

Dinámicas espaciales del sector de la construcción en el Área Metropolitana de  
Bucaramanga (2018-2022)

Veronica Buitrago Ferreira y Natalia Vanessa Cáceres Jaimes

Trabajo de Grado para Optar el Título de Economista

Director

M. Sc. Carlos A Mantilla Duarte

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Bucaramanga

2025

### Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, por ser el espacio donde crecimos no solo como economistas, sino como personas comprometidas con la sociedad y el desarrollo del país, gracias por permitirnos alcanzar este logro en esta importante institución.

A la Escuela de Economía y Administración y profesores, por brindarnos las herramientas académicas y humanas que hicieron posible nuestra formación profesional, y por fomentar la curiosidad intelectual y el pensamiento crítico.

A nuestro director, el M. Sc. Carlos A. Mantilla Duarte, por su guía, orientación y constante apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia, conocimientos y dedicación fueron fundamentales para dar forma a este trabajo. Gracias por su apoyo incondicional.

*Veronica:*

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, por ser mi mayor ejemplo de amor, fortaleza y dedicación. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por acompañarme en cada paso y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo sueño puede hacerse realidad.

A mis amigos, por su apoyo sincero, sus palabras de aliento y por llenar de alegría este camino. En especial a Dana y Dayan, por estar siempre a mi lado, compartiendo risas, desvelos y momentos que recordaré con cariño.

A mi Hallie, por su ternura incondicional, por acompañarme en silencio y hacer más llevaderos los días largos y las noches de trabajo.

Y, finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, me acompañaron en este proceso: gracias por ser parte de esta etapa tan importante de mi vida y por recordarme que los logros se disfrutan más cuando se comparten con quienes uno quiere.

*Natalia:*

Gracias infinitas a mi familia, por ser el apoyo más fuerte en cada etapa de mi vida. A mis padres, por su amor incondicional, por enseñarme el valor de la perseverancia incluso cuando el camino parecía difícil, por inspirarme a alcanzar cada meta con humildad y esfuerzo. Los amo con mi ser y les debo todo lo que soy.

A mi pareja, por su amor, comprensión y compañía constante; por motivarme a seguir adelante, creer en mis capacidades y recordarme que los logros son más valiosos cuando se comparten con quien uno ama.

A mis amigos, quienes con su apoyo, paciencia y alegría hicieron más llevaderos los días de trabajo y estudio. Gracias por estar presentes en cada momento de mi vida, y brindarme su compañía en días de cansancio y de celebración.

Finalmente, queremos darle las gracias a Dios y expresar nuestro reconocimiento a nosotras mismas, por no rendirnos, por acompañarnos con paciencia, por escucharnos y sostenernos mutuamente en cada etapa del camino. Este trabajo representa no solo un resultado académico, sino también un proceso compartido de aprendizaje, confianza y crecimiento personal. Valoramos la capacidad que tuvimos para apoyarnos mutuamente, superando los retos y manteniendo el entusiasmo incluso en los momentos más exigentes. Nos sentimos orgullosas de nuestro esfuerzo y de haber construido un proyecto que refleja compromiso, empatía y trabajo en equipo.

## Tabla de contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Cuerpo del Trabajo .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Marco Referencial .....</b>	<b>16</b>
1.1.1 Teorías del crecimiento urbano .....	16
1.1.2 Enfoques de desarrollo local.....	17
1.1.3 Fundamentos del análisis espacial .....	18
1.1.4 Estudios previos sobre construcción y desigualdad territorial .....	19
<b>1.2 Contexto Territorial y Económico .....</b>	<b>20</b>
1.2.1 Caracterización del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) .....	20
1.2.2 Transformaciones recientes: 2018, 2020 y 2022 .....	21
1.2.3 Políticas de ordenamiento, licenciamiento y vivienda .....	22
1.2.4 Perfil sociodemográfico y movilidad .....	23
1.2.5 Retos y oportunidades territoriales.....	24
<b>1.3 Metodología .....</b>	<b>25</b>
1.3.1 Diseño mixto .....	25
1.3.2 Fuentes de información .....	25
1.3.3 Variables .....	26
1.3.4 Matriz de pesos espaciales (W) .....	29
1.3.5 Modelos espaciales.....	30
1.3.5.1 Limpieza y organización de datos .....	30
1.3.5.2 Análisis exploratorio de datos (EDA) .....	30
1.3.5.3 Construcción de la matriz de pesos espaciales (W) .....	30
1.3.5.4 Modelado econométrico espacial y formulación matemática .....	31

<b>2. Análisis Exploratorio Espacial .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1 Dinámica demográfica por municipio.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2 Densidad poblacional .....</b>	<b>37</b>
<b>2.3 Distribución espacial de la densidad poblacional .....</b>	<b>41</b>
2.3.1 Bucaramanga .....	42
2.3.2 Floridablanca.....	45
2.3.3 Girón .....	48
2.3.4 Piedecuesta.....	51
<b>2.4 Autocorrelación espacial: índice de Moran .....</b>	<b>54</b>
2.4.1 Resultados del Índice de Moran Global.....	56
<b>2.5 Correlación local: LISA y clústeres espaciales .....</b>	<b>59</b>
<b>2.6 Disponibilidad relativa de equipamientos urbanos en el AMB (2022).....</b>	<b>62</b>
<b>2.7 Análisis espacial del canon de arriendos .....</b>	<b>66</b>
<b>2.8 Infraestructura vial residencial por sección censal .....</b>	<b>68</b>
<b>2.9 Distribución del estrato socioeconómico en el AMB.....</b>	<b>69</b>
<b>2.10 Estimación y diagnóstico de modelos espaciales .....</b>	<b>72</b>
2.10.1 Impactos espaciales del modelo SDM .....	72
<b>3. Resultados .....</b>	<b>74</b>
<b>3.1 Resultados e interpretación del modelo SDM (2022).....</b>	<b>74</b>
<b>3.2 Comparación de bondad de ajuste (AIC y LogLik) .....</b>	<b>76</b>
<b>3.3 Dependencia espacial (parámetros <math>\rho</math> y <math>\lambda</math>) .....</b>	<b>77</b>

<b>3.4 Diagnóstico de residuos (Moran's I) .....</b>	<b>78</b>
<b>3.5 Pruebas y diagnóstico del modelo.....</b>	<b>78</b>
<b>3.6 Impactos directos e indirectos .....</b>	<b>79</b>
<b>4. Conclusión.....</b>	<b>81</b>
<b>4.1 Discusión de hallazgos .....</b>	<b>81</b>
<b>4.2 Conclusiones generales.....</b>	<b>82</b>
<b>5. Recomendaciones.....</b>	<b>83</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

**Lista de Tablas**

Tabla 1 Variable dependiente — Densidad de manzanas construidas .....	27
Tabla 2 Variables explicativas del modelo SDM .....	28
Tabla 3 Resultados del Índice de Moran Global para la densidad poblacional (2018-2022) .....	57
Tabla 4 Resultados de la estimación del modelo SDM (2022).....	73
Tabla 5 Impactos espaciales estimados del modelo SDM (2022) .....	75
Tabla 6 Comparación de bondad de ajuste (AIC y LogLik).....	77

### Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> Cambios en la proporción de población en el AMB (2018-2022) .....	36
<b>Figura 2</b> Densidad poblacional ( $\times 10^4$ hab/km <sup>2</sup> ) por municipio en el AMB (2018-2022)	38
<b>Figura 3</b> Habitantes por manzana por municipio en el AMB (2018-2022) .....	39
<b>Figura 4</b> Densidad de construcción (manzanas/km <sup>2</sup> ) por municipio en el AMB (2018-2022)	
.....	40
<b>Figura 5</b> Bucaramanga – Densidad Poblacional (2018-2022) .....	42
<b>Figura 6</b> Bucaramanga – Habitantes por manzana (2018-2022) .....	43
<b>Figura 7</b> Bucaramanga - Densidad de construcción (manz/ km <sup>2</sup> ) (2018-2022).....	44
<b>Figura 8</b> Floridablanca – Densidad Poblacional (2018-2022) .....	45
<b>Figura 9</b> Floridablanca - Habitantes por manzana (2018-2022) .....	46
<b>Figura 10</b> Floridablanca: Manzanas por km <sup>2</sup> (2018-2022) .....	47
<b>Figura 11</b> Girón – Densidad Poblacional (2018-2022) .....	48
<b>Figura 12</b> Giron - Habitantes por manzana (2018-2022, <3 km <sup>2</sup> del centro) .....	49
<b>Figura 13</b> Giron - Manzanas por km <sup>2</sup> (2018-2022, <3 km <sup>2</sup> del centro) .....	50
<b>Figura 14</b> Piedecuesta – Densidad Poblacional (2018-2022) .....	51
<b>Figura 15</b> Piedecuesta: Habitantes por manzana (2018-2022) .....	52
<b>Figura 16</b> Piedecuesta: Manzanas por km <sup>2</sup> (2018-2022) .....	53
<b>Figura 17</b> Estructura de contigüidad espacial bajo el criterio Queen en el AMB .....	55
<b>Figura 18</b> Índice de Moran bivariado para la densidad: comparación de 2018, 2020 y 2022	
.....	58

<b>Figura 19</b> Correlación espacial local (LISA) de la densidad poblacional en 2018.....	59
<b>Figura 20</b> Correlación espacial local (LISA) de la densidad poblacional en 2020.....	60
<b>Figura 21</b> Correlación espacial local (LISA) de la densidad poblacional en 2022.....	61
<b>Figura 22</b> Instituciones educativas (colegios) por cada 1000 habitantes en municipios del área metropolitana de Bucaramanga (2022) .....	63
<b>Figura 23</b> Hospitales por cada 1000 habitantes en municipios del área metropolitana de Bucaramanga (2022).....	64
<b>Figura 24</b> Comercio por cada 1000 habitantes en municipios del área metropolitana de Bucaramanga (2022).....	65
<b>Figura 25</b> Canon promedio de arriendos (log) por sección censal en el Área Metropolitana de Bucaramanga.....	67
<b>Figura 26</b> Longitud de vías residenciales por sección censal en el Área Metropolitana de Bucaramanga.....	68
<b>Figura 27</b> Distribución del estrato socioeconómico en el AMB.....	70
<b>Figura 28</b> Distribución de estratos principales por número de secciones censales en el Área Metropolitana de Bucaramanga .....	71

## Glosario

**área metropolitana de Bucaramanga (AMB):** conjunto urbano conformado por Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, que actúan de manera integrada en lo económico, social y territorial.

**autocorrelación espacial:** relación que existe entre los valores de una variable en distintas ubicaciones; es positiva cuando áreas cercanas presentan valores similares y negativa cuando presentan valores opuestos.

**canon de arriendo:** precio que se paga periódicamente por el uso de una vivienda en calidad de alquiler.

**clúster:** agrupamiento de valores similares en el territorio, que puede ser de alta intensidad (alta-alta) o baja intensidad (baja-baja).

**construcción (sector):** actividad económica relacionada con la edificación de viviendas, infraestructura y equipamientos urbanos.

**densidad de construcción:** relación entre el área construida y el área total disponible en una sección censal o manzana.

**densidad poblacional:** número de habitantes por unidad de superficie, generalmente expresado en habitantes por kilómetro cuadrado.

**economía espacial:** rama de la economía que estudia cómo la localización geográfica y la distribución del espacio influyen en la actividad económica.

**estrato socioeconómico:** clasificación oficial en Colombia (de 1 a 6) que categoriza los hogares según sus condiciones de vivienda y entorno, utilizada para focalizar subsidios y tarifas de servicios públicos.

**índice de Moran:** estadístico que mide el grado de autocorrelación espacial global, es decir, si una variable presenta patrones de concentración o dispersión en el territorio.

**LISA (local indicators of spatial association):** indicadores locales de asociación espacial que permiten identificar clústeres o focos de concentración en áreas específicas.

**patrón espacial:** forma en que se distribuye una variable en el espacio, pudiendo ser concentrada, dispersa o aleatoria.

**plan de ordenamiento territorial (POT):** instrumento de planificación urbana en Colombia que regula los usos del suelo, la expansión urbana y la protección ambiental.

**segregación socioespacial:** fenómeno por el cual grupos sociales con características similares tienden a concentrarse en áreas determinadas, generando desigualdades en el acceso a servicios y oportunidades.

**sección censal:** unidad territorial definida por el DANE para la recolección de información censal, compuesta por un conjunto de manzanas o veredas.

**spillover (efecto de derrame):** impacto indirecto que una variable o fenómeno en un área genera sobre las áreas vecinas.

## Resumen

**Título:** Dinámicas espaciales del sector de la construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga (2018–2022) \*

**Autor:** Veronica Buitrago Ferreira, Natalia Vanessa Cáceres Jaimes \*\*

**Palabras Clave:** construcción, economía espacial, densidad poblacional, segregación urbana, Área Metropolitana de Bucaramanga

**Descripción:** El presente trabajo analiza la evolución del sector de la construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) durante los años 2018, 2020 y 2022, desde la perspectiva de la economía espacial. El objetivo general consiste en identificar los patrones territoriales, los factores que explican la distribución de la actividad constructiva y los efectos socioeconómicos asociados. Para ello, se integraron diversas fuentes de información, entre ellas datos censales, cartografía georreferenciada y registros institucionales, que permitieron construir una base de datos espacial a nivel de sección censal.

La metodología combinó herramientas de análisis cuantitativo y espacial, como el índice de Moran, los estadísticos LISA y los modelos econométricos espaciales SAR, SEM y SDM. De manera complementaria, se consideraron aspectos de planeación urbana, dinámica demográfica y condiciones económicas locales para interpretar los resultados en un marco territorial coherente.

Los resultados muestran una marcada dependencia espacial en la actividad constructiva: las zonas con mayor densidad edificatoria tienden a agruparse, mientras que las áreas periféricas presentan baja consolidación urbana. La densidad poblacional se identificó como el principal determinante, con efectos directos e indirectos sobre las secciones vecinas. Asimismo, variables como el canon de arriendo, la infraestructura vial y el estrato socioeconómico reflejan contrastes territoriales que evidencian desigualdades en el acceso a servicios y oportunidades.

El modelo Durbin espacial (SDM) presentó el mejor ajuste estadístico y permitió capturar la interacción entre los factores locales y los efectos de vecindad. En conjunto, los hallazgos confirman que el comportamiento de la construcción en el AMB no depende únicamente de las condiciones individuales de cada zona, sino también de las interrelaciones estructurales dentro del sistema urbano. Este enfoque aporta insumos relevantes para orientar políticas públicas hacia un desarrollo metropolitano más equilibrado y sostenible.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía. Director: Carlos A. Mantilla Duarte. M. Sc. en Estadística

### Abstract

**Title:** Spatial dynamics of the construction sector in the Metropolitan Area of Bucaramanga (2018–2022) \*

**Author:** Veronica Buitrago Ferreira, Natalia Vanessa Cáceres Jaimes\*\*

**Key Words:** construction, spatial economics, population density, urban segregation, Metropolitan Area of Bucaramanga

**Description:** This study analyzes the evolution of the construction sector in the Metropolitan Area of Bucaramanga (AMB) during the years 2018, 2020, and 2022, from a spatial economics perspective. The main objective is to identify the territorial patterns, explanatory factors, and socioeconomic effects associated with construction activity. Various information sources were integrated, including census data, georeferenced cartography, and institutional records, to build a spatial database at the census-section level.

The methodology combined quantitative and spatial analysis tools, such as Moran's Index, LISA statistics, and spatial econometric models (SAR, SEM, and SDM). In addition, aspects related to urban planning, demographic dynamics, and local economic conditions were considered to interpret the results within a coherent territorial framework.

The results reveal a marked spatial dependence in construction activity: areas with higher building density tend to cluster, while peripheral zones show lower levels of urban consolidation. Population density emerged as the main determinant, generating direct and indirect effects on neighboring sections. Likewise, variables such as rental prices, road infrastructure, and socioeconomic strata reveal territorial contrasts that reflect inequalities in access to services and opportunities.

The Spatial Durbin Model (SDM) presented the best statistical fit, capturing the interaction between local factors and neighborhood effects. Overall, the findings confirm that construction dynamics in the AMB depend not only on the individual characteristics of each zone but also on structural interrelations within the urban system. This approach provides valuable insights for guiding public policies toward more balanced and sustainable metropolitan development.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía. Director: Carlos A. Mantilla Duarte. M. Sc. en Estadística

## Introducción

El sector de la construcción constituye uno de los principales dinamizadores de la economía urbana en Colombia, al generar empleo, valor agregado y transformaciones espaciales que modifican la estructura del territorio. En las áreas metropolitanas, su comportamiento refleja tanto la evolución demográfica como la efectividad de las políticas de ordenamiento territorial. En este contexto, el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), integrada por Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, ha experimentado en los últimos años un proceso de expansión y densificación que evidencia contrastes entre zonas consolidadas y áreas periféricas. Comprender estos patrones resulta fundamental para orientar decisiones públicas en materia de vivienda, infraestructura y planeación urbana sostenible.

A partir de esta realidad, surge la pregunta de investigación: ¿qué factores explican la distribución espacial de la actividad constructiva en el Área Metropolitana de Bucaramanga entre 2018 y 2022, y en qué medida existen patrones de dependencia espacial entre sus secciones censales? Se plantea como hipótesis central que la construcción en el AMB presenta una dependencia espacial positiva, influida principalmente por la densidad poblacional y por variables socioeconómicas y territoriales, como el estrato, la infraestructura vial y el canon de arriendo.

El propósito general de este estudio es analizar la dinámica espacial del sector de la construcción en el AMB durante los años 2018, 2020 y 2022, identificando los factores determinantes y la magnitud de los efectos de vecindad. Para cumplir este propósito, se busca: (1) examinar las tendencias y factores que explican la localización de la actividad constructiva y (2) evaluar los efectos espaciales y socioeconómicos asociados al desarrollo urbano reciente, formulando orientaciones de política territorial que promuevan un crecimiento metropolitano más equilibrado.

El alcance de la investigación es descriptivo y explicativo, con énfasis en las relaciones espaciales que inciden en la configuración territorial del AMB. Se integraron datos censales, cartografía georreferenciada y registros institucionales, con el fin de construir una base de información espacial a nivel de sección censal. Posteriormente, se aplicaron herramientas de análisis exploratorio y modelos econométricos espaciales (SAR, SEM y SDM) bajo criterios de información (AIC y BIC) y diagnósticos de autocorrelación, seleccionándose el modelo Durbin espacial (SDM) como el de mejor ajuste.

El documento se estructura en siete secciones. La primera desarrolla el marco teórico sobre crecimiento urbano, desarrollo local y análisis espacial. La segunda describe las fuentes de información y la ficha de variables. La tercera expone la construcción de la matriz de pesos espaciales y la formulación de los modelos SAR, SEM y SDM. La cuarta y la quinta presentan la estimación, validación y resultados del modelo seleccionado. La sexta discute los principales hallazgos y sus implicaciones de política pública, y la séptima reúne las conclusiones y líneas de investigación futura.

## 1. Cuerpo del Trabajo

### 1.1 Marco Referencial

#### *1.1.1 Teorías del crecimiento urbano*

El crecimiento urbano ha sido objeto de múltiples enfoques teóricos que buscan explicar cómo se estructuran, organizan y expanden las ciudades en función de factores económicos, geográficos y sociales. Estas teorías resultan fundamentales para comprender los patrones espaciales de localización de la construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB).

En primer lugar, Alonso (1964), con su modelo monocéntrico, plantea que la distribución del uso del suelo urbano se da a partir de la competencia entre agentes económicos que buscan ubicarse en torno al centro de la ciudad, donde se concentran las actividades y servicios. Según este modelo, los precios del suelo disminuyen a medida que aumenta la distancia al centro, lo que determina la localización de las actividades residenciales, comerciales e industriales. Este enfoque constituye la base para analizar las dinámicas de accesibilidad, valor del suelo y patrones residenciales.

Por otra parte, Von Thünen (1826/1966), en su planteamiento del Estado Aislado, explica que el uso del suelo se organiza de manera concéntrica a partir del centro del mercado, en función del valor de los productos y de los costos de transporte. Aunque concebido para un contexto agrícola, este modelo constituye un antecedente clave en la economía espacial, pues introduce la relación entre distancia, rentabilidad y localización, principios que siguen siendo aplicables en la estructura de las ciudades modernas.

En un marco más contemporáneo, Krugman (1991) y posteriormente Fujita, Krugman y Venables (1999), desde la Nueva Geografía Económica, incorporan conceptos como rendimientos

crecientes, economías de escala y costos de transporte para explicar la concentración de actividades económicas y la formación de aglomeraciones urbanas. Estos autores sostienen que las interacciones entre las fuerzas de concentración (centrípetas) y dispersión (centrífugas) determinan la configuración espacial de las ciudades y regiones. De esta manera, el crecimiento urbano no solo responde a factores de mercado, sino también a procesos de aglomeración productiva y a la conectividad territorial.

Estas teorías permiten entender cómo los costos de transporte, la competencia por el uso del suelo y los procesos de aglomeración influyen en la dinámica urbana, ofreciendo un marco conceptual útil para analizar el comportamiento del sector de la construcción en el AMB.

### *1.1.2 Enfoques de desarrollo local*

El desarrollo local se fundamenta en la idea de que los territorios poseen capacidades endógenas que, al ser potenciadas, permiten generar procesos sostenibles de crecimiento económico y cohesión social. Vázquez-Barquero (2002) destaca que el desarrollo no depende únicamente de la inversión externa o del capital, sino de la interacción entre actores locales, instituciones, redes de cooperación y acumulación de conocimiento.

Este enfoque resalta la importancia de la gobernanza territorial y de la planificación participativa en la construcción de ciudades más equitativas. Desde esta perspectiva, el sector de la construcción se convierte en una actividad estratégica que puede dinamizar economías locales al generar empleo, atraer inversión privada y consolidar infraestructura. Al mismo tiempo, constituye un espacio de intervención de políticas públicas para orientar el crecimiento urbano hacia modelos más sostenibles e inclusivos.

En el caso del AMB, los enfoques de desarrollo local resultan especialmente relevantes, ya que los municipios que lo integran presentan dinámicas diferenciadas en cuanto a estructura económica, capacidad institucional y acceso a servicios. La construcción, como motor de transformación urbana, puede contribuir a reducir brechas territoriales, pero también corre el riesgo de reproducir desigualdades si se concentra únicamente en sectores privilegiados.

### *1.1.3 Fundamentos del análisis espacial*

El análisis espacial constituye una herramienta metodológica central en estudios urbanos y regionales, ya que permite examinar cómo la localización y la proximidad influyen en la distribución de fenómenos socioeconómicos. A diferencia de los métodos estadísticos tradicionales, que asumen independencia entre observaciones, el análisis espacial incorpora explícitamente las interdependencias generadas por la vecindad geográfica.

Entre los indicadores más utilizados se encuentra el Índice de Moran (Moran, 1948), que mide la autocorrelación espacial global y permite establecer si los valores altos o bajos de una variable tienden a agruparse en el territorio. De manera complementaria, el Índice de Geary (Geary, 1954) y el estadístico G de Getis-Ord (Getis & Ord, 1992) ofrecen enfoques alternativos para captar patrones locales; sin embargo, en este estudio se emplea únicamente el Índice de Moran por su pertinencia para evaluar la autocorrelación global de la actividad constructiva.

Además de los indicadores, existen modelos econométricos espaciales que incorporan la dependencia geográfica en los procesos explicativos. El modelo SAR (Spatial Autoregressive Model) introduce efectos de vecindad en la variable dependiente, capturando la influencia directa entre unidades espaciales cercanas (Anselin, 1988). El modelo SEM (Spatial Error Model), en cambio, incorpora la autocorrelación en los errores, siendo útil cuando hay variables omitidas que

presentan una estructura espacial. Finalmente, el modelo SDM (Spatial Durbin Model) combina elementos de los anteriores, incluyendo rezagos espaciales tanto en la variable dependiente como en las independientes, lo que lo convierte en una herramienta más flexible para el análisis territorial.

La aplicación de estas técnicas resulta clave en este trabajo, ya que permiten evaluar si la actividad constructiva en el AMB responde a patrones de concentración, dispersión o aleatoriedad, así como identificar los factores que explican su localización.

#### *1.1.4 Estudios previos sobre construcción y desigualdad territorial*

Diversos estudios en América Latina y Colombia han evidenciado que la actividad constructiva no solo refleja procesos de urbanización, sino que también reproduce desigualdades territoriales. La localización de proyectos de vivienda e infraestructura se concentra, en la mayoría de los casos, en sectores con mayor infraestructura vial, servicios públicos y conectividad, mientras que las periferias urbanas tienden a crecer de manera informal y con menor planificación.

Camagni (2002) advierte sobre los riesgos de concebir la competitividad territorial únicamente en términos económicos, sin considerar la cohesión social y la equidad espacial. En esta misma línea, investigaciones empíricas en ciudades como Bogotá y Lima han mostrado que los programas de construcción de vivienda masiva, aunque dinamizan la economía, suelen localizarse en áreas periféricas con baja accesibilidad a servicios, lo que genera segregación residencial (Dureau et al., 2013).

En el caso colombiano, la literatura señala que las políticas de vivienda de interés social, si bien han contribuido a reducir el déficit habitacional, han acentuado procesos de expansión urbana periférica y dispersión territorial (Torres, 2018). Asimismo, en ciudades intermedias como

Bucaramanga, la construcción se ha orientado hacia municipios vecinos como Floridablanca y Piedecuesta, donde existe mayor disponibilidad de suelo urbanizable, reforzando dinámicas de suburbanización.

Estos antecedentes permiten situar el análisis del AMB dentro de un contexto regional y latinoamericano, destacando la necesidad de evaluar no solo la cantidad de construcción realizada, sino también su localización, sus impactos sobre la estructura territorial y sus implicaciones en términos de justicia espacial.

## **1.2 Contexto Territorial y Económico**

### ***1.2.1 Caracterización del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB)***

El Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) está conformada por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, ubicados en el departamento de Santander, en la región nororiental de Colombia. Esta aglomeración urbana fue oficialmente constituida conforme a la Ordenanza No. 20 de 1981 de la Asamblea Departamental y al Decreto 0332 del 2 de marzo de 1985, que formalizó su creación (Asamblea Departamental de Santander, 1981; República de Colombia, 1985), consolidándose como un nodo estratégico de articulación regional.

La topografía del AMB es predominantemente montañosa, localizada en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos. Esta condición geográfica determina de manera significativa la distribución de los asentamientos urbanos, pues limita la disponibilidad de suelo plano y encarece los procesos de urbanización y construcción. A pesar de ello, el territorio cuenta con una red vial que integra los cuatro municipios y el Aeropuerto Internacional Palonegro, que asegura conectividad a nivel nacional e internacional.

En la estructura urbana, Bucaramanga actúa como núcleo central concentrando actividades administrativas, comerciales, financieras, educativas y hospitalarias. Por su parte, Floridablanca, Girón y Piedecuesta cumplen funciones complementarias, destacándose como espacios residenciales, industriales y de expansión urbana. En conjunto, el AMB constituye el cuarto núcleo urbano más poblado de Colombia y uno de los principales polos de desarrollo del nororiente del país.

### ***1.2.2 Transformaciones recientes: 2018, 2020 y 2022***

Durante los últimos años, el AMB ha enfrentado cambios económicos, sociales y territoriales que han impactado de manera directa al sector de la construcción.

**Año 2018:** el país registró un crecimiento económico moderado con una tasa de PIB cercana al 2,6 % (DANE, 2019). En Bucaramanga, bajo la administración municipal de Rodolfo Hernández, se ejecutaron proyectos de renovación urbana, infraestructura pública y centros comerciales. Asimismo, el programa nacional *Mi Casa Ya* impulsó la construcción de vivienda de interés social (VIS), particularmente en municipios periféricos como Piedecuesta y Girón, estimulando procesos de suburbanización.

**Año 2020:** la pandemia de COVID-19 marcó un punto de quiebre para la economía nacional y regional. Las medidas de confinamiento generaron la suspensión temporal de obras, incremento en los costos logísticos y reducción de la inversión privada. El sector de la construcción experimentó disminución en el otorgamiento de licencias y en el empleo asociado. Adicionalmente, el Paro Nacional evidenció tensiones sociales que ralentizaron la reactivación económica. Sin embargo, hacia finales de 2020 se reactivaron proyectos estratégicos, especialmente en vivienda, como respuesta a la demanda acumulada.

**Año 2022:** con el inicio del gobierno de Gustavo Petro, se introdujeron lineamientos orientados a la justicia social y la regulación del mercado del suelo. Entre ellos, se fortalecieron los subsidios para vivienda de interés prioritario (VIP) y se enfatizó en la infraestructura pública como motor de desarrollo territorial. En el AMB, se intensificaron los procesos de expansión urbana en Piedecuesta y Girón, mientras Floridablanca consolidó su papel como segundo núcleo residencial del área metropolitana.

Estos tres momentos reflejan cómo los factores macroeconómicos, las coyunturas sociales y las políticas públicas condicionaron la dinámica de la construcción, reforzando el vínculo entre economía espacial y desarrollo urbano.

### ***1.2.3 Políticas de ordenamiento, licenciamiento y vivienda***

El crecimiento del AMB se encuentra regulado por los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), instrumentos que definen el uso del suelo, las zonas de protección ambiental y las áreas aptas para urbanización. No obstante, su actualización y aplicación han presentado rezagos, generando desajustes entre la normativa y las dinámicas reales del mercado inmobiliario.

En materia de licenciamiento, las curadurías urbanas de los municipios, especialmente las de Bucaramanga, cumplen un papel fundamental en la expedición de licencias de construcción, urbanización y subdivisión, conforme a lo establecido en el Decreto 1077 de 2015 (República de Colombia, 2015). A pesar de ello, se evidencian tensiones entre los procesos normativos y el ritmo acelerado de la expansión urbana, lo que ha derivado en fenómenos de urbanización no planificada y ocupación de zonas de riesgo.

Respecto a vivienda, programas nacionales como *Mi Casa Ya* (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2018), *Semillero de Propietarios* (Ministerio de Vivienda, 2019) y más

recientemente *Cambiar es Posible* (Ministerio de Vivienda, 2023) han buscado garantizar el acceso a soluciones habitacionales dignas. A nivel local, se han promovido alianzas público-privadas para impulsar proyectos de VIS y VIP. Sin embargo, persisten limitaciones relacionadas con la localización periférica de estos proyectos, el déficit cualitativo de vivienda y la falta de articulación con sistemas de transporte masivo y equipamientos urbanos.

#### ***1.2.4 Perfil sociodemográfico y movilidad***

De acuerdo con el DANE (2022), la población del AMB supera los 1,3 millones de habitantes. Bucaramanga concentra casi el 50 % del total, mientras que Floridablanca, Girón y Piedecuesta han absorbido gran parte del crecimiento poblacional reciente. Estas dinámicas han favorecido procesos de suburbanización y expansión hacia áreas periféricas, en un contexto de disponibilidad limitada de suelo urbanizable.

El perfil demográfico muestra predominio de población joven y económicamente activa (Censo Nacional de Población y Vivienda, DANE, 2018), lo que genera una creciente demanda de vivienda, empleo e infraestructura de servicios. Sin embargo, persisten desigualdades socioeconómicas entre comunas y municipios, reflejadas en los niveles de ingreso, acceso a equipamientos urbanos y calidad del espacio público.

En materia de movilidad, el sistema de transporte masivo *Metrolínea*, concebido inicialmente para articular los municipios del AMB, atraviesa actualmente una crisis operativa que ha llevado a la suspensión parcial de su funcionamiento. Esta situación ha incrementado la dependencia del transporte informal y del uso de vehículos particulares, lo que agrava la congestión vial y limita la integración territorial. Desde la perspectiva de la economía espacial, esta problemática resulta determinante, pues la accesibilidad y la conectividad influyen

directamente en la localización de los proyectos constructivos y en la valorización del suelo urbano.

### *1.2.5 Retos y oportunidades territoriales.*

El Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) enfrenta el desafío de consolidar un modelo de desarrollo urbano sostenible que logre equilibrar la presión de la expansión con la necesidad de proteger las áreas ambientales y garantizar el acceso equitativo a servicios urbanos.

Entre los principales retos territoriales se destacan la actualización y articulación intermunicipal de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT); la reducción del déficit habitacional mediante proyectos de calidad y con adecuada localización; la implementación de infraestructura de transporte eficiente que fortalezca la movilidad regional; y la atención a la desigualdad territorial, evitando la concentración de inversión en sectores privilegiados y la exclusión de las periferias.

Paralelamente, el sector de la construcción representa una oportunidad estratégica para dinamizar la economía regional, generar empleo y promover la cohesión territorial. No obstante, su contribución dependerá de la capacidad institucional para integrarlo dentro de una visión de planificación urbana sostenible y equitativa.

## 1.3 Metodología

### 1.3.1 *Diseño mixto*

La investigación adopta un diseño metodológico de carácter mixto, en el cual se combinan enfoques cuantitativos y cualitativos. Desde la perspectiva cuantitativa, se emplean herramientas estadísticas, econométricas y de análisis espacial que permiten modelar la actividad de construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) y evaluar la existencia de patrones de dependencia espacial. Desde la perspectiva cualitativa, se integran elementos contextuales e institucionales, como las políticas de ordenamiento territorial, los procesos de licenciamiento y los programas de vivienda, con el fin de explicar los resultados numéricos dentro de un marco interpretativo más amplio.

Este enfoque integral se justifica en la necesidad de articular la dimensión técnica con la dimensión social y política del territorio. La combinación de ambas perspectivas posibilita no solo identificar relaciones numéricas, sino también comprender cómo los patrones observados en la actividad constructiva responden a dinámicas urbanas, normativas y económicas específicas del AMB.

### 1.3.2 *Fuentes de información*

El análisis se sustenta en fuentes de información primaria y secundaria, tanto estadísticas como espaciales, que garantizan la confiabilidad y representatividad de los resultados.

En primer lugar, se utilizaron *shapefiles* de construcción y cartografía base, correspondientes a manzanas, secciones censales y polígonos urbanos, proporcionados por el

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Área Metropolitana de Bucaramanga.

En segundo lugar, se emplearon datos censales y sociodemográficos provenientes del *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018* y de las proyecciones poblacionales elaboradas por el DANE.

Finalmente, se recopilaron variables económicas e institucionales a partir de información disponible en los registros municipales y de las curadurías urbanas del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). Adicionalmente, se tabularon y depuraron los datos de precios de arrendamiento recolectados de fuentes oficiales y locales, los cuales se integraron en una base de datos propia. Para garantizar la consistencia y continuidad de la información en los años analizados, se aplicaron procedimientos de imputación y verificación cruzada entre municipios.

Todas estas fuentes se integraron en una base de datos georreferenciada con cobertura para los años 2018, 2020 y 2022, lo que permitió realizar un análisis comparativo de la evolución de la actividad constructiva en el área de estudio.

### ***1.3.3 Variables***

La especificación del estudio contempla una variable dependiente y un conjunto de variables explicativas seleccionadas por su relevancia en la literatura de economía espacial y por la disponibilidad de información en fuentes oficiales. La unidad espacial de análisis corresponde a las secciones censales del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). La variable dependiente se estimó para el año 2022, mientras que las variables explicativas se emplearon en comparaciones

descriptivas para los años 2018, 2020 y 2022, y en la estimación de los modelos espaciales correspondientes a 2022, según su pertinencia.

La selección de variables se fundamentó en dos criterios principales: La coherencia teórica para explicar la localización y la intensidad de la actividad constructora (considerando factores como la densidad poblacional, la accesibilidad, los precios, las características socioeconómicas y la dotación de equipamientos) y la disponibilidad de datos georreferenciados y consistentes a nivel de sección censal para el periodo 2018 – 2022. En la Tabla 1 (Ficha de variables) se presentan la definición operativa, las unidades de medida, las fuentes de información, las transformaciones aplicadas y la expectativa de signo teórico. Con el propósito de garantizar transparencia, la tabla incluye también el signo observado en la estimación del modelo SDM reportada en el documento.

**Tabla 1**

*Variable dependiente — Densidad de manzanas construidas*

<b>Variable</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Unidad</b>	<b>Año</b>	<b>Transformación</b>	<b>Signo (esperado / observado)</b>
Densidad manzanas construidas (dens_manz_2022)	de Número de manzanas construidas en cada sección censal.	de manz/km <sup>2</sup>	2022	Ninguna.	+ / (variable dependiente)

*Nota.* Variable dependiente utilizada en los modelos SAR, SEM y SDM. Fuente: Elaboración propia a partir de datos DANE e IGAC.

Tabla 2

*Variables explicativas del modelo SDM*

Variable	Definición operativa	Unidad	Año	Transformación	Signo (esperado / observado)
Densidad poblacional (dens_pob)	Habitantes por km <sup>2</sup> en la sección censal.	hab/km <sup>2</sup>	2018–2022	Ninguna.	+ / +
Canon promedio de arriendo (log_precio)	Logaritmo natural del canon promedio de arriendo mensual (COP).	log(COP)	2018–2022	Logaritmo natural (ln).	+ / +
Estrato socioeconómico predominante (estrato_pr)	Estrato modal de la sección censal (1–6).	ordinal (1–6)	2018–2022	Variable categórica/ordinal.	– / –
Longitud de vías residenciales (km_resid)	Longitud total de vías residenciales dentro de la sección censal.	km	2018–2022	Ninguna.	± / –
Equipamientos urbanos (equip_coleg, equip_hosp, equip_comerc)	Tasa de equipamientos por 1.000 habitantes (colegios, hospitales, comercio).	n° equip./1000 hab	2022	Ninguna.	+ / variable

**Nota.** Elaboración propia a partir de DANE (Censo Nacional de Población y Vivienda 2018; proyecciones 2020–2022), IGAC (red vial y cartografía 2018–2022), AMB (registros espaciales), y bases procesadas internamente (canon\_arriendo\_seccion.xlsx, vias\_resid\_seccion.xlsx, equipamientos\_2022.xlsx).

### 1.3.4 Matriz de pesos espaciales ( $W$ )

En el análisis econométrico espacial, la matriz de pesos ( $W$ ) cumple un papel fundamental, ya que representa las interdependencias entre las unidades territoriales del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). A través de esta matriz se establecen los vínculos de vecindad entre secciones censales y se define cómo la actividad constructiva de una zona puede influir en la de sus áreas cercanas.

En este estudio se aplicó un criterio de contigüidad tipo *Queen*, el cual considera vecinos a los polígonos que comparten al menos un vértice o una arista. Este enfoque resulta especialmente apropiado para contextos urbanos con geometrías irregulares, como el del AMB, pues permite capturar relaciones espaciales más amplias entre unidades adyacentes. La elección de este criterio se fundamenta en la literatura de economía urbana y geografía económica, donde se reconoce que los procesos de expansión y consolidación del espacio construido tienden a generar efectos de proximidad.

La matriz se normalizó por filas, de manera que la suma de los pesos de cada unidad espacial fuera igual a uno. Esta estandarización facilita la interpretación de los parámetros, al reflejar el efecto promedio de los vecinos sobre cada observación. En consecuencia, el coeficiente espacial estimado representa la magnitud del impacto relativo de las zonas colindantes sobre la variable dependiente.

Para verificar la estabilidad de los resultados, se consideraron configuraciones alternativas de  $W$ : una matriz tipo *Rook* (contigüidad por arista), matrices de  $k$  vecinos más cercanos ( $k$ -NN) y una basada en umbral de distancia. Estas variantes permitieron comprobar si los patrones espaciales dependían del criterio de vecindad o se mantenían estables bajo distintas estructuras.

Los resultados de las pruebas de sensibilidad mostraron que los signos y niveles de significancia de los coeficientes espaciales fueron consistentes en todas las configuraciones, lo que evidencia un patrón espacial robusto. Por ello, la matriz *Queen* fue adoptada como referencia principal para los modelos SAR, SEM y SDM, al representar adecuadamente las interdependencias territoriales del AMB.

### ***1.3.5 Modelos espaciales***

El desarrollo metodológico del estudio se llevó a cabo en varias etapas secuenciales que garantizaron la consistencia del análisis y la trazabilidad de los resultados.

#### **1.3.5.1 Limpieza y organización de datos**

Se realizó la normalización de bases censales, de licencias urbanísticas y de registros de inversión pública, asegurando la homogeneidad de los formatos y las unidades de medida. Posteriormente, se efectuó la unión espacial de los datos con *shapefiles* mediante identificadores únicos (códigos de sección censal o manzana).

#### **1.3.5.2 Análisis exploratorio de datos (EDA)**

En esta fase se calcularon estadísticas descriptivas por año y municipio, se elaboraron mapas de densidad y de concentración constructiva, y se identificaron patrones espaciales preliminares a través de mapas coropléticos y distribuciones de frecuencias.

#### **1.3.5.3 Construcción de la matriz de pesos espaciales (W)**

Se definieron matrices de contigüidad bajo criterios *Queen* y *Rook*, posteriormente normalizadas por filas para garantizar la comparabilidad de los resultados. Esta matriz representa

las relaciones de vecindad entre secciones censales y permite incorporar los efectos de dependencia espacial en los modelos econométricos.

#### 1.3.5.4 Modelado econométrico espacial y formulación matemática

El análisis econométrico espacial se desarrolló con el propósito de identificar los factores que explican la distribución de la actividad constructiva en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) y la existencia de efectos de vecindad entre secciones censales. Para ello, se estimaron tres modelos clásicos de la econometría espacial: **SAR (Spatial Autoregressive Model)**, **SEM (Spatial Error Model)** y **SDM (Spatial Durbin Model)**, aplicados sobre la variable dependiente *densidad de manzanas construidas*.

#### Formulación matemática de los modelos

En todos los casos se consideró la siguiente notación general:

- $y$ : vector ( $n \times 1$ ) de la variable dependiente (*densidad de manzanas construidas*).
- $X$ : matriz ( $n \times k$ ) de variables explicativas.
- $\beta$ : vector ( $k \times 1$ ) de coeficientes asociados a las variables explicativas.
- $W$ : matriz ( $n \times n$ ) de pesos espaciales tipo Queen normalizada por filas.
- $\rho$ : parámetro de autocorrelación espacial en la variable dependiente.
- $\lambda$ : parámetro de autocorrelación espacial en los errores.
- $\theta$ : vector de efectos espaciales sobre las variables explicativas.
- $\varepsilon$ : vector de errores aleatorios con  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$ .

**Modelo SAR (Spatial Autoregressive Model)**

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon$$

Este modelo incorpora dependencia espacial directa en la variable dependiente, de manera que el valor de  $y$  en una sección censal depende también de los valores de las secciones vecinas.

Forma resolvente:

$$y = (I_n - \rho W)^{-1} X\beta + (I_n - \rho W)^{-1} \varepsilon$$

(Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009)

**Modelo SEM (Spatial Error Model)**

$$y = X\beta + u, u = \lambda W u + \varepsilon$$

En este caso, la dependencia espacial se introduce en el término de error, reflejando la existencia de variables omitidas con estructura espacial.

Forma reducida:

$$y = X\beta + (I_n - \lambda W)^{-1} \varepsilon$$

(Anselin, 1988; LeSage & Pace, 2009)

**Modelo SDM (Spatial Durbin Model)**

$$y = \rho W y + X\beta + WX\theta + \varepsilon$$

El modelo SDM combina las dependencias del SAR y del SEM, incorporando rezagos espaciales tanto en la variable dependiente como en las explicativas, lo que permite capturar de forma más completa los efectos de interacción espacial.

Forma resolvente:

$$y = (I_n - \rho W)^{-1}(X\beta + WX\theta) + (I_n - \rho W)^{-1}\varepsilon$$

(LeSage & Pace, 2009)

### Impactos espaciales

Los modelos SAR y SDM permiten estimar efectos espaciales **directos**, **indirectos** (**spillovers**) y **totales**, derivados de la siguiente derivada matricial:

$$\frac{\partial y}{\partial x_j} = (I_n - \rho W)^{-1}(\beta_j I_n + \theta_j W)$$

- **Efecto directo:** promedio de los elementos diagonales de la matriz.
- **Efecto indirecto:** promedio de las sumas por fila fuera de la diagonal (efectos en zonas vecinas).
- **Efecto total:** suma de ambos.

Estos impactos permiten cuantificar cuánto influye una variable dentro de su propia unidad espacial y cuánto se transmite a las unidades vecinas.

### Criterios de selección de modelo

Para determinar el modelo más adecuado se aplicaron los siguientes criterios de información. Los modelos fueron evaluados mediante los criterios de información de Akaike (AIC; Akaike, 1974) y bayesiano (BIC; Schwarz, 1978), que penalizan la complejidad del modelo y permiten comparar especificaciones no anidadas:

#### Akaike (AIC):

$$AIC = -2\ln(L) + 2k$$

(Akaike, 1974)

#### Bayesiano (BIC):

$$BIC = -2\ln(L) + k\ln(n)$$

(Schwarz, 1978)

Donde  $L$  es la verosimilitud máxima y  $k$  el número de parámetros estimados. El modelo óptimo se seleccionó con base en los valores más bajos de **AIC** y **BIC**, mayor **logLik** y la significancia estadística de los parámetros espaciales ( $\rho$  y  $\lambda$ ).

Los niveles de significancia adoptados fueron:

- $p < 0.10$ : \* (significancia débil)
- $p < 0.05$ : \*\* (significancia moderada)
- $p < 0.01$ : \*\*\* (alta significancia)

La consistencia de los resultados se validó mediante pruebas de autocorrelación de residuos (Índice de Moran) y contrastes de hipótesis para los efectos espaciales. El **modelo SDM** fue finalmente seleccionado por ofrecer el mejor ajuste y mayor robustez estadística según los criterios AIC y BIC, además de capturar tanto los efectos directos como los indirectos del entorno territorial.

## 2. Análisis Exploratorio Espacial

Con el propósito de comprender la evolución y distribución de la población en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) durante los años 2018, 2020 y 2022, se desarrolló un análisis exploratorio de datos espaciales (EDA) basado en información georreferenciada proveniente del DANE y en shapefiles oficiales de secciones censales. Esta etapa resulta fundamental para identificar patrones espaciales relevantes, evaluar la concentración poblacional y establecer relaciones preliminares entre variables territoriales que posteriormente se incorporan al modelado econométrico espacial.

Los datos poblacionales por sección censal se integraron con los polígonos de manzanas urbanas y rurales, permitiendo calcular indicadores como la densidad poblacional (habitantes por km<sup>2</sup>), el promedio de habitantes por manzana y la densidad de manzanas por kilómetro cuadrado. Además, se estimaron medidas de autocorrelación espacial global (Índice de Moran) y local (LISA) con el fin de detectar agrupaciones territoriales significativas.

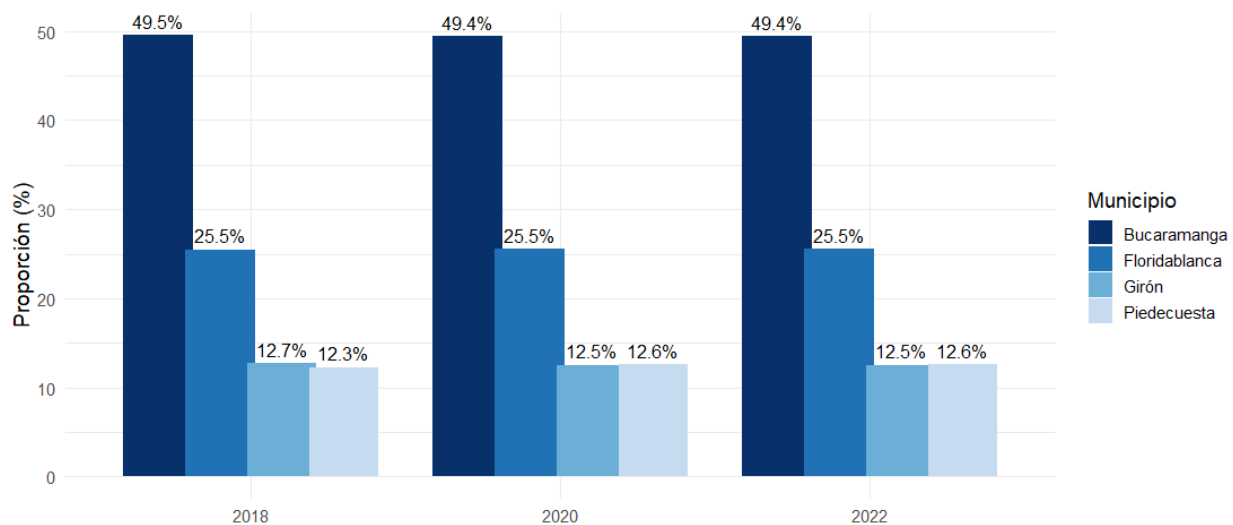
### 2.1 Dinámica demográfica por municipio

El análisis de la distribución de la población en el AMB, integrado por Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, evidencia una estabilidad relativa en la composición

demográfica durante el periodo 2018–2022. De acuerdo con las proyecciones oficiales del DANE (2022) procesadas en este estudio, Bucaramanga concentra alrededor de la mitad de la población metropolitana, con valores que varían entre el 49,5 % en 2018 y el 49,4 % en 2022, confirmando su papel como núcleo central del sistema urbano.

**Figura 1**

*Cambios en la proporción de población en el AMB (2018-2022)*



**Nota.** La figura muestra la variación porcentual de la población en los municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta) entre los años 2018 y 2022. Se evidencia estabilidad en la distribución de la población, con predominio de Bucaramanga y leves fluctuaciones en los demás municipios. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

La Figura 1 muestra la evolución de la participación poblacional por municipio. En Piedecuesta se registra un leve incremento, de 12,3 % en 2018 a 12,6 % en 2022, mientras que Girón presenta una disminución marginal de 12,7 % a 12,5 %. Floridablanca mantiene una participación estable cercana al 25,5 %, consolidándose como el segundo municipio más poblado

del área metropolitana. Estos cambios, aunque sutiles, reflejan procesos de migración intraurbana y suburbanización asociados al mercado de suelo, las políticas de licenciamiento y la oferta de vivienda de interés social.

## **2.2 Densidad poblacional**

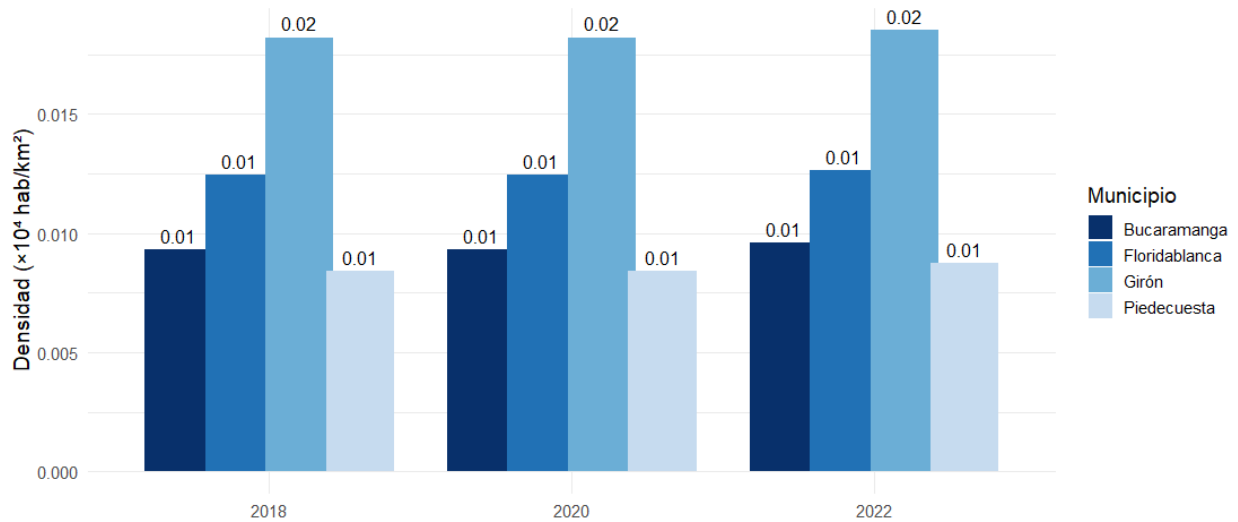
La densidad poblacional constituye un indicador clave para comprender la presión sobre el suelo urbano, la distribución de servicios, el acceso a vivienda y las tendencias de expansión territorial. En el AMB, los patrones de densidad revelan una concentración demográfica en sectores específicos y un crecimiento periférico en los últimos años.

A partir de la información del DANE y la delimitación espacial de las secciones censales, se calcularon indicadores de densidad (habitantes por km<sup>2</sup>) para los años 2018, 2020 y 2022, con el propósito de identificar contrastes en la ocupación del suelo urbano. El análisis espacial de la densidad por sección censal muestra transformaciones relevantes en la configuración de los municipios que conforman el sistema metropolitano. Los mapas de calor elaborados para esta etapa permiten visualizar la magnitud y localización de dichos cambios.

Con base en el área efectiva de cada sección censal, calculada mediante la reproyección de geometrías a coordenadas UTM zona 18N, se estimó la densidad poblacional expresada en habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km<sup>2</sup>). Este indicador facilita comparar la intensidad de ocupación del suelo urbano entre municipios.

Figura 2

Densidad poblacional ( $\times 10^4$  hab/km<sup>2</sup>) por municipio en el AMB (2018-2022)

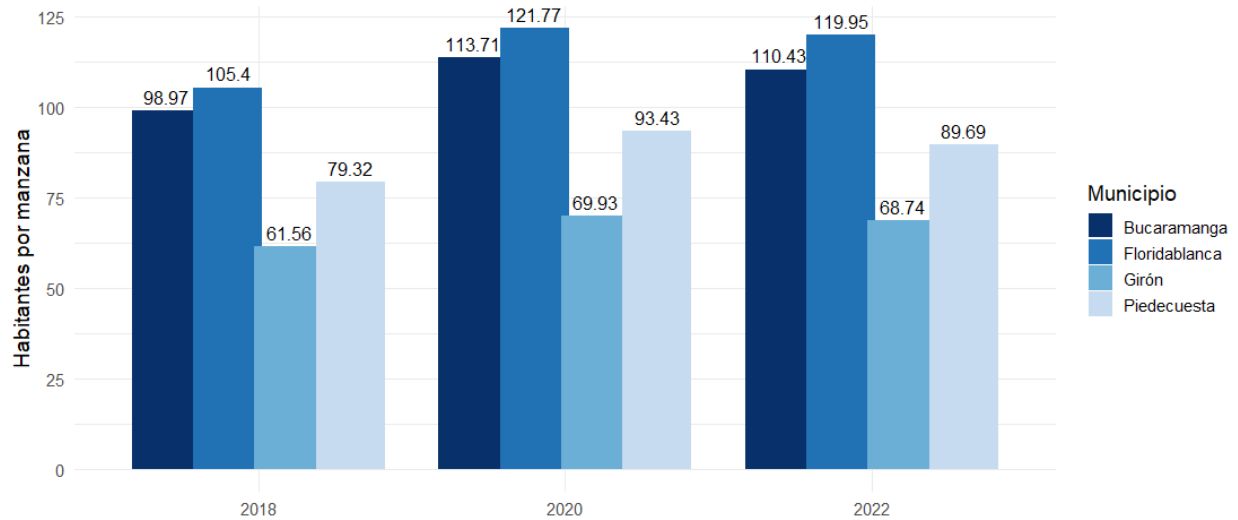


**Nota.** La figura muestra la evolución de la densidad poblacional en los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta) entre 2018 y 2022. Se observa una densidad mayor y constante en Girón, seguida por Floridablanca, mientras Bucaramanga y Piedecuesta mantienen valores similares. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

La Figura 2 presenta la densidad estimada para los municipios del AMB durante los tres años de referencia. Girón registra los valores más altos, cercanos a  $0,02 \times 10^4$  hab/km<sup>2</sup>, lo que refleja una ocupación más intensiva del suelo. Floridablanca mantiene una densidad estable en torno a  $0,01 \times 10^4$  hab/km<sup>2</sup>, coherente con su posición como segunda ciudad en tamaño poblacional. Bucaramanga, aunque es el núcleo principal, presenta una densidad ligeramente menor, posiblemente por la presencia de áreas institucionales o con restricciones topográficas. En contraste, Piedecuesta muestra los valores más bajos, pero con una tendencia creciente asociada a procesos de expansión hacia sectores periféricos o rurales impulsados por nuevas licencias y proyectos de vivienda de interés social.

Figura 3

*Habitantes por manzana por municipio en el AMB (2018-2022)*



**Nota.** La figura presenta la variación en el número promedio de habitantes por manzana en los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta) durante los años 2018, 2020 y 2022. Se evidencia un aumento progresivo en todos los municipios, con mayor concentración en Floridablanca y Bucaramanga. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

El número promedio de habitantes por manzana complementa la comprensión de la intensidad de ocupación del suelo urbano, ya que permite analizar la presión sobre los servicios públicos, la movilidad y los equipamientos colectivos. La Figura 3 evidencia un incremento general en 2020, posiblemente relacionado con el crecimiento demográfico concentrado en zonas de mayor urbanización y con dinámicas de uso más intensivo del suelo.

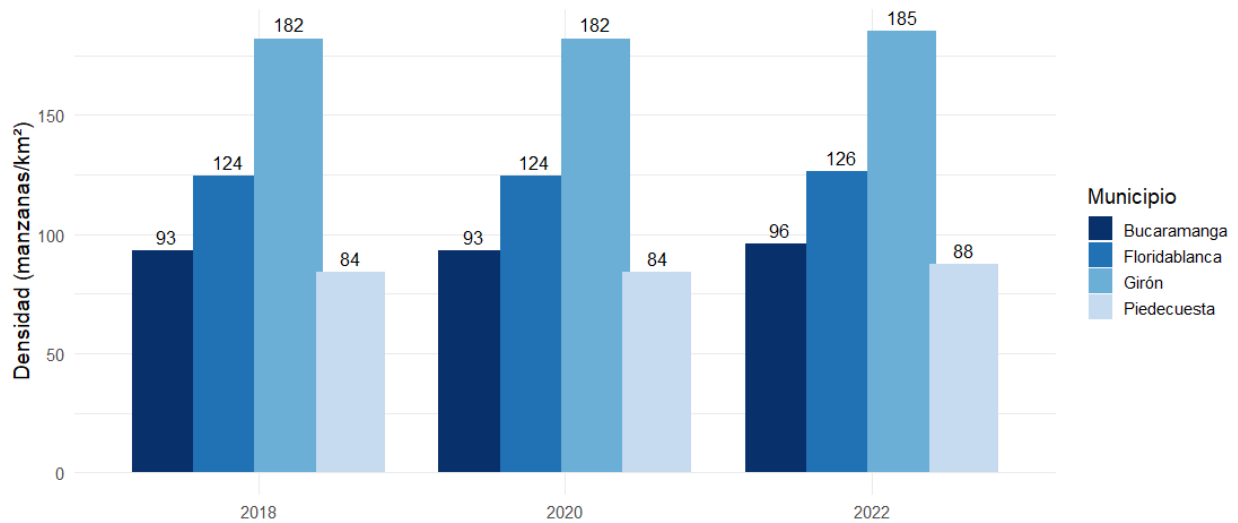
Floridablanca presenta los valores más altos, con un aumento de 105,4 habitantes por manzana en 2018 a 121,7 en 2020, y una leve reducción a 119,9 en 2022, lo que confirma su rol como el municipio de mayor concentración relativa. Bucaramanga mantiene cifras elevadas,

pasando de 98,9 habitantes por manzana en 2018 a 113,7 en 2020, y estabilizándose en 110,4 en 2022. Este patrón sugiere que, pese a su madurez urbana, aún persisten procesos de densificación interna. Piedecuesta muestra un crecimiento sostenido de 79,3 en 2018; 93,4 en 2020; 89,7 en 2022, reflejando la incorporación progresiva de nuevas áreas residenciales, mientras que Girón conserva los valores más bajos, 61,5 en 2018; 69,9 en 2020; 68,7 en 2022, coherentes con su estructura urbano-rural dispersa.

En conjunto, los resultados indican que el proceso de urbanización del AMB ha sido desigual. Bucaramanga y Floridablanca presentan mayores niveles de concentración poblacional, mientras que Girón y Piedecuesta muestran densidades intermedias o bajas, en concordancia con su papel como zonas de expansión residencial.

#### Figura 4

*Densidad de construcción (manzanas/km<sup>2</sup>) por municipio en el AMB (2018-2022)*



**Nota.** La figura muestra la densidad de construcción por municipio en el Área Metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta) durante los años 2018, 2020 y 2022. Se observa un incremento leve en la densidad de construcción, especialmente en

Floridablanca y Girón, mientras Bucaramanga y Piedecuesta mantienen valores más estables. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

El análisis de la densidad de construcción permite identificar diferencias significativas en la ocupación microterritorial. Bucaramanga mantiene los valores más altos, superiores a 100 habitantes por manzana en los tres años analizados, reflejando una compactación urbana y una disponibilidad limitada de suelo para expansión horizontal. Floridablanca, Girón y Piedecuesta muestran valores menores, aunque Girón evidencia un aumento en 2022 de 49,8 a 57,3 habitantes por manzana, lo que sugiere una mayor presión sobre el suelo residencial debido a nuevos desarrollos en zonas urbanizadas.

La evolución temporal confirma que Bucaramanga conserva una densidad alta con leves descensos, mientras que los municipios periféricos incrementan su ocupación por manzana, indicando procesos de densificación secundaria o expansión urbana compacta vinculada a las variaciones del mercado del suelo y a ajustes normativos. Este conjunto de indicadores (densidad poblacional, habitantes por manzana y densidad de construcción) proporciona una visión integral del patrón de ocupación territorial, que servirá como base interpretativa para los modelos espaciales SAR, SEM y SDM.

### **2.3 Distribución espacial de la densidad poblacional**

A nivel intraurbano, se elaboraron mapas temáticos de densidad poblacional por sección censal, normalizados para cada municipio. Se utilizó una clasificación por intervalos naturales (Fisher-Jenks) y una escala cromática continua (YIOrRd), que permite identificar zonas con distinta intensidad poblacional.

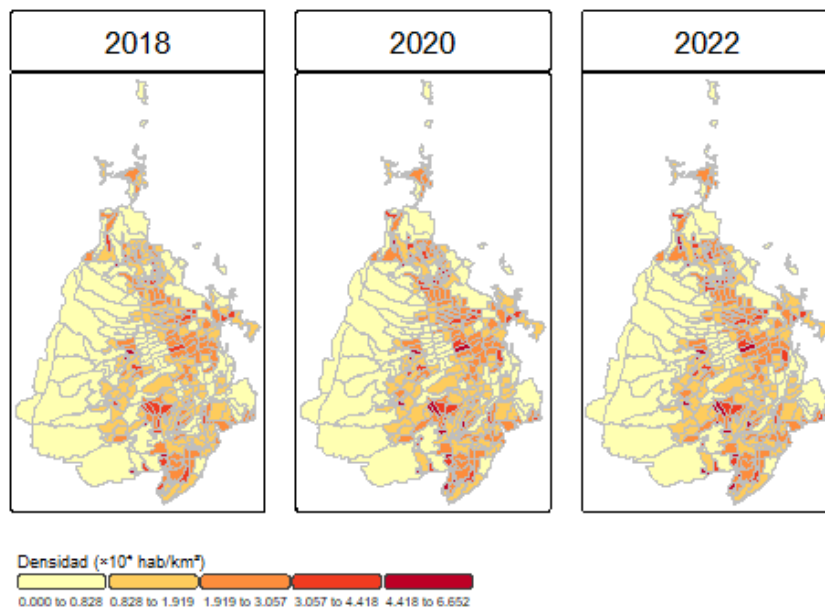
Los mapas revelan patrones claros de concentración en sectores tradicionales y zonas centrales (Cabecera, Centro, La Universidad) en Bucaramanga, así como corredores de crecimiento en Floridablanca (Cañaveral, Lagos) y Girón (El Poblado, Villa Carolina). En Piedecuesta se destacan las zonas de expansión como Provenza y Barro Blanco.

Estas representaciones gráficas permiten evidenciar la estructura policéntrica del AMB y los procesos de transición entre lo urbano consolidado y lo periférico, aspectos relevantes para la interpretación territorial del comportamiento de la construcción.

### 2.3.1 Bucaramanga

**Figura 5**

*Bucaramanga – Densidad poblacional (2018-2022)*

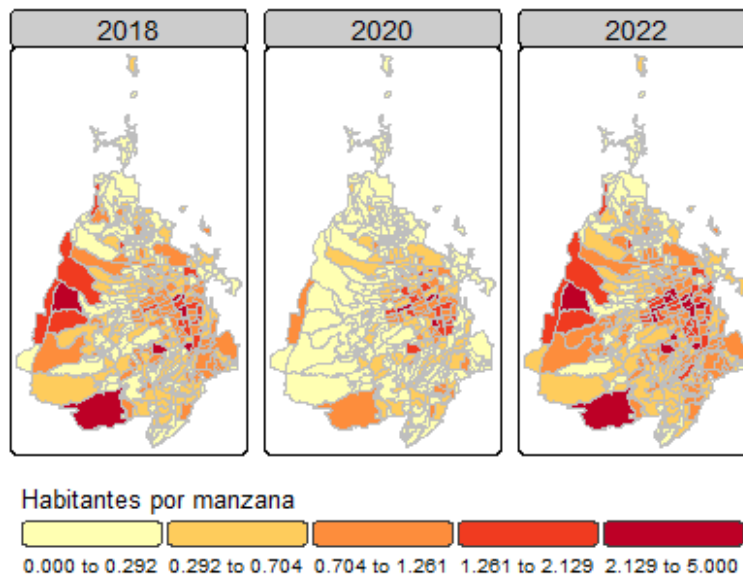


**Nota.** El mapa representa la distribución espacial de la densidad poblacional en Bucaramanga durante los años 2018, 2020 y 2022. Se observa una mayor concentración de población en el área central y sur del municipio, con un leve incremento hacia 2022. Los resultados se derivan de los

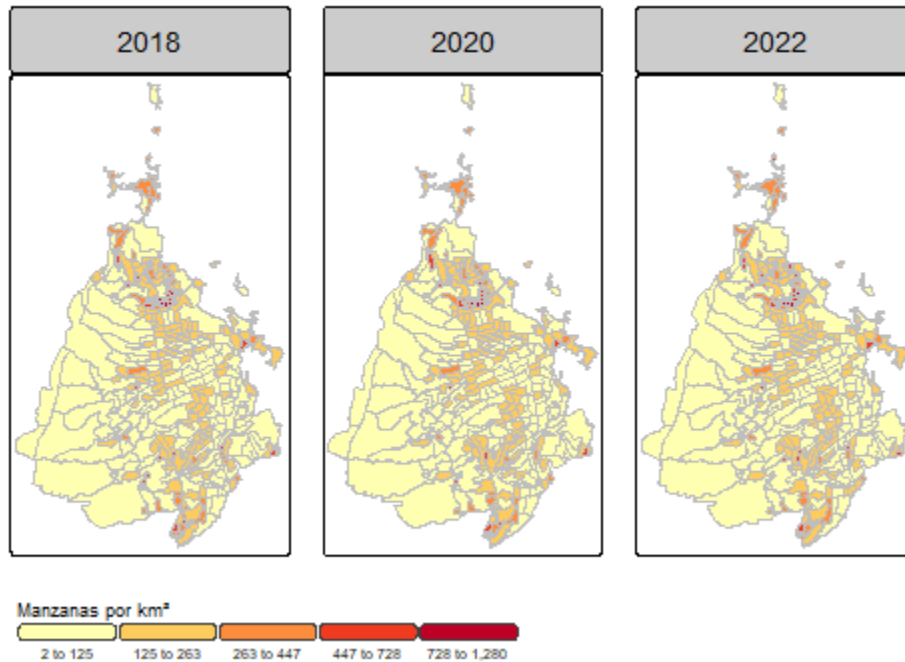
datos empleados en los gráficos de barras previos. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

**Figura 6**

*Bucaramanga – Habitantes por manzana (2018-2022)*



**Nota.** El mapa ilustra la distribución espacial de la cantidad de habitantes por manzana en Bucaramanga durante los años 2018, 2020 y 2022. Se evidencia una mayor concentración de población por manzana en las zonas centro y suroccidental, con una tendencia al incremento hacia 2022. Los resultados se derivan de los datos analizados en los gráficos de barras correspondientes. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

**Figura 7***Bucaramanga - Densidad de construcción (manz/ km<sup>2</sup>) (2018-2022)*

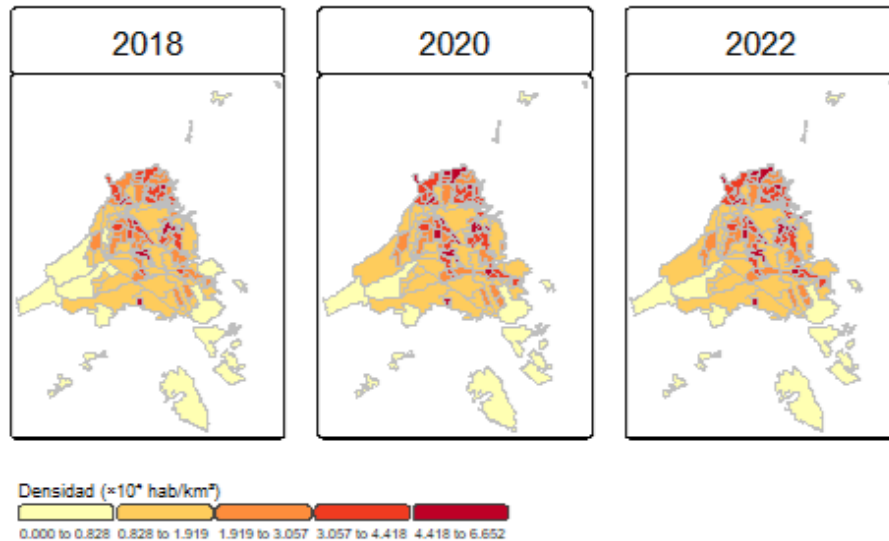
**Nota.** El mapa muestra la distribución espacial de la densidad de construcción en Bucaramanga, medida en manzanas por kilómetro cuadrado, durante los años 2018, 2020 y 2022. Se observa un patrón estable en la densidad edificatoria, con mayores concentraciones en las zonas central y sur del municipio. Los resultados derivan de los datos analizados previamente en los diagramas de barras. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

En Bucaramanga se mantiene una alta densidad en el área central durante los tres años, con valores superiores a  $0.031 \times 10^4$  habitantes/km<sup>2</sup> en múltiples manzanas. No obstante, se observa una dispersión creciente hacia sectores del oriente y nororiente, lo que sugiere una ampliación del núcleo urbano consolidado hacia zonas con menor densidad previa. Este patrón puede asociarse con políticas de renovación urbana y densificación residencial.

### 2.3.2 Floridablanca

Figura 8

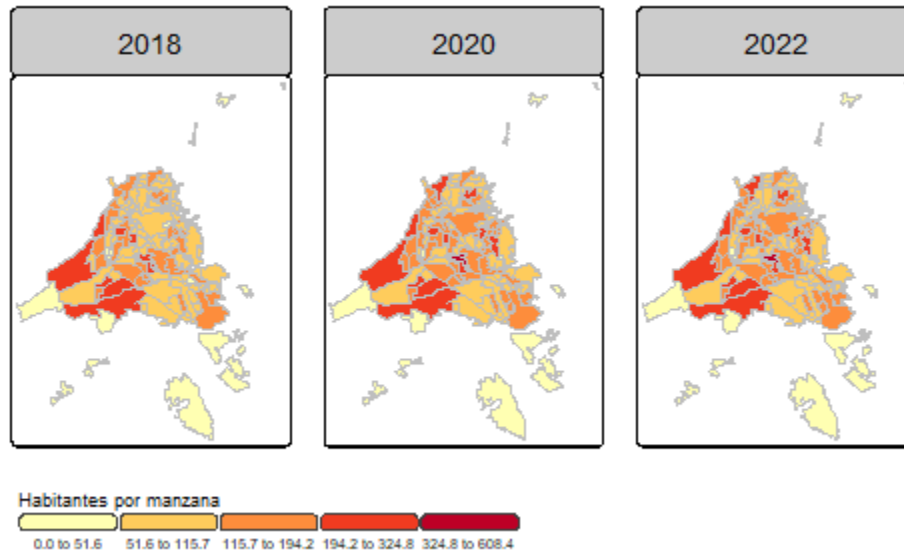
*Floridablanca – Densidad poblacional (2018-2022)*



**Nota.** El mapa muestra la variación espacial de la densidad poblacional en Floridablanca durante los años 2018, 2020 y 2022. Se observa una concentración progresiva de la población hacia las zonas centro y sur del municipio, con un incremento moderado en la densidad entre 2018 y 2022. Los resultados corresponden a los datos analizados en los diagramas de barras previos. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

Figura 9

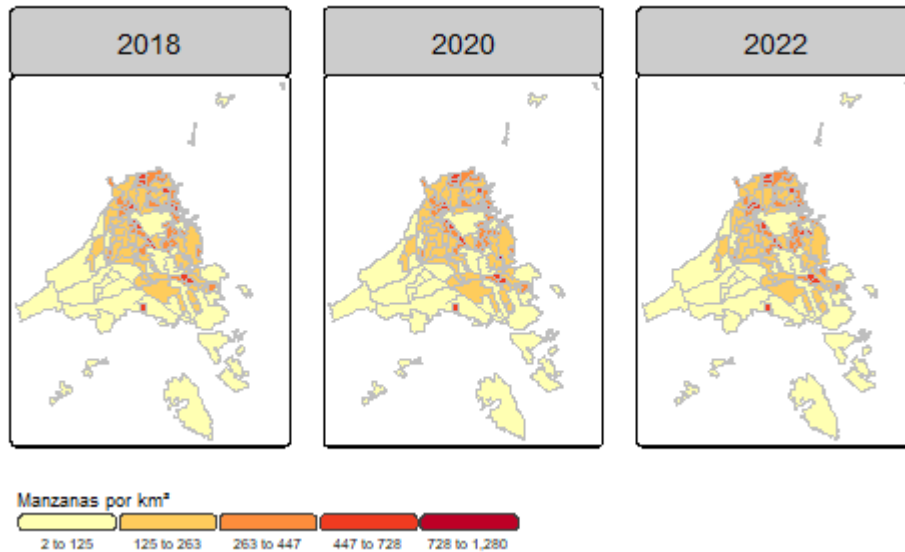
*Floridablanca - Habitantes por manzana (2018-2022)*



**Nota.** El mapa muestra la distribución espacial del número promedio de habitantes por manzana en Floridablanca durante los años 2018, 2020 y 2022. Se observa un incremento gradual en la densidad por manzana, especialmente en el sector central y suroccidental del municipio, donde se concentran las áreas residenciales de mayor crecimiento. Los resultados provienen de los datos empleados en los diagramas de barras previos. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

Figura 10

*Floridablanca: Manzanas por km<sup>2</sup> (2018-2022)*



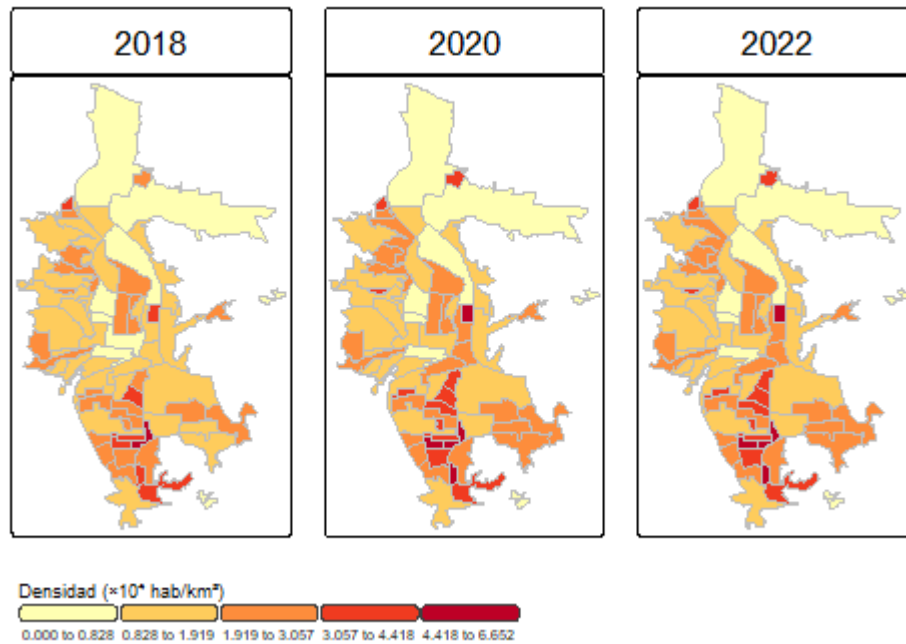
**Nota.** El mapa representa la distribución espacial de la densidad de construcción en Floridablanca, expresada en manzanas por kilómetro cuadrado, para los años 2018, 2020 y 2022. Se evidencia una concentración moderada de áreas construidas en el sector norte del municipio, con un leve incremento en la densidad hacia 2022. Los resultados se derivan de los datos analizados previamente en los gráficos de barras. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

En el caso de Floridablanca, los mapas muestran una intensificación de la densidad entre 2018 y 2022, especialmente en el sector suroriental y occidental, donde se desarrollan proyectos habitacionales de tipo multifamiliar. El año 2020 muestra una ligera dispersión, posiblemente asociada a la pandemia y cambios en la ocupación del suelo, pero en 2022 se retoma un patrón más concentrado. Esta dinámica refleja el papel de Floridablanca como municipio receptor del crecimiento demográfico derivado de la saturación del centro de Bucaramanga.

### 2.3.3 Girón

Figura 11

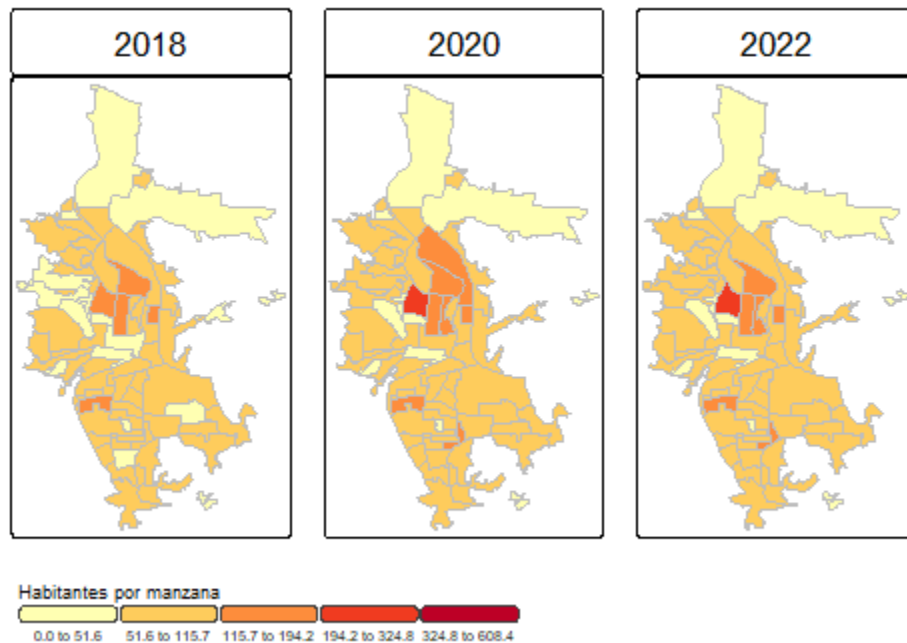
*Girón – Densidad poblacional (2018-2022)*



*Nota.* El mapa presenta la variación de la densidad poblacional en el municipio de Girón dentro de un radio menor a tres kilómetros del centro urbano, durante los años 2018, 2020 y 2022. Se identifica un incremento leve en la concentración de población hacia las zonas centrales y del sur del municipio, evidenciando continuidad en el patrón de crecimiento urbano. Los resultados derivan de los datos analizados previamente en los diagramas de barras. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

Figura 12

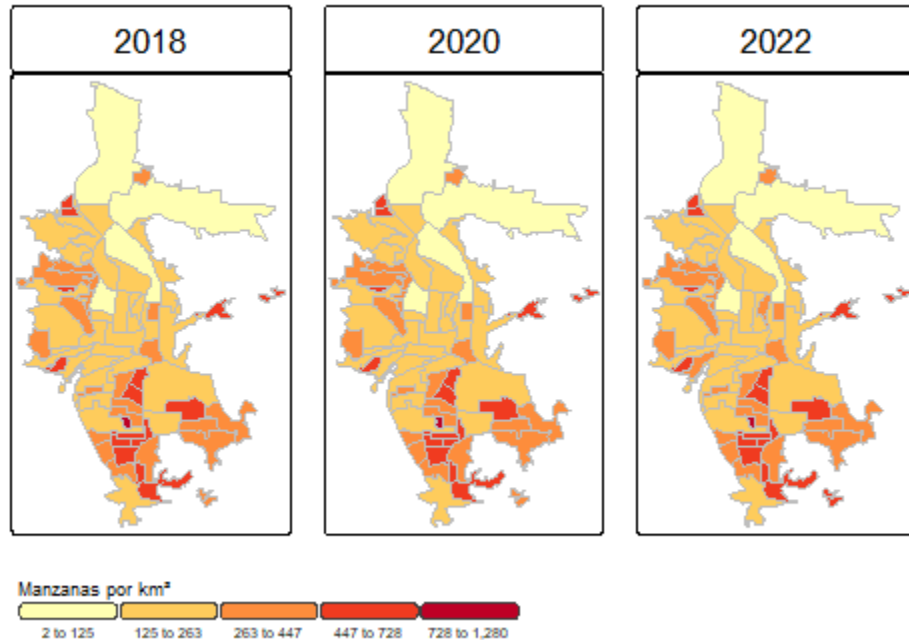
*Girón - Habitantes por manzana (2018-2022, < 3 km<sup>2</sup> del centro)*



**Nota.** El mapa muestra la distribución espacial de habitantes por manzana en el municipio de Girón, considerando un radio menor a tres kilómetros desde el centro urbano, durante los años 2018, 2020 y 2022. Se observa un aumento moderado de la concentración poblacional en el núcleo central, con expansión hacia sectores aledaños al sur. Los resultados provienen de los datos analizados en los gráficos de barras previos. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

Figura 13

*Girón - Manzanas por km<sup>2</sup> (2018-2022, < 3 km<sup>2</sup> del centro)*



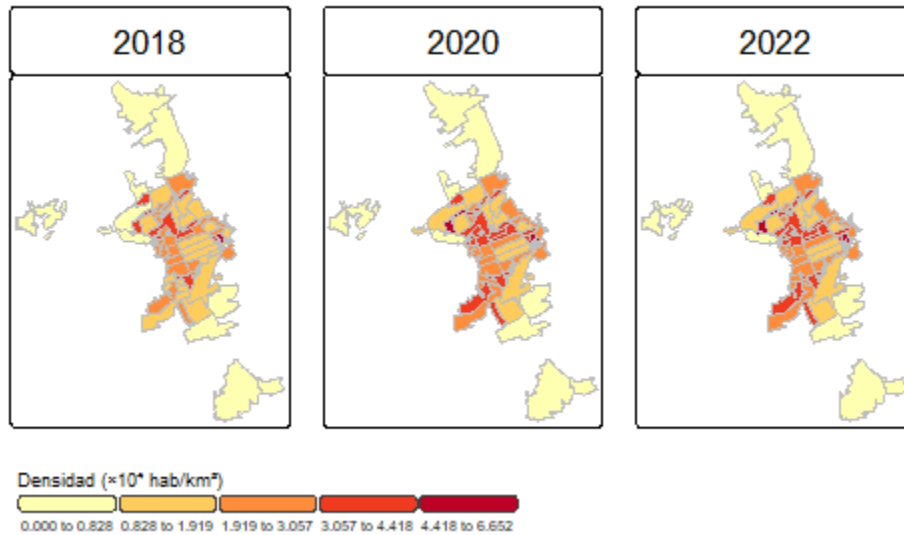
**Nota.** El mapa muestra la distribución espacial de la densidad de construcción en el municipio de Girón, medida en manzanas por kilómetro cuadrado, dentro de un radio menor a tres kilómetros del centro urbano, durante los años 2018, 2020 y 2022. Se observa un patrón estable con ligera expansión de las zonas de mayor densidad constructiva hacia el sur y oriente del municipio. Los resultados se derivan de los datos utilizados en los gráficos de barras previos. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

Girón presenta un crecimiento más acotado y localizado, con zonas de alta densidad principalmente en la parte central. La magnitud de la expansión es menor en comparación con los otros municipios, aunque se identifican nuevos núcleos de densificación dispersos en la periferia, lo que podría indicar desarrollos habitacionales recientes en sectores que anteriormente no presentaban ocupación significativa.

### 2.3.4 Piedecuesta

Figura 14

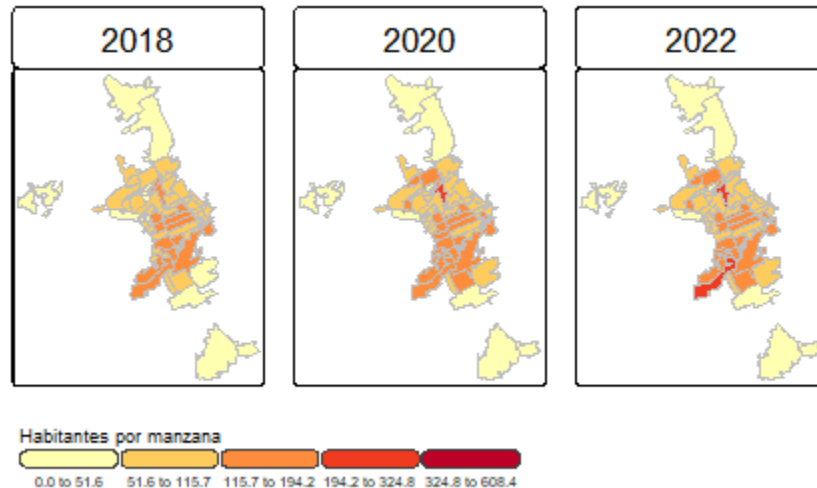
*Piedecuesta - Densidad poblacional (2018-2022)*



**Nota.** El mapa muestra la distribución espacial de la densidad poblacional en el municipio de Piedecuesta durante los años 2018, 2020 y 2022. Se evidencia un aumento progresivo en la densidad de población, con mayor concentración en el centro urbano y sectores adyacentes al norte del municipio. Los resultados provienen de los datos empleados en los diagramas de barras previos. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

Figura 15

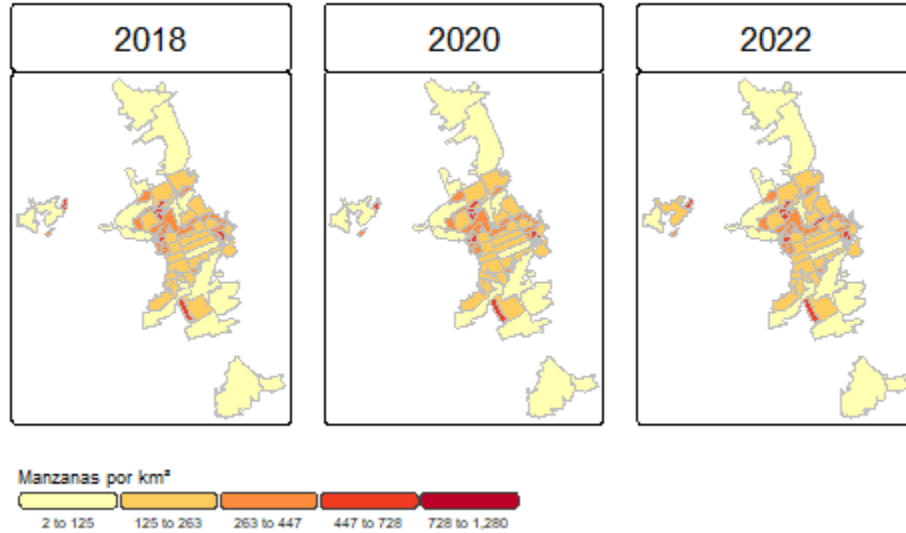
*Piedecuesta: Habitantes por manzana (2018-2022)*



**Nota.** El mapa muestra la variación espacial en el número de habitantes por manzana en el municipio de Piedecuesta durante los años 2018, 2020 y 2022. Se observa un incremento leve en la densidad por manzana, concentrado principalmente en el centro urbano y en los sectores del sur, donde se ha consolidado la expansión residencial. Los resultados provienen de los datos utilizados en los gráficos de barras previos. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

Figura 16

*Piedecuesta: Manzanas por km<sup>2</sup> (2018-2022)*



**Nota.** El mapa presenta la distribución espacial de la densidad de construcción en el municipio de Piedecuesta, expresada en manzanas por kilómetro cuadrado, para los años 2018, 2020 y 2022. Se observa estabilidad en la configuración urbana, con ligeras expansiones en la densidad de manzanas hacia las zonas sur y oriental del municipio. Los resultados se basan en los datos analizados previamente en los diagramas de barras. Elaboración propia con base en datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

En Piedecuesta se evidencian procesos de densificación sostenida en el eje central del municipio y hacia el noroccidente. El incremento de áreas con densidades superiores a  $0.031 \times 10^4$  hab/km<sup>2</sup> en 2022 confirma una tendencia al crecimiento vertical o intensivo, posiblemente favorecida por proyectos VIS y VIP. La expansión del borde urbano también es notoria, lo que coincide con su aumento proporcional dentro del AMB.

## 2.4 Autocorrelación espacial: índice de Moran

El análisis de autocorrelación espacial global permite identificar la existencia de patrones espaciales en la distribución de la variable de estudio dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). Para ello, se aplicó el Índice de Moran global (I), el cual cuantifica la relación entre los valores observados de una variable y los de sus unidades vecinas, medidos a través de una matriz de pesos espaciales (W).

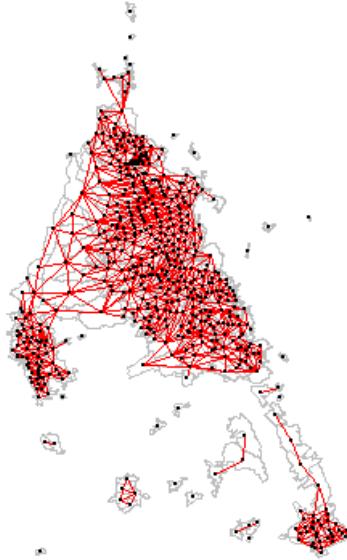
$$I = \frac{n}{S_0} \cdot \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Anselin, L. (1988).

Donde, n representa el número de observaciones,  $w_{ij}$  los pesos espaciales entre las unidades i y j,  $x_i$  y  $x_j$  los valores de la variable en cada unidad espacial, y  $\bar{x}$  su media.  $S_0$  corresponde a la suma total de los pesos espaciales.

**Figura 17**

*Estructura de contigüidad espacial bajo el criterio Queen en el AMB*



**Nota.** La figura representa la estructura de vecindad espacial construida con el criterio de contigüidad tipo Queen, en la que se consideran vecinas todas las secciones censales que comparten al menos un vértice o una arista. Los puntos corresponden a los centroides de las secciones censales y las líneas rojas indican las relaciones de contigüidad entre ellas. Se observa una alta densidad de conexiones en el núcleo urbano (Bucaramanga y Floridablanca) y menor conectividad hacia Girón y Piedecuesta, reflejando diferencias en la compactación del tejido urbano. Elaboración propia con base en datos del DANE e IGAC (2022).

La Figura 17 presenta la representación gráfica de la estructura de vecindad generada. Los nodos corresponden a los centroides de las secciones censales y las líneas rojas indican las relaciones de contigüidad entre ellas. Se observa una elevada conectividad en el núcleo urbano — particularmente en Bucaramanga y en las áreas consolidadas de Floridablanca—, lo que refleja la naturaleza compacta de estas zonas. En contraste, hacia los municipios de Girón y Piedecuesta la

conectividad disminuye, evidenciando la presencia de áreas más dispersas y con posibles barreras geográficas o vacíos urbanos.

Asimismo, el grafo revela la existencia de subgrafos periféricos con menor densidad de conexiones, lo que confirma la fragmentación espacial del crecimiento metropolitano y la transición entre áreas urbanas y rurales. Esta característica resalta la importancia de considerar la estructura de vecindad como un insumo clave para los análisis posteriores, dado que la conectividad diferencial puede influir en la intensidad y el alcance de los procesos de difusión espacial.

En términos metodológicos, la definición de la matriz de pesos espaciales constituye un paso central, pues sustenta tanto el cálculo de los indicadores de autocorrelación espacial global y local (como el Índice de Moran) como la estimación de los modelos econométricos espaciales (SAR, SEM y SDM). En este sentido, la Figura 17 no solo ilustra la red de interacciones territoriales en el AMB, sino que también valida la pertinencia del uso de técnicas econométricas espaciales en el estudio de la distribución de la densidad poblacional.

#### ***2.4.1 Resultados del Índice de Moran Global***

El Índice de Moran Global (I) se calculó para los años 2018, 2020 y 2022, a fin de identificar la presencia de autocorrelación espacial en la distribución de la densidad poblacional. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3***Resultados del Índice de Moran Global para la densidad poblacional (2018-2022)*

Año	Moran's I	Expectation	Variance	p-value
2018	0.272282	-0.00188	0.000787	.000
2020	0.273366	-0.00188	0.000787	.000
2022	0.273366	-0.00188	0.000787	.000

**Nota.** Los valores del índice fueron calculados con base en una matriz de contigüidad tipo Queen y estandarización por filas. Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en R

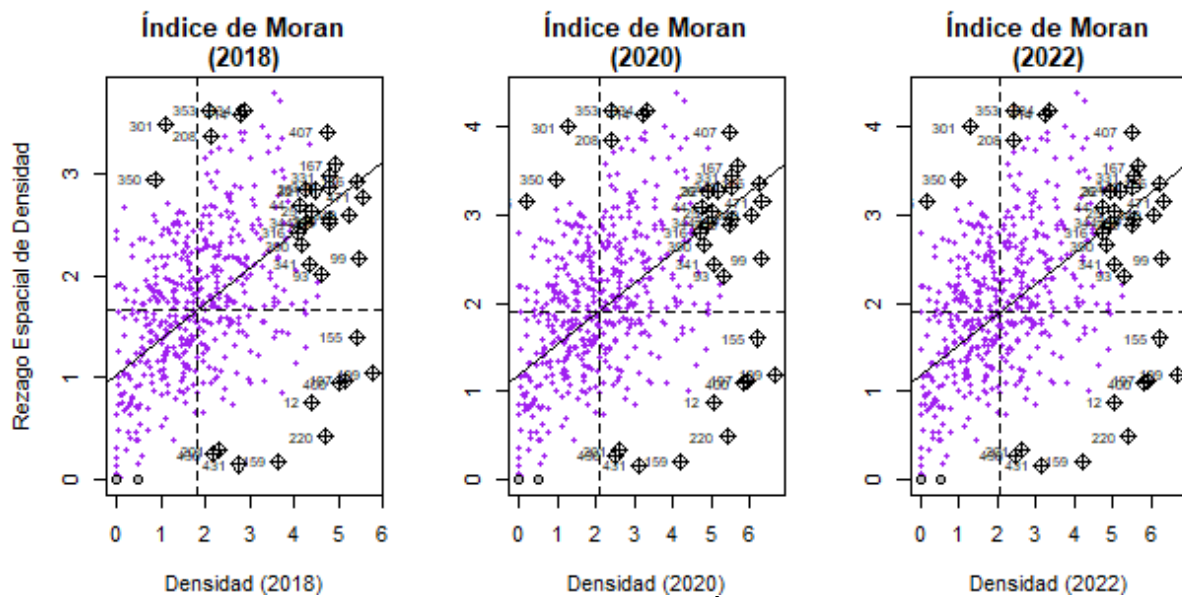
Los valores positivos y estadísticamente significativos ( $p < .001$ ) permiten rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad espacial, confirmando la existencia de autocorrelación espacial positiva en la densidad poblacional del AMB. Esto indica que las secciones censales con valores similares tienden a agruparse, configurando clústeres de alta y baja densidad.

En términos comparativos, el índice presenta valores relativamente estables entre 2018 y 2022, lo cual sugiere que la estructura espacial de la población se ha mantenido en el tiempo. No obstante, los diagramas de dispersión de Moran (Figura 18) evidencian un incremento en la concentración de observaciones en los cuadrantes High–High (alta densidad rodeada de alta densidad, en sectores como Cabecera, Centro y Cañaveral) y Low–Low (baja densidad rodeada de baja densidad, en los bordes de Girón y Piedecuesta).

Este patrón refleja que la dinámica metropolitana combina áreas consolidadas y compactas con corredores de expansión periférica, lo que sugiere la coexistencia de procesos de aglomeración y dispersión espacial en el AMB.

**Figura 18**

*Índice de Moran bivariado para la densidad: comparación de 2018, 2020 y 2022*



**Nota.** La figura muestra los diagramas de dispersión del Índice de Moran bivariado aplicados a la densidad poblacional en el Área Metropolitana de Bucaramanga para los años 2018, 2020 y 2022. En los tres periodos se observa una autocorrelación espacial positiva, lo que indica que las zonas con alta densidad tienden a agruparse con otras de características similares. Este resultado evidencia persistencia en los patrones de concentración poblacional. Elaboración propia con base en cálculos de autocorrelación espacial (Moran's I) a partir de datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

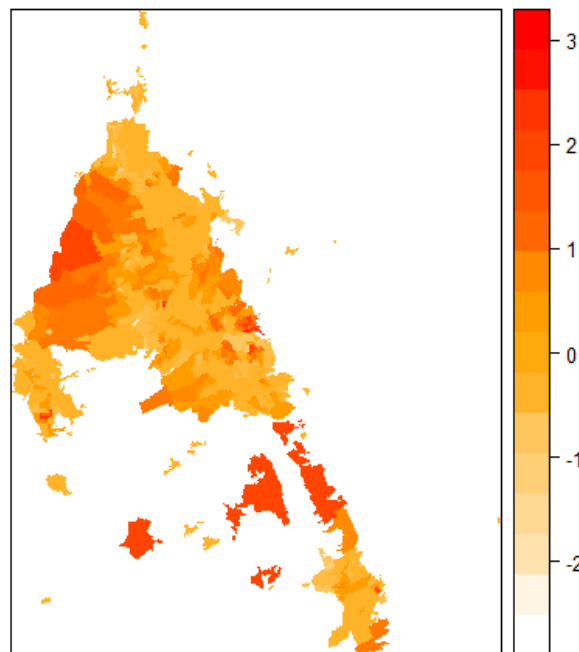
La Figura Y presenta los diagramas de dispersión de Moran para cada año. En ellos se observa que, con el tiempo, aumenta la concentración de puntos en los cuadrantes superior derecho (High-High) e inferior izquierdo (Low-Low), lo que indica que las secciones con alta densidad tienden a agruparse entre sí, al igual que las de baja densidad. Este patrón refuerza la presencia de zonas núcleo consolidadas y áreas periféricas con baja ocupación.

## 2.5 Correlación local: LISA y clústeres espaciales

El análisis global anterior permite inferir que existen patrones de autocorrelación positiva en el conjunto del área, pero no indica dónde se localizan los agrupamientos ni su intensidad. Por ello, se calculó el Índice Local de Moran (LISA), que identifica clústeres espaciales significativos (alto-alto y bajo-bajo) y valores atípicos (alto-bajo, bajo-alto) a nivel de sección censal.

### Figura 19

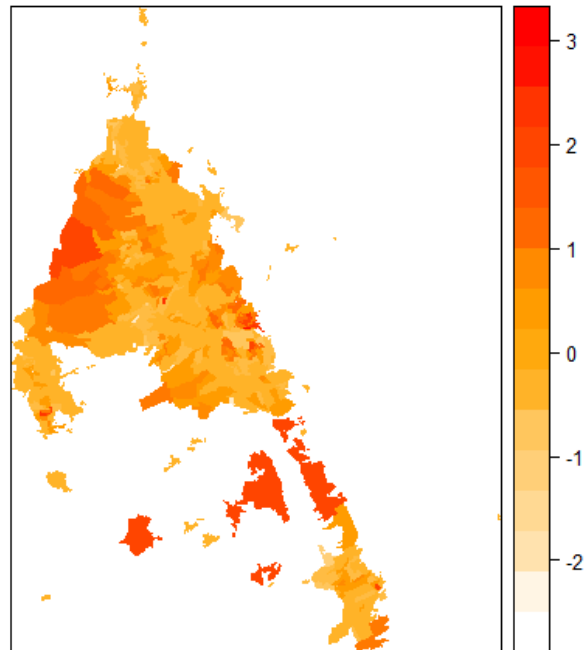
*Correlación espacial local (LISA) de la densidad poblacional en 2018*



**Nota.** El mapa muestra los resultados del análisis de autocorrelación espacial local (Local Indicators of Spatial Association, LISA) aplicado a la densidad poblacional del Área Metropolitana de Bucaramanga para el año 2018. Los valores positivos indican agrupaciones espaciales de alta densidad, mientras que los negativos reflejan zonas con menor concentración poblacional en relación con sus vecinas. Este análisis permite identificar patrones locales de dependencia espacial. Elaboración propia con base en cálculos LISA realizados a partir de datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

**Figura 20**

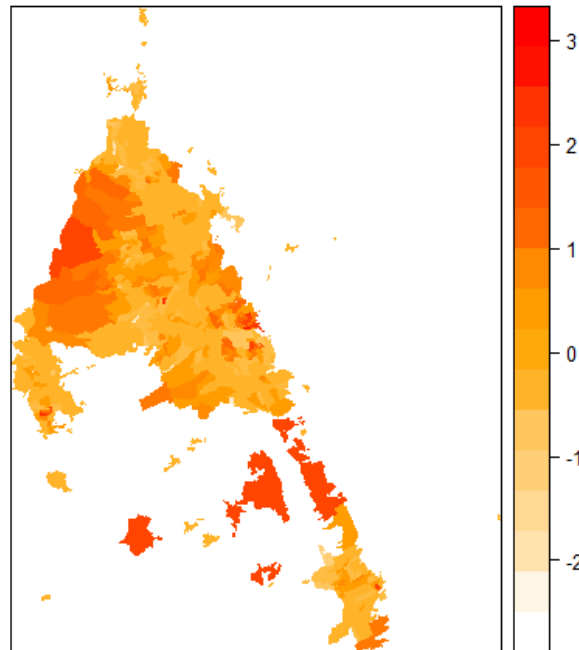
*Correlación espacial local (LISA) de la densidad poblacional en 2020*



**Nota.** El mapa presenta los resultados del análisis de autocorrelación espacial local (Local Indicators of Spatial Association, LISA) aplicado a la densidad poblacional del Área Metropolitana de Bucaramanga para el año 2020. Se identifican agrupaciones espaciales con valores positivos de autocorrelación en los sectores centrales y del sur, lo que indica continuidad en la concentración de áreas con alta densidad. Los valores negativos se distribuyen principalmente en las periferias con baja densidad. Elaboración propia con base en cálculos LISA realizados a partir de datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

**Figura 21**

*Correlación espacial local (LISA) de la densidad poblacional en 2022*



**Nota.** El mapa presenta los resultados del análisis de autocorrelación espacial local (*Local Indicators of Spatial Association, LISA*) aplicado a la densidad poblacional del Área Metropolitana de Bucaramanga para el año 2022. Se evidencia la persistencia de patrones de concentración de alta densidad en las zonas centrales y del sur, mientras que las áreas periféricas mantienen valores negativos asociados a baja densidad poblacional. Este resultado confirma la estabilidad espacial de los núcleos urbanos consolidados. Elaboración propia con base en cálculos LISA realizados a partir de datos del IGAC y la Alcaldía de Bucaramanga (2022).

Las figuras 19, 20 y 21 presenta los mapas del índice local para 2018, 2020 y 2022, representados mediante una paleta cromática continua (blanco – naranja - rojo), donde los tonos más intensos indican una mayor autocorrelación local positiva.

Los resultados del análisis LISA evidencian la evolución del patrón espacial de la densidad poblacional en el Área Metropolitana de Bucaramanga entre 2018 y 2022. En 2018, los clústeres de alta densidad se concentraron principalmente en el centro consolidado de Bucaramanga y en áreas tradicionales de Floridablanca, reflejando una estructura metropolitana de carácter

monocéntrico. Para 2020, se observa una expansión de las agrupaciones de alta autocorrelación hacia los corredores de crecimiento de Girón y las zonas de Piedecuesta, lo que sugiere la aparición de núcleos secundarios de concentración poblacional. En 2022, estos clústeres periféricos se consolidan y se asocian a desarrollos residenciales y proyectos urbanísticos recientes, evidenciando un proceso de policentralidad emergente y una mayor integración entre los municipios del sistema metropolitano.

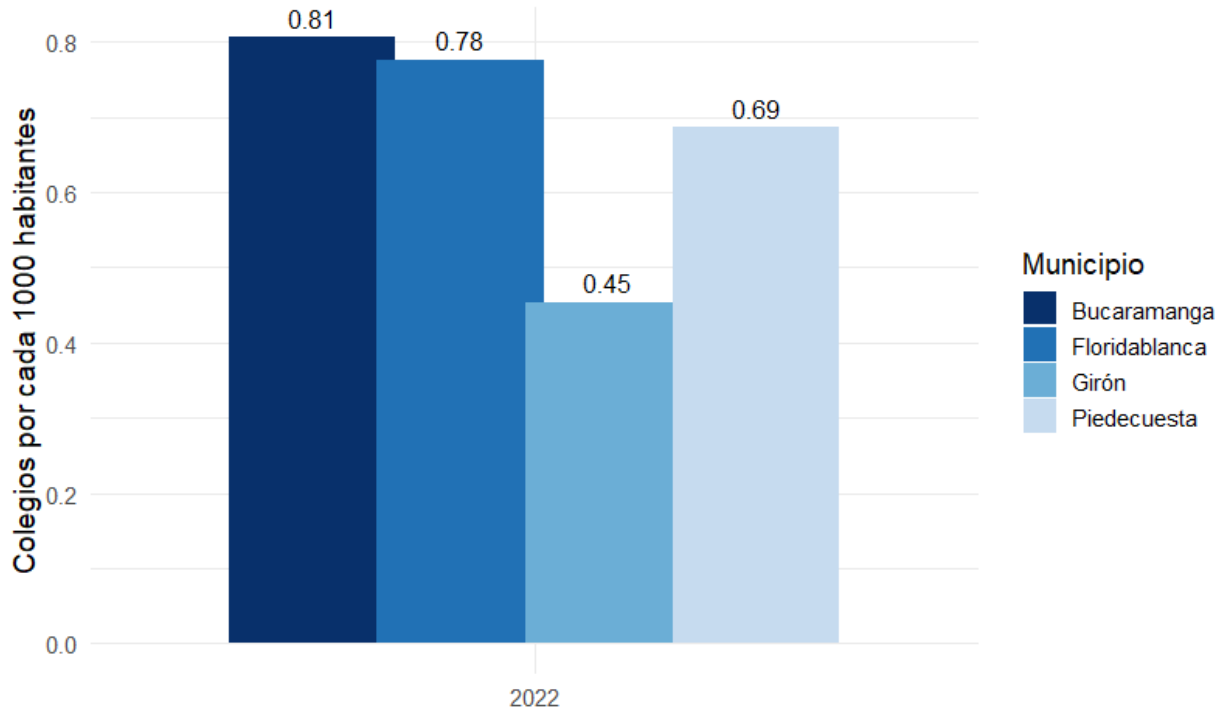
En conjunto, los resultados confirman una transición desde un modelo urbano centralizado hacia una configuración más compleja y articulada, en la que coexisten áreas consolidadas de alta densidad con zonas de expansión de carácter intermedio, impulsadas por la dinámica del mercado inmobiliario y la conectividad vial. En conjunto, el análisis revela que el patrón espacial del crecimiento urbano en el AMB ha evolucionado desde una estructura centralizada hacia una configuración más compleja, caracterizada por subcentros interconectados que responden a dinámicas de expansión residencial y a la integración de nuevos ejes viales metropolitanos.

## **2.6 Disponibilidad relativa de equipamientos urbanos en el AMB (2022)**

El análisis de las tasas de equipamientos por cada 1000 habitantes permite aproximarse a la equidad espacial en el acceso a servicios básicos y actividades económicas dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). En la Figura 22 se presentan los resultados para instituciones educativas, hospitales y establecimientos comerciales en el año 2022, agregados por municipio.

**Figura 22**

*Instituciones educativas (colegios) por cada 1000 habitantes en municipios del área metropolitana de Bucaramanga (2022)*



**Nota.** La figura presenta la cantidad de instituciones educativas (colegios) por cada 1000 habitantes en los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga para el año 2022. Bucaramanga y Floridablanca registran los mayores índices de cobertura educativa relativa, mientras que Girón presenta la proporción más baja. Este indicador permite comparar la disponibilidad de establecimientos educativos en relación con la población total municipal. Elaboración propia con base en datos del IGAC (2020).

En el caso de la dotación educativa, Bucaramanga (0.81) y Floridablanca (0.78) presentan las mayores tasas de colegios por cada 1000 habitantes, lo cual evidencia una concentración histórica de la infraestructura educativa en estas dos ciudades núcleo. En contraste, Girón (0.45) muestra una disponibilidad considerablemente más baja, reflejando un rezago en la provisión de servicios educativos frente al crecimiento poblacional experimentado en los últimos años. Piedecuesta (0.69), por su parte, se sitúa en una posición intermedia, beneficiada por la expansión reciente de instituciones privadas y oficiales.

**Figura 23**

*Hospitales por cada 1000 habitantes en municipios del área metropolitana de Bucaramanga*

(2022)



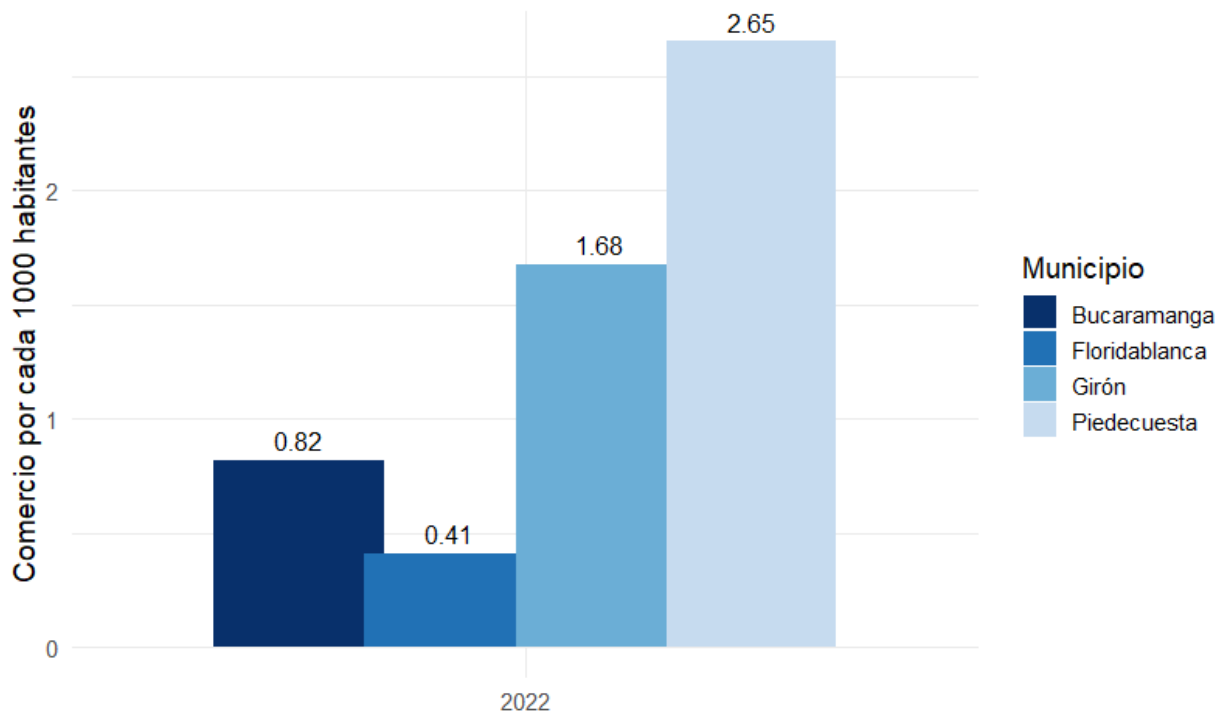
**Nota.** La figura presenta la relación de hospitales por cada 1000 habitantes en los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga para el año 2022. Bucaramanga y Piedecuesta registran las mayores proporciones de infraestructura hospitalaria relativa, mientras que Floridablanca y Girón muestran valores similares y ligeramente inferiores. Este indicador permite comparar la cobertura del servicio de salud en función del tamaño poblacional de cada municipio. Elaboración propia con base en datos del IGAC (2020).

En cuanto a la cobertura hospitalaria, Bucaramanga (0.16) y Piedecuesta (0.18) destacan por registrar las mayores tasas de hospitales por cada 1000 habitantes, mientras que Girón y Floridablanca (ambos con 0.12) exhiben niveles inferiores. Este hallazgo resulta relevante, dado que Floridablanca alberga algunos de los principales centros hospitalarios de referencia

metropolitana; sin embargo, al ponderar su población total, la oferta relativa resulta insuficiente. Esto sugiere una presión sobre la capacidad instalada en salud, especialmente en zonas periféricas.

**Figura 24**

*Comercio por cada 1000 habitantes en municipios del área metropolitana de Bucaramanga  
(2022)*



**Nota.** La figura presenta la relación de establecimientos comerciales por cada 1000 habitantes en los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga para el año 2022. Se observa que Piedecuesta y Girón cuentan con las mayores concentraciones relativas de comercio, mientras que Floridablanca muestra el valor más bajo. Esta distribución refleja diferencias en la dinámica económica y la estructura urbana de cada municipio. *Fuente: elaboración propia con base en datos del IGAC (2022).*

Respecto al comercio, los resultados muestran una dinámica diferenciada. Piedecuesta (2.65) y Girón (1.68) alcanzan las mayores tasas, evidenciando la consolidación de corredores comerciales y de servicios en municipios periféricos, asociados a procesos recientes de

urbanización y a la emergencia de nuevas centralidades. En contraste, Bucaramanga (0.82) y Floridablanca (0.41) presentan valores menores, lo que indica que, aunque históricamente concentraron la actividad económica formal, la expansión demográfica y el desarrollo de proyectos urbanísticos han impulsado una redistribución del comercio hacia áreas suburbanas.

En síntesis, la evidencia confirma que la estructura metropolitana del AMB se caracteriza por marcados contrastes en la dotación relativa de equipamientos. Mientras Bucaramanga y Floridablanca mantienen ventajas en el ámbito educativo, Piedecuesta y Girón emergen como nuevos polos comerciales. Asimismo, la cobertura hospitalaria revela una distribución desigual que podría traducirse en problemas de accesibilidad, particularmente en contextos de alta demanda poblacional. Este patrón reafirma la coexistencia de centralidades tradicionales y nuevas áreas de dinamismo urbano, lo cual plantea desafíos de planificación en términos de equilibrio territorial y provisión equitativa de servicios metropolitanos.

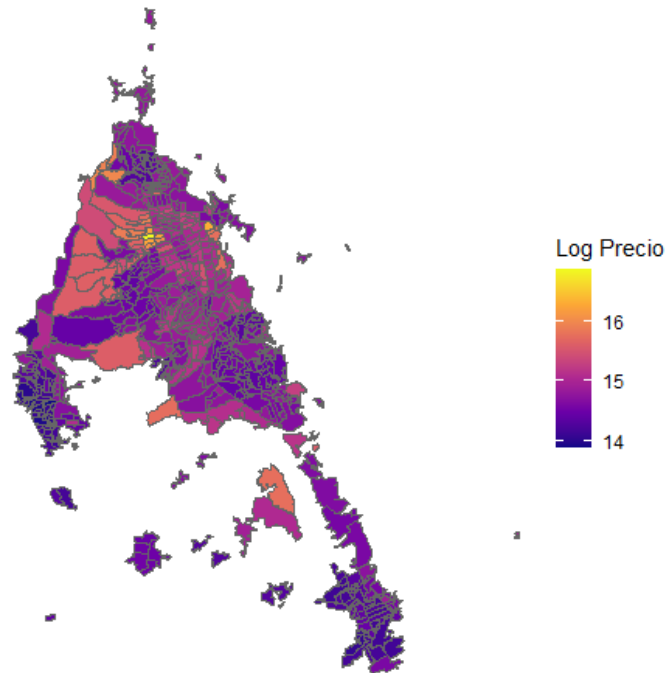
## **2.7 Análisis espacial del canon de arriendos**

Con el propósito de reconocer los patrones territoriales que caracterizan los precios de arrendamiento en el Área Metropolitana de Bucaramanga, se elaboró un indicador a nivel de sección censal con base en la información disponible sobre cánones de arriendo. Para cada sección se calcularon medidas de tendencia central, con el fin de evitar que los resultados se vieran afectados por valores extremos. Luego, los datos fueron transformados a escala logarítmica para reducir la dispersión y facilitar la comparación entre zonas.

El resultado se muestra en un mapa temático, donde cada sección censal está representada según el valor promedio del canon de arriendo en su escala logarítmica. Los tonos amarillos indican los valores más altos, mientras que los matices púrpuras corresponden a los más bajos.

**Figura 25**

*Canon promedio de arriendos (log) por sección censal en el Área Metropolitana de Bucaramanga.*



**Nota.** El mapa muestra la distribución espacial del canon promedio de arriendos (en escala logarítmica) por sección censal en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Los valores más altos se concentran principalmente en el centro y en áreas con mayor consolidación urbana, mientras que las zonas periféricas presentan valores más bajos, reflejando una menor valorización inmobiliaria. Elaboración propia con base en datos interpolados de arriendos (2022).

En el plano espacial, se aprecia una clara diferencia entre las áreas centrales y las zonas periféricas. Los precios más elevados se concentran en los sectores centrales y en algunos corredores específicos, que coinciden con zonas de mayor densidad, accesibilidad y presencia de equipamientos urbanos. En contraste, la periferia tiende a registrar valores más bajos, lo que refleja una menor presión del mercado inmobiliario y una oferta habitacional distinta.

En conjunto, el análisis pone en evidencia una geografía desigual de los precios de arrendamiento, relacionada con las condiciones estructurales de localización y con la distribución

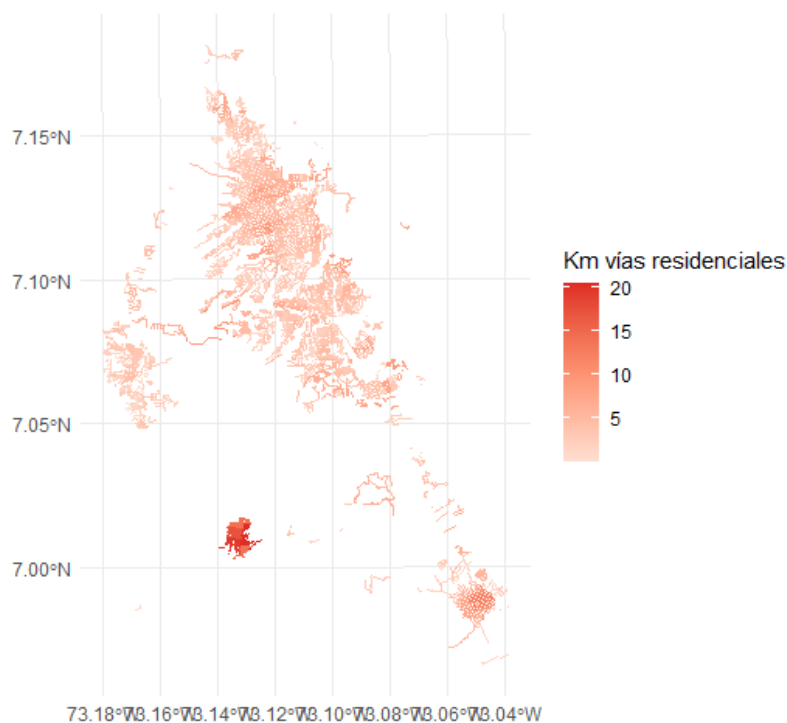
socioeconómica del territorio. Este hallazgo resulta clave para comprender las dinámicas de acceso a la vivienda en arriendo dentro del área metropolitana.

## 2.8 Infraestructura vial residencial por sección censal

Como complemento al análisis territorial, se incorporó un indicador de infraestructura vial residencial. Este indicador corresponde a la longitud total de vías clasificadas como residenciales dentro de cada sección censal, expresada en kilómetros. Su propósito es aproximar el nivel de conectividad y accesibilidad local de los distintos sectores urbanos del Área Metropolitana de Bucaramanga.

### Figura 26

*Longitud de vías residenciales por sección censal en el Área Metropolitana de Bucaramanga (2022).*



*Nota.* El mapa muestra la longitud total de vías clasificadas como residenciales en cada sección censal del Área Metropolitana de Bucaramanga. Los datos fueron filtrados y procesados en QGIS y RStudio a partir de información geoespacial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y OpenStreetMap (2022). *Fuente: elaboración propia con base en IGAC y OpenStreetMap (2022).*

En el mapa se observa la distribución espacial de la longitud de vías residenciales. Los tonos más intensos representan secciones con una mayor extensión de este tipo de vías, mientras que los colores claros corresponden a zonas con menor dotación. El patrón evidencia que los valores más altos se concentran en los sectores consolidados y de mayor densidad urbana, donde la red vial se encuentra más desarrollada. En contraste, las secciones periféricas y en proceso de urbanización registran longitudes menores, lo que refleja una infraestructura más limitada y menor conectividad interna.

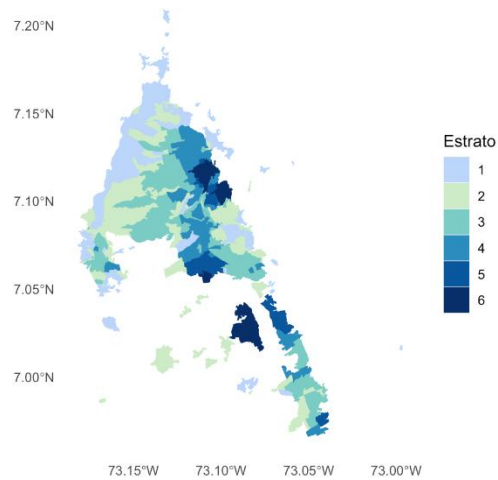
Desde una perspectiva analítica, este indicador resulta relevante porque permite aproximarse a las condiciones de accesibilidad y a la estructura urbana de cada sección censal. Una red vial residencial más extensa suele asociarse con procesos de consolidación urbana, mayores densidades poblacionales y una oferta más diversificada de servicios urbanos. Por el contrario, una red menos desarrollada puede señalar áreas con barreras físicas, restricciones de movilidad o dinámicas recientes de expansión.

## **2.9 Distribución del estrato socioeconómico en el AMB**

Con el propósito de aproximarse a la composición social de cada sección censal, se identificó el estrato socioeconómico predominante en los hogares. Este se definió como aquel con el mayor número de viviendas dentro de cada sección, lo que permite representar de manera sintética la condición socioeconómica predominante en el territorio.

**Figura 27**

*Distribución del estrato socioeconómico predominante por sección censal en el Área Metropolitana de Bucaramanga (2022)*

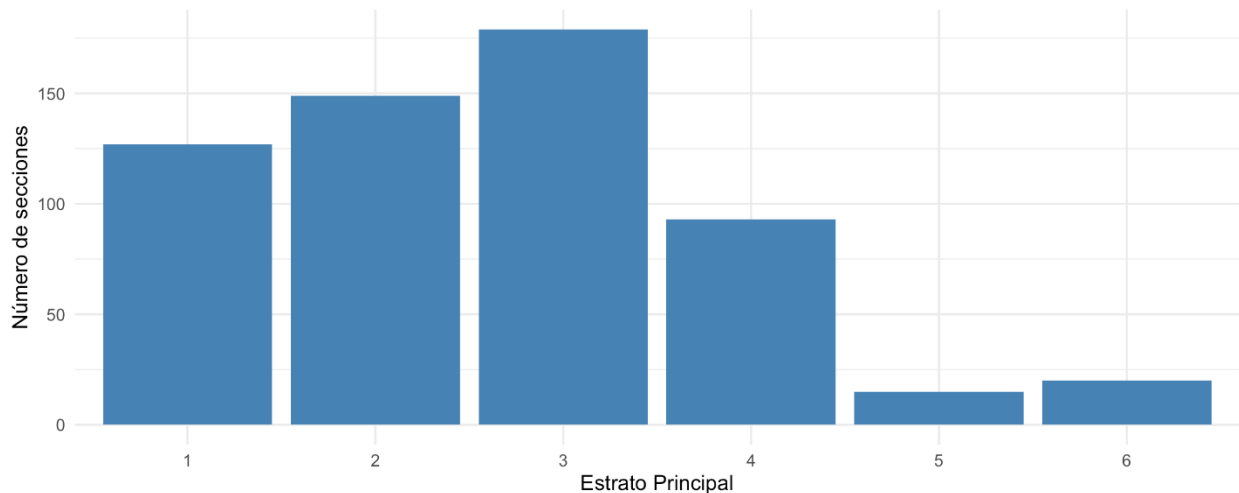


**Nota.** El mapa muestra la distribución espacial de los estratos socioeconómicos en los municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga. Se observa una concentración de los estratos medios y altos en los sectores centrales y orientales, mientras que los estratos bajos predominan hacia las zonas periféricas. Elaboración propia con base en DANE e IGAC (2022).

Los mapas temáticos evidencian que los estratos 1, 2 y 3 ocupan la mayor parte del territorio, especialmente en áreas periféricas y de expansión urbana. En contraste, los estratos 4, 5 y 6 aparecen de forma más localizada en sectores centrales y en corredores de alta valorización. Esta configuración revela una marcada **segregación socioespacial**, donde las zonas de mayores ingresos tienden a concentrarse en áreas estratégicas con mejor acceso a servicios y equipamientos, mientras que los hogares de menores recursos se ubican principalmente en periferias con menor dotación de infraestructura y menor conectividad.

**Figura 28**

*Distribución de estratos principales por número de secciones censales en el Área Metropolitana de Bucaramanga (2022)*



**Nota.** La gráfica muestra la distribución del número de secciones censales según el estrato socioeconómico predominante en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Se observa una concentración mayor en los estratos 2 y 3, seguidos por el estrato 1, lo que evidencia una predominancia de sectores de nivel socioeconómico medio y bajo. Elaboración propia con base en datos del DANE (2022).

El gráfico de barras complementa este análisis al mostrar la frecuencia de secciones censales según el estrato predominante. Se evidencia que los estratos 2 y 3 son los más comunes, seguidos por el estrato 1, mientras que los estratos altos (5 y 6) tienen una representación muy reducida. Esto confirma que la estructura social del área metropolitana está dominada por hogares de estratos bajos y medios, con una participación limitada de los grupos de mayores ingresos.

En conjunto, los resultados ponen de relieve la heterogeneidad socioeconómica del territorio y los patrones de desigualdad y segregación urbana que condicionan el acceso equitativo a oportunidades, equipamientos y servicios dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga.

## 2.10 Estimación y diagnóstico de modelos espaciales

La estimación de los modelos espaciales se realizó con el propósito de identificar la existencia y magnitud de los efectos de dependencia espacial en la actividad de construcción del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). Se consideraron tres especificaciones tradicionales de la econometría espacial: el modelo autorregresivo espacial (SAR), el modelo de error espacial (SEM) y el modelo de Durbin espacial (SDM). La comparación entre ellos permitió seleccionar la formulación más adecuada con base en criterios de información (AIC y BIC) y en la significancia de los parámetros espaciales.

El modelo SDM mostró el mejor desempeño estadístico, al capturar tanto la dependencia espacial en la variable dependiente como en las variables explicativas. Además, permitió estimar los efectos directos e indirectos, esenciales para comprender la propagación espacial de la actividad constructiva entre secciones censales adyacentes.

### *2.10.1 Impactos espaciales del modelo SDM*

El modelo SDM permite descomponer los efectos espaciales en tres componentes: directos, indirectos (spillover) y totales. La Tabla 4 resume estos resultados, los cuales indican que los efectos indirectos son significativos en las variables de densidad poblacional y canon de arriendo, lo que evidencia la existencia de difusión espacial de la actividad constructiva entre secciones contiguas.

Tabla 4

. Impactos espaciales estimados del modelo SDM (2022)

Variable	Efecto directo	Efecto indirecto	Efecto total
<b>Densidad poblacional</b> <b>(dens.per.2022)</b>	72.62	23.18	95.80
<b>Log(canon de arriendo)</b>	17.79	8.00	25.79
<b>Estrato socioeconómico</b> <b>(ESTRATO_PRINCIPAL)</b>	-25.28	-36.98	-62.26
<b>Longitud de vías</b> <b>residenciales (km_resid)</b>	-16.27	3.50	-12.78

*Nota.* Elaboración propia a partir de los impactos espaciales simulados del modelo SDM (1.000 iteraciones). Todos los efectos están expresados en unidades de la variable dependiente (*manzanas construidas por km<sup>2</sup>*).

### 3. Resultados

#### 3.1 Resultados e interpretación del modelo SDM (2022)

El modelo con mejor desempeño, según los criterios AIC, BIC y la significancia de los parámetros espaciales, fue el Modelo Durbin Espacial (SDM). Esta especificación incorpora dependencias tanto en la variable dependiente como en las explicativas, permitiendo estimar los efectos directos e indirectos entre secciones censales adyacentes. El parámetro espacial ( $\rho = 0.6186; p < .001$ ) confirma la existencia de dependencia espacial positiva, lo que indica que la densidad constructiva de una sección tiende a aumentar cuando sus vecinas presentan valores elevados.

La Tabla 4 presenta los coeficientes estimados del modelo, junto con sus errores estándar, valores  $p$  e intervalos de confianza al 95 %. Los signos de las variables son coherentes con las expectativas teóricas planteadas en la Sección 1.3.3. Se destaca la significancia positiva de la densidad poblacional y del canon promedio de arriendo, así como el signo negativo del estrato socioeconómico, lo que sugiere una mayor concentración de la actividad constructiva en zonas de densidad media y estrato bajo.

Tabla 5.

*Resultados de la estimación del modelo SDM (2022)*

Variable	Coefficiente	EE	Valor p	IC95%
(Constante)	-514178	183.6172	0.779	[-411.30, 308.46]
Densidad poblacional (dens.per.2022)	70.9325	4.1123	< 0.001	[62.85, 79.02]
Log (canon de arriendo)	17.2092	12.6234	0.173	[-7.52, 41.94]
Estrato socioeconómico (ESTRATO_PRINCIPAL)	-22.5902	7.9553	0.005	[-38.18, -7.00]
Longitud de vías residenciales (km_resid)	-16.5273	2.8581	< 0.001	[-22.13, -10.92]
Rezago dens.per.2022	-34.3888	7.6891	< 0.001	[-49.46, -19.32]
Rezago log_precio	-7.3703	3.1506	0.019	[-13.55, -1.19]
Rezago ESTRATO_PRINCIPAL	-1.1587	9.9139	0.907	[-20.60, 18.28]
Rezago km_resid	11.6541	3.6668	0.001	[4.47, 18.84]
$\rho$ (Coeficiente espacial)	0.6186	0.0413	< 0.001	[0.54, 0.70]

**Nota.** Elaboración propia a partir de los resultados del modelo SDM estimado para el año 2022. Los intervalos de confianza (IC 95 %) se calcularon mediante aproximación asintótica a partir de los errores estándar.

En términos interpretativos, los resultados indican que la densidad poblacional tiene un efecto positivo y significativo, evidenciando que las áreas más habitadas presentan mayor intensidad constructiva. El estrato socioeconómico presenta un coeficiente negativo, lo que sugiere que los estratos más altos tienden a ocupar sectores menos densos o consolidados, posiblemente asociados a viviendas unifamiliares o zonas con restricciones de altura. El canon de arriendo exhibe un efecto positivo, aunque moderado, reflejando el vínculo entre valorización del suelo y expansión edificatoria. Por su parte, la infraestructura vial residencial muestra un efecto negativo,

lo que podría indicar que la nueva construcción se concentra en áreas con menor consolidación vial o en etapas iniciales de urbanización.

Finalmente, los efectos indirectos (spillovers espaciales) asociados a la densidad poblacional y al canon de arriendo resultan significativos, lo que confirma que la actividad constructiva en una sección puede inducir dinámicas similares en sus vecinas. El modelo presenta un  $R^2$  ajustado espacial de 0.67, lo cual evidencia un adecuado poder explicativo para las condiciones observadas en el Área Metropolitana de Bucaramanga durante el año 2022.

### 3.2 Comparación de bondad de ajuste (AIC y LogLik)

El modelo lineal clásico (OLS) presentó autocorrelación espacial en los residuos, lo que justifica la aplicación de modelos espaciales. Los resultados de las pruebas LM (*Lagrange Multiplier*) para error y rezago (LM<sub>err</sub> y LM<sub>lag</sub>) fueron altamente significativos ( $p < .001$ ), así como el test SARMA, confirmando la presencia de dependencia espacial en la variable dependiente y en los errores.

Entre los modelos espaciales estimados, el Modelo Durbin Espacial (SDM) mostró el AIC más bajo (6703.1), seguido por el SEM (6705.0) y el SAR (6734.7). Esto indica que el SDM ofrece el mejor ajuste global a los datos. Los valores del log-likelihood refuerzan esta conclusión, ya que el SDM presenta el mayor valor (-3340.5), evidenciando su capacidad superior para capturar la dependencia espacial presente en el fenómeno analizado.

Tabla 6.

*Comparación de bondad de ajuste (AIC y LogLik)*

Modelo	AIC.	LogLik	Moran_I	Moran_p
SAR	6734.708	- 3360.354	0.09081350	0.0003991667
SEM	6705.042	- 3345.521	- 0.01263271	0.6520144424
SDM	6703.102	- 3340.551	- 0.01216438	0.6456032254

**Nota.** Elaboración propia a partir de los resultados de los modelos espaciales estimados para el año 2022. Los valores de AIC y log-likelihood permiten comparar el ajuste global, mientras que el test de Moran evalúa la presencia de autocorrelación en los residuos del modelo.

### 3.3 Dependencia espacial (parámetros $\rho$ y $\lambda$ )

Los resultados confirman la existencia de **dependencia espacial significativa** en los modelos estimados. En el modelo SAR, el coeficiente espacial  $\rho$  fue de **0.46** ( $p < .001$ ), lo que indica que la densidad de manzanas construidas en una sección censal está fuertemente influenciada por la densidad registrada en las secciones vecinas. Por su parte, el modelo SEM presentó un parámetro  $\lambda$  de **0.62** ( $p < .001$ ), evidenciando **autocorrelación espacial en los errores**, es decir, la presencia de factores no observados que presentan correlación espacial.

Finalmente, el modelo SDM arrojó un valor de  $\rho = 0.61$  ( $p < .001$ ) e incorporó además **efectos espaciales rezagados de las variables explicativas**, confirmando que tanto la dependencia en la variable dependiente como en los regresores es estadísticamente relevante. Este

resultado respalda la elección del modelo SDM como la especificación más adecuada para representar los procesos espaciales de la densidad constructiva en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

### 3.4 Diagnóstico de residuos (Moran's I)

Los resultados confirman la existencia de dependencia espacial significativa en los modelos estimados. En el modelo SAR, el coeficiente espacial  $\rho$  fue de 0.46 ( $p < .001$ ), lo que indica que la densidad de manzanas construidas en una sección censal está fuertemente influenciada por la densidad registrada en las secciones vecinas. Por su parte, el modelo SEM presentó un parámetro  $\lambda$  de 0.62 ( $p < .001$ ), evidenciando autocorrelación espacial en los errores, es decir, la presencia de factores no observados que presentan correlación espacial.

Finalmente, el modelo SDM arrojó un valor de  $\rho = 0.61$  ( $p < .001$ ) e incorporó además efectos espaciales rezagados de las variables explicativas, confirmando que tanto la dependencia en la variable dependiente como en los regresores es estadísticamente relevante. Este resultado respalda la elección del modelo SDM como la especificación más adecuada para representar los procesos espaciales de la densidad constructiva en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

### 3.5 Pruebas y diagnóstico del modelo

Los resultados de las pruebas de diagnóstico confirmaron la presencia de dependencia espacial significativa en los residuos del modelo lineal inicial (Moran's I  $> 0.25$ ;  $p < .01$ ), lo que justificó la aplicación de modelos espaciales. Las pruebas Lagrange Multiplier (LM) y LM robustas indicaron que la especificación SDM ofrecía el mejor ajuste frente a las alternativas SAR y SEM.

No se evidenció heterocedasticidad significativa según la prueba de Breusch–Pagan ( $p > .05$ ), y los valores del factor de inflación de la varianza (VIF) se mantuvieron por debajo de 5, descartando problemas relevantes de multicolinealidad entre las variables explicativas.

En conjunto, los resultados de diagnóstico respaldan la validez estadística y la estabilidad del modelo SDM como representación adecuada del comportamiento espacial de la construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga para el año 2022.

### **3.6 Impactos directos e indirectos**

El análisis de impactos espaciales permite diferenciar los efectos directos, que se producen dentro de la misma sección censal, de los efectos indirectos o spillovers, que se transmiten hacia secciones vecinas a través de las relaciones espaciales definidas en la matriz de pesos.

En el modelo SAR, la densidad poblacional presenta un impacto total elevado (117), compuesto por un efecto directo de 66 y un efecto indirecto de 51, lo que indica que la concentración de población en una sección impulsa la actividad constructiva tanto localmente como en áreas contiguas.

En el modelo SDM, la densidad poblacional mantiene un efecto directo alto (73), aunque con un impacto indirecto más moderado (23). Asimismo, se identifican spillovers negativos asociados a los rezagos espaciales de la densidad poblacional y del logaritmo del canon de arriendo, lo que sugiere que incrementos en la densidad o en los precios de secciones vecinas pueden desincentivar la construcción local.

Por su parte, el estrato socioeconómico y la longitud de vías residenciales presentan impactos negativos, tanto directos como indirectos, lo que indica que los sectores con estratos altos o con mayor dotación vial tienden a registrar menor densidad constructiva. Estos resultados evidencian la existencia de interdependencias espaciales complejas en la distribución de la actividad edificatoria dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga.

## 4. Conclusión

### 4.1 Discusión de hallazgos

El análisis del comportamiento del sector de la construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) entre 2018 y 2022 evidencia patrones espaciales diferenciados entre los municipios estudiados (Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta). Tal como se planteó en la hipótesis central, los municipios más próximos al centro metropolitano y con mayor densidad poblacional —Bucaramanga y Floridablanca— presentan un incremento sostenido en la densidad de construcción, mientras que Girón y Piedecuesta exhiben un crecimiento más disperso, asociado a la expansión periférica.

Estos hallazgos se alinean con estudios previos sobre urbanización en áreas metropolitanas colombianas, que destacan la influencia de la proximidad a nodos urbanos consolidados y la disponibilidad de infraestructura en los procesos de densificación del territorio (Gómez & Rodríguez, 2019; Moreno et al., 2021). La aplicación de modelos espaciales, especialmente del Modelo Durbin Espacial (SDM), permitió identificar una autocorrelación espacial significativa, confirmando que la expansión urbana no ocurre de manera aislada, sino que cada sección censal impacta y es impactada por las secciones vecinas.

En el análisis econométrico, la densidad poblacional se identificó como el principal determinante de la construcción, generando efectos tanto locales como de propagación hacia zonas colindantes. Los estratos socioeconómicos y los precios de arriendo mostraron impactos significativos, aunque heterogéneos: los estratos altos tienden a presentar menor densidad edificada, y los precios no influyen de manera uniforme en todos los modelos. Por otro lado, la

infraestructura vial residencial presentó una relación negativa con la densidad de construcción, lo que sugiere un proceso de expansión hacia áreas con menor consolidación urbana.

Entre las principales limitaciones, este estudio se enfocó únicamente en los municipios más representativos del AMB (excluyendo a Lebrija) y utilizó información de años específicos (2018, 2020 y 2022), lo que restringe la generalización de los resultados e impide captar dinámicas anuales continuas. Asimismo, no se incorporaron variables socioeconómicas o normativas detalladas que podrían enriquecer la explicación del comportamiento constructivo.

#### **4.2 Conclusiones generales**

El crecimiento de la construcción en el AMB no es homogéneo. Bucaramanga y Floridablanca concentran la mayor intensidad constructiva, mientras que Girón y Piedecuesta presentan un patrón más disperso vinculado a la expansión periférica. Se confirma la existencia de dependencia espacial significativa, evidenciando que la actividad constructiva de una sección censal influye directamente en las áreas vecinas.

La densidad poblacional se consolida como el factor determinante principal de la construcción, mientras que el estrato socioeconómico, los precios de arriendo y la infraestructura vial residencial muestran efectos más heterogéneos. La incorporación de modelos espaciales, en particular el SDM, resulta fundamental para analizar el fenómeno, al permitir capturar efectos directos e indirectos que los modelos tradicionales no detectan.

Los resultados validan parcialmente la hipótesis de que la densidad y la proximidad a los centros urbanos son determinantes clave de la construcción; sin embargo, también sugieren la incidencia de otros factores no contemplados en este estudio, como las políticas de uso del suelo, las dinámicas inmobiliarias o las condiciones topográficas.

## 5. Recomendaciones.

A partir de los hallazgos obtenidos en el análisis del sector de la construcción en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) durante los años 2018, 2020 y 2022, se presentan las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la planificación urbana, la gestión territorial y las futuras líneas de investigación. Estas recomendaciones se formulan con base en la evidencia empírica recolectada y en la perspectiva del autor, como aporte al desarrollo sostenible y al avance de la economía espacial.

Se recomienda incorporar el enfoque espacial en la planificación urbana y en la formulación de políticas públicas. Los resultados evidenciaron la existencia de dependencia espacial en la actividad constructiva, lo que implica que las decisiones urbanísticas en una zona repercuten directamente sobre las áreas vecinas. Por ello, es fundamental que las autoridades locales integren herramientas de análisis espacial en los procesos de planificación, especialmente en la formulación y revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y en la regulación del uso del suelo, garantizando una gestión más articulada del territorio.

Asimismo, se sugiere promover un desarrollo urbano equilibrado y sostenible. La concentración de la construcción en determinadas zonas del AMB evidencia la necesidad de estrategias que fomenten la densificación planificada en áreas con infraestructura existente, evitando la expansión descontrolada hacia la periferia. En este sentido, se recomienda incentivar proyectos de renovación urbana y de vivienda en sectores consolidados, combinando criterios de sostenibilidad ambiental, accesibilidad social y eficiencia en el uso del suelo.

Otro aspecto clave es el fortalecimiento de la infraestructura vial y los servicios urbanos en las zonas de expansión. Dado que la infraestructura vial residencial presentó una relación negativa con la densidad de construcción, se aconseja priorizar inversiones en conectividad, transporte público y servicios básicos en las áreas periféricas donde se concentra el crecimiento reciente. Estas medidas contribuirían a un desarrollo urbano más equitativo, accesible y funcional dentro del territorio metropolitano.

También es necesario implementar políticas diferenciadas según las características socioeconómicas locales. Las diferencias observadas en la densidad y el comportamiento constructivo según el estrato socioeconómico predominante reflejan la necesidad de políticas adaptadas a cada contexto territorial. En consecuencia, se propone fomentar instrumentos de gestión del suelo, subsidios focalizados y mecanismos de integración social que permitan reducir la segregación espacial y promover una mayor cohesión urbana en el AMB.

De igual forma, se recomienda fortalecer la recopilación y actualización de datos espaciales sobre el sector de la construcción. Para mejorar el monitoreo de las dinámicas urbanas, se sugiere consolidar sistemas de información geográfica (SIG) actualizados y de acceso público, que integren variables sobre construcción, demografía, precios del suelo, movilidad e infraestructura. Contar con una base de datos sólida permitirá una toma de decisiones más informada y el diseño de políticas urbanas más eficaces.

En cuanto a la investigación, se propone ampliar el análisis temporal y territorial en futuros estudios, extendiendo el periodo de análisis a años posteriores a 2022 para evaluar los efectos de la recuperación económica y los cambios recientes en la estructura urbana. Asimismo, sería pertinente replicar la metodología en otras áreas metropolitanas de Colombia, con el fin de

establecer comparaciones regionales y fortalecer la comprensión de los procesos de urbanización en contextos similares.

Finalmente, se sugiere integrar el análisis espacial con enfoques cualitativos y de percepción ciudadana. Incluir la visión de actores locales como constructores, planificadores, autoridades y comunidades permitirá comprender de manera más integral cómo las decisiones urbanas, las políticas públicas y las condiciones del entorno influyen en la dinámica constructiva y en la configuración social del territorio.

**Referencias Bibliográficas**

Akaike, H. (1974). *A new look at the statistical model identification*. IEEE Transactions on Automatic Control, 19(6), 716–723.

Alonso, W. (1964). *Location and land use: Toward a general theory of land rent*. Harvard University Press.

Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Kluwer Academic Publishers.

Asamblea Departamental de Santander. (1981). Ordenanza 20 de 1981...

Camagni, R. (2002). *On the concept of territorial competitiveness: Sound or misleading?*. Urban Studies 39(13), 2395–2411.  
<https://doi.org/10.1080/0042098022000027022>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). Boletín técnico: Cuentas nacionales anuales 2018 (provisional). <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/cuentas-nal-anuales/bol-cuentas-nal-anuales-2018provisional.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. <https://www.dane.gov.co>

Dureau, F., Lulle, T., Souchaud, S., & Contreras, Y. (2013). *Mobilities and spatial fragmentation in Latin American cities*. Routledge.

Fischer, M. M., & Wang, J. (2011). *Spatial data analysis: Models, methods and techniques*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21720-3>

Fujita, M., Krugman, P., & Venables, A. J. (1999). *The spatial economy: Cities, regions, and international trade*. MIT Press.

Geary, R. C. (1954). *The contiguity ratio and statistical mapping. The Incorporated Statistician*, 5(3), 115–129.

Getis, A., & Ord, J. K. (1992). *The analysis of spatial association by use of distance statistics. Geographical Analysis*, 24(3), 189–206. Ohio State University Press.

Krugman, P. (1991). *Geography and trade*. MIT Press (Cambridge, MA, EE.UU.).

LeSage, J. P., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. CRC Press.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). Programa Cambiar es Posible. <https://www.minvivienda.gov.co>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2018). Programa Mi Casa Ya. <https://www.minvivienda.gov.co>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2019). Programa Semillero de Propietarios. <https://www.minvivienda.gov.co>

Moran, P. A. P. (1948). *The interpretation of statistical maps. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 10(2), 243–251.

República de Colombia. Decreto 0332 de 1985 [Presidencia de la República]. Por el cual se formaliza el Área Metropolitana de Bucaramanga. (Bogotá, marzo 2 de 1985).

República de Colombia. Decreto 1077 de 2015 [Presidencia de la República]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. *Diario Oficial N.º 49.523*. Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2), 461–464.

Torres, C. (2018). Políticas de vivienda de interés social y expansión urbana en Colombia: Una revisión crítica. *Revista INVI*, 33(92), 125–150.  
<https://doi.org/10.4067/s0718-83582018000300125>

Von Thünen, J. H. (1966). *The isolated state*. Pergamon Press. (Original work published 1826)

Vázquez-Barquero, A. (2002). *Endogenous development: Networking, innovation, institutions and cities*. Routledge.