Procesos Urbanos Número 12(1) ene- jun 2025. ISSN: 2500-5200
DOI: 10.21892/2422085X.732

Lineamientos de movilidad sostenible para el Área Metropolitana de Bucaramanga

Sustainable mobility guidelines for the Metropolitan Area of Bucaramanga

Diretrizes de mobilidade sustentável para a Região Metropolitana de Bucaramanga

Diana Carolina Sevilla Torres,
Arquitecta, PhD. Urbanismo, Universidad Santo Tomás.
diana.sevilla@ustabuca.edu.co
https://orcid.org/0000-0001-5298-8127

Yurley Paola Villabona Durán,
Ingeniera Química, MSc. Ing. Química, Universidad Santo Tomás.
yurley.villabona@ustabuca.edu.co
https://orcid.org/0000-0001-5852-4286

Isis Karina Torres Ayala,
Ingeniera Civil, MSc. Estructuras. Universidad Santo Tomás.
isis.torres@ustabuca.edu.co
https://orcid.org/0000-0001-6627-2349

Recibido: septiembre 27 de 2024
Aceptado: marzo 26 de 2025
Publicado: Mayo 15 de 2025

Resumen

Partiendo de la problemática actual en la que se encuentra el Área Metropolitana de Bucaramanga – AMB, en cuanto a movilidad, caos vehicular y contaminación ambiental, a partir de la no regularización y control del transporte público y privado, surge desde la

academia, la idea de generar lineamientos de movilidad sostenible para el AMB como estrategia de acción climática, a partir de una metodología por etapas que contempla el análisis de referentes nacionales e internacionales, la lectura del territorio y la elaboración de cartografías que permitan la interpretación y cruce de información desde una visión interdisciplinar del desarrollo vial sostenible.

Palabras clave: *Cambio climático; Planificación urbana; Medio ambiente, Transporte urbano; Investigación interdisciplinaria.*

Abstract

Based on the current problems facing the Bucaramanga Metropolitan Area (AMB) in terms of mobility, traffic chaos and environmental pollution, due to the lack of regulation and control of public and private transport, the idea of generating sustainable mobility guidelines for the AMB as a climate action strategy arises from academia, based on a phased methodology that includes: the analysis of national and international references, the reading of the territory and the elaboration of maps that allow the interpretation and cross-referencing of information from an interdisciplinary vision of sustainable road development.

Keywords: *Climate change; Urban planification; Environment, Urban transportation; Interdisciplinary research.*

Resumo

Partindo do problema atual em que se encontra a Região Metropolitana de Bucaramanga - AMB, em termos de mobilidade, caos veicular e poluição ambiental, a partir da não regularização e controle do transporte público e privado, surge da academia a ideia de gerar diretrizes de mobilidade sustentável para a AMB como estratégia de ação climática, a partir de uma metodologia em etapas que contempla: a

análise de referências nacionais e internacionais, a leitura do território e o desenvolvimento de cartografias que permitam a interpretação e cruzamento de informações a partir de uma visão interdisciplinar de desenvolvimento rodoviário sustentável.

Palavras-chave: *Mudança climática; Planeamento urbano; Meio Ambiente, Transporte Urbano; Pesquisa interdisciplinar.*

Introducción

El aumento acelerado del parque automotor en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) en los últimos años, ha generado una serie de problemas asociados a la movilidad y el medio ambiente. El parque automotor pasó de 180.000 vehículos en el 2010 a casi 300.000 en el 2022, lo que representa un incremento de más del 65% en una década. Este crecimiento desordenado del parque automotor en Bucaramanga ha sido un problema que ha afectado la movilidad y la calidad de vida de los ciudadanos.

El transporte público de pasajeros en la Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) ha descendido un 63 % entre 2016 y 2021 por la baja cobertura y frecuencia de las rutas, una infraestructura deficiente y una flota de vehículos obsoleta. Además, según Vanguardia, el periódico más importante de la región, en su publicación del 2 de marzo de 2023, la ciudad ha emitido unas 46.000 toneladas de monóxido de carbono en el año 2022.

El AMB ha realizado estudios para abordar soluciones de movilidad que reduzcan la congestión del tráfico, con la salida de circulación del 90% del parque automotor de servicio público, se ha producido un impacto positivo en la calidad del aire que se respira en la ciudad. Sin embargo, el crecimiento de carros particulares ha sido progresivo y ha requerido soluciones para mejorar la movilidad y la calidad del aire. Por otra parte, la congestión vehicular y el parque automotor contaminante compuesto principalmente por vehículos antiguos, han deteriorado significativamente la calidad del aire en el AMB. Los niveles de material particulado PM10 y PM2.5 superan frecuentemente los estándares máximos permisibles, con las consecuentes afectaciones a la salud de la población.

Asimismo, las emisiones de gases efecto invernadero provenientes del transporte representan cerca del 30% del total en el AMB, contribuyendo al cambio climático

global. El aumento de la temperatura promedio anual está teniendo efectos sobre los ecosistemas y la disponibilidad de agua.

Justo en el momento de elección de alcaldes, gobernadores y planes de gobierno del año 2023 es que surge desde la academia la idea de generar lineamientos de movilidad sostenible para el AMB como una estrategia de acción climática, con una metodología por etapas, para buscar posibles alternativas y estrategias de diseño regenerativo que puedan adaptarse al lugar y así imaginar alternativas de solución a problemas actuales como lo son el caos vehicular y la contaminación ambiental, desde la no regularización y control del transporte público y privado.

Método

Proyecto urbano, como espacio académico de pregrado en Arquitectura de la Universidad Santo Tomás, se desarrolla a través del Aprendizaje Basado en Problemas y se ha estructurado en cuatro fases principales que son: introducción y marco conceptual; análisis de referentes de ciudad nacionales e internacionales; lectura del territorio y formulación de lineamientos de movilidad sostenible. Para esta última fase, se contó con la participación y acompañamiento del espacio académico Energías alternativas del pregrado en Ingeniería ambiental, para ver el impacto ambiental y plantear estrategias sobre energías alternativas que apunten hacia una movilidad sostenible desde una perspectiva ambientalmente consciente.

La metodología fue diseñada no solo como un marco de análisis, sino como una herramienta integral de resolución del problema urbano planteado. La integración de análisis de datos espaciales, ambientales y sociales permitió visualizar con claridad los principales cuellos de botella en la movilidad del AMB. A partir de allí, se proyectaron escenarios de intervención basados en las mejores prácticas y tecnologías apropiadas, evaluando su factibilidad técnica, ambiental y social.

Esta investigación se planteó bajo un enfoque exploratorio-descriptivo con base en la metodología de propuesta de solución a problemas urbanos complejos, abordando la movilidad sostenible desde una perspectiva interdisciplinaria. Se diseñó una secuencia metodológica de cuatro fases que integró técnicas cualitativas y de análisis espacial para fortalecer el rigor del estudio. En la fase de análisis de referentes, se aplicó un enfoque comparativo basado en la identificación de casos de éxito en ciudades latinoamericanas con condiciones socioeconómicas y geográficas similares.

Para la lectura del territorio se utilizaron técnicas de cartografía social y diagnóstico ambiental, incluyendo la interpretación de datos sobre emisiones contaminantes, estructura vial, uso del suelo y cobertura vegetal. La etapa de formulación de lineamientos se estructuró como un taller interdisciplinario en el que se integraron los conocimientos de estudiantes y expertos en urbanismo, arquitectura e ingeniería ambiental, permitiendo la construcción de propuestas viables técnica y ambientalmente. Esta metodología no solo permitió comprender el fenómeno de la movilidad en el AMB, sino también proyectar soluciones factibles de implementar a nivel local y regional.

1. Introducción y marco conceptual

En la primera fase se desarrolla la introducción al problema, mediante la presentación del proyecto, los objetivos, la temática, el ámbito geográfico de estudio y la metodología de trabajo. En esta fase se prepara al estudiante en la profundización de los conceptos y metodologías que abarcará el ejercicio práctico, y se hace la presentación preliminar del área de estudio y los puntos estratégicos de actuación.

2. Análisis de referentes de ciudad nacionales e internacionales

La segunda fase contempla el análisis de referentes de ciudad a nivel urbano ambiental de las ciudades de Medellín en Colombia y Río de Janeiro en Brasil; estas ciudades latinoamericanas han implementado planes de movilidad que se ajustan a las

diferentes necesidades de los usuarios y el lugar, brindando diferentes opciones y métodos de transporte que son precisos de identificar para así poder caracterizar, seleccionar e incentivar su uso e implementación en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

3. Lectura del territorio

La tercera fase es leer el territorio para entender más a profundidad el área de intervención, en este caso es el Área Metropolitana de Bucaramanga, formado por cuatro municipios que son Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta; municipios que se analizaron individualmente por grupos de estudiantes que finalmente se conectarán con la cuarta fase mediante la formulación de estrategias de movilidad sostenible unificada para el Área Metropolitana de Bucaramanga, para lo cual el mayor desafío a tener en cuenta es que cada municipio está gobernado por diferentes entes de control y reglamentaciones que no permiten una cohesión eficiente.

4. Formulación de estrategias de movilidad sostenible

Esta última fase se desarrolla conjuntamente, los grupos encargados de cada municipio se unirán y conformarán el área de estudio, en este caso el Área Metropolitana de Bucaramanga y formularán posibles estrategias de intervención, que surgen de una reflexión con la supervisión del profesor que apoya el proceso desde su experticia académica y profesional en la temática; cada equipo de trabajo realizará la entrega de memorias con la propuesta final de insumo y evidencia.

Finalmente se presenta y sustenta públicamente cada una de las propuestas de estrategias de movilidad sostenible por los equipos de trabajo, con la finalidad de recibir la retroalimentación de la comunidad académica y actores sociales, gubernamentales o territoriales del Área metropolitana.

Marco conceptual

En el ejercicio académico realizado se planteó un proyecto de lineamientos de movilidad sostenible para el Área Metropolitana de Bucaramanga, inspirado en ciudades latinoamericanas como Río de Janeiro y Medellín, las cuales han implementado sistemas de transporte eficientes. El objetivo principal es proponer estrategias que mejoren la movilidad en Bucaramanga, considerando la conectividad entre regiones, la eficiencia del transporte, la compacidad y amigabilidad ambiental. Para ello se consideraron los siguientes aspectos del Proyecto:

- Objetivo: mejorar la movilidad en Bucaramanga considerando aspectos como conectividad, eficiencia del transporte y que sea amigable con el medio ambiente.
- Temática: desarrollo de lineamientos de movilidad sostenible, inspirados en los sistemas de transporte eficientes de Río de Janeiro y Medellín.
- Ámbito geográfico de estudio: Área Metropolitana de Bucaramanga.
- Área de estudio: Bucaramanga y su entorno metropolitano.

Escenarios planteados:

A). Se proponen lineamientos de movilidad sostenible para el AMB, utilizando como referente a Medellín, por ser una ciudad que ha comunicado diferentes regiones mediante un sistema integrado de transporte, siendo además ejemplo en políticas y metodologías implementadas en la ciudad.

B). Dadas las problemáticas de movilidad en Bucaramanga asociadas a fallas en la malla vial e inseguridad, se proponen estrategias tomando como referencia la ciudad de Río de Janeiro, por la forma en que se ha constituido su sistema de transporte masivo que busca minimizar la inseguridad y mejorar la eficacia.

Para el marco conceptual manejaremos los términos asociados a modelos de ciudad, teorías urbanas y Objetivos de Desarrollo Sostenible.

1. Modelos de ciudad

Un modelo de ciudad es la planeación a futuro del crecimiento demográfico de una ciudad que abarca aspectos sociales, económicos y ambientales, comprendiendo normativas y planes a futuro, teniendo en cuenta la zonificación espacial del territorio. Dentro de los modelos de ciudad, los más conocidos y comunes que se pueden encontrar son:

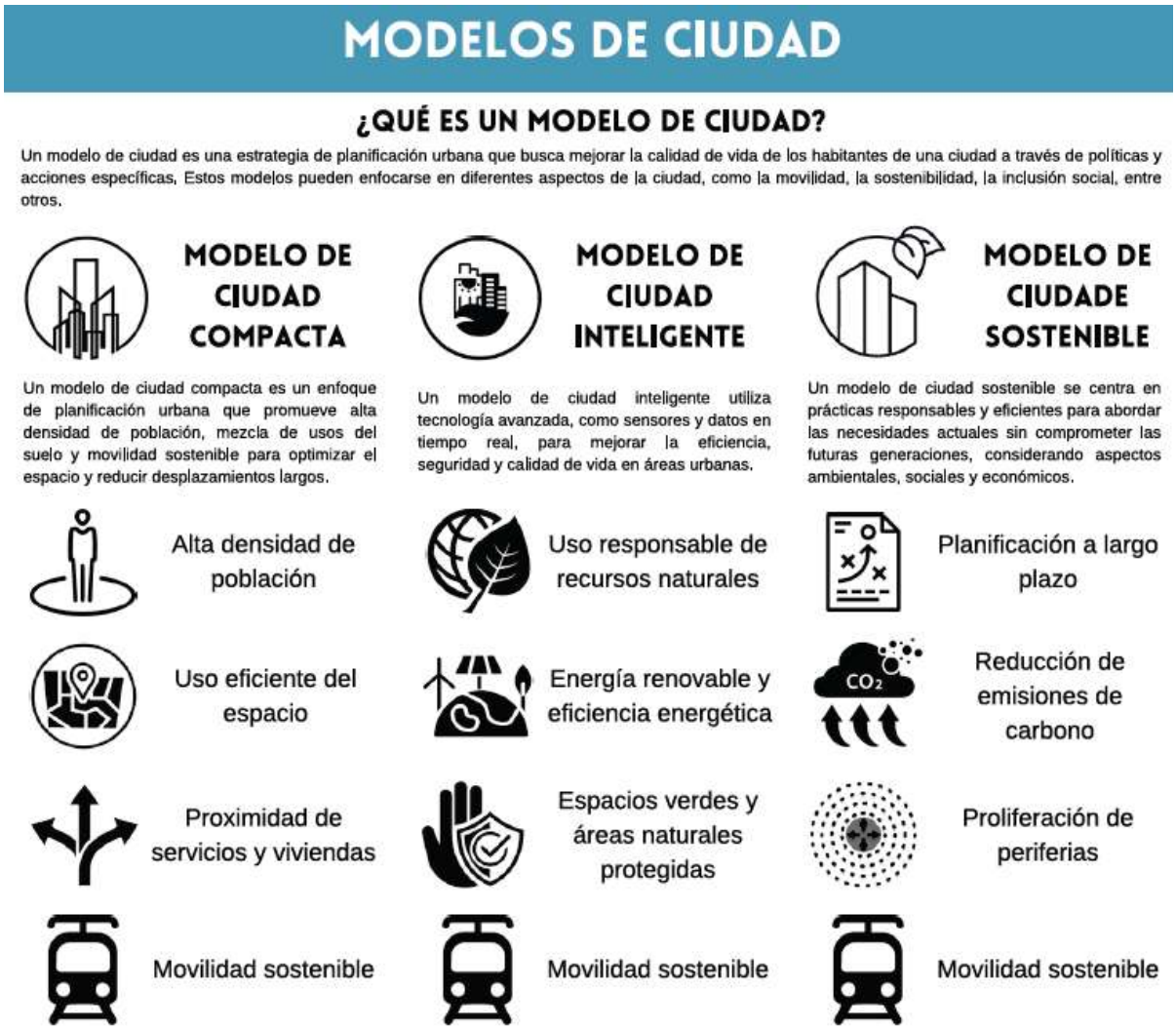


Figura 1. Modelos de ciudad. Fuente: Trabajo Final. F. Gómez; J. Lizcano; H. Sanmiguel; D. Sevilla; J. Vargas. (2023)

- Ciudad compacta: la ciudad compacta es aquella que basa su funcionamiento en el interés comunitario y en su proyección, enfatizando aspectos tales como: el uso variado del suelo, la accesibilidad física universal, una mayor densidad poblacional, el uso del transporte público, la movilidad alternativa, un mayor espacio para los peatones y menos espacio para los vehículos particulares (Lehmann, S., 2010).

- Ciudad inteligente: una ciudad inteligente explora, experimenta y utiliza las últimas tecnologías para mejorar su calidad de vida. Aquí las mejoras deben producirse en cuanto a gobernanza; servicios; oportunidades económicas, educativas y una equidad social para los miembros de la comunidad. En este modelo se enfatiza el bienestar de la humanidad, pero en este caso mediante transporte o movilidad inteligente, ya que se apunta a la inclusión de nuevas tecnologías y políticas innovadoras que favorecen el bien común. Bajo esta premisa, se busca densificar las ciudades, evitando la expansión de su territorio, y, por ende, ahorrando suelo y energía, mejorando y dinamizando el tejido urbano existente.

- Ciudad sostenible: una ciudad sostenible es la que ofrece una alta calidad de vida a sus habitantes, que reduce sus impactos sobre el medio natural y tiene un gobierno local con capacidad fiscal y administrativa, para mantener su crecimiento económico y realizar sus funciones urbanas con una amplia participación ciudadana. A partir de esta orientación, una ciudad sostenible debe sobresalir en cuatro dimensiones: primero, una dimensión de sostenibilidad ambiental y cambio climático; segundo, una dimensión de desarrollo urbano sostenible; tercero, una dimensión de sostenibilidad económica y social, y cuarto, una dimensión de sostenibilidad fiscal y gobernabilidad (Findeter, 2023).

- Ciudad dispersa: la ciudad dispersa se caracteriza por la preferencia del interés particular, la baja densidad poblacional, la proliferación de zonas periféricas, la fragmentación del territorio, el aislamiento espacial, y un mayor protagonismo de

vehículos particulares para recorrer largas distancias (Muñiz, I., Calatayud Y. y García. M, 2010).

- Ciudad biofílica: el amor innato a la naturaleza es el vínculo establecido por la conexión humano-naturaleza, enfocándose en el bienestar, ambiental y humano mediante cuatro aspectos; el primero es el hábitat natural, aspectos esenciales para los seres humanos como comida, refugio y atención medica; el segundo es el bienestar, que consiste en buscar una mejor calidad de vida mediante espacios verdes; el tercero es la urbanización y la arquitectura, que giran alrededor de formas orgánicas que generan la fauna.

- Ciudad de los 15 minutos: según Carlos Moreno, una ciudad de 15 minutos consiste en una infraestructura de circularidad social y de diseño de servicios al alcance de todos, independientemente de su estatus social o de sus ingresos, estructura que hoy es indispensable para regenerar la ciudad en una visión humanista. Este modelo busca crear aspectos urbanos con alta calidad de vida social, viviendas o alojamiento digno, áreas de trabajo descentralizadas, regeneración de la economía local, acceso a la salud física y mental preventivamente, y una mejor sociabilidad de los usuarios mediante el espacio público.

2. Teorías urbanas

Estas son las teorías urbanas elaboradas para la generación de lineamientos de diseño sostenible:

- Teoría del diseño urbano: esta teoría se centra en la forma y el diseño físico de las ciudades. Se basa en principios como la conectividad, la accesibilidad, la escala humana y la creación de espacios públicos atractivos. La teoría del diseño urbano busca crear entornos que sean funcionales, estéticamente agradables y socialmente inclusivos.

- Teoría de la zonificación: la zonificación es una técnica de planificación que consiste en dividir el área urbana en diferentes zonas o distritos, cada uno con regulaciones específicas de uso del suelo. Esta teoría busca crear un equilibrio entre las actividades residenciales, comerciales, industriales y recreativas, y garantizar la compatibilidad y la coherencia en el desarrollo urbano.

- Teoría del desarrollo sostenible: se centra en promover un desarrollo urbano que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. La planificación urbana basada en el desarrollo sostenible busca reducir el consumo de recursos naturales, minimizar los impactos ambientales y fomentar la equidad social y económica.

- Teoría de la nueva urbanización: se enfoca en el desarrollo de comunidades autosuficientes y orientadas al peatón. Se busca promover el uso mixto del suelo, donde las viviendas, los lugares de trabajo, los servicios y las áreas recreativas se encuentren en proximidad, lo que reduce la dependencia del automóvil y fomenta la interacción social.

- Teoría del diseño participativo: esta teoría enfatiza la participación de los residentes y las partes interesadas en el proceso de planificación urbana. Se busca involucrar a la comunidad en la toma de decisiones y en la definición de sus propias necesidades y prioridades. El diseño participativo promueve la colaboración entre planificadores, diseñadores y residentes, para crear un entorno urbano que refleje las aspiraciones y valores de la comunidad.

3. Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS

Estos aparecen por primera vez en 1987 con la publicación del Informe Brundtland. Constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y perspectivas de las personas en todo el mundo. En

2015, todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la cual se establece un plan para alcanzarlos en 15 años, para este proyecto se enfatizará en los Objetivos número 11 y 13, presentados a continuación:

Objetivo de Desarrollo Sostenible 11: Ciudades y comunidades sostenibles

- Asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales.
- Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad.
- Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países.
- Proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.
- Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de residuos.
- Proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles.
- Apoyar vínculos económicos, sociales y ambientales entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.

Objetivo de Desarrollo Sostenible 13: Acción por el clima

- Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.
- Promover mecanismos para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en

desarrollo, destacando las mujeres, los jóvenes y las comunidades locales y marginadas.

Análisis de referentes

Análisis de referente nacional: Medellín, Colombia



Figura 2. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín, Colombia. Fuente: Trabajo Final. F. Gómez; J. Lizcano; H. Sanmiguel; D. Sevilla; J. Vargas. (2023)

Bucaramanga podría considerar la implementación de un sistema de Metro similar al de Medellín, dada su eficiencia para movilizar grandes cantidades de personas y descongestionar el tráfico. Además, la integración de teleféricos o tranvías podría ser beneficiosa para conectar áreas de difícil acceso. Optar por medios masivos de transporte es más efectivo para reducir las emisiones de CO2. Bucaramanga podría beneficiarse adoptando un enfoque similar al sistema de transporte masivo y eléctrico de Medellín.

Análisis de referente internacional: Río de Janeiro, Brasil

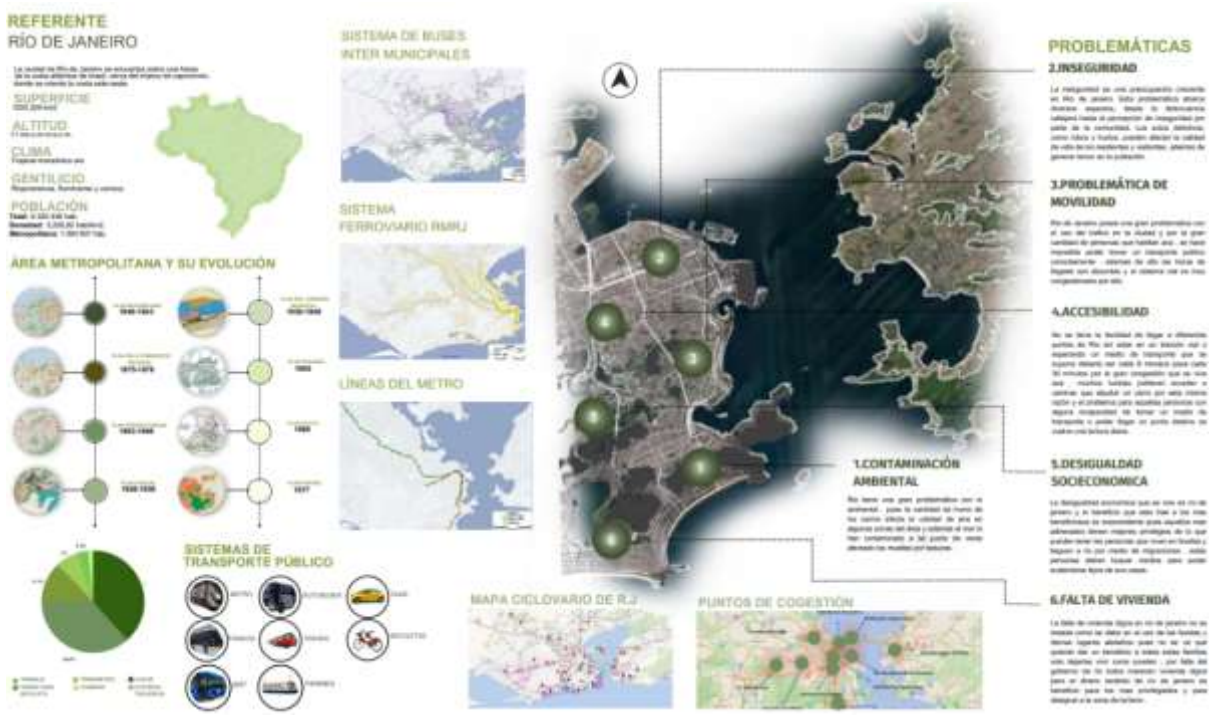


Figura 3. Análisis de referente internacional Río de Janeiro, Brasil. **Fuente:** Trabajo Final. A. Fajardo; I. Ospino; E. Corredor; A. Mejía; D. Sevilla. (2023)

Río de Janeiro se fundó el 1 de marzo de 1565, pero fue consolidada como capital de Brasil en 1960, convirtiéndose tiempo después en la ciudad más grande del país. El centro histórico de la ciudad se encuentra, valga la redundancia, en el centro de la ciudad, y esta cuenta con dos hitos de ubicación, el Cristo Redentor y el Pan de Azúcar. En el sur de la ciudad se pueden observar los barrios de clase media-alta mientras que hacia el norte se encuentran casi 700 favelas de clase baja.

Para transformar a Río de Janeiro y alcanzar los objetivos planteados, se estableció un plan de desarrollo urbano integrado (PEDIU), en el cual es necesario que todos los estados y todas las personas cooperen en la tarea esencial de erradicar la pobreza como requisito indispensable del desarrollo sostenible. El derecho al desarrollo

debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades sociales y ambientales de las generaciones presentes y futuras.

Por último, los Estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles y fomentar políticas demográficas apropiadas. La Región Metropolitana de Río de Janeiro ha implementado un plan de movilidad que se ajusta a las diferentes necesidades de los usuarios brindando diferentes opciones a la hora de escoger un método de transporte, algo que es preciso incentivar en el área metropolitana de Bucaramanga debido a que una de las mayores problemáticas que esta posee, es el enfrentamiento que viven día a día los ciudadanos a la hora de transportarse.

Lectura del territorio: Área Metropolitana de Bucaramanga

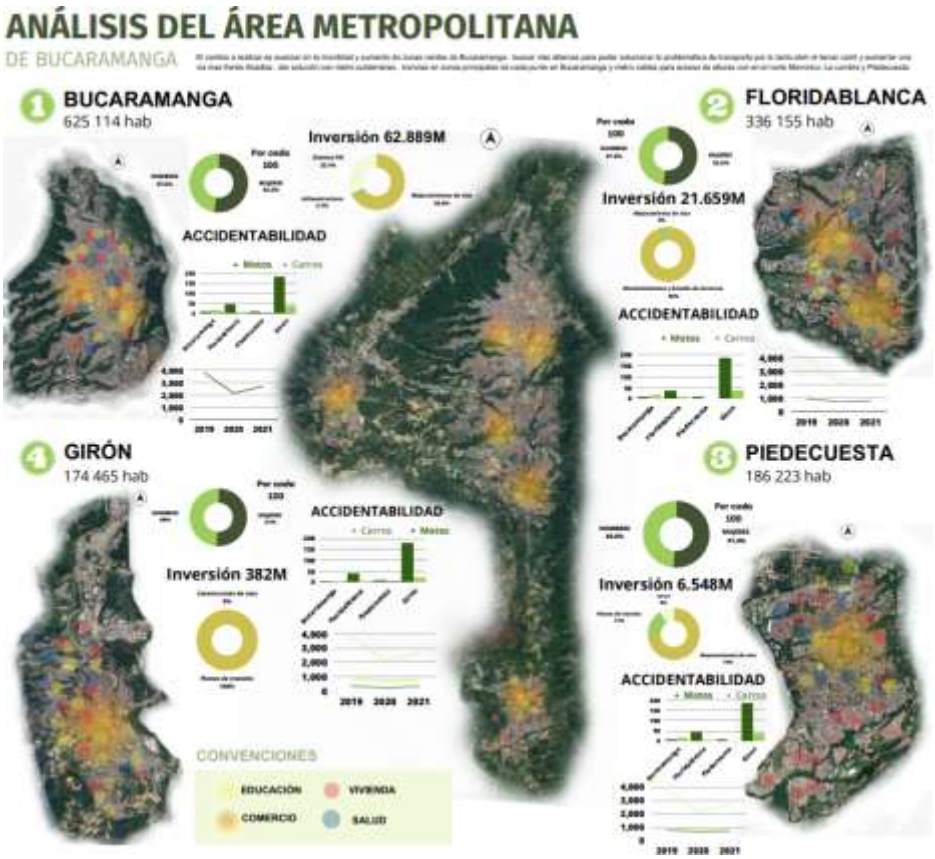


Figura 4. Análisis del Área Metropolitana de Bucaramanga. Fuente: Trabajo Final. A. Fajardo; I. Ospino; E. Corredor; A. Mejía. (2023)

En el Área Metropolitana de Bucaramanga, la calidad del transporte es un tema compartido, se analizaron los municipios que la conforman a nivel económico, ambiental y social, especificando los problemas por los que atraviesa en la actualidad, resaltando que su geografía ha crecido, sin posibilidad de expandirse, con 1.3 millones de habitantes, y señalando que el sistema público masivo del AMB fue el menos usado en el último año (2022). El AMB requiere de una identificación de necesidades, tipo de gobierno y financiamiento, junto con una pedagogía ciudadana.

Resultados

Formulación de estrategias de movilidad sostenible

Propuestas de lineamientos de movilidad sostenible para el Área Metropolitana de Bucaramanga a partir del desarrollo del taller urbano.

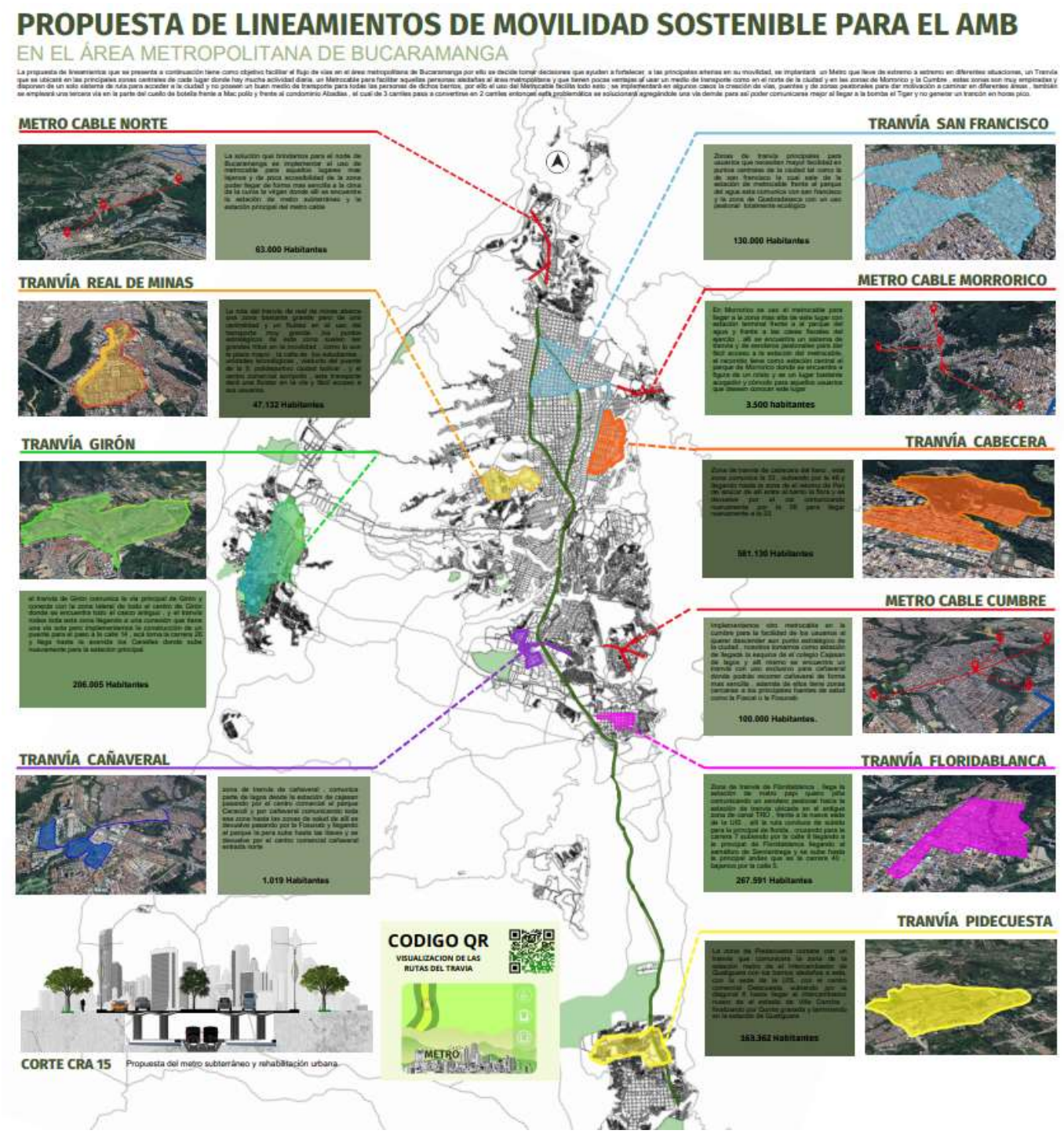


Figura 5. Propuesta de lineamientos de movilidad sostenible para el AMB. Fuente: Trabajo Final. A. Fajardo; I. Ospino; E. Corredor; A. Mejía; D. Sevilla (2023)

La ciudad de Bucaramanga ha aumentado mucho la contaminación del aire en 2024, los niveles aumentaron hasta un 30% por eventos como incendios forestales, combustión de automotores y otras fuentes de contaminación.

El índice de calidad del aire (AQI) en Bucaramanga es de 55, clasificado como MODERADO, con concentraciones de PM2.5 y PM10 por encima de los límites recomendados por la OMS. Por esta razón, la calidad del aire en la ciudad ha generado alertas entre los profesionales de la salud respiratoria debido a su criticidad, especialmente por la combustión de vehículos y otros factores contaminantes.

Según IQAir, la concentración de PM2.5 en Bucaramanga es actualmente 8.1 veces superior al valor guía anual de calidad del aire de la OMS, lo que representa un riesgo para la salud pública. Por ello, mediante el presente estudio se propone incorporar un tranvía como sistema de transporte público masivo principal, complementando con redes teleféricas, lo que sería posible y beneficioso en términos económicos y geográficos para el AMB.

Se pretende usar la red ya existente de Metrolínea para la construcción y adaptación del tranvía, teniendo presente que se quiere conservar algunas unidades de buses para tramos cortos y pequeños. En varios aspectos, la incorporación de un tranvía en Bucaramanga podría tener un impacto ambiental positivo, por ejemplo, los tranvías son más eficientes en emisiones de CO_2 que los autobuses, lo que reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero en la ciudad. Además, el tranvía podría reducir el ruido ambiental, ya que generalmente es más silencioso que los autobuses. Sin embargo, es importante considerar que el uso del suelo para la construcción de su infraestructura podría tener un impacto negativo en la flora y la fauna local.

Se consideró que la introducción de tranvías solares en Bucaramanga representa una oportunidad para mejorar la sostenibilidad del transporte público, pero requiere un enfoque integral que considere los beneficios ambientales y los posibles impactos negativos en el entorno natural y urbano. Es fundamental llevar a cabo estudios

detallados y planificación cuidadosa para garantizar que esta iniciativa contribuya positivamente al medio ambiente local y se deben considerar los siguientes aspectos:

- Impacto en el entorno natural: la instalación de paneles solares y la infraestructura asociada pueden afectar el paisaje urbano y tener repercusiones en la flora y fauna local, por lo que es crucial realizar evaluaciones ambientales exhaustivas.
- Eficiencia energética: aunque los tranvías solares son una alternativa más limpia, se debe garantizar la eficiencia energética en su operación y mantenimiento para maximizar su impacto positivo en términos ambientales.
- Gestión de residuos: es fundamental implementar sistemas adecuados para la gestión de residuos derivados de la instalación y desmantelamiento de los paneles solares, asegurando un manejo ambientalmente responsable.

El Área Metropolitana de Bucaramanga no es centralizada, ni compacta, lo que propicia la inseguridad vial tanto para peatones como conductores. Se hizo un análisis DOFA para evaluar la situación actual de la infraestructura y los lineamientos jurídicos y normativos existentes para lograr un mejor resultado, planteando cuatro redes fundamentales de metro para los ejes morfológicos de la ciudad (sur-norte), además de metro cables para conectar las periferias, implementando un tranvía para favorecer la movilidad sostenible y creando corredores verdes peatonales en toda la ciudad.

Frente a la propuesta de implementar un sistema de transporte similar al de Medellín, se evaluó además una forma de hacerlo más sostenible. Así, se propone instalar paneles solares en el sistema de transporte (teleférico y metro) para aprovechar una fuente de energía renovable. En el sistema de teleférico, se propone equipar las estaciones y cabinas con paneles solares en su superficie exterior (techo). La energía solar capturada alimentaría las operaciones de la estación como la iluminación, las máquinas, el sistema de control y la emergencia.

En el sistema de metro, se sugiere instalar paneles fotovoltaicos en las estaciones elevadas y vagones para generar electricidad. La energía producida podría

usarse en sistemas internos como la iluminación, la climatización y la electrónica a bordo. El funcionamiento consistiría en:

- Conforme a la demanda de energía, conectar en serie paneles para obtener el voltaje adecuado.
- Los paneles captarían la radiación solar creando una corriente eléctrica continua, que sería transportada por cableado.
- Un inversor convertiría la corriente continua en corriente alterna.
- La energía se almacenaría en baterías para ser empleada cuando no haya luz solar.
- Los módulos fotovoltaicos admiten radiación directa y difusa, generando electricidad incluso en días nublados.

Los beneficios de este sistema serían:

- Ahorro en el consumo energético, ya que se genera electricidad con el sol en lugar de la red eléctrica.
- Cero emisiones contaminantes, convirtiéndose en una opción ecológica frente a fuentes tradicionales.
- Independencia energética y suministro en casos de apagón.
- Fomento del uso de energías renovables.

Por otro lado, se analizó que el Metro de Medellín ha iniciado la instalación de paneles solares fotovoltaicos en varias estaciones del sistema para avanzar en la implementación de energías limpias. Además, el primer teleférico con energía solar fue inaugurado en Bogotá, donde dos paneles solares ubicados sobre cada teleférico permitieron que el sistema funcionara durante cinco o seis horas al día sin usar energía eléctrica convencional. Por consiguiente, se puede inferir que, utilizar paneles solares para alimentar sistemas de transporte público, como teleféricos y metros, puede tener un impacto positivo ambiental. Los paneles solares pueden reducir la dependencia de fuentes externas de energía, disminuyendo la contaminación atmosférica y las

emisiones de dióxido de carbono. Además, transmiten un mensaje de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Por último, los sistemas de transporte solar pueden reducir la congestión del tráfico, mejorar la calidad del aire y la salud pública.

Bucaramanga es reconocida por ser la ciudad de los parques, su diversidad de zonas verdes permiten una conexión directa con la naturaleza en medio de un ambiente agobiante por las imponentes construcciones, tránsito vehicular continuo, entre otros factores que conforman el caos de una ciudad. La ciudad presenta actualmente una problemática urbana debido a la falta de más zonas verdes por la invasión del desarrollo vial con prioridad al vehículo y sin cumplir el reglamento de la ONU, el cual indica que por habitante deberían implementarse 15 metros de zona verde.

La biofísica invita a la comunidad a reconocer la necesidad vital del ser humano de mantener el equilibrio como objetivo principal del modelo ciudad biofílica, priorizando la calidad de vida de la población mediante espacios verdes como necesidad de una conexión con la naturaleza, incentivando el rescate de los espacios verdes en la sociedad. Dentro de los lineamientos se propone reverdecer la ciudad mediante corredores verdes peatonales e implementar una línea de metro con estaciones, utilizando la infraestructura existente, sin abandonar el sistema de buses presente y añadiendo líneas de metro cable conectadas a las estaciones. Esta estrategia podría tener un impacto positivo en el medio ambiente de la ciudad.

Según Sierra (2022), medidas similares en otros centros urbanos como la ciudad de Copenhague en Dinamarca han demostrado reducciones significativas en la contaminación acústica, concentración de material particulado en el aire y emisiones de gases de efecto invernadero. A pesar de mejoras temporales en la calidad del aire urbano, se ha observado que los niveles de contaminación a menudo superan los límites establecidos, lo que destaca la necesidad de estrategias continuas y efectivas para mantener la sostenibilidad ambiental.

En el contexto específico del día sin carro y moto, según Ramírez (2023), en Bucaramanga se observó una reducción significativa en el ruido ambiental y una mejora general en la calidad del entorno urbano; se logró una reducción importante en las emisiones de carbono (CO2) en la ciudad, al dejar de emitirse más de 1.800 toneladas de este gas. Esto está asociado a la salida de circulación de alrededor de 200 mil automóviles y 400 mil motocicletas, lo que equivale a una disminución cercana al 42% del parque automotor que circulaba anteriormente.

Estas cifras muestran el impacto positivo de las acciones realizadas para reducir la contaminación vehicular y las emisiones de gases de efecto invernadero, además de contribuir al medio ambiente y fomentar el transporte público y otras formas de movilidad alternativa como la bicicleta, con resultados satisfactorios en cuanto a reducción del ruido, material particulado y gases de efecto invernadero.

En agosto de 2022 la alcaldía de Bucaramanga sacó un artículo exponiendo que el mandato actual planeaba ver a Bucaramanga como ciudad inteligente, donde a pesar de describir que se han implementado nuevas tecnologías, como por ejemplo las luminarias de la ciudad, puntos de internet gratis, entre otros, dejaron de lado el punto inicial para la transición hacia una ciudad inteligente que es la educación ciudadana de la población, antes de la implementación de cualquier obra de infraestructura, pues a pesar de tener los avances tecnológicos, sino hay cultura ciudadana y apropiación del lugar seguirán presentándose inconvenientes. El último lineamiento, y considerado por el grupo de trabajo el más relevante, es la educación ciudadana, pilar fundamental en la construcción de una sociedad que valore la seguridad vial, la sostenibilidad y el bienestar común.

A partir del análisis realizado, se concreta como principal propuesta la implementación de un sistema de movilidad sostenible multimodal para el Área Metropolitana de Bucaramanga. Este sistema integra diversas soluciones complementarias, comenzando con un tranvía eléctrico y solar que funcione como eje estructurador de la movilidad metropolitana, aprovechando la infraestructura vial

existente y estableciendo conexiones eficientes entre los municipios que conforman el AMB. Complementariamente, se propone el desarrollo de redes de teleféricas que atiendan prioritariamente las zonas periféricas y de acceso complejo, incorporando estaciones equipadas con paneles solares para garantizar su autonomía energética. El sistema se completa con corredores verdes peatonales y ciclorrutas diseñados para facilitar la conexión ecológica y fomentar el uso de transportes no motorizados entre la población.

Un componente fundamental de la propuesta es la educación y cultura ciudadana como eje transversal, orientada a transformar los hábitos de movilidad y fortalecer la apropiación del espacio público entre los habitantes. Esta propuesta, que articula los aprendizajes obtenidos de experiencias exitosas en Medellín y Río de Janeiro, ha sido diseñada considerando las particulares condiciones topográficas y sociales del AMB.

Las proyecciones indican que la implementación de este modelo permitiría una reducción de al menos un 30% en las emisiones de gases contaminantes durante los próximos 10 años, contribuyendo significativamente a la mejora de la calidad de vida urbana en toda el área metropolitana.

Conclusiones

A partir de la formulación de lineamientos de movilidad sostenible se puede concluir que es necesario una comunicación y coherencia de todas las partes que componen un sistema de transporte, llegando a tener una mayor cobertura, optando por medios de transporte con una fuente de energía limpia que permita una ciudad más sostenible evitando contaminaciones auditivas y atmosféricas.

Desde la conciencia sobre la movilidad sostenible hasta el fomento del respeto y la participación ciudadana, cada elemento de la pedagogía desempeña un papel crucial en la creación de una ciudad más habitable, segura y conectada. Los ciudadanos no se apropiarán por su ciudad, si no sienten aprecio por esta, Bucaramanga debe recuperar

su identidad como la ciudad de los parques, la ciudad bonita y así revitalizar zonas abandonadas que funcionen como espacios de integración social y esparcimiento, permitiendo generar ejes de tensión y conexión dentro de la ciudad.

La coordinación en los diferentes entes que conforman el gobierno del Área Metropolitana de Bucaramanga es relevante para mantener los planes a largo plazo que se estipularon en el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo, por lo que el AMB debe priorizar que los gobernantes de sus diferentes municipios estén coordinados, para garantizar una correcta ejecución de los planes de desarrollo y el óptimo uso de los ingresos municipales.

La movilidad urbana es un desafío constante que requiere una visión integral y soluciones innovadoras. A lo largo de este ejercicio se han explorado las complejidades de la infraestructura del transporte, las opciones de movilidad y la influencia de la pedagogía ciudadana en la sociedad bumanguesa. Desde esta perspectiva, surge una clara comprensión de que la movilidad no es solo una cuestión de infraestructura, sino un reflejo de la cultura cívica y la conciencia ciudadana.

La movilidad consciente es más que una elección, es un compromiso con una ciudad mejor y más resiliente. A través de la colaboración y la educación, podemos forjar un camino hacia una movilidad que no solo alivie la congestión, sino que también inspire una nueva forma de vida en la ciudad, donde cada ciudadano sea un agente del cambio y donde cada viaje sea un paso hacia adelante.

Referencias

Acuña, A. (2023). *El AMB propone alternativas de movilidad frente al acelerado crecimiento del parque automotor durante el 2022*. AMB. https://www.amb.gov.co/crecimiento-parque-automotor-2022-amb/

Ardila, E. (2023). *Alerta: Crece el parque automotor en el área metropolitana de Bucaramanga. Vanguardia.* https://vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/alerta-crece-el-parque-automotor-en-el-area-metropolitana-de-bucaramanga-IB7506596

Blanco, N. (2023). *Mapa de las zonas más ruidosas de Bucaramanga. Quiero ser UNAB.* https://unab.edu.co/mapa-de-las-zonas-mas-ruidosas-de-bucaramanga/

Caracol. (2024). *Incendios forestales han contaminado el aire del Área Metropolitana.* https://caracol.com.co/2024/01/18/incendios-forestales-han-contaminado-el-aire-del-area-metropolitana/

Carrillo, E., & Almazo, C. (2015). *Estrategias de estacionamientos de vehículos para el mejoramiento de movilidad en la ciudad de Bucaramanga* [Trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana]. http://hdl.handle.net/20.500.11912/11147

Cruzate, J., & Ojeda M. (2019). *Análisis y diagnóstico de movilidad urbana en el sector aledaño a los equipamientos universitarios ubicados entre las calles 8 y 11 y entre carreras 25 y 17 en la ciudad de Bucaramanga* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/79b4de90-ad8a-4e8e-88ed-62d17e1afe86/content

De la Hoz, V., & Santana, L. (2021). *Análisis de los efectos en la movilidad y la calidad del aire debido a las medidas tomadas a nivel de transporte para mitigar la propagación de la pandemia de la COVID-19 en Bucaramanga y su área metropolitana* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/63b97146-9102-4453-b9c1-9238eb56b346/content

EV Charging Energy. (2023). *Energía solar y electrificación del tranvía público. EV Charging Energy5.* https://energy5.com/es/energia-solar-y-electrificacion-del-tranvia-publico

FCV. (2023). *La calidad del aire de Bucaramanga tiene en alerta a los profesionales en salud respiratoria.* Fundación Cardiovascular de Colombia. https://www.fcv.org/co/prensa/noticias/la-calidad-del-aire-de-bucaramanga-tiene-en-alerta-a-los-profesionales-en-salud-respiratoria

González, E. (2015). *Lineamientos para el diseño y la actualización curricular*. Ediciones USTA-Colombia.

IQAir. (2024). Colombia - Santander - Bucaramanga. https://www.iqair.com/es/colombia/santander/bucaramanga

Lehmann, S. (2010). Green urbanism: Formulating a series of holistic principles. S.A.P.I.EN.S. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society, (3.2).* https://journals.openedition.org/sapiens/1057

Lizcano, F. (2017). Estrategias y criterios de intervención para el mejoramiento de las cualidades paisajísticas – ambientales del borde occidental de Bucaramanga, Colombia. *En Lugares e suas interfaces intraurbanas* (pp.235-250). Editorial Paraiboa.

Moreno, M., & Prada, L. (2019). *Sistema de transporte público urbano sostenible en Bucaramanga: Una aproximación a la huella de carbono del sistema de transporte Metrolínea, años 2015 - 2017* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/12783

Muñiz, I., Calatayud Y., & García, M. (2010). Causas y efectos de la dispersión urbana. En *La ciudad de baja densidad. Lógica, gestión y contención* (pp. 307-347). Diputación de Barcelona.

ONU-Hábitat. (2020). *La nueva agenda urbana.* Centro Urbano. https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Nueva-Agenda-Urbana-Ilustrada.pdf

Organización de Naciones Unidas. (2015) *Objetivos de Desarrollo Sostenible.* https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Pineda, J. (2023). *Vehículos emitieron unas 46.000 toneladas de monóxido de carbono el año pasado en Bucaramanga. Vanguardia.* https://vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/vehiculos-emitieron-unas-46000-toneladas-de-monoxido-de-carbono-el-ano-pasado-en-bucaramanga-HX6347458

Ramírez, D. (2023). *Bucaramanga más tranquila, limpia y menos ruidosa en este Día sin Carro y Moto. Alcaldía de Bucaramanga.* https://www.bucaramanga.gov.co/noticias/bucaramanga-mas-tranquila-limpia-y-menos-ruidosa-en-este-dia-sin-carro-y-moto/

Rosales V., & Santana L. (2021). *Análisis de los efectos en la movilidad y la calidad del aire debido a las medidas tomadas a nivel de transporte para mitigar la propagación de la pandemia de la COVID-19 en Bucaramanga y su área metropolitana* [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/63b97146-9102-4453-b9c1-9238eb56b346/content

Sarmiento, S. (2019). La contaminación ambiental en la ciudad de Bucaramanga y el efecto en la salud de sus habitantes [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28451/37860379.pdf?isAllowed=y&sequence=1

Sierra, J. (2022). *Diseño de una estrategia para la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Bucaramanga, basado en caso de éxito: Ciudad de Copenhague* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. https://repository.uniminuto.edu/bitstream_2022.pdf