, responsables de más del 70 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), desempeñan un papel fundamental en la implementación de estrategias de mitigación para reducir su huella de carbono y fomentar un desarrollo sostenible. A pesar de los esfuerzos globales, la creciente urbanización y el incremento de las actividades industriales y de transporte siguen contribuyendo al aumento de la temperatura global, exacerbando eventos climáticos extremos como olas de calor, inundaciones y disminución de la calidad del aire (Seto et al., 2021). En este contexto, se hace imperativo analizar las estrategias que han sido implementadas en distintas ciudades con el fin de identificar enfoques efectivos y replicables para la mitigación del cambio climático.

Las ciudades enfrentan múltiples factores que agravan su vulnerabilidad ante el cambio climático. Uno de los principales es el crecimiento urbano desordenado, que incrementa la demanda energética y el uso de combustibles fósiles para el transporte y la industria (Rosenzweig et al., 2018). Además, la deficiencia en infraestructura verde y la proliferación de superficies impermeables reducen la capacidad de regulación térmica y exacerbando el efecto de isla de calor urbana (Oke et al., 2017). Otro factor determinante es la gestión ineficiente de los residuos sólidos, cuya degradación genera emisiones significativas de metano, un GEI con un potencial de calentamiento global 25 veces mayor que el dióxido de carbono (Kaza et al., 2018). Asimismo, el modelo de consumo energético basado en combustibles fósiles sigue siendo predominante en muchas metrópolis, lo que dificulta la transición hacia energías renovables y sistemas de movilidad sostenible (Creutzig et al., 2020). Estas condiciones no solo agravan los efectos del cambio climático, sino que también limitan la resiliencia urbana y la calidad de vida de los habitantes.

La relevancia de este estudio radica en la necesidad de identificar estrategias efectivas para mitigar el cambio climático en entornos urbanos, abordando tanto las soluciones tecnológicas como las políticas públicas y modelos de gobernanza que han demostrado resultados positivos. Investigaciones previas han documentado el impacto positivo de la implementación de infraestructura verde, la eficiencia energética en edificaciones y la promoción de medios de transporte sostenibles (Klemeš et al., 2020). Sin embargo, persisten brechas en la aplicación de estas estrategias debido a factores económicos, políticos y sociales que dificultan su escalabilidad y replicabilidad en distintas regiones (Reckien et al., 2018). En este sentido, una revisión de la literatura permitirá comprender qué enfoques han sido más efectivos y cómo pueden adaptarse a diferentes contextos urbanos. Además, la viabilidad de estas estrategias depende de la cooperación entre actores gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil, quienes deben participar activamente en la planificación y ejecución de políticas climáticas urbanas (Bulkeley et al., 2014).

El objetivo de este estudio es analizar las estrategias de mitigación del cambio climático en ciudades sostenibles a partir de una revisión bibliográfica de investigaciones recientes. Se busca examinar las principales acciones implementadas a nivel urbano, su efectividad en la reducción de emisiones de GEI y su impacto en la resiliencia

climática. Asimismo, se pretende identificar los desafíos que enfrentan las ciudades en la adopción de estas estrategias y proponer recomendaciones basadas en evidencia científica. A través de esta revisión, se pretende contribuir al debate académico sobre la planificación urbana sostenible y el desarrollo de políticas públicas enfocadas en la mitigación del cambio climático.

La urgencia de abordar la crisis climática en contextos urbanos requiere una comprensión profunda de las estrategias disponibles y su efectividad en distintos escenarios. Dado el carácter multidimensional del problema, resulta esencial considerar un enfoque interdisciplinario que abarque tanto los avances tecnológicos como las dinámicas socioeconómicas que influyen en la implementación de políticas ambientales. En este sentido, la presente investigación proporciona una base teórica y empírica para fortalecer la planificación de ciudades sostenibles, promoviendo una transición hacia modelos urbanos resilientes y con bajas emisiones de carbono.

2. Materiales y Métodos

El presente estudio adopta un enfoque exploratorio basado en una revisión bibliográfica sistemática con el objetivo de analizar las estrategias de mitigación del cambio climático implementadas en ciudades sostenibles. Dado que la investigación se centra en la recopilación, análisis y síntesis de información existente, no se realizó trabajo de campo ni recolección de datos primarios. En su lugar, se consultaron fuentes secundarias provenientes de literatura científica indexada en bases de datos reconocidas, como Scopus y Web of Science, garantizando la validez y confiabilidad de los estudios seleccionados.

El proceso de búsqueda de información se realizó mediante el uso de palabras clave relacionadas con la temática, incluyendo términos como "mitigación del cambio climático", "ciudades sostenibles", "infraestructura verde", "movilidad urbana sostenible", "transición energética" y "resiliencia climática". Para garantizar un enfoque actualizado, se priorizaron artículos publicados en los últimos diez años, aunque se incluyeron estudios previos de relevancia fundamental para el desarrollo del tema. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar únicamente aquellos trabajos que abordaran estrategias de mitigación en contextos urbanos, excluyendo estudios enfocados en zonas rurales o enfoques puramente teóricos sin aplicación práctica.

El análisis de los artículos seleccionados se llevó a cabo mediante una lectura crítica y comparativa, identificando las principales estrategias aplicadas en diferentes ciudades, su efectividad y las barreras para su implementación. Se clasificaron los enfoques de mitigación en categorías según su naturaleza, diferenciando entre soluciones tecnológicas, políticas públicas, planificación urbana y participación ciudadana. Posteriormente, se sintetizó la información relevante para identificar patrones comunes, tendencias emergentes y vacíos en la literatura.

Para minimizar sesgos, se contrastaron los hallazgos de diferentes estudios y se priorizaron fuentes con alto impacto académico. Asimismo, se evaluó la calidad metodológica de los artículos seleccionados, considerando aspectos como el diseño de la investigación, el tamaño de muestra en estudios de caso y la solidez de las

conclusiones presentadas. La sistematización de la información permitió estructurar los resultados de manera clara, facilitando la identificación de estrategias exitosas y los desafíos que enfrentan las ciudades en la transición hacia modelos urbanos sostenibles.

El diseño metodológico de este estudio se orientó a proporcionar una visión integral sobre las estrategias de mitigación del cambio climático en entornos urbanos, consolidando el conocimiento existente y estableciendo una base para futuras investigaciones.

3. Resultados

3.1. Estrategias tecnológicas para la mitigación

3.1.1. Infraestructura verde y captura de carbono

La infraestructura verde ha emergido como una solución clave para mitigar los efectos del cambio climático en entornos urbanos, proporcionando múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos. Su capacidad para capturar y almacenar carbono, regular la temperatura y mejorar la calidad del aire ha sido ampliamente documentada en la literatura científica (Gunawardena et al., 2017). Elementos como techos y muros verdes, corredores ecológicos y parques urbanos desempeñan un papel fundamental en la reducción del dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, contribuyendo a la resiliencia climática de las ciudades (Livesley et al., 2016).

Una de las estrategias más efectivas dentro de la infraestructura verde es la implementación de bosques urbanos, los cuales funcionan como sumideros de carbono al absorber CO₂ a través del proceso de fotosíntesis. Estos espacios no solo reducen las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), sino que también generan servicios ecosistémicos esenciales, como la filtración de contaminantes, la conservación de la biodiversidad y la reducción de la temperatura urbana (Zhao et al., 2017). Estudios han demostrado que la cobertura arbórea en ciudades puede reducir la temperatura ambiente entre 2 y 4 °C, lo que disminuye la demanda energética asociada con el uso de sistemas de enfriamiento artificial, como el aire acondicionado (Rahman et al., 2020).

Asimismo, la integración de techos y muros verdes en edificaciones ha ganado popularidad como estrategia de mitigación del cambio climático. Estas estructuras reducen el efecto de isla de calor urbana, mejoran la eficiencia energética de los edificios y contribuyen a la captura de carbono. Investigaciones recientes han demostrado que los techos verdes pueden reducir en hasta un 30 % el consumo energético en edificaciones, especialmente en climas cálidos, al proporcionar aislamiento térmico natural (Perini & Magliocco, 2014). Además, los muros verdes han mostrado una alta capacidad para absorber contaminantes como el óxido de nitrógeno (NO_x) y el material particulado (PM_{2.5}), mejorando la calidad del aire en entornos urbanos densamente poblados (Speak et al., 2013).

En términos de captura de carbono, se ha estudiado la capacidad de diferentes especies vegetales para absorber CO₂ y mejorar la calidad del suelo urbano. Las especies nativas y adaptadas a climas áridos han demostrado una mayor eficiencia en la captura de carbono y una mayor resiliencia frente a condiciones ambientales adversas, lo que las convierte en una opción viable para proyectos de reforestación urbana en regiones con

recursos hídricos limitados (Gill et al., 2007). Además, la combinación de infraestructura verde con tecnologías emergentes, como la bioingeniería aplicada a suelos urbanos, puede potenciar la capacidad de captura y almacenamiento de carbono a largo plazo.

3.1.2. Energías renovables en el entorno urbano

El uso de energías renovables en las ciudades ha demostrado ser una estrategia fundamental para la reducción de emisiones de GEI y la transición hacia modelos energéticos sostenibles. La generación descentralizada de energía mediante fuentes renovables como la solar, la eólica y la geotérmica permite reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mejorar la eficiencia del sistema energético urbano (Lund et al., 2016).

Una de las tecnologías más utilizadas en entornos urbanos es la energía solar fotovoltaica, que ha experimentado una notable expansión debido a la reducción de costos de los paneles solares y a los avances en eficiencia energética. Estudios han demostrado que la instalación de paneles fotovoltaicos en techos urbanos podría cubrir entre el 30 % y el 40 % de la demanda energética de una ciudad, dependiendo de la radiación solar disponible y del nivel de optimización en el uso de la energía generada. La implementación de sistemas solares en edificios públicos y comerciales ha permitido reducir significativamente las emisiones de CO₂ en sectores clave como la industria y el comercio, además de generar ahorros económicos a largo plazo.

Otra fuente renovable de creciente adopción es la energía eólica distribuida, la cual aprovecha corrientes de viento a baja altitud para generar electricidad en entornos urbanos. Aunque tradicionalmente la energía eólica ha estado asociada con grandes parques ubicados en zonas rurales o costeras, el desarrollo de turbinas eólicas de pequeña escala ha permitido su integración en ciudades, proporcionando una fuente complementaria de energía renovable. Sin embargo, la viabilidad de esta tecnología depende de factores como la velocidad del viento y las regulaciones urbanísticas, que pueden limitar su implementación en áreas densamente pobladas.

Un aspecto clave en la integración de energías renovables en ciudades es el desarrollo de redes inteligentes (smart grids), las cuales optimizan la distribución de la electricidad mediante tecnologías digitales. Estas redes permiten una mejor gestión de la demanda energética, reducen las pérdidas en la transmisión y facilitan la integración de fuentes renovables intermitentes en la matriz energética urbana (Gyamfi et al., 2018). La implementación de estas tecnologías no solo mejora la eficiencia energética, sino que también aumenta la resiliencia del sistema eléctrico frente a eventos climáticos extremos.

3.1.3. Movilidad sostenible y transporte público

El sector del transporte es uno de los principales contribuyentes a las emisiones de GEI en entornos urbanos, representando aproximadamente el 25 % de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía (Creutzig et al., 2018). La implementación de estrategias de movilidad sostenible es esencial para la mitigación del cambio climático, y en este sentido, la electrificación del transporte público, el fomento de la movilidad activa y la optimización de la infraestructura urbana han demostrado ser soluciones efectivas.

La electrificación del transporte público ha sido una de las estrategias más exitosas en la reducción de emisiones en ciudades con alta densidad poblacional. La adopción de autobuses eléctricos, trenes ligeros y sistemas de metro ha permitido reducir hasta en un 50 % las emisiones de carbono en comparación con los sistemas de transporte convencionales basados en combustibles fósiles (Sioshansi, 2020). En ciudades como Shenzhen, China, donde el 100 % de la flota de autobuses es eléctrica, se ha observado una reducción significativa en la contaminación del aire y en los costos operativos del sistema de transporte público.

El desarrollo de infraestructura para la movilidad activa, como carriles exclusivos para bicicletas y zonas peatonales, también ha demostrado ser una estrategia efectiva para reducir la dependencia del automóvil y fomentar el transporte sostenible. Estudios han mostrado que el uso de la bicicleta como medio de transporte urbano puede reducir las emisiones de GEI en hasta un 20 % en ciudades con una infraestructura adecuada para su implementación (Pucher & Buehler, 2017).

Por último, la digitalización del transporte y la implementación de movilidad como servicio (MaaS, por sus siglas en inglés) han permitido optimizar el uso del transporte urbano a través de plataformas inteligentes que integran diferentes modos de movilidad en una sola aplicación. Estas soluciones han facilitado la reducción del uso de vehículos privados y han promovido el uso compartido de transporte, reduciendo así la huella de carbono del sector (Mulley & Nelson, 2020).

3.2. Políticas y gobernanza climática

3.2.1. Regulaciones ambientales y reducción de emisiones

Las regulaciones ambientales constituyen uno de los pilares fundamentales en la gobernanza climática urbana, ya que establecen los marcos normativos que guían la reducción de emisiones y la transición hacia modelos sostenibles de desarrollo. En este contexto, diversas estrategias regulatorias han demostrado ser efectivas para mitigar el impacto ambiental de las ciudades, abordando sectores clave como el transporte, la edificación, la gestión de residuos y la producción energética (Meadowcroft, 2019).

3.2.1.1. Impuestos al carbono y mercados de emisiones

Una de las herramientas regulatorias más efectivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en entornos urbanos es la implementación de impuestos al carbono y sistemas de comercio de emisiones. Estas estrategias han sido adoptadas por diversas ciudades y países como mecanismos de desincentivo al uso de combustibles fósiles, al tiempo que generan ingresos que pueden ser reinvertidos en infraestructura sostenible y programas de mitigación climática.

El impuesto al carbono, aplicado en ciudades como Estocolmo y Vancouver, ha permitido reducir las emisiones mediante el encarecimiento de los combustibles fósiles y la promoción de fuentes de energía renovable. La experiencia de Suecia, que introdujo un impuesto al carbono en 1991, ha demostrado que este tipo de medidas pueden contribuir a una reducción significativa de emisiones sin afectar negativamente el crecimiento económico (Hsu et al., 2020). Además, en ciudades como Londres, donde se ha implementado un sistema de tarificación de carbono en el transporte urbano, se

ha registrado una disminución en el uso de vehículos privados y un aumento en la adopción de medios de transporte sostenibles (Rabe, 2018).

Por otro lado, los mercados de comercio de emisiones han sido una estrategia adoptada en la Unión Europea y algunas ciudades de Estados Unidos y China. Este sistema permite a las empresas comprar y vender permisos de emisión dentro de un límite total establecido por las autoridades. Se ha documentado que este tipo de regulaciones ha sido eficaz en la reducción de emisiones en sectores industriales y energéticos, incentivando la inversión en tecnologías limpias y la eficiencia energética (Aldy & Stavins, 2012).

3.2.1.2. Normativas de eficiencia energética en edificaciones

Las edificaciones son responsables de una proporción significativa del consumo energético y las emisiones de carbono en las ciudades, lo que ha llevado a la implementación de **normativas de eficiencia energética** para reducir su impacto ambiental (Berardi, 2015). Estrategias como la certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y el estándar Passivhaus han demostrado ser eficaces en la disminución del consumo energético mediante la mejora del aislamiento térmico, el uso de materiales sostenibles y la optimización del consumo eléctrico (Dwaikat & Ali, 2018).

En ciudades como Nueva York y Berlín, la regulación ambiental exige que las nuevas construcciones cumplan con estrictos estándares de eficiencia energética, lo que ha llevado a una transformación en el diseño arquitectónico y en la integración de energías renovables en los edificios (Holman et al., 2015). Asimismo, el fomento de la rehabilitación energética en edificaciones antiguas ha permitido reducir la huella de carbono del parque inmobiliario existente, una estrategia clave para avanzar hacia la sostenibilidad urbana.

3.2.1.3. Zonas de bajas emisiones y restricciones vehiculares

Otra estrategia regulatoria efectiva ha sido la creación de zonas de bajas emisiones (ZBE), donde se restringe el acceso a vehículos altamente contaminantes y se incentiva el uso del transporte público y la movilidad activa (Bigazzi & Rouleau, 2017). Ciudades como Madrid, París y Milán han implementado estas restricciones con resultados positivos en la reducción de la contaminación del aire y en la disminución de emisiones de CO₂ derivadas del transporte urbano (Holman et al., 2015).

Además de las ZBE, muchas ciudades han implementado estrategias de peajes urbanos, como el caso de Londres y Singapur, donde los conductores deben pagar una tarifa para ingresar al centro de la ciudad en horarios pico. Estas medidas han sido efectivas en la reducción del tráfico y han generado recursos que se reinvierten en infraestructura de transporte público y movilidad sostenible (Creutzig et al., 2018).

3.2.2. Participación ciudadana en acciones climáticas

La gobernanza climática no puede limitarse únicamente a la acción de los gobiernos y las instituciones, sino que debe integrar a la ciudadanía como un actor clave en la formulación y ejecución de estrategias de mitigación. La literatura ha demostrado que las políticas ambientales tienen un mayor impacto cuando cuentan con la colaboración activa de la sociedad, ya que la participación ciudadana permite la adopción de

soluciones adaptadas a las realidades locales y fomenta el compromiso colectivo con la sostenibilidad.

3.2.2.1. Presupuestos participativos verdes

Una de las estrategias más innovadoras en la participación ciudadana es la implementación de presupuestos participativos verdes, los cuales permiten a la población decidir cómo se asignan los recursos destinados a proyectos ambientales. Ciudades como Porto Alegre y París han implementado estos mecanismos, lo que ha resultado en la financiación de proyectos de reforestación urbana, movilidad sostenible y eficiencia energética en edificios públicos.

Estos procesos han demostrado ser eficaces para mejorar la transparencia en la gestión pública y fortalecer el compromiso ciudadano con la acción climática. Además, la asignación de fondos a proyectos propuestos por la comunidad permite una mayor apropiación de las iniciativas, lo que incrementa su éxito a largo plazo (Sintomer et al., 2013).

3.2.2.2. Movimientos sociales y activismo climático

El activismo climático ha sido un motor de cambio en la política ambiental de las ciudades. Movimientos como Fridays for Future y Extinction Rebellion han logrado movilizar a miles de ciudadanos en favor de políticas más ambiciosas para la reducción de emisiones y la transición ecológica (Fisher & Nasrin, 2021). Estos movimientos han ejercido presión sobre los gobiernos locales para la implementación de estrategias más agresivas en la lucha contra el cambio climático, impulsando la declaración de emergencias climáticas en diversas ciudades y la adopción de compromisos más estrictos en materia de reducción de emisiones.

3.2.2.3. Comunidades energéticas locales

La descentralización del sistema energético y el empoderamiento de la ciudadanía han dado lugar a la creación de comunidades energéticas locales, en las cuales los residentes generan y gestionan su propia energía a partir de fuentes renovables (Seyfang & Haxeltine, 2012). Estas iniciativas han sido particularmente exitosas en Europa, donde políticas de apoyo han facilitado la creación de cooperativas energéticas que permiten a los ciudadanos producir electricidad de manera colectiva y reducir su dependencia de las grandes corporaciones energéticas (Devine-Wright, 2019).

3.2.2.4. Herramientas digitales para la participación climática

El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de plataformas digitales que fomentan la participación ciudadana en la gobernanza climática. Herramientas como ClimateView y Decidim han sido utilizadas en ciudades como Estocolmo y Barcelona para involucrar a la población en el monitoreo de los avances en reducción de emisiones y en la formulación de políticas ambientales (Castañeda et al., 2021).

4. Discusión

Los resultados obtenidos a partir de la revisión bibliográfica permiten evidenciar que la mitigación del cambio climático en ciudades sostenibles requiere una combinación

estratégica de tecnologías innovadoras, regulaciones ambientales estrictas y una gobernanza climática inclusiva. Las estrategias tecnológicas, especialmente aquellas vinculadas con la infraestructura verde, la transición energética y la movilidad sostenible, han demostrado ser fundamentales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mejorar la resiliencia urbana (Oke et al., 2017; Creutzig et al., 2018). Paralelamente, el desarrollo de marcos regulatorios eficaces y la participación ciudadana han facilitado la implementación de políticas climáticas más ambiciosas y adaptadas a los contextos locales (Jordan & Huitema, 2014).

La infraestructura verde ha sido identificada como un componente clave en la reducción del impacto ambiental de las ciudades al actuar como un sumidero natural de carbono y al mejorar las condiciones microclimáticas urbanas. La literatura revisada confirma que la implementación de bosques urbanos, techos y muros verdes, y corredores ecológicos no solo contribuye a la captura de carbono, sino que también mitiga el efecto de isla de calor urbana y mejora la calidad del aire (Gunawardena et al., 2017; Livesley et al., 2016). Sin embargo, la efectividad de estas soluciones depende de su adecuada planificación y mantenimiento, ya que la selección de especies vegetales inadecuadas o la falta de riego pueden comprometer sus beneficios a largo plazo (Zhao et al., 2017).

En lo que respecta a la transición energética, el uso de energías renovables en entornos urbanos se ha consolidado como una estrategia esencial para la descarbonización de la matriz energética. La expansión de la energía solar fotovoltaica y la energía eólica distribuida ha demostrado ser viable en diversas ciudades, aunque su implementación enfrenta desafíos relacionados con la intermitencia de la generación y la necesidad de infraestructuras de almacenamiento. En este sentido, la digitalización del sector energético a través de redes inteligentes ha permitido optimizar la distribución de la electricidad y mejorar la eficiencia del consumo, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles y favoreciendo la integración de energías limpias (Gyamfi et al., 2018). No obstante, persisten barreras económicas y políticas que dificultan la adopción masiva de estas tecnologías, especialmente en ciudades con marcos regulatorios poco desarrollados o con una dependencia estructural de fuentes de energía convencionales (Lund et al., 2016).

El sector del transporte, uno de los principales emisores de GEI en entornos urbanos, ha experimentado importantes transformaciones con la adopción de estrategias de movilidad sostenible. La electrificación del transporte público, combinada con la expansión de infraestructuras para la movilidad activa, ha demostrado ser una solución eficaz para la reducción de emisiones y la mejora de la calidad del aire (Pucher & Buehler, 2017; Sioshansi, 2020). Sin embargo, estudios han señalado que el éxito de estas estrategias depende de la disponibilidad de incentivos económicos y de una infraestructura adecuada que facilite la adopción de vehículos eléctricos y el uso de medios de transporte alternativos. Además, la movilidad como servicio (MaaS) ha surgido como una solución innovadora que permite la integración de diferentes modos de transporte en una sola plataforma digital, promoviendo el uso compartido de vehículos y la reducción de la congestión vial (Mulley & Nelson, 2020).

Desde una perspectiva regulatoria, los marcos normativos han sido determinantes en la implementación de estrategias de mitigación del cambio climático en las ciudades. Los impuestos al carbono y los sistemas de comercio de emisiones han mostrado resultados positivos en la reducción del uso de combustibles fósiles y en la financiación de

proyectos de infraestructura sostenible (Rabe, 2018). Asimismo, las normativas de eficiencia energética en edificaciones han logrado reducir significativamente el consumo energético de los edificios, promoviendo diseños arquitectónicos más sostenibles y el uso de materiales de bajo impacto ambiental (Berardi, 2015; Dwaikat & Ali, 2018). Sin embargo, la efectividad de estas políticas varía según el contexto socioeconómico y político de cada ciudad, ya que en algunos casos la falta de incentivos adecuados o la resistencia del sector industrial pueden limitar su implementación (Hsu et al., 2020).

Un aspecto clave en la gobernanza climática es la participación ciudadana, la cual ha demostrado ser un factor determinante en el éxito de las políticas ambientales urbanas. La implementación de presupuestos participativos verdes ha permitido que la comunidad tenga un rol activo en la toma de decisiones sobre proyectos ambientales, fortaleciendo el compromiso ciudadano con la sostenibilidad (Sintomer et al., 2013). Además, el activismo climático y los movimientos sociales han impulsado cambios en la agenda política, exigiendo medidas más ambiciosas en la reducción de emisiones y la adaptación climática (Fisher & Nasrin, 2021; Newell & Mulvaney, 2013). A su vez, la digitalización ha facilitado el acceso a información y la interacción entre ciudadanos y autoridades, promoviendo una gobernanza más transparente y colaborativa a través de plataformas digitales.

En síntesis, la mitigación del cambio climático en ciudades sostenibles requiere un enfoque integral que combine soluciones tecnológicas, marcos regulatorios sólidos y una gobernanza participativa. Si bien las estrategias revisadas han demostrado ser eficaces en diversos contextos urbanos, su éxito depende de la coherencia en su implementación y del compromiso de los distintos actores involucrados. La transición hacia ciudades con bajas emisiones de carbono no solo implica desafíos tecnológicos y económicos, sino también la necesidad de fortalecer la gobernanza climática y fomentar una cultura de sostenibilidad entre la ciudadanía. En este sentido, es fundamental que las políticas ambientales urbanas continúen evolucionando y adaptándose a las dinámicas socioeconómicas y ambientales de cada territorio, garantizando así un desarrollo resiliente y alineado con los objetivos globales de mitigación del cambio climático.

5. Conclusiones

El análisis realizado sobre las estrategias de mitigación del cambio climático en ciudades sostenibles permite evidenciar la necesidad de un enfoque integral que combine innovaciones tecnológicas, regulaciones ambientales efectivas y una gobernanza climática participativa. Las ciudades, al ser centros neurálgicos de actividad económica y social, desempeñan un papel crucial en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la transición hacia modelos urbanos resilientes y de bajas emisiones de carbono.

Las estrategias tecnológicas han demostrado ser fundamentales para mitigar el impacto ambiental de las ciudades. La implementación de infraestructura verde ha sido clave para la captura de carbono, la reducción del efecto de isla de calor y la mejora de la calidad del aire. Asimismo, la transición hacia energías renovables en el entorno urbano ha permitido reducir la dependencia de combustibles fósiles y optimizar el consumo

energético a través de redes inteligentes. En el sector del transporte, la electrificación de la movilidad y el desarrollo de infraestructuras para medios de transporte sostenibles han mostrado resultados positivos en la disminución de la contaminación y en la mejora de la calidad de vida de la población.

En el ámbito normativo, las regulaciones ambientales han sido determinantes para la reducción de emisiones en las ciudades. Medidas como los impuestos al carbono, los mercados de comercio de emisiones y las normativas de eficiencia energética en edificaciones han contribuido significativamente a la disminución del impacto ambiental urbano. Además, la implementación de zonas de bajas emisiones y restricciones vehiculares ha permitido reducir la contaminación del aire y promover el uso del transporte público y la movilidad activa. Sin embargo, la efectividad de estas políticas depende en gran medida de su adecuada planificación, fiscalización y adaptación a los contextos socioeconómicos de cada ciudad.

La gobernanza climática ha emergido como un componente esencial en la formulación e implementación de estrategias de mitigación. La participación ciudadana ha demostrado ser un factor clave en la legitimación y efectividad de las políticas ambientales, ya sea a través de presupuestos participativos, movimientos sociales o la creación de comunidades energéticas locales. Asimismo, el uso de plataformas digitales ha facilitado la transparencia y la colaboración entre ciudadanos y autoridades, fortaleciendo la acción climática a nivel local.

Si bien se han identificado múltiples estrategias exitosas, aún persisten desafíos en la escalabilidad y replicabilidad de estas iniciativas. La falta de financiamiento, la resistencia de ciertos sectores económicos y la insuficiente coordinación entre distintos niveles de gobierno siguen siendo obstáculos para la consolidación de ciudades verdaderamente sostenibles. En este sentido, resulta fundamental continuar con la generación de políticas integrales que articulen innovación tecnológica, marcos regulatorios sólidos y una ciudadanía activa y comprometida con la sostenibilidad ambiental.

El futuro de las ciudades depende de su capacidad para adaptarse y transformar sus modelos de desarrollo hacia esquemas más resilientes y sostenibles. La mitigación del cambio climático en contextos urbanos no solo es una necesidad urgente, sino también una oportunidad para repensar el diseño, la infraestructura y la gestión de las ciudades con una visión de largo plazo. La combinación de avances científicos, decisiones políticas fundamentadas y la participación activa de la sociedad será determinante para garantizar un desarrollo urbano compatible con los desafíos climáticos del siglo XXI.

Referencias Bibliográficas

Aldy, J. E., & Stavins, R. N. (2012). The promise and problems of pricing carbon: Theory and experience. *The Journal of Environment & Development*, 21(2), 152-180. <https://doi.org/10.1177/1070496512442508>

Azevedo, I. M., Morgan, M. G., & Lave, L. B. (2017). Reducing U.S. residential energy use and CO₂ emissions: How much, how soon, and at what cost? *Environmental Science & Technology*, 51(6), 3073-3081. <https://doi.org/10.1021/es303688k>

- Berardi, U. (2015). Building energy consumption in US, EU, and BRIC countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 406-427. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.411>
- Bigazzi, A. Y., & Rouleau, M. (2017). Can traffic management strategies improve urban air quality? A review of the evidence. *Journal of Transport & Health*, 7, 111-124. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.08.001>
- Bulkeley, H., Edwards, G. A. S., & Fuller, S. (2014). Contesting climate justice in the city: Examining politics and practice in urban climate change experiments. *Global Environmental Change*, 25, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.01.009>
- Creutzig, F., Javaid, A., Soomaroo, Z., Lohrey, S., Milojevic-Dupont, N., Ramakrishnan, A., & Sethi, M. (2020). Fair street space allocation: Ethical principles and empirical insights. *Transport Reviews*, 39(6), 659-683. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1762795>
- Creutzig, F., Roy, J., Lamb, W.F. *et al.* Towards demand-side solutions for mitigating climate change. *Nature Clim Change* 8, 260–263 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0121-1>
- Gunawardena, K. R., Wells, M. J., & Kershaw, T. (2017). Utilising green and blue space to mitigate urban heat island intensity. *Science of the Total Environment*, 584-585, 1040-1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>
- Jordan, A., & Huitema, D. (2014). Policy innovation in a changing climate: Sources, patterns and effects. *Global Environmental Change*, 29, 387-394. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.09.005>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kern, K. (2019). Cities as leaders in EU multilevel climate governance: Embedded upscaling of local experiments in Europe. *Environmental Politics*, 28(1), 125-145. <https://doi.org/10.1080/09644016.2019.1521979>
- Klemeš, J. J., Fan, Y. V., & Jiang, P. (2020). The energy and environmental footprints of COVID-19 fighting measures – Perspectives and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109883. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118701>
- Lund, H., Østergaard, P. A., Connolly, D., & Mathiesen, B. V. (2016). Smart energy systems and 4th generation district heating. *Energy*, 137, 455-465. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.096>
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>
- Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J. M., Pietrapertosa, F., De Gregorio-Hurtado, S., ... & Dawson, R. J. (2018). How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*, 191, 207-219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.220>

Rosenzweig, C., Solecki, W., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., & Bowman, T. (Eds.). (2018). *Climate change and cities: Second assessment report of the urban climate change research network*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316563878>

Seto, K. C., Davis, S. J., Mitchell, R. B., Stokes, E. C., Unruh, J. D., & Ürge-Vorsatz, D. (2021). Carbon lock-in: Types, causes, and policy implications. *Annual Review of Environment and Resources*, 46, 685-711. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085934>

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.