

Respuestas

UFPS



Artículo Original

<https://doi.org/10.22463/0122820X.5165>

The importance of sustainable urban planning in cities with hot and humid climates: Strategies and challenges for resilient development, an analysis applied to Cúcuta

La importancia de la planificación urbana sostenible en ciudades de clima cálido húmedo: Estrategias y desafíos para un desarrollo resiliente, análisis aplicado a Cúcuta

Silvia Janeth Monsalve-Jaimes^{1*}, Mauricio Enrique Sotelo-Barrios², Jarol Derley Ramón-Valencia³

^{1*} MSc en Arquitectura bioclimática, silvia.monsalve@unipamplona.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-2555-6916>, Programa de Arquitectura, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.

² PhD. en Administración, mauricio.sotelo@unipamplona.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-6091-7473>, Programa de Diseño Industrial, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Cúcuta, Colombia.

³ PhD. en Ingeniería Ambiental, jarol.ramon@unipamplona.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-2030-4904>, Programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.

Cómo citar: S. J. Monsalve-Jaimes, M. E. Sotelo-Barrios, y J. D. Ramón-Valencia, “La importancia de la planificación urbana sostenible en ciudades de clima cálido húmedo: Estrategias y desafíos para un desarrollo resiliente, análisis aplicado a Cúcuta”, *Respuestas*, vol. 30, n.º 1, pp. 67-82, ene. 2025. <https://doi.org/10.22463/0122820X.5165>

Received on August 09, 2024 - Approved on December 17, 2024 - Published on January 1, 2025.

ABSTRACT

Keywords:

Urban planning
sustainable development
urban heat island
bioclimatic design
thermal comfort climate
resilience.

Urban planning in hot-humid climates faces significant challenges due to rapid urban growth and climate change. The urban heat island effect (UHI) exacerbates high temperatures, negatively impacting public health, energy consumption, and quality of life. Sustainable urban development seeks to balance economic growth with ecological conservation through bioclimatic strategies. In Cúcuta, Colombia, inefficient urban planning has increased thermal discomfort, particularly in high-density areas. Key mitigation strategies include urban green infrastructure, reflective materials, green roofs, and wind corridors. These measures enhance thermal comfort, reduce energy demand, and improve environmental resilience. This study highlights the need for adaptive urban planning to create more livable and sustainable environments in hot-humid cities.

RESUMEN

Palabras clave:

Planificación urbana
Desarrollo sostenible isla
de calor urbana diseño
bioclimático confort
térmico infraestructura
verde resiliencia climática.

La planificación urbana en climas cálidos y húmedos enfrenta desafíos significativos debido al rápido crecimiento urbano y al cambio climático. El efecto de isla de calor urbana (ICU) exagera las altas temperaturas, lo que afecta negativamente la salud pública, el consumo de energía y la calidad de vida. El desarrollo urbano sostenible busca equilibrar el crecimiento económico con la conservación ecológica a través de estrategias bioclimáticas. En Cúcuta, Colombia, la planificación urbana operante ha aumentado el malestar térmico significativamente, particularmente en áreas de alta densidad como el centro de la ciudad y sus áreas de uso comercial. Las estrategias de mitigación claves para evitar el malestar térmico incluyen infraestructura verde urbana, materiales reflectantes, techos verdes y corredores eólicos. Estas medidas mejoran el confort térmico, reducen la demanda de energía y mejoran la resiliencia ambiental. Este estudio destaca la necesidad de una planificación urbana adaptativa para crear entornos más habitables y sostenibles en ciudades cálidas y húmedas.

*Corresponding author.

E-mail address: silvia.monsalve@unipamplona.edu.co (Silvia Janeth Monsalve-Jaimes)

Peer review is the responsibility of the Universidad Francisco de Paula Santander.



This is an article under the license CC BY-NC 4.0

Introducción

Las ciudades de clima cálido-húmedo enfrentan desafíos ambientales significativos derivados del crecimiento urbano acelerado, la densidad urbana y el cambio climático. Entre estos, el efecto isla de calor urbano (ICU) se ha convertido en un problema crítico, intensificando las temperaturas en las zonas urbanas debido a la absorción y retención de calor en superficies construidas como el asfalto y el concreto. En Cúcuta, ciudad colombiana caracterizada por su clima cálido-húmedo y marcada estacionalidad térmica, este fenómeno se ha agudizado en los últimos años, generando impactos adversos en la calidad de vida, la salud pública y el consumo energético. La deficiente planificación urbana, la densidad urbana, el crecimiento descontrolado y la falta de infraestructura verde han exacerbado la vulnerabilidad de la ciudad ante el incremento de temperaturas inducido por el cambio climático.

El urbanismo bioclimático se presenta como una estrategia clave para mitigar estos efectos, promoviendo diseños urbanos que optimicen el microclima local mediante la integración de elementos naturales, tales como vegetación, cuerpos de agua y ventilación natural [1]. En este sentido, la planificación urbana sostenible debe priorizar el uso de materiales con mayor reflectividad térmica, la implementación de techos y muros verdes, el diseño de corredores ecológicos y la redistribución de espacios urbanos para mejorar la circulación del viento y reducir la acumulación de calor. Estas estrategias no solo favorecen el confort térmico de la población, sino que también disminuyen la demanda de energía para refrigeración, contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En el caso específico de Cúcuta, la falta de una planificación urbana adaptada a su clima cálido-húmedo ha generado un entorno urbano donde el confort térmico se ve comprometido, especialmente en espacios públicos y áreas de alta densidad construida. De acuerdo con el Índice de Confort Térmico (IC) propuesto por el IDEAM, factores como la radiación solar intensa, la escasa presencia de árboles y la baja velocidad del viento afectan la percepción térmica de los habitantes, incrementando el estrés térmico y la vulnerabilidad de grupos sensibles como niños y adultos mayores. Por ello, es fundamental desarrollar estrategias de diseño urbano adaptativo que consideren estos factores y contribuyan a mejorar las condiciones micro-climáticas de la ciudad.

El objetivo de este artículo es definir estrategias para entornos urbanos en climas cálidos-húmedos, específicamente en contextos como el de Cúcuta, donde el cambio climático ha exacerbado el incremento de temperaturas. La identificación de estas estrategias permitirá orientar políticas públicas y proyectos urbanos que fomenten un entorno más habitable y sostenible para la población.

Marco Teórico

Planificación Urbana Sostenible y Desarrollo Resiliente

La planificación urbana sostenible es un enfoque multidimensional que busca equilibrar el crecimiento de las ciudades con la conservación del medio ambiente, la eficiencia en el uso de recursos y la mejora del bienestar humano [2]. Basada en principios de desarrollo sustentable definidos en la Conferencia de Río en 1992, esta estrategia enfatiza la necesidad de reducir el consumo energético, minimizar la huella ambiental y optimizar la resiliencia urbana [3] frente al cambio climático [4].

Los principios fundamentales de la planificación urbana sostenible incluyen la integración de la infraestructura verde, la eficiencia energética en el diseño urbano y la reducción de emisiones de carbono [5]. La combinación de estos factores permite mejorar la calidad ambiental y reducir los efectos adversos del crecimiento descontrolado de las ciudades.

Existen varios Modelos de Planificación Urbana Sostenible que han sido adoptados para promover la sostenibilidad en entornos urbanos. Entre los más relevantes se encuentran: La Ciudad compacta que busca incrementar la densidad urbana para reducir la expansión descontrolada, mejorar la movilidad sostenible y disminuir la dependencia del automóvil [2] La Ciudad verde promueve la autosuficiencia local mediante la incorporación de infraestructura ecológica, gestión eficiente del agua y reducción de residuos urbanos [4]. Complementado con el Urbanismo bioclimático: Propone el diseño urbano adaptado a las condiciones climáticas locales, considerando la radiación solar, los vientos dominantes y la vegetación [6]. Estos modelos proporcionan un marco metodológico para la formulación de estrategias urbanas resilientes y sostenibles, particularmente en regiones afectadas por el aumento de temperaturas debido al cambio climático.

Clima Urbano y el Efecto de Isla de Calor Urbana (ICU)

El crecimiento acelerado de las ciudades ha provocado alteraciones significativas en la dinámica climática local, dando lugar al concepto de clima urbano. Este término hace referencia a los cambios microclimáticos generados por la urbanización de alta densidad, los cuales pueden afectar la temperatura, la humedad, la velocidad del viento y la calidad del aire [1][7]. Uno de los fenómenos más representativos del clima urbano es la isla de calor urbana (ICU), que se manifiesta como un incremento de temperatura en las ciudades en comparación con sus alrededores rurales. El clima urbano es el resultado de la interacción entre patrones meteorológicos globales, características geográficas locales y modificaciones inducidas por la urbanización. Este fenómeno se manifiesta en alteraciones en los patrones térmicos, la humedad, la calidad del aire y la circulación atmosférica en áreas urbanas [1] Una de las manifestaciones más críticas del clima urbano es el efecto de isla de calor urbana (ICU), definido como el incremento de la temperatura en zonas urbanizadas en comparación con sus alrededores rurales. Este fenómeno es causado por la absorción de radiación solar en materiales urbanos de baja reflectividad, la reducción de la vegetación y la generación de calor antropogénico [7]

Las islas de calor pueden presentarse en diferentes niveles según [7]:

Superficie Urbana: Afecta la temperatura de la superficie del suelo y las estructuras construidas.

Atmósfera a Nivel de la Altura de los Humanos: Afecta la temperatura del aire a la altura de los humanos, generalmente medida a 2 metros sobre el suelo.

Atmósfera por Encima del Dosel Urbano: Afecta la temperatura del aire por encima de los edificios. Y **subsuperficie:** Afecta la temperatura del suelo y las estructuras subterráneas.

Las islas de calor se originan principalmente por los cambios en la cubierta del suelo, al dejar de tener vegetación o cuerpos de agua, consumen parte de la energía solar recibida en calentar el aire y la superficie en vez de gastarlo en evaporar agua [7].

Pueden tener varios efectos negativos, incluyendo: Aumento de la Demanda Energética por incremento en el uso de aire acondicionado y otros sistemas de refrigeración. Impacto en la Salud ocasionando mayor riesgo de enfermedades relacionadas con el calor, como golpes de calor y problemas respiratorios. Baja Calidad del Aire incrementando la concentración de contaminantes atmosféricos. Y Contribución al Cambio Climático por el Incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero debido al mayor consumo energético [3].

El fenómeno de la isla de calor urbana (ICU) se manifiesta como un incremento de temperatura en las zonas urbanizadas en comparación con sus alrededores rurales. Esta diferencia térmica es el resultado de modificaciones antropogénicas en el balance energético de la ciudad, derivadas de la urbanización, el cambio en el uso del suelo y la actividad humana [8][9].

La magnitud de la Isla de calor urbana (ICU) puede estimarse a través de la ecuación de intensidad máxima (IC_{max}), en función del logaritmo de la población urbana: $IC_{max}=2\log_{10}(P_c)-8$ donde P_c representa la población de la ciudad (Gómez-Azpeitia et al., 2023). La ecuación sugiere que ciudades más densamente pobladas presentan una mayor intensidad de la ICU debido a la acumulación térmica provocada por los materiales urbanos, la reducción de áreas verdes y el incremento de fuentes de calor antropogénico.

El balance energético urbano está influenciado por la absorción, emisión y transferencia de calor en la ciudad. La reducción del albedo debido a la utilización de materiales de construcción con baja reflectividad, como el hormigón y el asfalto, aumenta la absorción de radiación solar durante el día y prolonga la liberación de calor durante la noche, intensificando la ICU [8]. La conversión de espacios naturales en entornos urbanos disminuye la evapotranspiración, un proceso clave para la disipación de calor. La composición de las superficies urbanas, caracterizadas por su baja inercia térmica y alta absorción de calor, favorece la intensificación de la ICU [9]. Es decir, los materiales urbanos poseen una alta capacidad de almacenamiento térmico y una baja emisividad, lo que facilita la acumulación de calor durante el día y su liberación nocturna. Así como un incremento por la utilización de sistemas activos de refrigeración (aires acondicionados) de los espacios habitables como oficinas y locales comerciales, que incrementan las temperaturas urbanas. Las calles estrechas rodeadas de edificios altos generan el "efecto cañón", que reduce drásticamente la ventilación y atrapa el calor dentro de la ciudad. Estas condiciones y configuración arquitectónica limitan el enfriamiento nocturno y amplifica la diferencia térmica entre la ciudad y sus alrededores rurales. Así como la alteración la circulación del aire por los edificios construidos, limitando el enfriamiento por convección y aumentando la retención térmica. En condiciones de viento débil, la ventilación natural es insuficiente para disipar el calor acumulado, intensificando la ICU [2]. Igualmente, las partículas en suspensión y los gases contaminantes en las ciudades pueden modificar los flujos de radiación al absorber y reemitir calor, creando una capa que retiene la radiación térmica y contribuye al calentamiento urbano [7].

Impactos de la ICU en la salud, el medio ambiente y la energía

El sobrecalentamiento urbano ha sido identificado como un factor crítico que impacta la salud pública, la demanda energética y el medio ambiente. El aumento sostenido de las temperaturas en entornos urbanos está vinculado a una mayor incidencia de enfermedades térmicas y cardiovasculares, especialmente en poblaciones vulnerables, efecto que se intensificará debido al incremento exponencial en la frecuencia de olas de calor extremas en ciudades con alta intensidad de isla de calor urbana (ICU) [7][9]. Desde la perspectiva de la demanda energética, el sobrecalentamiento urbano genera una dependencia creciente de los sistemas de climatización, lo que conlleva un aumento sustancial en el consumo energético y, por ende, en las emisiones de gases de efecto invernadero. En América Latina y el Caribe, se estima que el uso intensivo de aire acondicionado podría representar hasta un 6% del PIB de algunas ciudades para 2050, reflejando un impacto económico significativo [4]. En este sentido, estrategias como el rediseño geométrico urbano, la incorporación de vegetación, el uso de superficies reflectantes y la presencia de cuerpos de agua han sido identificadas como mecanismos efectivos para mitigar la formación de ICU y mejorar el confort térmico en espacios exteriores urbanos [10].

Estrategias para la mitigación de la ICU y Adaptación urbana

Para contrarrestar los efectos negativos de la ICU y mejorar la sostenibilidad urbana, se han propuesto diversas estrategias de mitigación: La estrategia más relevante es la plantación de árboles y la creación de espacios verdes urbanos ya que pueden reducir la temperatura del aire en 2.0 °C en promedio durante el verano, al generar sombra y promover la evapotranspiración [10].

El empleo de techos fríos y pavimentos con alta reflectividad disminuye la absorción de calor, aunque algunos estudios advierten que un incremento en superficies altamente reflectantes puede aumentar la sensación térmica percibida debido al reflejo de la radiación solar, así como la implementación de cubiertas vegetales en edificios puede reducir la temperatura del aire a nivel peatonal en hasta 0.8 °C

en zonas con edificaciones de baja altura, proporcionando beneficios adicionales en términos de aislamiento térmico y retención de agua de lluvia. Igualmente, la planificación urbana puede optimizar la orientación de los edificios, la ventilación natural y la reducción de superficies impermeables para minimizar la acumulación de calor. Se ha encontrado que la modificación de la geometría urbana puede reducir la temperatura del y mejorar el confort térmico en espacios públicos [11] También la inclusión de fuentes, lagos y canales en el diseño urbano ha demostrado reducir la temperatura del aire debido al efecto de enfriamiento por evaporación, especialmente en climas cálidos y secos [10].

Metodología

A. Enfoque Metodológico.

La investigación se basa en un enfoque mixto que integra métodos cualitativos y cuantitativos para analizar la planificación urbana sostenible en ciudades de clima cálido-húmedo, tomando como análisis de estudio la ciudad de Cúcuta, Colombia. Este enfoque permite evaluar tanto la estructura normativa y de gestión urbana como las condiciones ambientales y urbanísticas que afectan el confort térmico y la sostenibilidad en la ciudad.

Técnicas de recopilación de datos

Para el desarrollo de la investigación, se emplean dos técnicas principales de recopilación de datos:

Se realizará un análisis documental y normativo sobre la planificación urbana sostenible en Cúcuta. Para ello, se revisarán: Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Cúcuta, Políticas públicas nacionales relacionadas con urbanismo sostenible y mitigación del efecto de isla de calor urbana, e informes de organismos ambientales y urbanísticos, como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Para la evaluación cuantitativa de la sostenibilidad urbana en Cúcuta, se definieron los siguientes indicadores urbanos a partir de revisión documental de parámetros ambientales, climáticos y de infraestructura verde, más utilizados: Índice de Confort Térmico (IC), Superficie de Infraestructura Verde (SIV), Densidad de Cobertura Arbórea (DCA), Índice de Movilidad Sostenible (IMS), Demanda Energética por Refrigeración (DER) y Índice de Planificación Urbana Sostenible (IPUS).

Procedimiento de análisis

La investigación seguirá un procedimiento sistemático compuesto por las siguientes etapas: Revisión documental, Recolección de datos cuantitativos: (Obtención de indicadores urbanos mediante fuentes secundarias, Análisis comparativo (Evaluación de la ciudad en relación con estándares internacionales de urbanismo bioclimático y ODS) y Propuesta de estrategias para la ciudad de Cúcuta y su análisis.

Utilización de URSA (Urban Reporting based on Satellite Analysis) herramienta innovadora desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en conjunto con el Centro para el Futuro de las Ciudades del Tecnológico de Monterrey. URSA utiliza imágenes satelitales para analizar y monitorear diversos aspectos de la urbanización en América Latina y el Caribe, incluyendo el fenómeno de las islas de calor urbanas (ICU).

Resultados

La Sostenibilidad Urbana es un concepto que ha ganado relevancia a nivel global debido a la creciente urbanización y sus impactos ambientales. En Colombia, el rápido crecimiento de las ciudades ha generado

desafíos como la degradación ambiental, la pérdida de espacios verdes y el aumento en la huella ecológica de las urbes [12]

Según los documentos analizados en urbanismo sostenible, el desarrollo urbano debe orientarse hacia la eficiencia en el uso del suelo, la conservación de ecosistemas y la reducción de emisiones contaminantes mediante el diseño de ciudades compactas y la implementación de tecnologías ecológicas. Estas estrategias no solo mejoran la calidad de vida de los ciudadanos, sino que también promueven un crecimiento económico sostenible y equilibrado. [13].

En ese sentido, las políticas públicas deben priorizar la integración de infraestructura verde en las ciudades, el uso de materiales de construcción sostenibles y la planificación de espacios urbanos que fomenten el bienestar social y ambiental. La movilidad sostenible, como el transporte público eficiente y el uso de bicicletas, juega un papel crucial en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El Plan Piloto de Bogotá, elaborado en 1950 por el urbanista suizo Le Corbusier, se convierte en uno de los primeros esfuerzos de planificación urbana integral en Colombia. Aunque no se implementó en su totalidad, este plan sentó las bases para el desarrollo urbano de la capital y referente para el diseño urbano, proponiendo la zonificación de áreas residenciales, industriales y comerciales, así como la creación de sistemas viales y espacios verdes, con una visión de ciudad más ordenada y funcional [14]

Iniciada en el año 1974, la ciclovía de Bogotá se consolidó como una de las iniciativas más emblemáticas en términos de promoción de la movilidad sostenible y la recuperación del espacio público para los ciudadanos. Y la más reciente iniciativa de cerrar las principales avenidas de la ciudad para uso exclusivo de ciclistas y peatones los domingos y festivos, ha servido de modelo para más de 300 ciudades en todo el mundo, promoviendo hábitos de vida saludables y la reducción de la contaminación urbana [15]

En el año 2008, el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Minambiente, adoptó la Política de Gestión Ambiental Urbana – PGAU. Que establece directrices fundamentales para promover ciudades más resilientes y sostenibles. La Política de Gestión Ambiental Urbana proporciona un marco estratégico tanto para instituciones como empresas privadas para abordar los retos ambientales, promoviendo una planificación sostenible que equilibre el desarrollo urbano con la conservación ambiental y el bienestar ciudadano. [6]

En estos 75 años Colombia ha avanzado en la planificación urbana sostenible mediante proyectos referentes y la implementación de leyes y políticas que promueven el equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental. La evolución de estos enfoques refleja un compromiso creciente con la sostenibilidad y la calidad de vida de sus habitantes.

Analizando la política de Gestión Ambiental Urbana, la exigencia de planes de ordenamiento y desarrollo, la normativa de planes parciales; tenemos la gestión integrada de los recursos naturales renovables, priorizando la conservación de cuencas hidrográficas y la recuperación de áreas verdes con el objetivo principal de mejorar la calidad del aire y reducir el efecto isla de calor. Además de fomentar la movilidad urbana sostenible, con el propósito de contribuir a la reducción de emisiones contaminantes. Otro aspecto clave es la reducción de la expansión urbana descontrolada, estableciendo lineamientos para evitar la ocupación de áreas de riesgo y promover la densificación urbana. Esto se complementa con la gestión de riesgos y adaptación al cambio climático, incentivando el uso de tecnologías y materiales adecuados para mitigar desastres como inundaciones y deslizamientos. [6].

Así mismo, la política impulsa la protección y gestión del espacio público, garantizando su accesibilidad y mejorando su infraestructura con criterios de confort térmico y sostenibilidad. Finalmente, se establecen instrumentos normativos y económicos que incentivan inversiones en infraestructuras verdes y regulan la

localización de actividades productivas para minimizar su impacto ambiental. Desde el 2017 se inicia un proceso de actualización de la política que aún no ha concluido, aunque su culminación se esperaba para el 2022.

Tres iniciativas en Colombia han abordado este desafío: la Política Pública Ambiental de Cambio Climático y Transición Energética de Bucaramanga, la Política Pública de Construcción Sostenible del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y el Plan de Gestión Ambiental Regional del Cesar (PGAR) 2019-2040.

Estas políticas mejoran la calidad ambiental mediante la conservación de la biodiversidad, la gestión eficiente del agua y residuos, y la promoción de energías renovables. Los documentos enfatizan la planificación territorial con criterios climáticos, la digitalización y la creación de corredores verdes para mitigar el cambio climático [16]

Construcción Sostenible en el Valle de Aburrá; Define un marco integral para la infraestructura verde, movilidad sostenible y resiliencia climática. Establece indicadores de sostenibilidad para el área metropolitana, promoviendo el transporte público eficiente, la movilidad activa y la construcción ecológica con materiales sostenibles [17].

PGAR 2019-2040 en el Cesar; Este plan integra criterios ambientales en el ordenamiento territorial y la gestión urbana. Fomenta la infraestructura verde, la conservación de recursos naturales y la movilidad sostenible con transporte público y movilidad eléctrica, reduciendo la huella ambiental [18].

A. Modelos de Planificación Urbana y su Aplicación para Colombia

Los modelos de planificación urbana sostenibles nacionales y regionales, más utilizados, incluyen estrategias como: El modelo de “Ciudad compacta”, que busca reducir la expansión descontrolada y mejorar la eficiencia del transporte. Este modelo también favorece la reducción del consumo energético y la optimización de los recursos urbanos. [2]. El modelo de “Ciudad verde”, que integra la infraestructura con soluciones ecológicas para minimizar impactos ambientales [4]. Las ciudades verdes promueven espacios abiertos, corredores ecológicos y la implementación de sistemas de drenaje sostenibles. Y el modelo de “Reservas naturales urbanas”, promueve la conservación de espacios abiertos y la protección de ecosistemas. La creación de estas reservas no solo protege la biodiversidad, sino que también brinda beneficios recreativos y educativos a la comunidad. [19] En Colombia, la planificación de espacios urbanos ha comenzado a adoptar principios de sostenibilidad, Sin embargo, aún existen barreras institucionales y falta de integración en el diseño urbano. Es necesario fomentar la colaboración entre los sectores público y privado para implementar proyectos sostenibles que beneficien tanto al medio ambiente como a la sociedad en general.

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Cúcuta

Establece una serie de estrategias de planificación urbana sostenible con el fin de mitigar los efectos del crecimiento urbano descontrolado, procura mejorar la calidad ambiental y fortalecer la resiliencia de la ciudad ante el cambio climático. Dentro de este marco, se identifican estrategias claves como la Consolidación del borde urbano-rural y expansión planificada: Que busca racionalizar la demanda de suelo para usos urbanos, priorizando el desarrollo de alta densidad y la protección de zonas de alto valor ambiental. Regeneración y densificación urbana: Donde el POT fomenta la densificación en áreas con infraestructura consolidada para reducir la expansión urbana descontrolada y mejorar el acceso a servicios. Protección de áreas de riesgo y zonas ecológicas: con el objetivo de implementar políticas de conservación y restauración en zonas de riesgo no mitigable y áreas de protección ambiental, con el objetivo de disminuir la ocupación informal del territorio. Estructura ecológica y adaptación al cambio climático: mediante la recuperación de ecosistemas

estratégicos, la protección del recurso hídrico y la conservación de la biodiversidad. Movilidad sostenible e integración del transporte público: Que Prioriza la mejora del transporte público y la infraestructura peatonal y ciclista como estrategias para reducir la dependencia del automóvil y disminuir la huella de carbono. Y como ultimo menciona la Planificación del espacio público y cobertura verde mediante la implementación de espacios públicos de calidad, promoviendo la arborización y la infraestructura verde para mejorar el confort térmico y la calidad del aire.

Análisis de los Indicadores urbanos dentro del POT de Cúcuta.

Índice de Confort Térmico (IC), No se especifica un valor exacto, pero se reconoce la necesidad de aplicar estrategias de mitigación del efecto de isla de calor urbana (ICU).

Superficie de Infraestructura Verde (SIV), Se prioriza la generación de nuevos espacios verdes y la recuperación de las áreas de reserva forestal del municipio.

Densidad de Cobertura Arbórea (DCA), El POT establece la obligación de mantener y recuperar la cobertura arbórea en corredores ecológicos y áreas de protección hídrica. Sin embargo, no se presenta un valor numérico específico sobre la densidad actual.

Índice de Reflectividad Urbana (IRU), No se reportan valores específicos, pero el POT enfatiza la necesidad de emplear materiales de alta reflectividad y estrategias de diseño urbano que reduzcan la absorción de calor.

Índice de Movilidad Sostenible (IMS), El Plan Maestro de Movilidad promueve la reducción del uso del automóvil y el aumento de modos alternativos como ciclovías y transporte público limpio. Se proponen nuevas redes de ciclorutas conectadas con el sistema de transporte público.

Demanda Energética por Refrigeración (DER), No se especifica un valor cuantitativo, pero se resalta la creciente demanda de energía para refrigeración debido al efecto de isla de calor urbana (ICU).

El POT incorpora lineamientos de sostenibilidad urbana, priorizando el desarrollo compacto, la movilidad sostenible y la regeneración de ecosistemas urbanos. Sin embargo, no se asigna un valor cuantificable a este índice.

Estos indicadores reflejan la necesidad de fortalecer la planificación urbana sostenible en Cúcuta, integrando soluciones bioclimáticas y políticas que reduzcan la vulnerabilidad de la ciudad ante el cambio climático y la creciente urbanización.

Estudio base para el Área Metropolitana de Cúcuta, Colombia. FINDETER.

La ciudad de Cúcuta cuenta con un documento técnico importante que se desarrolla a partir del concepto de Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual es adaptado a Colombia con el nombre de plataforma de Ciudades Sostenibles y Competitivas (CSC) a través de la Financiera del Desarrollo Territorial (FINDETER S.A.). Dicha plataforma se ajusta al contexto y necesidades de las urbes intermedias del país aportando una visión multisectorial dentro del documento se encuentran cuantificaciones importantes que respaldar el estudio, pero también demuestran los vacíos en cuanto a indicadores. [20]

Estrategias de planificación urbana sostenible priorizadas para el AMC: La metodología de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), aplicada en la consultoría para AMC, tiene por objetivo avanzar hacia un modelo de desarrollo urbano más equilibrado,

donde la sostenibilidad, la movilidad y la resiliencia climática sean ejes fundamentales para la construcción de un entorno habitable y eficientes. Como resultado del análisis de los municipios del área metropolitana destaca para Cúcuta la insuficiencia de infraestructura verde. En razón que las áreas verdes cualificadas representan apenas el 1.2% de la huella urbana, una cifra alarmante que evidencia la necesidad de ampliar la cobertura de estos espacios. Para contrarrestar este déficit, el informe recomienda la creación de corredores ecológicos y la recuperación de áreas subutilizadas, transformándolas en parques urbanos que no solo mejoren la calidad del paisaje urbano, sino que también contribuyan a la biodiversidad y al bienestar ciudadano.

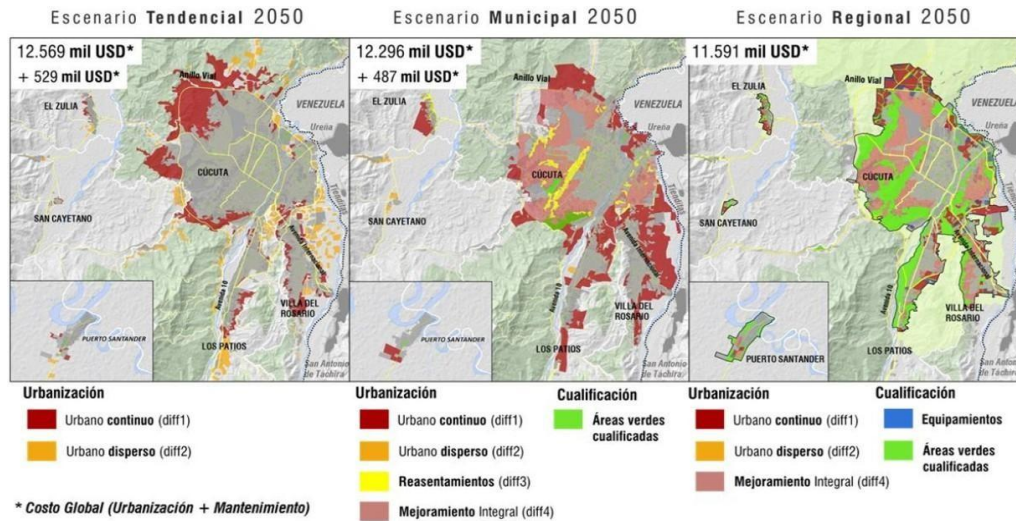


Figura 1. Comparativo de escenarios de crecimiento 2050.
Fuente 1. Estudio base para el Área Metropolitana de Cúcuta, Colombia.

En sector transporte es otro componente clave en la planificación urbana sostenible, dado que representa el 25% de las emisiones de CO₂ en Cúcuta. [20]. El informe sugiere la promoción de un modelo de movilidad sostenible que priorice el transporte público, el uso de ciclovías y la caminabilidad [21]. Igualmente, la adopción de una estructura urbana compacta que reduciría la dependencia del vehículo privado, disminuyendo así la huella de carbono del sector y mejorando la calidad del aire en la ciudad.

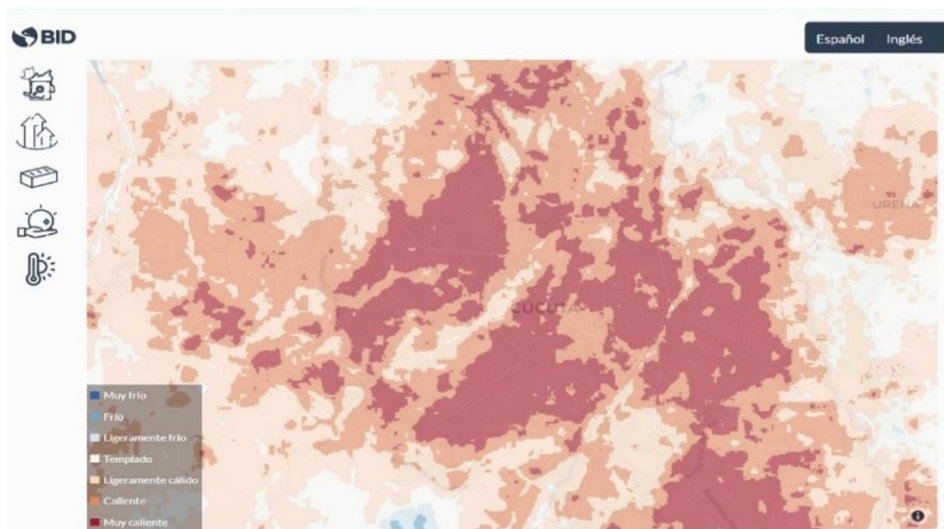


Figura 2. Áreas con presencia de Islas de Calor en la ciudad de Cúcuta.
Fuente 2: URSA, Herramienta desarrollada por BID & Tecnológico de Monterrey.

Adicionalmente, Cúcuta enfrenta una alta vulnerabilidad al cambio climático, resultado de su morfología urbana y sus condiciones climáticas particulares. Para mitigar los efectos adversos del fenómeno de Isla de Calor Urbana (ICU), es esencial la implementación de estrategias como el uso de materiales reflectantes en edificaciones, la instalación de techos verdes y la conservación de cuerpos de agua, contribuyendo a una mejor regulación térmica y a la resiliencia climática de la ciudad [20].

Análisis de los indicadores urbanos de sostenibilidad actuales en Cúcuta frente a los ODS.

A partir del análisis de los documentos revisados, se presentan los valores actuales de los indicadores urbanos relevantes para la planificación sostenible en Cúcuta.

1) **Índice de Confort Térmico (IC):** El confort térmico en Cúcuta está duramente comprometido debido a las altas temperaturas y la baja circulación del viento en la ciudad. El índice de confort térmico sugiere que grandes áreas de la ciudad presentan condiciones de estrés térmico elevado, especialmente en las zonas con mayor densidad construida y menor cobertura arbórea.

Que pueden estar entre los 3-8°C debido a la Isla de Calor Urbana, frente a dicho fenómeno no existen unas estrategias integradas para la reducción de temperatura superficial [22] Para lo anterior se recomienda aumentar la cobertura de infraestructura verde y aplicar pavimentos fríos y techos reflectantes para reducir la acumulación de calor.

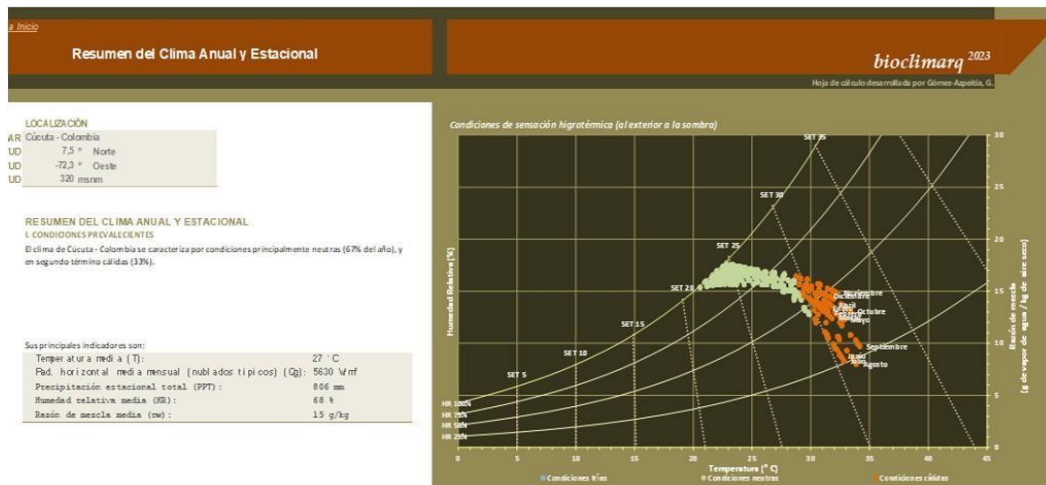


Figura 3. Clima anual y estacional de la ciudad de Cúcuta.

Fuente 3: Hoja de cálculo desarrollada por Gomez-Azpeitia, G. (D.R.)

URSA en las ciudades de América Latina se presenta como una herramienta que no solo identifica las islas de calor basándose en datos satelitales abiertos de plataformas como Google Earth Engine, desarrollada por el BID y el Centro para el Futuro de las Ciudades del Tecnológico de Monterrey, sino que, como se muestra en la anterior imagen, también permite simular las condiciones de la ciudad y la reducción de temperatura. Esto incluye la estimación de nuevas temperaturas promedio y los grados centígrados mitigados tras la aplicación de estrategias de mitigación en el contexto urbano.

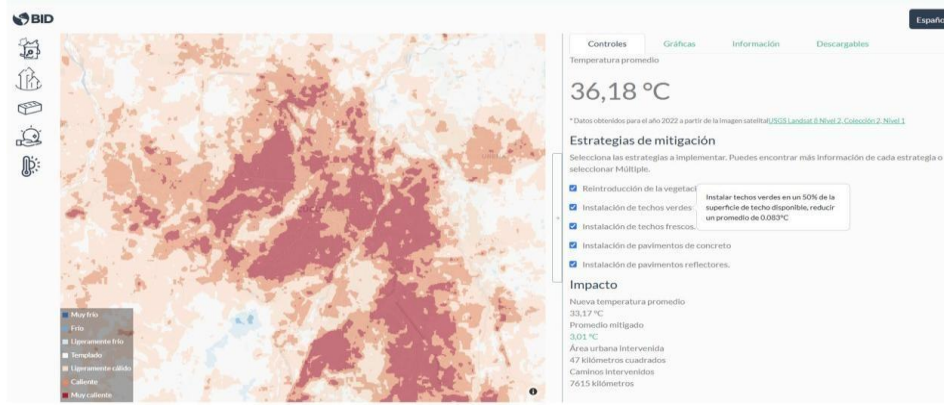


Figura 4. Resultados de aplicación de estrategias de mitigación con URSA para la ciudad de Cúcuta.

Fuente 4: URSA, Herramienta desarrollada por BID & Tecnológico de Monterrey.

2) *Superficie de Infraestructura Verde (SIV)*: La organización mundial de la Salud (OMS) recomienda 9 m² de áreas verdes per cápita como mínimo, y 15 m² como nivel óptimo. Y que el 100% de la población debería tener acceso a espacios verdes a menos de 300 metros.

Áreas verdes cualificadas: Representan apenas 1.2% de la huella urbana de la ciudad. [20].

Áreas verdes sin cualificar: Representan 0.5% del total.

Porcentaje de la población con acceso a áreas verdes: Solo el 23% de la población se encuentra a menos de 300 metros de un área verde. Luego la ciudad presenta un déficit de 7.8 m² en áreas verdes por habitante y el 77% no tiene fácil acceso a áreas verdes [20].

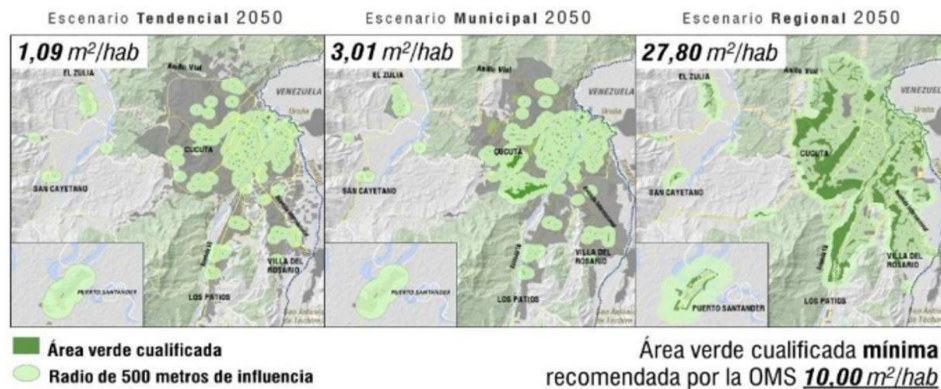


Figura 5. RCobertura de áreas verdes en escenarios de crecimiento 2050. Fuente 5: Estudio base para el Área Metropolitana de Cúcuta, Colombia.

3) *Densidad de Cobertura Arbórea (DCA)*: Cúcuta presenta una baja densidad de cobertura arbórea, con valores significativamente inferiores a los recomendados por la OMS. La falta de árboles urbanos contribuye al incremento del efecto de Isla de Calor Urbana. ONU-Hábitat recomienda que al menos el 30% del suelo urbano esté cubierto con vegetación. Cúcuta no cumple este criterio, ya que su cobertura arbórea es insuficiente para absorber CO₂ y mejorar la calidad ambiental. [23][24].

4) *Índice de Reflectividad Urbana (IRU)*: El bajo albedo de los materiales de construcción predominantes (asfalto y concreto oscuro) incrementa la absorción de calor en la ciudad. Se recomienda la implementación de pavimentos fríos y fachadas reflectantes para reducir este impacto [2].

Cúcuta no cuenta con normativas para el uso de pavimentos fríos o techos reflectantes, para reducir la absorción térmica y el consumo energético.

5) *Índice de Movilidad Sostenible (IMS)*: Según los Objetivos de desarrollo sostenible en su ODS.11: Ciudades y comunidades sostenibles, se debe promover el acceso universal al transporte público y la reducción de la dependencia de vehículos privados.

El sector transporte representa el 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el Área Metropolitana de Cúcuta (AMC), con más de la mitad de estas provenientes del consumo de diésel. [20]

Baja cobertura de transporte público. Con un Sistema Integrado de Transporte Metropolitano (SITM) que no cubre toda el área metropolitana.

Deficiencia en infraestructura para bicicletas. Con solo 9 km de ciclovías segregadas, muy por debajo de los 376 km de Bogotá y los 53 km de Medellín [17].

Disminución del uso de medios de transporte activos. Con el porcentaje de viajes a pie reduciéndose del 24% en 2014 al 7% en 2017, y el uso de bicicletas bajando del 4% al 3%. [25]. La red de ciclovías y espacios peatonales es deficiente y no está integrada con el transporte público. Varios documentos recomiendan aumentar la red de ciclovías, mejorar la conectividad del transporte público y aplicar tarifas diferenciadas para reducir el uso del automóvil.

Uso del transporte público. Representa un bajo porcentaje en comparación con el uso de vehículos privados.

6) *Demanda Energética por Refrigeración (DER)*: El consumo energético residencial y comercial destinado a la refrigeración es elevado, debido a las altas temperaturas y a la deficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en la arquitectura urbana. Cúcuta presenta un incremento de 6% de consumo energético debido a la alta dependencia de usos de sistemas activos de climatización (Aires acondicionados). [26] Y su tendencia es al aumento por las altas temperaturas en razón al Calentamiento global, sumado al crecimiento urbano.

Se recomienda promover la arquitectura pasiva y mejorar la eficiencia energética en edificaciones. Ya que es comprobado la Alta dependencia de la climatización mecánica debido a la falta de estrategias de enfriamiento pasivo en el diseño arquitectónico.

6) *Índice de Planificación Urbana Sostenible (IPUS)*: Aunque Cúcuta cuenta con instrumentos de planificación como el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), la implementación de criterios de sostenibilidad sigue siendo insuficiente. La falta de normativas claras y su escasa aplicación han limitado el desarrollo de una ciudad resiliente y climáticamente adaptable.

Cúcuta enfrenta un alto nivel de urbanización no planificada, con 97.5% de crecimiento urbano sin criterios de planificación sostenible [20]. Más del 80% de las zonas urbanizadas presentan baja consolidación, lo que genera un uso ineficiente del suelo. Falta de regulación para la ocupación de zonas de alto riesgo, lo que aumenta la vulnerabilidad ante desastres naturales.

Se promueve planificación urbana basada en resiliencia climática y estrategias de mitigación del impacto ambiental. Reforzando la gobernanza ambiental y la aplicación de estrategias basadas en el urbanismo bioclimático.

Los indicadores urbanos de Cúcuta muestran grandes brechas respecto a los estándares de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU. A continuación, se resumen los principales puntos de incumplimiento

Tabla 1. Resumen de cumplimiento de indicadores vs objetivos de desarrollo sostenible.

INDICADOR	ESTADO EN CÚCUTA	META ODS	NIVEL CUMPLIMIENTO DE
Superficie de Infraestructura Verde	1.2% del área urbana	≥ 9 m ² /hab. (OMS)	Deficiente
Índice de Confort Térmico (IC)	Estrés térmico elevado	Reducción de ICU	No cumplido
Índice de Movilidad Sostenible (IMS)	Predominio del auto	Transporte sostenible	No cumplido
Uso de Materiales Reflectantes	Materiales de alto albedo no regulados	Uso obligatorio en diseño urbano	No cumplido
Demanda Energética por Refrigeración	60% del consumo en climatización	Reducción del consumo energético	No cumplido
Índice de Planificación Urbana Sostenible (IPUS)	Expansión no planificada	Crecimiento urbano sostenible	Deficiente

Conclusiones

El análisis de los indicadores de sostenibilidad urbana en Cúcuta evidencia la existencia de múltiples desafíos en términos de sostenibilidad y planificación urbana. La falta de estrategias de mitigación del cambio climático, combinada con una estructura urbana deficiente y una movilidad insostenible, han exacerbado problemáticas como el efecto de isla de calor urbana (ICU), el déficit de infraestructura verde, el consumo energético elevado en climatización y el crecimiento desordenado del territorio. [7] [27]. Estos factores, sumados a la escasez de políticas públicas efectivas, han generado un entorno urbano con baja resiliencia ambiental y una calidad de vida comprometida para sus habitantes.

Uno de los hallazgos más preocupantes es la baja cobertura de infraestructura verde en la ciudad. Con solo 1.2% de la huella urbana cubierta por espacios verdes cualificados, Cúcuta se encuentra muy por debajo de los estándares recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece un mínimo de 9 m² de áreas verdes por habitante.[28]. Esta deficiencia impacta negativamente en la regulación térmica, la calidad del aire y la reducción del ICU, generando un aumento de temperaturas de hasta 3-8°C en comparación con zonas rurales [7]. La carencia de corredores ecológicos y la fragmentación del verde urbano impiden la regulación climática natural de la ciudad, incrementando la vulnerabilidad de sus habitantes ante el estrés térmico y la contaminación.

Otro factor determinante en la crisis ambiental de Cúcuta es el modelo de movilidad urbana insostenible. El 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la ciudad provienen del sector transporte, [20] con una alta dependencia del vehículo privado y una infraestructura inadecuada para la movilidad activa. La ciudad solo dispone de 9 km de ciclovías segregadas [21], lo que es insuficiente para promover el uso de la bicicleta como alternativa de transporte. Además, el transporte público es limitado y carece de una red metropolitana eficiente, lo que obliga a la población a depender del uso de motocicletas y automóviles. La reducción del uso de transporte activo, con el descenso de los viajes a pie del 24% en

2014 al 7% en 2017, demuestra la falta de planificación orientada a la sostenibilidad y la movilidad baja en emisiones.

El análisis del consumo energético por refrigeración evidencia otro problema crítico. El 60% de la demanda energética en edificios comerciales se destina a sistemas de climatización, lo que incrementa la presión sobre la infraestructura eléctrica y contribuye al cambio climático. [20] La predominancia de materiales de bajo albedo térmico en pavimentos y edificaciones ha intensificado la acumulación de calor urbano, obligando a los habitantes a depender de sistemas mecánicos de refrigeración para garantizar condiciones habitables. La falta de normativas de eficiencia energética y el escaso uso de tecnologías pasivas en el diseño arquitectónico agravan esta situación.

En términos de planificación urbana sostenible, el estudio revela que 97.5% del crecimiento urbano en Cúcuta no sigue criterios de sostenibilidad [20], lo que ha generado expansión no planificada en áreas de riesgo y una ocupación desordenada del territorio. Más del 80% de las zonas urbanizadas presentan baja consolidación, lo que ha llevado a un uso ineficiente del suelo y una fragmentación del tejido urbano. La falta de normativas claras en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), junto con una gobernanza ambiental débil, ha permitido que el crecimiento de la ciudad se produzca sin considerar los impactos ambientales y climáticos.

Los resultados obtenidos revelan una brecha significativa entre la realidad urbana de Cúcuta y los estándares internacionales establecidos por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. La ciudad no cumple con las metas en materia de infraestructura verde, confort térmico, movilidad sostenible, eficiencia energética y planificación urbana resiliente.

Para lograr una transformación estructural, es fundamental la implementación de políticas públicas que integren:

Un plan de reforestación urbana, con la ampliación de espacios verdes y la creación de corredores ecológicos para reducir el ICU.

Normativas de eficiencia energética, promoviendo el uso de materiales reflectantes, fachadas verdes y techos fríos en la infraestructura urbana.

Expansión de la red de transporte público y el desarrollo de infraestructura para movilidad activa, fomentando el uso de bicicletas y la reducción del automóvil privado.

Actualización del POT, integrando criterios de resiliencia climática y ordenamiento territorial sostenible.

Fortalecimiento de la gobernanza ambiental, con regulaciones más estrictas y mecanismos de monitoreo para garantizar la implementación de proyectos sostenibles.

La urgencia de estas acciones es evidente, considerando el acelerado crecimiento urbano de la ciudad y los impactos proyectados del cambio climático. La adopción de estrategias de urbanismo bioclimático y eficiencia energética no solo contribuirá a mejorar la calidad de vida de los habitantes de Cúcuta, sino que permitirá reducir su vulnerabilidad frente a los efectos adversos del calentamiento global.

Referencias

- [1] E. Higuera, "Urbanismo bioclimático. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos," *Cuad. Investig. Urbanística*, vol. 24, no. August, p. 80, 1998.
- [2] P. Næss, "Urban planning and sustainable development," *Eur. Plan. Stud.*, vol. 9, no. 4, pp. 503–524, 2001, doi: [10.1080/713666490](https://doi.org/10.1080/713666490).
- [3] I. R. Astros Fonseca, "Propuesta de sistema de alerta temprana bajo el enfoque de evaluación de riesgo por metales vehiculados en agua de consumo humano en Colombia," Universidad Nacional de Colombia, 2019.
- [4] A. Leyzerova, E. Sharovarova, and V. Alekhin, "Sustainable strategies of urban planning," *Procedia Eng.*, vol. 150, pp. 2055–2061, 2016, doi: [10.1016/j.proeng.2016.07.299](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.299).
- [5] Departamento de Planeación Nacional (DNP), "Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia," *Doc. Conpes 3918*, p. 74, 2018.
- [6] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, *Política de Gestión Ambiental Urbana*. Bogotá, Colombia, 2008.
- [7] G. Gómez-Azpeitia, A. Tejada-Martínez, and L. C. Herrera-Sosa, *Arquitectura, confort y cambio climático*, vol. 1, 2023.
- [8] T. R. Oke, "The urban energy balance," *Prog. Phys. Geogr.*, vol. 12, no. 4, pp. 471–508, 1988, doi: [10.1177/030913338801200401](https://doi.org/10.1177/030913338801200401).
- [9] T. R. Oke, "The energetic basis of the urban heat island," *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 108, no. 455, pp. 1–24, 1982, doi: [10.1002/qj.49710845502](https://doi.org/10.1002/qj.49710845502).
- [10] D. Lai et al., "A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces," *Sci. Total Environ.*, vol. 661, pp. 337–353, 2019, doi: [10.1016/j.scitotenv.2019.01.062](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.062).
- [11] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*, 2012.
- [12] P. Næss, "Urban planning and sustainable development," *Eur. Plan. Stud.*, vol. 9, no. 4, pp. 503–524, 2001, doi: [10.1080/09654310120049871](https://doi.org/10.1080/09654310120049871).
- [13] A. Leyzerova, E. Sharovarova, and V. Alekhin, "Sustainable strategies of urban planning," *Procedia Eng.*, vol. 150, pp. 2055–2061, 2016, doi: [10.1016/j.proeng.2016.07.299](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.299).
- [14] M. C. O'Byrne, "Le Corbusier en Bogotá, 1947–1951," *Corbusier Parte 2*, pp. 1–7, 2010.
- [15] O. Sarmiento et al., "The ciclovía-recreativa: A mass-recreational program with public health potential," *J. Phys. Act. Health*, vol. 7, no. S2, pp. S163–S180, 2010, doi: [10.1123/jpah.7.s2.s163](https://doi.org/10.1123/jpah.7.s2.s163).
- [16] Alcaldía de Bucaramanga, *Política Ambiental de Cambio Climático y Transición Energética de*

Bucaramanga, p. 6, 2022.

- [17] AMVA and Universidad Pontificia Bolivariana, *Política Pública de Construcción Sostenible*, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015.
- [18] Corpocesar, *Plan de Gestión Ambiental Regional: Departamento del Cesar*, vol. 10, no. 2, pp. 1–15, 2018.
- [19] R. Armando, T. Corredor, D. Mauricio, and G. Martínez, *Guía metodológica: Ciudades emergentes y sostenibles*.
- [20] IDOM Consulting, Engineering, Architecture, *Diagnóstico territorial y planificación sostenible en Cúcuta*, 2019.
- [21] AMC, *Plan básico de la bicicleta*, 2019.
- [22] IPCC, *Calentamiento Global de 1,5 °C*, 2019.
- [23] F. Capra-Ribeiro, "Prevailing issues and actions in urban best practices across Latin America and the Caribbean," *Urban Plan.*, vol. 9, pp. 1–18, 2024, doi: [10.17645/up.8130](https://doi.org/10.17645/up.8130).
- [24] United Nations (ONU), *Nueva Agenda Urbana - Hábitat III*, 2008.
- [25] Alcaldía de Cúcuta, *Plan de Desarrollo Municipal Cúcuta 2050 (2020–2023)*, 2020.
- [26] J. F. Murcia Ruiz, "Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución," *IDEAM*, no. 5, pp. 1–91, 2010.
- [27] IPCC, *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cities, Settlements and Key Infrastructure*, 2022, doi: [10.1017/9781009325844.008](https://doi.org/10.1017/9781009325844.008).
- [28] WHO, *Urban Green Spaces and Health*, p. 92, 2016.
- [29] Alcaldía de Cúcuta, *Plan de Desarrollo Municipal 2024–2027*, 2024.