

**Análisis del impacto del nivel socioeconómico en los patrones de movilidad de los  
habitantes del área metropolitana de Bucaramanga**

**Jennifer Juliana Bayona Rojas**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil**

**Director:**

**Yerly Fabián Martínez Estupiñán**

**Magister en Ingeniería Civil**

**Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas  
Escuela de Ingeniería Civil  
Bucaramanga**

**2024**

### **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia por su amor, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Gracias por estar siempre a mi lado, por brindarme palabras de aliento en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada uno de mis logros. Su apoyo ha sido mi mayor motivación e inspiración.

Agradezco profundamente a Sebastian por estar siempre presente a lo largo de este camino y por su inquebrantable apoyo en cada paso que he dado. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que dudaba de mis propias capacidades. Tu constante aliento y tu amor incondicional han sido un pilar fundamental en mi vida y en el éxito de este proyecto.

Por último, pero no menos importante, deseo agradecer a mi director de trabajo de grado, el ingeniero Yerly Fabián Martínez Estupiñán por su orientación experta, su dedicación y su invaluable asesoramiento a lo largo de este proyecto.

A todas las personas mencionadas, así como a aquellos que de alguna manera han contribuido a este proyecto les agradezco desde lo más profundo de mi corazón su apoyo ha sido fundamental en este viaje y su influencia perdurará en mi vida profesional y personal.

## Tabla de Contenido

		<b>Pág.</b>
Introducción .....		10
1.       Objetivos .....		12
1.1      Objetivo General .....		12
1.2      Objetivos Específicos.....		12
2.       Revisión de la literatura .....		13
2.1      Pobreza del transporte.....		13
2.2      Revisión de metodologías .....		14
2.2.1    Antecedentes internacionales.....		14
2.2.2    Antecedentes nacionales .....		17
3.       Metodología .....		18
4.       Caracterización de la EODH-2022 .....		24
5.       Caracterización socioeconómica de los viajes en el Área Metropolitana de Bucaramanga.....		29
5.1      Modo de transporte .....		29
5.2      Tiempo de viaje.....		32
5.3      Motivo de viaje .....		33
6.       Aplicación de la metodología seleccionada.....		34
6.1      Caracterización .....		34
6.2      Viajes internos .....		38
6.3      Análisis espacial.....		40
7.       Conclusiones .....		48

8.	Investigaciones futuras.....	49
	Referencias Bibliográficas .....	50

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. <i>Descripción general de la EODH del AMB.</i> .....	24
Tabla 2. <i>Indicadores de movilidad según modo de viaje y estrato.</i> .....	37
Tabla 3. <i>Características de la red de movilidad de Bucaramanga.</i> .....	41

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. <i>Metodología para la caracterización.</i> .....	21
Figura 2. <i>Metodología para el análisis espacial.</i> .....	22
Figura 3. <i>Distribución de los estratos en el AMB.</i> .....	25
Figura 4. <i>Estratos en el Área Metropolitana de Bucaramanga.</i> .....	27
Figura 5. <i>Índice de Pobreza Multidimensional promedio del Área Metropolitana de Bucaramanga.</i> .....	28
Figura 6. <i>Distribución del modo de transporte.</i> .....	29
Figura 7. <i>Ocupación de las personas del Área Metropolitana de Bucaramanga.</i> .....	35
Figura 8. <i>Distribución de viajes por propósito</i> .....	36
Figura 9. <i>Zonas Atractoras y Generadoras de Viajes en el Área Metropolitana de Bucaramanga.</i> .....	42
Figura 10. <i>Viajes según su duración en el Área Metropolitana de Bucaramanga.</i> .....	45
Figura 11. <i>Viajes según su distancia en el Área Metropolitana de Bucaramanga.</i> .....	46
Figura 12. <i>Viajes según su modo en el Área Metropolitana de Bucaramanga.</i> .....	47

### **Lista de Apéndices**

**Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS**

Apéndice A. Tabla de revisión de la Bibliografía

Apéndice B. Tablas de los indicadores de movilidad internos de cada municipio.

## Resumen

**Título:** Análisis del impacto del nivel socioeconómico en los patrones de movilidad de los habitantes del área metropolitana de Bucaramanga\*

**Autor:** Jennifer Juliana Bayona Rojas\*\*

**Palabras Clave:** Pobreza del transporte, estrato socioeconómico, movilidad, patrones de viaje.

### Descripción:

La pobreza del transporte se refiere a la falta de servicios de transporte accesibles y asequibles lo que limita las opciones de las personas para realizar sus actividades diarias. En esta investigación se analizó la relación entre el estrato socioeconómico y los patrones de movilidad de los habitantes del Área Metropolitana de Bucaramanga. Hasta el momento, la mayoría de las investigaciones sobre este tema se han realizado en contextos internacionales y de grandes capitales a nivel nacional, sin embargo, a la fecha no se había explorado específicamente esta relación a nivel local. En este trabajo se utilizó un enfoque cuantitativo que consistió en un diagnóstico de movilidad que consideró la cantidad de viajes por modo de transporte y las principales características de estos (duración, distancia y velocidad promedio) estimados a partir de información de la base de datos proveniente de la Encuesta Origen Destino de Hogares del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) que se realizó en el marco de la elaboración del Plan Maestro Metropolitano de Movilidad 2022 - 2037. Los principales resultados evidenciaron una relación directa entre el nivel socioeconómico y los patrones de movilidad en el AMB. Los estratos más bajos tienden a utilizar la moto o el bus como principal medio de transporte, mientras que los estratos más altos prefieren el automóvil. Además, los estratos de menores ingresos emplean un tiempo aproximado de viaje que es un 26% mayor en comparación con estratos de altos ingresos. Estos hallazgos sugieren una mayor vulnerabilidad de los estratos más bajos del AMB a la pobreza en cuanto al transporte, por sus opciones de movilidad limitadas, lo que subraya la necesidad de políticas enfocadas en mitigar esta situación.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabián Martínez Estupiñán. Magister en Ingeniería Civil

## Abstract

**Title:** Analysis of the impact of socioeconomic level on the mobility patterns of the inhabitants of the metropolitan area of Bucaramanga \*

**Author(s):** Jennifer Juliana Bayona Rojas \*\*

**Key Words:** Transport poverty, socioeconomic strata, mobility, trip patterns.

### Description:

Transport poverty refers to the lack of accessible and affordable transportation services, limiting people's options for daily activities. This research analyzed the relationship between socioeconomic strata and mobility patterns of residents in the Metropolitan Area of Bucaramanga. Until now, most studies on this topic have been conducted in international and national capital contexts, however, this specific relationship at the local level had not been explored. This study used a quantitative approach, conducting a mobility diagnosis considering the number of trips by mode of transportation and their main characteristics (average duration, distance, and speed). These were estimated using data from the Household Origin-Destination Survey of the Metropolitan Area of Bucaramanga conducted within the framework of the 2022 - 2037 Metropolitan Mobility Master Plan. The main findings highlighted a direct correlation between socioeconomic status and mobility patterns in the Metropolitan Area. Lower socioeconomic strata tend to use motorcycles or buses as their primary mode of transportation, while higher strata prefer automobiles. Additionally, lower-income strata spend approximately 26% more time on travel than higher-income strata. These findings suggest a higher vulnerability of lower strata in the Metropolitan Area to transport poverty due to limited mobility options, emphasizing the need for policies to mitigate this situation.

---

\* Bachelor thesis

\*\*Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabián Martínez Estupiñán. Magister en Ingeniería Civil

## Introducción

La pobreza del transporte es un concepto reciente que se refiere a la falta de servicios de transporte accesibles y asequibles lo que limita las opciones de las personas para realizar sus actividades diarias o su trayecto al trabajo (Kiss, 2021) El Parlamento Europeo ha abordado el tema en varias ocasiones relacionándolo con las vulnerabilidades sociales tales como pobreza en los hogares o el desempleo y ha definido que disminuirla es una estrategia que apunta a una movilidad sostenible e inteligente (Kiss, 2021). A pesar de su importancia, la pobreza del transporte sigue siendo un tema poco explorado y a menudo mal articulado, incluso en países desarrollados. (Lucas et al., 2016b)

Varios investigadores han encontrado conexión entre la diferencia de grupos socioeconómicos y la inequidad en el transporte alrededor del mundo (Iglesias et al., 2019) (Tiznado-Aitken et al., 2022). Una de las principales limitaciones para comprender la pobreza del transporte, tanto en países desarrollados como subdesarrollados, es la falta de una base de datos amplia y sofisticada que permita analizar el problema de manera profunda y geográficamente específica (Lucas et al., 2016b). En el contexto colombiano, también se han realizado análisis de este tipo, que han relacionado características socioeconómicas con la movilidad (Loterio et al., 2016) (Romero et al., 2017) (Macedo et al., 2022). Sin embargo, hasta el momento, no existe un estudio de este tipo en Bucaramanga y su área metropolitana.

En 2021, en el marco de la actualización del Plan Maestro Metropolitano de Movilidad (PMMM) del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) 2022 – 2037 (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB. 2022*) se realizaron encuestas origen destino a los hogares permitiendo la caracterización de la movilidad y otras características de los viajes de los habitantes

del área metropolitana, sin embargo, el enfoque amplio que requería dicho estudio no permitió un análisis a profundidad de la información obtenida, limitándose solo a aportar datos gruesos sobre los patrones de movilidad, como el hecho de que el 34% de los usuarios realizan sus viajes en moto.

Un análisis más detallado de la relación entre el estrato socioeconómico de los hogares y la elección de movilidad podría ofrecer una contribución significativa al entendimiento de la pobreza del transporte en el AMB, al mismo tiempo que apunta a reducir la inequidad en términos de transporte mediante inversiones más enfocadas en el problema. Por lo tanto, esta investigación utilizó la base de datos obtenida en las encuestas de origen destino de hogares del PMMM 2022 – 2037 para analizar el impacto del nivel socioeconómico en los patrones de viaje de los habitantes del casco urbano del Área Metropolitana de Bucaramanga.

Este documento está organizado en 8 secciones: En la sección 1, se encuentran los objetivos de la investigación. En la sección 2, se presenta la revisión de la literatura. En la sección 3, la definición de las metodologías a utilizar. En la sección 4, se detallan tanto la encuesta utilizada como las características generales de la zona de estudio. En la sección 5, se realiza una caracterización general de los viajes. En la sección 6, se encuentran los resultados de aplicar la metodología. En la sección 7 se encuentran las conclusiones. Por último, en la sección 8 se encuentran algunas sugerencias para futuras investigaciones.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Analizar la relación que existe entre los patrones de viaje de las personas y su nivel socioeconómico para caracterizar la pobreza del transporte en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Identificar las metodologías de análisis de la relación entre el nivel socioeconómico y el transporte para determinar su efectividad y validez en contextos similares al AMB.

Caracterizar los patrones de viaje de los habitantes del AMB según su estrato socioeconómico para determinar si existen diferencias significativas en estos que reflejen inequidad.

Analizar espacialmente los patrones de viaje de según el nivel socioeconómico que pueda ayudar eventualmente a la planificación del transporte en el AMB.

## 2. Revisión de la literatura

En este trabajo de investigación se realizó una revisión sistemática de la literatura la cual se dividió en dos partes: en la primera parte, se presentan estudios que revisan la definición del término 'pobreza del transporte'; mientras que, en la segunda, se analizan las metodologías existentes, tanto a nivel nacional como internacional, para medir cuantitativamente este fenómeno.

### 2.1 Pobreza del transporte

La pobreza del transporte es un fenómeno multifacético que ha captado la atención tanto de académicos como de gestores de políticas públicas en todo el mundo. En esta sección, se explora en detalle este concepto complejo desde las diversas perspectivas que existen en la literatura.

En primer lugar, no existe consenso académico sobre la definición del término de pobreza del transporte, lo que ha dado lugar a una variedad de acepciones interconectadas por parte de varios autores que han abordado este tema. Con el objetivo de establecer un criterio común, ha surgido un enfoque de este concepto centrado en la accesibilidad y la movilidad. Bajo este enfoque, se considera que una persona se encuentra en situación de pobreza en cuanto al transporte si cumple al menos uno de los siguientes criterios (Pérez-Peña et al., 2021) (Lucas et al., 2016b) :

- **Pobreza de movilidad:** Experimenta una falta de opciones de transporte que dificulta su movilidad debido a carencias en servicios o infraestructuras.
- **Pobreza de accesibilidad:** No puede llegar a sus destinos para realizar actividades cotidianas como las educativas o laborales en un tiempo, facilidad y costo razonables.

- **Asequibilidad del transporte:** Carece de los recursos individuales o familiares necesarios para costear las opciones de transporte, ya sean públicas o privadas. (Carruthers et al., 2005)
- **Externalidades del transporte:** Se enfrenta a condiciones de viaje inseguras, peligrosas o insalubres.

A pesar de que es un problema que afecta negativamente la vida de millones de personas en todo el mundo, especialmente en los países en desarrollo; los estudios sobre la pobreza del transporte son un fenómeno relativamente reciente que aún no ha obtenido plenamente el reconocimiento y la consideración en el campo de la ingeniería de transporte.

## **2.2 Revisión de metodologías**

En esta sección, se examinan las metodologías que se han utilizado para medir cuantitativamente este problema, con el fin de vincular las perspectivas teóricas con enfoques prácticos y, en última instancia, comprender mejor este fenómeno complejo y su impacto en la vida de las personas.

### **2.2.1 Antecedentes internacionales**

Los modelos de regresión se han utilizado ampliamente como métodos para establecer relaciones entre las desventajas socioeconómicas y la movilidad. En el Reino Unido (Lucas et al., 2016a), se emplearon modelos estándar de regresión multilínea (MLR) para analizar los comportamientos de viaje, teniendo en cuenta índices clave de desventaja económica y social. Esto se realizó utilizando datos relacionados con las características de los viajes y los factores vinculados a la desventaja social. Los resultados incluyeron modelos de frecuencia de

desplazamientos y un modelo logarítmico de distancia de viajes, lo que permitió comprender cómo los patrones de movilidad se relacionan con la desventaja social y económica en el contexto de accesibilidad, factores ambientales y la misma movilidad.

De manera análoga, un estudio en tres ciudades de Canadá (Morency et al., 2011) empleó una regresión multivariada mejorada con coeficientes expandidos. Se utilizaron datos de una encuesta de transporte para generar modelos de regresión lineal que consideraron la población en riesgo de experimentar problemas de movilidad. Estos modelos proporcionaron una comprensión más profunda sobre cómo la distancia recorrida se relaciona con múltiples factores, incluyendo aquellos que pueden indicar un mayor riesgo de dificultades en la movilidad.

Otras metodologías (Schmöcker et al., 2005) incluyen el uso de modelos ‘probit’ y ‘logit’ ordenados. Por ejemplo, un estudio realizado en Londres (Schmöcker et al., 2005) utilizó datos de una encuesta de viajes para desarrollar modelos que predicen tanto la generación de viajes como la distancia de estos. Estos modelos proporcionaron una aproximación más amplia a los factores que influyen en los patrones de viaje de la población estudiada.

Por otra parte, el ‘World Bank Group’ realizó un estudio (Carruthers et al., 2005) en 27 países desarrollados con el objetivo de proporcionar un método confiable y consistente para determinar qué proporción del ingreso familiar se invierte en transporte público urbano. Para ello, se centraron en desarrollar un índice de asequibilidad fácil de medir y luego, compararon estos resultados con las investigaciones previas para evaluar su eficacia. Los datos utilizados incluyeron el nivel de ingresos de los individuos, la cantidad de viajes realizados y las tarifas de transporte. El índice resultante permitió evaluar y comparar la accesibilidad económica al transporte de los países estudiados.

Otras metodologías proponen diferentes indicadores de movilidad, como el radio de giro, la diversidad de viajes (Gao et al., 2022), el número de ubicaciones de actividades, la entropía de actividad, la unicidad y el radio k de giro (Xu et al., 2018). Estos indicadores se derivan de datos de ubicación de las personas y datos socioeconómicos urbanos, lo que proporciona una comprensión detallada de los patrones de movilidad de la población estudiada y su relación con el estatus socioeconómico.

En Australia (Currie et al., 2009), se empleó una metodología interdisciplinaria que se basó en encuestas de viajes disponibles para evaluar el acceso al transporte público (Currie et al., 2009). Esta metodología identificó áreas consideradas como "ricas" y "pobres" en cuanto a opciones para movilizarse. Luego, se aplicaron técnicas de evaluación multicriterio y análisis de ecuaciones estructurales para establecer vínculos entre las variables de transporte, la exclusión social y el bienestar, basándose en investigaciones previas. Como resultado, se obtuvieron indicadores de movilidad significativos.

Un estudio realizado en Santiago de Chile (Iglesias et al., 2019) empleó una metodología propia donde se estimó la distribución de los beneficios del sistema de transporte, los niveles de movilidad, los recursos consumidos y los costos generados entre cinco grupos socioeconómicos, definidos como quintiles de ingresos (Iglesias et al., 2019). Los datos utilizados provienen de una encuesta de origen-destino. Los resultados de esta metodología proporcionaron indicadores de movilidad, como tiempo, distancia y velocidad promedio según los quintiles y los modos de transporte, lo que permitió verificar si existía inequidad entre los diferentes niveles socioeconómicos.

### 2.2.2 *Antecedentes nacionales*

A pesar de que la mayor parte de las investigaciones que se encuentran en la literatura se ha realizado en contextos internacionales, también existen estudios nacionales relevantes que han contribuido con metodologías pertinentes para este estudio. Por ejemplo, en Medellín y Manizales [11] se analizaron los patrones espaciotemporales de desplazamiento de individuos, para esto se crearon de seis redes de movilidad para cada ciudad, representando los desplazamientos entre lugares de personas con niveles socioeconómicos específicos (Loterio et al., 2016). Posteriormente, se analizan las características clave de estas redes, centrándose en su evolución en el espacio y el tiempo, usando datos provenientes de una encuesta de origen destino en las ciudades estudiadas.

Otro estudio realizado a nivel nacional (Macedo et al., 2022) investigó la evolución a lo largo del tiempo de los patrones de movilidad en tres ciudades: dos en Colombia (Medellín y Bogotá) y una en Brasil (São Paulo) (Macedo et al., 2022). Se utilizaron encuestas de viajes realizadas en áreas urbanas de ambos países a lo largo de varios años. En este estudio, se aplicó una versión modificada del indicador de diversidad de movilidad propuesto por Pappalardo (Macedo et al., 2022) para analizar las similitudes y diferencias en la movilidad entre hombres y mujeres de diferentes orígenes socioeconómicos.

En Villavicencio (Romero et al., 2017), se empleó un modelo de elección multimodal conocido como ‘unordered logit multinomial’ para analizar la relación entre la elección del medio de transporte y las características del viaje y del usuario (Romero et al., 2017). Este análisis se basó en datos recopilados a través de una encuesta domiciliaria origen-destino. Los resultados obtenidos muestran que el nivel socioeconómico no es significativo para ningún modo de transporte excepto para el transporte público.

Por último, en el municipio de Soacha (Oviedo Hernandez & Titheridge, 2016) se abordó la problemática de exclusión social relacionada con el transporte en la periferia urbana, al tener en cuenta su cercanía con Bogotá (Oviedo Hernandez & Titheridge, 2016). La metodología utilizada consistió en recoger datos a través de entrevistas para obtener información sobre las características socioeconómicas de los encuestados, así como sus patrones de viaje y realizar un análisis cualitativo basado en las dimensiones de la exclusión social relacionada con el transporte. Los resultados obtenidos muestran que las poblaciones de bajos ingresos se enfrentan a opciones de viajes limitadas.

Esta revisión de metodologías proporciona una visión amplia de cómo se ha abordado la pobreza del transporte en distintos contextos, destacando la diversidad de enfoques y herramientas utilizadas para analizar este fenómeno. Se destaca la amplia aplicación de modelos de regresión en metodologías tanto a nivel internacional como nacional. Asimismo, muchas de las metodologías revisadas tienen en común la utilización de datos provenientes de encuestas origen-destino, que caracterizan los viajes realizados por los usuarios. Los resultados de estas investigaciones reflejan la desigualdad en el acceso al transporte según la clase socioeconómica en diferentes países, evidenciando que los grupos más pobres son los más afectados. Una revisión más detallada de las metodologías expuestas se puede encontrar en el **Anexo A** de este trabajo de investigación.

### 3. Metodología

A partir de la revisión de la literatura realizada, se identificó que para la aplicación de muchas de las metodologías consultadas es necesario contar con información socioeconómica y de movilidad; por dicha razón, como punto de partida de esta investigación se llevó a cabo una

revisión de la información disponible en la Encuesta Origen Destino de Hogares (EODH) desarrollada en el contexto del proyecto de actualización del Plan Maestro Metropolitano de Movilidad (PMMM) del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) realizado en el año 2022 (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB. 2022*) y que fue el principal insumo de información para la realización de esta investigación.

La EODH consta de 5 módulos en los cuales se recopiló información de características socioeconómicas tanto a nivel de hogar (estrato, tipo de vivienda) como a nivel personal (edad, escolaridad, ocupación). Asimismo, uno de los módulos consta de una bitácora de viajes donde se describen los desplazamientos realizados el día anterior por cada una de las personas, del cual se obtuvo información sobre el modo, el motivo, la duración, la distancia, la frecuencia, el origen y destino de estos viajes que se utilizaron en la metodología de esta investigación.

A partir de esta revisión y, considerando los componentes claves del enfoque que son la caracterización y el análisis espacial de los patrones de viaje, se procedió a descartar las metodologías que no resultaban aplicables, ya sea por falta de la información necesaria o porque se alejaban de los objetivos de la investigación.

En primer lugar, se identificó que las metodologías utilizadas por (Xu et al., 2018) y (Gao et al., 2022) requieren datos de ubicación continua, los cuales no están disponibles en la encuesta de movilidad del AMB. De manera similar, las metodologías propuestas por (Lucas et al., 2016a) y (Macedo et al., 2022) demandan datos provenientes de encuestas realizadas en varios años, como una recopilación histórica de dinámicas de movilidad, mientras que, en el caso del AMB, todos los datos recolectados corresponden al mismo año en que se realizó el PMMM. Asimismo, los enfoques presentados en los artículos de (Carruthers et al., 2005) y (Currie et al., 2009) requieren información que no fue recopilada o que no es representativa en la EODH del AMB, en el primer

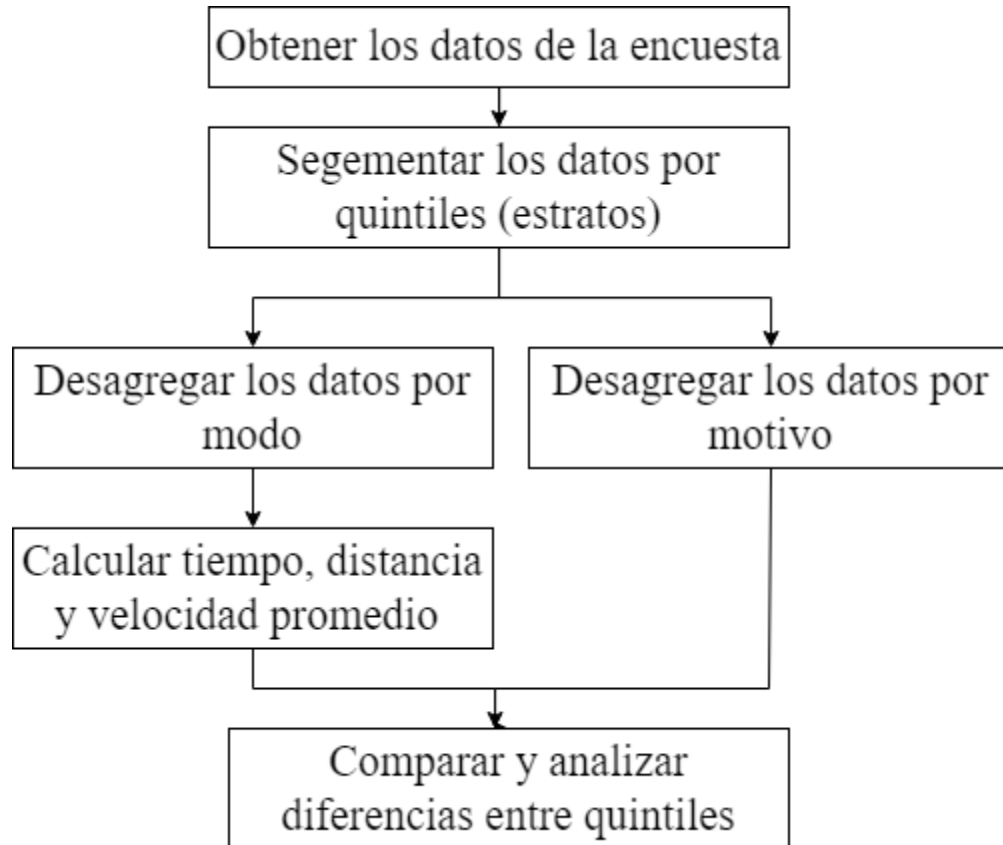
caso, la tarifa del transporte, la cual por la forma en la que fue realizada la encuesta no tuvo en cuenta los gastos indirectos que se tienen al utilizar un vehículo propio en el viaje, y en el segundo caso si los encuestados fueron forzados a adquirir un automóvil.

Por otra parte, las metodologías propuestas por (Morency et al., 2011) y (Schmöcker et al., 2005) utilizan modelos de regresión que, debido a la naturaleza y cantidad de variables involucradas, como la distancia media del viaje, la edad, la cantidad de ingresos, la estructura del hogar, la ocupación y la densidad de población, entre otras, sugieren la necesidad de contar con un conjunto de datos más extenso (decenas de miles) del que se dispone en la encuesta realizada en el AMB. Finalmente, las metodologías presentadas por (Romero et al., 2017) y (Oviedo Hernandez & Titheridge, 2016) tienen un enfoque limitado a una parte específica de lo que se plantea en este trabajo. En el primer caso, se centra solamente en el análisis de las características que inciden en la elección del medio de transporte usado por los individuos, las cuales pueden ser tanto económicas como sociales, y en el segundo, en las dificultades de movilización en la periferia, el caso específico de Soacha hacia Bogotá con un método cualitativo.

En contraste con lo anterior, la metodología propuesta por (Iglesias et al., 2019) presenta un diagnóstico de movilidad que permite caracterizar la información de manera clara y significativa, lo que facilita la comparación de los patrones de movilidad entre personas de diferentes niveles socioeconómicos. Además, los datos requeridos para llevar a cabo esta metodología (modo, motivo, duración y distancia de viajes) se encuentran disponibles en la encuesta realizada en la EODH del AMB. En resumen, los pasos de esta metodología se muestran en la Figura 1.

**Figura 1**

*Metodología para la caracterización.*

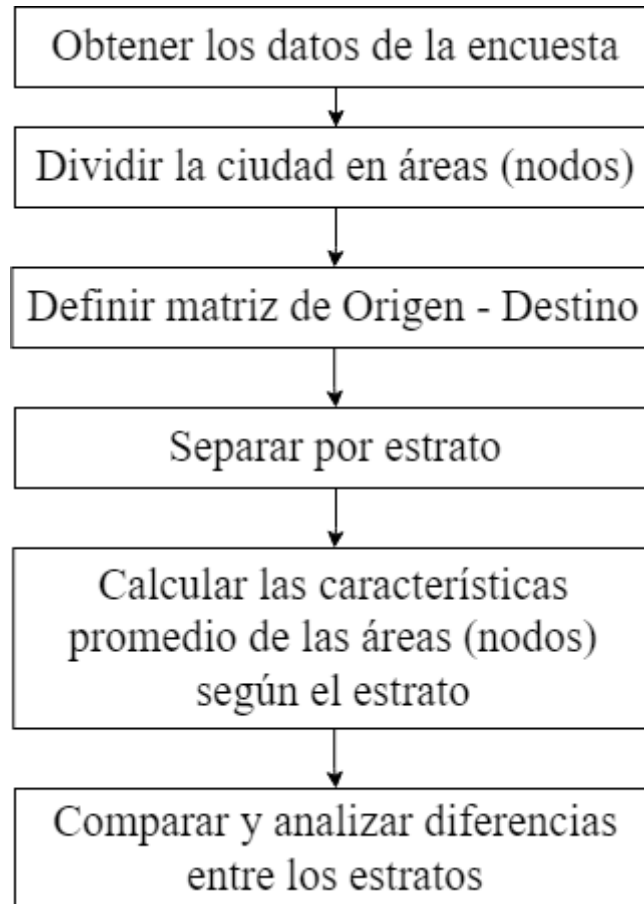


Los modos que se tuvieron en cuenta fueron: A pie, automóvil, bicicleta, bus, moto, taxi y otros. mientras que los motivos fueron: trabajo, estudios, tramites, ocio y otros.

Para la segunda sección del trabajo, que consiste en el análisis espacial, se utilizó parte de la metodología presentada por (Loteró et al., 2016), pues incorpora un análisis espaciotemporal y hace uso de datos a los que se puede acceder a través de la EODH del AMB. Se empleó la sección espacial de esta metodología, que involucra el uso de las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) para comparar la forma de moverse de las personas de diferentes estratos. En términos generales, los pasos de esta metodología se muestran en la Figura 2.

**Figura 2**

*Metodología para el análisis espacial.*



Las características de los nodos son: grado, peso, coeficiente de agrupamiento y el camino más corto.

**Grado:** Es el número de aristas que inciden en un nodo. En esta investigación representa para cada ZAT cuántas otras ZAT se conectan a ella. Para una ZAT 'i', el grado 'k' está dado a partir de la matriz de adyacencias de la forma:

$$k_i = \sum_{j=1}^N A_{ij} \quad (1)$$

**Peso:** Propiedad que se le asigna a un nodo para indicar su importancia. En el contexto de esta investigación, representa la cantidad de viajes que se realizan desde una ZAT. Para una ZAT 'i', el peso 's' está dado a partir de la matriz ponderada de la forma:

$$s_i = \sum_{j=1}^N W_{ij} \quad (2)$$

**Coefficiente de agrupamiento:** Mide cuánto tienden a estar conectados entre sí los vecinos de un nodo en una red. Para una ZAT 'i', este coeficiente 'c' está dado a partir de la matriz de adyacencias de la forma:

$$c_i = \frac{1}{k_i(k_i - 1)} \sum_{j,l=1}^N A_{ij}A_{jl}A_{li} \quad (3)$$

**Camino más corto:** La mínima secuencia de n nodos que conectan el nodo i con j. Para hallarla se usa el Algoritmo de Dijkstra. Por lo que se define la distancia entre i y j como  $d_{ij} = n$ .

Por lo tanto, esta metodología propone dividir la ciudad en N áreas teniendo en cuenta los orígenes y destinos de los viajes para poder describir la red de movilidad como un grafo dirigido y analizarla cuantitativamente a partir de una matriz W ponderada  $N \times N$ , donde cada elemento  $W_{ij}$  indica el número de viajes reportados desde el área i al área j y una matriz de adyacencia A de  $N \times N$ , donde cada elemento  $A_{ij}$  es igual a 1 si se ha observado por lo menos un viaje del área i al área j y es 0 en caso contrario.

Para el contexto de esta investigación las áreas en las que se dividió el Área Metropolitana de Bucaramanga son las 152 Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) planteadas en el modelo de transporte generado en el contexto de la realización del PMMM.

Estas características ofrecen parámetros cuantitativos para comparar las redes de movilidad de los distintos estratos socioeconómicos.

#### 4. Caracterización de la EODH-2022

En esta sección se presenta la caracterización general de la Encuesta Origen Destino de Hogares (EODH) del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) que se realizó en el marco de la elaboración del PMMM, presentando las características generales de los municipios y de la población encuestada. Las características generales de la EODH-2022 se pueden ver en la Tabla 1.

**Tabla 1**

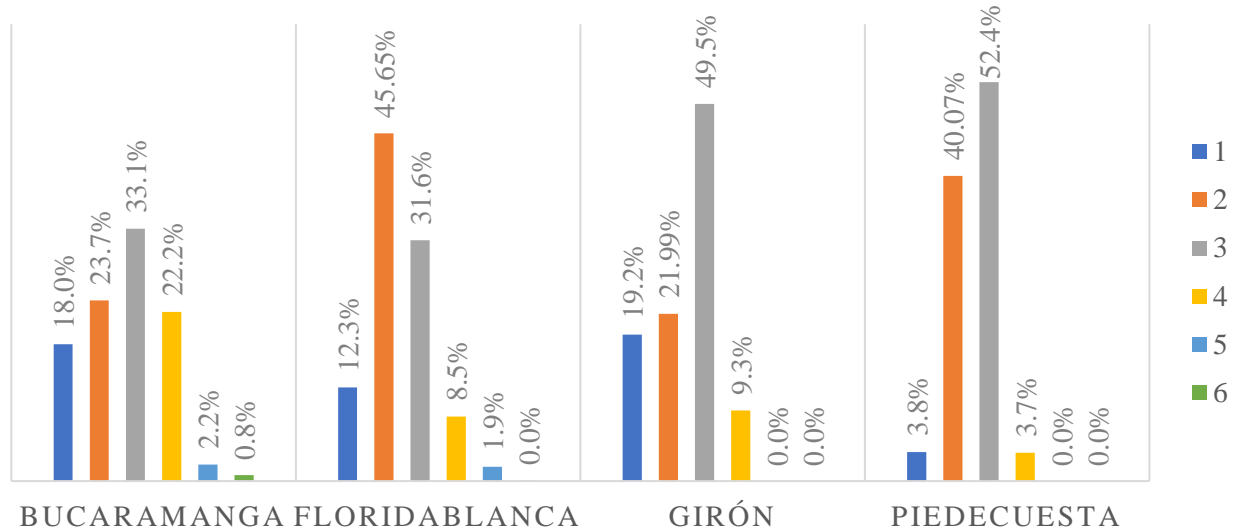
*Descripción general de la EODH del AMB.*

	Bucaramanga	Floridablanca	Girón	Piedecuesta
Año de la encuesta	2022	2022	2022	2022
Zonas de Análisis de transporte	101	20	14	17
Área [km <sup>2</sup> ]	162	97	475	344
Población	625.114	316.200	179.418	163.362
Número de entrevistas	2.089	914	130	181
Viajes reportados	5.600	2.865	520	455

El AMB está conformada por los cascos urbanos de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, siendo Bucaramanga el principal polo atractor y generador de viajes en toda el AMB. Los resultados expandidos de la EODH del AMB están destinados a representar proporcionalmente los estratos socioeconómicos de la población que hay en el AMB como se puede observar en la Figura 3, en Bucaramanga, el estrato 3 predomina con más del 30%, mientras que en Girón y Piedecuesta este porcentaje se eleva a más del 50%. Por otro lado, en Floridablanca, es el estrato 2 el de mayor presencia, con más del 40%.

**Figura 3**

*Distribución de los estratos en el AMB.*



Es relevante destacar que, en dichos municipios, sin importar el estrato, se observa una prevalencia superior de mujeres respecto a los hombres. Además, la mayoría son adultos, representando aproximadamente el 50% de cada estrato en todas las ciudades. Por último, más del 90% de los encuestados en cada estrato no pertenecen a ningún grupo poblacional de riesgo, lo que refleja una población generalmente sana y estable en la región.

El análisis de la movilidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) se apoyó en la división preexistente de la región en Zonas de Análisis de Transporte (ZAT). Estas ZAT representan áreas geográficas definidas que permiten un estudio detallado de los patrones de movilidad y transporte dentro de la región. En este trabajo, se considerarán las 152 ZAT del AMB.

Asimismo, para una visualización espacial de los datos, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 4 se observa el estrato predominante en cada ZAT dentro del AMB que se realizó utilizando la información recolectada en el Censo Nacional de Población y Vivienda

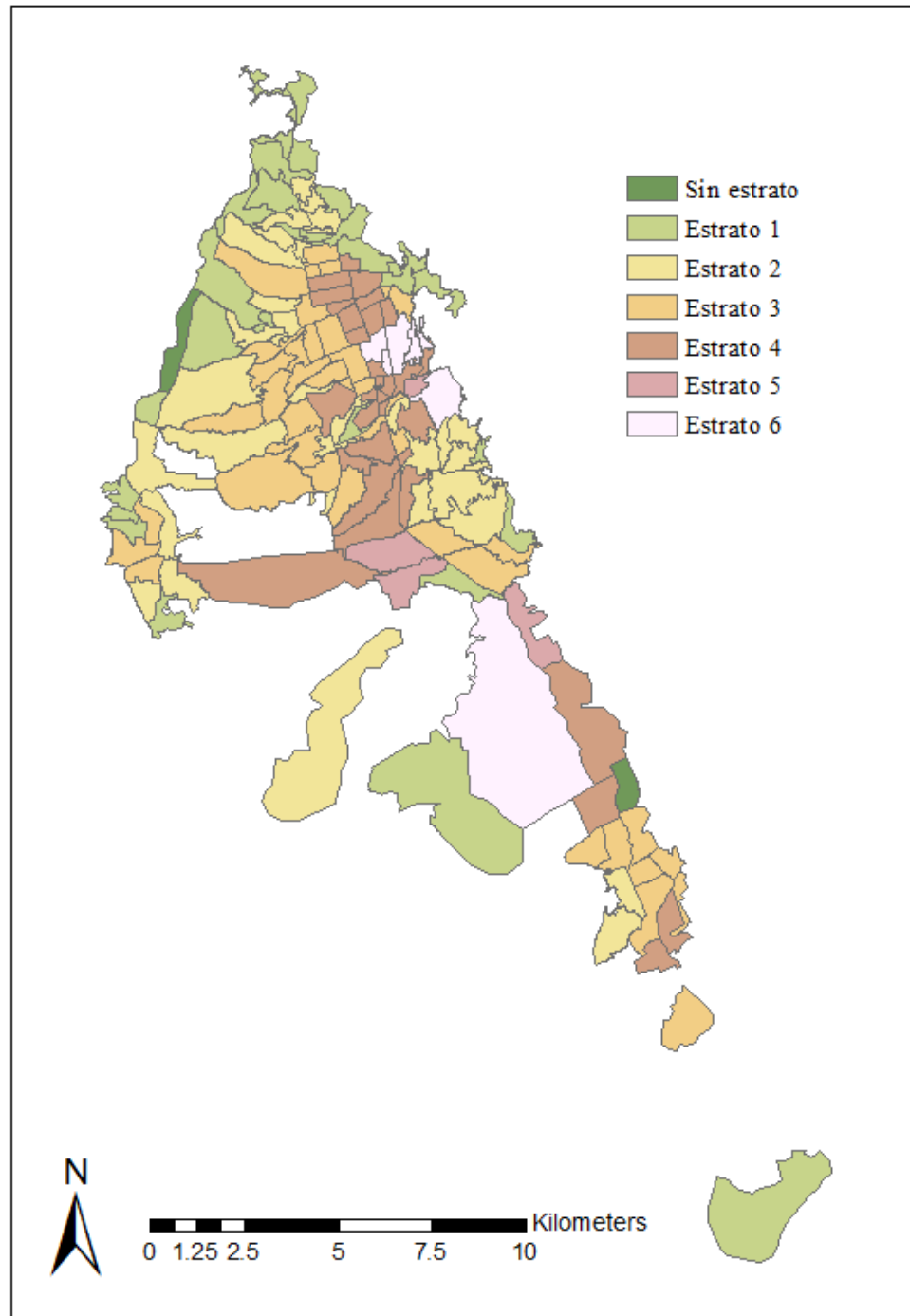
2018 realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018)

Además del estrato socioeconómico también se consideró el índice de pobreza multidimensional (IPM) como una métrica para medir la desigualdad socioeconómica. El IPM es una métrica cuantitativa que refleja las carencias experimentadas por individuos en cinco dimensiones clave: educación, trabajo, salud, vivienda y servicios públicos y condiciones de niñez y juventud, tomando en consideración un total de 15 indicadores específicos. En la Figura 5 se encuentra el IPM promedio de cada una de las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) del AMB, utilizando como fuente el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018)

A partir de la Figura 5 se puede observar que el índice de pobreza multidimensional promedio (IPM) más alto se encuentra en la zona norte de Bucaramanga, contrastando con un IPM promedio notablemente más bajo en Floridablanca. Por otro lado, en Piedecuesta se aprecia un IPM promedio de nivel medio.

**Figura 4**

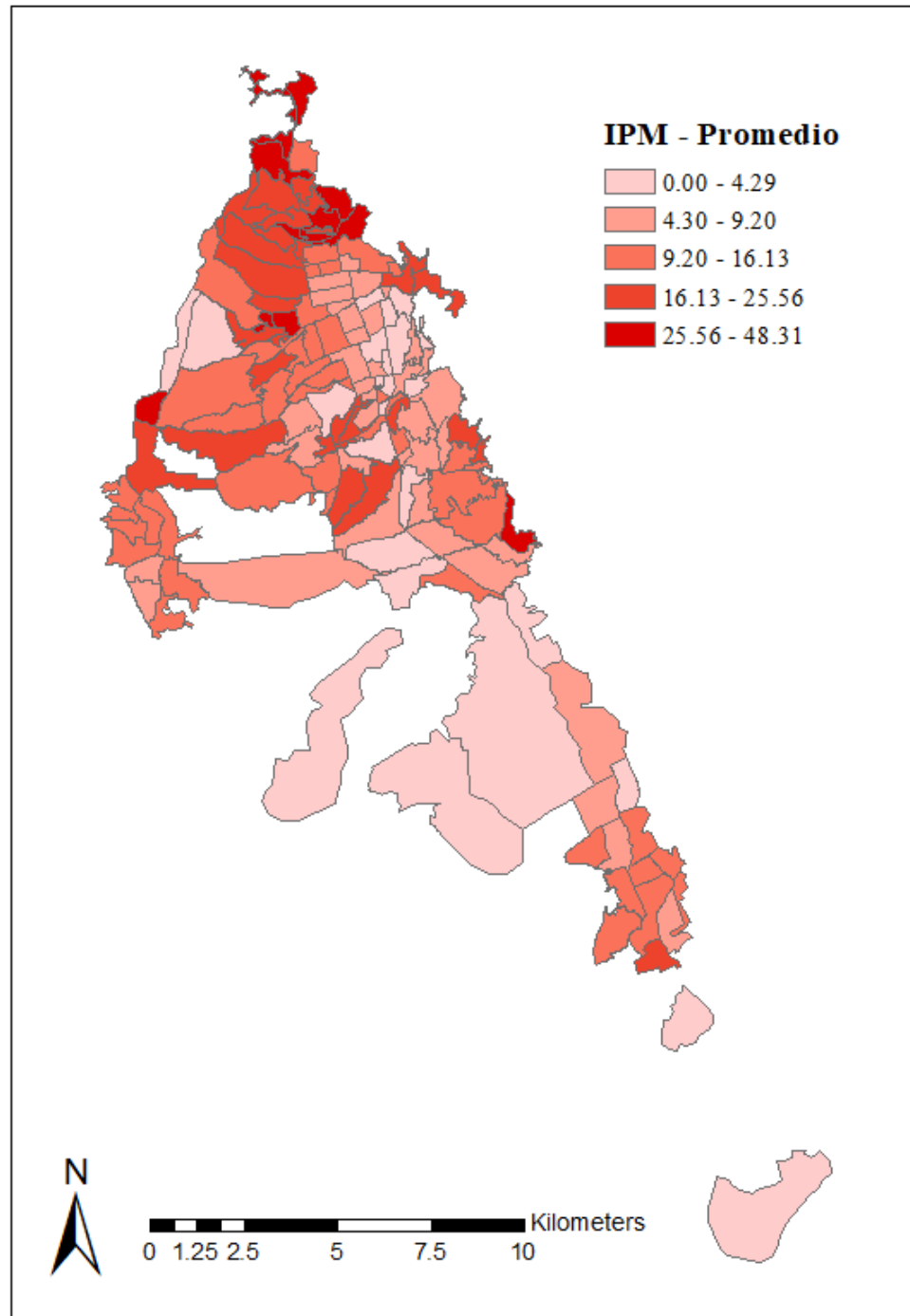
*Estratos en el Área Metropolitana de Bucaramanga.*



Nota. elaboración propia con base en la información del DANE.

**Figura 5**

*Índice de Pobreza Multidimensional promedio del Área Metropolitana de Bucaramanga.*



Nota. elaboración propia con base en la información del DANE.

## 5. Caracterización socioeconómica de los viajes en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

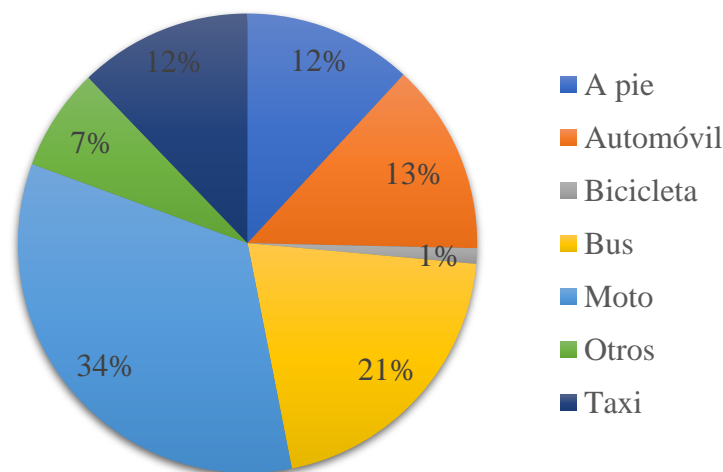
En esta sección se presenta la caracterización socioeconómica de los viajes en el AMB a partir de la revisión general de la base de datos de viajes expandidos de la EODH-2022.

### 5.1 Modo de transporte

En cuanto a la movilidad en los cuatro municipios que conforman el AMB en general, el 33% de las personas se desplaza en moto, seguido por el 20% que opta por el transporte público en bus, mientras que el uso de la bicicleta es mínimo, representando solo el 1% de los desplazamientos, como se puede observar en la Figura 6.

**Figura 6**

*Distribución del modo de transporte.*



En Bucaramanga, se observa que las personas de estratos 1, 2 y 3 utilizan principalmente la moto como modo de transporte principal, con porcentajes entre 35% y 40%. Esto puede estar

relacionado a que el 60% de las personas de estratos bajos que tienen vehículos en sus casas optan por motocicletas, esta preferencia puede explicarse teniendo en cuenta que las motos son la opción más económica debido su menor costo inicial y de mantenimiento, así como su eficiencia en el tráfico y su mayor accesibilidad en áreas urbanas y rurales.

En contraste, para los estratos más altos (5 y 6), el uso de automóviles se eleva a casi el 40%; aun así, la moto sigue siendo un medio de transporte popular en los estratos 4 y 6, con un 22% y un 32%, respectivamente, posiblemente debido a que, en hogares de estratos altos, es común tener en simultaneo tanto automóviles como motocicletas.

Además, el desplazamiento a pie aumenta significativamente en estos estratos, llegando a un 23% en el estrato 5 en contraste con los estratos bajos donde solamente el 9% lo prefería. En cuanto al transporte público en bus es usado mayormente por los estratos 1 y 2 con 27% y 20% respectivamente, mientras que los estratos superiores solo lo usaron aproximadamente un 10%.

En Floridablanca, los habitantes de estratos 1, 2 y 3 también muestran una preferencia por la moto, con porcentajes entre 30% y 40% seguido por el uso del transporte en bus, que se sitúa alrededor del 20%.

Para los estratos más altos (4, 5 y 6), el uso de automóviles supera el 40%, seguido de la moto con alrededor del 20%. A diferencia de Bucaramanga, el desplazamiento a pie disminuye a medida que aumenta el estrato, empezando en 11% para el estrato 1 y llegando a ser nulo en los estratos más altos. En cuanto al transporte público en bus es usado mayormente por los estratos bajos (1, 2 y 3) con porcentajes entre 20% y 30% y para los estratos más altos estos porcentajes bajan al 10%, sin embargo, hay un pico en el estrato 5 con 24%.

En Girón, el modo de transporte predominante en todos los estratos (1, 2, 3, 4) es el bus, con alrededor del 30%, seguido por la moto y el taxi.

Finalmente, en Piedecuesta, la moto es el modo de transporte predominante en todos los estratos (1, 2, 3, 4), superando el 35%, seguido por el bus.

En términos generales, el análisis descriptivo de la EODH deja ver una clara diferencia en los patrones de movilidad entre los estratos socioeconómicos en los cuatro municipios del AMB. Las personas de estratos más bajos (1, 2 y 3) tienden a depender principalmente de la moto como su principal medio de transporte, con porcentajes que superan el 30% esto probablemente se deba a la precariedad y poca cobertura que tiene el transporte público en las zonas más empobrecidas, además, de las grandes distancias que deben recorrer para realizar sus actividades diarias.

En segundo lugar, prefieren el bus, representando alrededor del 20% de sus desplazamientos. En contraste, para los estratos más altos (4, 5 y 6), el automóvil se convierte en el medio de transporte predominante, y el segundo modo de transporte varía, siendo la moto la elección común para los estratos 4 y 6, mientras que el desplazamiento a pie se vuelve más relevante en el estrato 5.

Además, se observó que entre las personas que optan por el bus, la mayoría en todos los estratos utilizan el "Bus transporte público colectivo" como su opción principal, seguido por el Metrolínea. Esto podría explicarse por la diferencia en los costos de transporte, ya que el bus colectivo suele tener un costo más bajo, alrededor de 2.000 pesos, lo que es un 28% menos que el valor del pasaje en Metrolínea, que es de 2.800 pesos.

Además, se nota un aumento en el uso de Metrolínea a medida que aumenta el estrato. Esto posiblemente se deba a que el Metrolínea no llega a las zonas más periféricas donde se ubica un porcentaje considerable de la población de bajos estratos de cada municipio, lo que obliga a estas personas de estratos más bajos a usar el sistema colectivo que también tienen problemas de cobertura o recurrir al transporte informal.

Asimismo, se observa una diferencia en el uso del transporte informal según el estrato socioeconómico. Se encontró que el porcentaje de personas que recurren a este tipo de transporte es más alto en los estratos 1 y 2, con un 19% y un 21%, respectivamente, y disminuye gradualmente hasta llegar a ser nulo en el estrato 6. De las diversas formas de transporte informal encuestadas, el 49% corresponde al mototaxi, posiblemente debido a su amplia disponibilidad en toda la ciudad. Le sigue el transporte solicitado a través de aplicaciones, con un 33%, y finalmente, el 17% corresponde a automóviles ilegales.

## **5.2 Tiempo de viaje**

El tiempo de viaje parece estar relacionado de manera significativa con el modo de transporte elegido, especialmente en los estratos socioeconómicos más bajos (1, 2 y 3). En estos estratos, las personas que gastan más de 30 minutos en sus viajes optaron mayoritariamente por utilizar el bus como medio de transporte, mientras que aquellos que completaron sus viajes en menos de 30 minutos tendieron a preferir la moto. Esta diferencia puede explicarse por las características intrínsecas de estos modos de transporte. El bus, al realizar numerosas paradas y seguir una ruta predeterminada, tiende a prolongar la duración del viaje, mientras que la moto, al ser más ágil y capaz de dirigirse directamente al destino, se convierte en una alternativa eficiente pero insegura en la mayoría de los casos para optimizar el tiempo de desplazamiento.

En contraste, para los estratos socioeconómicos más altos (4, 5 y 6), las personas que dedicaron más de 30 minutos a sus viajes predominantemente utilizaron el automóvil como su medio de transporte principal. Sin embargo, entre aquellos que gastaron menos de 30 minutos en sus viajes, no parece existir una tendencia clara en cuanto al modo de transporte utilizado. Esto puede indicar que las personas de estratos más altos tienen más flexibilidad en la elección de su

medio de transporte y pueden optar por una variedad de opciones según sus necesidades y preferencias individuales.

En general, independientemente del estrato socioeconómico, los viajes más cortos, aquellos que duraron menos de 15 minutos, se llevaron a cabo en moto o a pie. En el caso del estrato 5, el 36% de los viajes cortos se realizaron a pie, mientras que, en los demás estratos, la mayoría de estos viajes se llevaron a cabo en motocicleta. Esto posiblemente se deba a que estos modos de transporte son especialmente adecuados para distancias cortas, dada su eficiencia, costo económico y la facilidad de encontrar estacionamiento seguro, factores que influyen en la elección de transporte para trayectos breves.

### **5.3 Motivo de viaje**

El principal motivo de los viajes de las personas encuestadas es el trabajo, lo cual representa aproximadamente la mitad de todos los viajes en todos los estratos. Además, solo un 3% de los encuestados viaja con el motivo de estudiar. Esto podría deberse a que la mitad de las personas encuestadas son adultos mayores de 26 años, quienes generalmente ya se han graduado y se dedican al trabajo.

En cuanto a motivos como salir a comer o tomar algo, ir de compras o disfrutar de actividades recreativas, el porcentaje de personas que lo mencionaron aumentó a medida que se consideraron estratos más altos. Esto probablemente se deba a que las personas de estratos más altos tienen más tiempo libre para actividades de ocio. Por otro lado, la práctica de actividad física o deportes es más común entre personas de estratos bajos (1, 2 y 3).

Por grupos de edad, el motivo predominante para adultos (58%), adultos mayores (31%) y jóvenes (49%) era ir a trabajar, mientras que para los niños era estudiar. Cuando se analizan los

motivos secundarios después del trabajo, se observa que, para los jóvenes, el segundo motivo más común era estudiar (14%), mientras que, para los adultos mayores, la atención médica se destacaba como el segundo motivo de viaje más frecuente con 31%.

## **6. Aplicación de la metodología seleccionada**

A continuación, se presenta la aplicación de la metodología seleccionada para el caso de estudio del AMB.

### **6.1 Caracterización**

El enfoque metodológico utilizado para la primera parte de la investigación se desarrolló en múltiples etapas para comprender a fondo los patrones de movilidad en relación con los diferentes estratos socioeconómicos siguiendo la metodología mostrada en la Figura 1. En primera instancia, se recopilaron los datos de la encuesta, los cuales fueron segmentados según los estratos socioeconómicos. Posteriormente se desagregaron estos datos por modos de transporte (a pie, automóvil, bicicleta, bus, moto, taxi y otro), permitiendo el cálculo del tiempo, la distancia y la velocidad promedio asociados a cada uno.

Para determinar con precisión la distancia real entre los puntos de origen y destino de los viajes, se empleó la API (*Application Programming Interface*) de *Bing Maps*, la cual permite calcular distancias geoespaciales utilizando las coordenadas geográficas proporcionadas en la base de datos. Vale la pena destacar que, durante el proceso de análisis, se realizó una depuración de datos, filtrando resultados cuyos valores de tiempo y distancia no resultaban plausibles o coherentes para calcular los indicadores de movilidad.

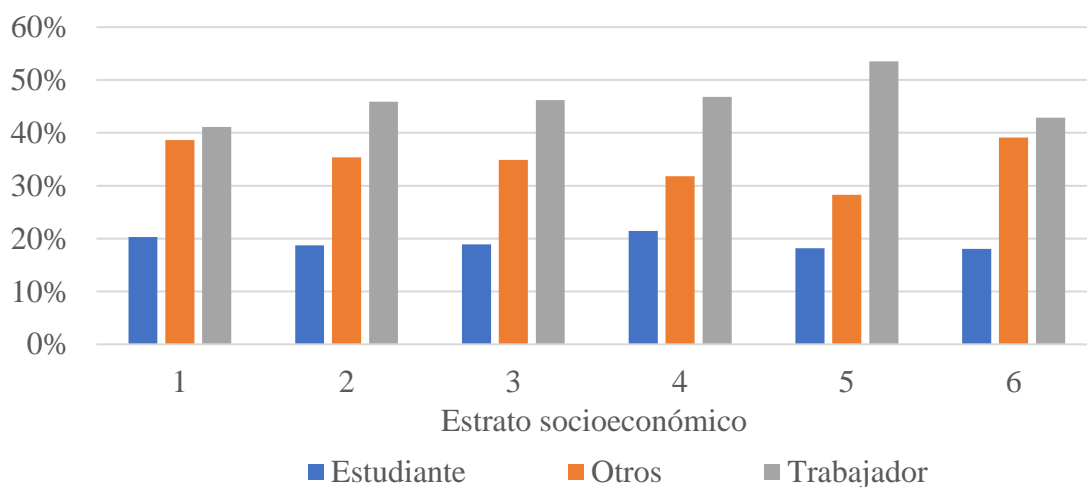
El proceso de depuración de datos se realizó teniendo en cuenta el factor de velocidad. Por lo tanto, se identificaron viajes registrados en el modo 'A pie' con velocidades considerablemente altas, mayores a 10 km/h, lo cual impactaba negativamente en el cálculo de la velocidad promedio. Para mitigar este problema, se eliminaron los viajes catalogados como 'A pie' que superaban los 5 km/h, que es la velocidad máxima promedio para caminar que se utiliza en estudios de transporte (Browning et al., 2006). Esta acción fue fundamental para garantizar la integridad y fiabilidad de los resultados.

Finalmente, se procedió a desagregar los datos por motivos de viaje, lo que posibilitó la comparación detallada y el análisis de las variaciones entre los distintos estratos socioeconómicos, proporcionando así una comprensión más profunda de los hábitos de movilidad en el AMB.

Entre los resultados de aplicar la metodología se obtuvo que en todos los estratos el propósito de mayor predominancia es ir a trabajar, además no hay ninguna tendencia, en todos los estratos los porcentajes de cada ocupación son proporcionales como se puede ver en la Figura 7.

**Figura 7**

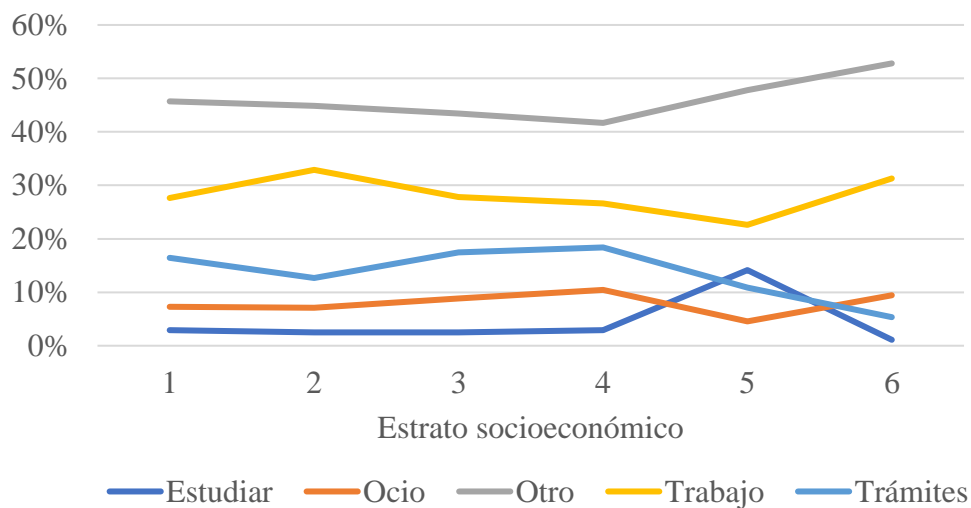
*Ocupación de las personas del Área Metropolitana de Bucaramanga.*



En la Figura 8 se observa que, para todos los estratos, el motivo principal reportado para los viajes fue el trabajo, seguido por trámites y ocio, y en última instancia, el estudio. Se destaca una excepción en el estrato 5, donde se registra un pico del 14% en los viajes motivados por estudio, diferenciándose de los demás estratos. Una posible razón para esta excepción podría ser debido a un mayor acceso a la educación superior en este estrato. Los individuos de este estrato podrían estar más representados entre los estudiantes universitarios o de posgrado, lo que conlleva desplazamientos frecuentes hacia instituciones educativas.

### Figura 8

#### *Distribución de viajes por propósito*



Para los indicadores de movilidad, en general para todas las ciudades el estrato que más distancia recorre es el 4, con 10,2 km en promedio, comparado con el que menos distancia recorre que es el 6, es más del doble, sin embargo, a pesar de esta diferencia la duración promedio del viaje de las personas de estrato 4 es solamente 34% mayor que la del estrato 6.

En relación con el medio de transporte, se observa un aumento significativo en el uso del automóvil a medida que aumenta el estrato socioeconómico, pasando del 12% al 41%. Esta

tendencia podría atribuirse al mayor poder adquisitivo de las personas de estratos altos y por lo tanto una mayor posibilidad para poseer un automóvil privado en sus hogares, en comparación con aquellas de estratos bajos.

**Tabla 2**

*Indicadores de movilidad según modo de viaje y estrato.*

Modo de viaje	Indicadores de movilidad			Partición modal por estrato					
	Distancia [km]	Duración [min]	Velocidad [km/h]	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
A pie	1,3	25,0	3,0	9,2%	9,5%	13,4%	15,0%	17,0%	22,2%
Automóvil	12,8	36,7	20,9	12,2%	9,5%	9,7%	28,9%	41,3%	37,5%
Bicicleta	4,5	25,6	10,6	1,5%	1,0%	1,1%	0,7%	3,2%	0,0%
Bus	8,5	43,4	11,8	28,0%	22,8%	18,7%	13,3%	16,6%	6,0%
Moto	6,6	24,1	16,4	31,0%	42,8%	32,1%	24,1%	10,4%	32,4%
Otros	6,4	27,3	14,0	5,1%	5,2%	8,4%	10,4%	9,5%	0,0%
Taxi	7,3	29,8	14,7	13,1%	9,2%	16,6%	7,7%	2,1%	1,9%

Un cambio notable se evidencia en el incremento de la caminata, que va del 9% al 22% conforme aumenta el estrato. Las personas de estratos más altos (5 y 6) utilizan este modo principalmente para regresar a casa después de una salida o para realizar trámites de manera ocasional, en lugar de emplearlo como medio para desplazarse diariamente al trabajo o estudio.

Contrariamente, se registra una disminución marcada en el uso de taxi, pasando del 13% al 2% a medida que se asciende en el estrato. Este fenómeno podría explicarse por la mayor disponibilidad de opciones de transporte para las personas de estratos altos, eliminando la necesidad de recurrir al taxi como último recurso, como podría ocurrir en algunos casos de estratos bajos, donde la falta de otros medios podría requerir el uso de taxis u otros modos no convencionales, especialmente en circunstancias como llegar tarde al trabajo.

Otra tendencia descendente se presenta en el uso del transporte público (bus), disminuyendo del 27% al 5% a medida que aumenta el estrato. Esto podría atribuirse al hecho de

que las personas de estratos altos tienen más opciones de transporte y que el bus, al ser un modo especialmente lento, no es preferido por elección, sino más bien por necesidad en situaciones específicas.

En cuanto al uso de motocicletas, se observa una disminución desde el estrato 2 con un 42% hasta el estrato 5 con un 10%, pero con un pico en el estrato 6 alcanzando el 32%. Es relevante destacar que, en este estrato más alto, la mayoría de las personas cuentan con motocicletas de modelos nuevos, del año 2019 en adelante. Este detalle sugiere que el uso de la motocicleta en este estrato no se atribuye principalmente a necesidades de transporte, sino posiblemente a preferencias de lujo y a la expresión de estatus social.

Finalmente, el uso de bicicletas no muestra una tendencia clara y se mantiene estable alrededor del 1% en todos los estratos. Este patrón demuestra que, independientemente del estrato, pocos eligen la bicicleta como modo de transporte, a pesar de ser altamente recomendada para distancias cortas.

## **6.2 Viajes internos**

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis detallado de los viajes internos realizados en cada uno de los municipios que componen el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). En el **Anexo B** se detallan las tablas con los indicadores de movilidad y la distribución modal de los viajes internos en cada municipio. Estos datos son esenciales para comprender mejor las dinámicas de movilidad, brindando una visión específica de los patrones de desplazamiento a nivel local.

Para viajes internos en Bucaramanga se observa que en general sin importar el modo de transporte, la distancia promedio que recorren las personas disminuye a medida que aumenta el estrato, llegando incluso a que las personas de estrato 1 recorren casi el doble de distancia que las

personas de estrato 6. Asimismo, las personas de estrato 1 gastan el doble de tiempo en sus viajes que las personas de estrato 6.

Para viajes internos en Floridablanca se observa que en general sin importar el modo de transporte, la distancia promedio que recorren las personas aumenta a medida que aumenta el estrato, llegando a que las personas de estrato 5 viajan 25% más distancia que las personas de estrato 1, esta diferencia se marca más si tenemos en cuenta solo los motivos de trabajo y estudio, lo que refleja que en Floridablanca las personas de estratos más altos viven lejos de los lugares donde trabajan o estudian.

Además, en relación con la duración se observa que la duración promedio del estrato 5 es 41% menor a la del estrato 1, a pesar de que la distancia que recorren es mayor, esto se deba probablemente a que las personas de estratos altos usan modos de transporte más rápidos, lo que se refleja en la velocidad pues el estrato 5 viaja a velocidades 77% mayores que el estrato 1, ya que solo se movilizan en automóvil o moto.

Para viajes internos en Piedecuesta se observa que en general sin importar el modo de transporte, la distancia promedio que recorren las personas disminuye a medida que aumenta el estrato, llegando a que las personas de estrato 1 viajan 21% más distancia que las personas de estrato 4.

Asimismo, para viajes internos en Girón se observa que en general sin importar el modo de transporte, la distancia promedio que recorren las personas disminuye a medida que aumenta el estrato, llegando a que las personas de estrato 1 viajan 5 veces menos distancia que las personas de estrato 5.

### 6.3 Análisis espacial

La segunda etapa de la metodología se centró en comprender espacialmente los patrones de movilidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) considerando exclusivamente los desplazamientos internos entre municipios. En una primera instancia, se recopilaron los datos de la encuesta, filtrando únicamente aquellos que se ajustaban a los límites del AMB. Posteriormente, se dividió el área en Zonas de Análisis de Transporte (ZAT).

A continuación, se procedió a definir y crear la matriz de origen y destino, esencial para comprender los flujos de movilidad en la región. Luego, se segmentó la información según estratos socioeconómicos, estableciendo categorías que abarcaban desde el estrato 1 al estrato 3, además de una clasificación para estratos más altos. Este enfoque permitió obtener conjuntos de datos comparables. A partir de estos segmentos, se calcularon las características promedio de las áreas para cada estrato, incluyendo métricas como grado, peso, coeficiente de agrupamiento y el camino más corto. Finalmente, se compararon y analizaron las diferencias identificadas entre los distintos estratos.

En la Tabla 3 se detallan las características promedio calculadas para los viajes internos en Bucaramanga ya que fueron los resultados más representativos, las tablas para los otros municipios se encuentran en el **Anexo B**.

La Tabla 3 muestra de forma clara las disparidades entre las redes de movilidad de las distintas clases socioeconómicas del AMB. Es notable que el estrato 3 al ser el de mayor población presenta una red densamente interconectada, evidenciadas por su valor de grado promedio 'k' y resistencia promedio 's', así como por su alto coeficiente de agrupamiento. Es relevante destacar las diferencias notables entre el estrato 1 y los estratos altos (4-5-6), donde los viajes en los estratos altos son más redundantes y localizados, reflejados en su alto coeficiente de agrupamiento,

mientras que para el estrato 1, los desplazamientos se distribuyen de manera más dispersa por la ciudad.

**Tabla 3**

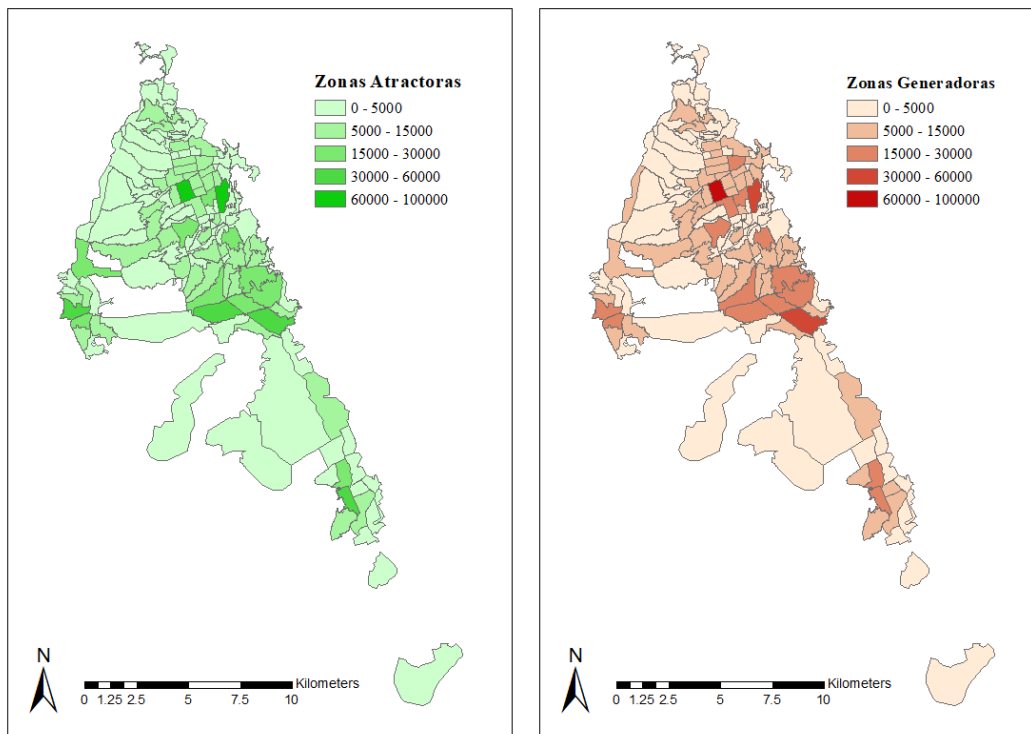
*Características de la red de movilidad de Bucaramanga.*

	<b>Total</b>	<b>Estrato 1</b>	<b>Estrato 2</b>	<b>Estrato 3</b>	<b>Estrato 4-5-6</b>
ZAT (nodos)	127	99	107	100	80
$\langle k \rangle$	13,8	5,1	6,4	8,1	5,1
$\langle s \rangle$	3.164,4	742,7	866,1	1.418,7	1.172,66
$\langle c \rangle$	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3
$\langle d \rangle$	2,3	2,7	2,8	2,9	2,8

Adicionalmente, con el propósito de visualizar y comprender la distribución espacial de los datos recopilados, se elaboraron una serie de mapas que permitieron examinar la distribución geográfica de los viajes dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) y brindar una representación visual de los patrones de movilidad en distintas áreas. La Figura 9 muestra la ubicación principal de las zonas Atractoras y Generadoras de viajes, evidenciando un mayor flujo hacia y desde la zona central del AMB.

**Figura 9**

*Zonas Atractoras y Generadoras de Viajes en el Área Metropolitana de Bucaramanga.*



La Figura 10 muestra la distribución del origen de los viajes según su duración en cada Zonas de Análisis de Transporte (ZAT).

La mayoría de los viajes registrados se sitúan en el rango de 30 minutos a 1 hora, principalmente en el centro de Bucaramanga y en Floridablanca, lo que refleja la notable duración de los desplazamientos en esta área. Por otro lado, los viajes más cortos, de menos de 15 minutos, también se concentran en la zona central del AMB, siendo esta la zona más poblada y diversa en términos de variedad de viajes realizados.

Por otro lado, aquellos viajes que superan la hora de duración se concentran mayormente en la periferia del AMB, como Girón y Piedecuesta. Esto se debe a que los residentes de estos

municipios generalmente deben desplazarse hacia Bucaramanga para cumplir con sus actividades diarias, como el trabajo, lo que implica trayectos más prolongados.

La Figura 11 muestra la distribución del origen de los viajes según su distancia en cada Zonas de Análisis de Transporte (ZAT).

A partir de las figuras se puede observar que los viajes más largos (de más de 10 km) se encuentran en su mayoría en la periferia del AMB, como Girón y Piedecuesta, debido a que las personas de estos municipios normalmente deben desplazarse hasta Bucaramanga para sus actividades diarias, como puede ser trabajar.

En referencia a los viajes más cortos (inferiores a 1 km), su distribución no está focalizada en una zona particular, sino que se dispersa por los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). No obstante, se percibe una baja cantidad de estos viajes en áreas de estratos bajos, como la zona norte de Bucaramanga. Esto posiblemente se debe a que la actividad comercial predominante se localiza en el centro de Bucaramanga y en Floridablanca, lo que implica que los residentes en las periferias deben realizar desplazamientos más extensos para acceder a estas áreas comerciales.

La Figura 12 muestra la distribución del origen de los viajes según su modo en cada Zona de Análisis de Transporte (ZAT).

El uso de la moto se destaca al tener una presencia notable en la mayoría de las ZAT, sugiriendo que es el medio de transporte preferido en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), especialmente en Floridablanca y Bucaramanga.

Por otro lado, el uso del automóvil se concentra principalmente en la zona sur de Bucaramanga y en Floridablanca. Estas áreas, según la figura 5, corresponden a zonas de bajo Índice de Pobreza Multidimensional (IPM), es decir, tienen una predominancia de estratos

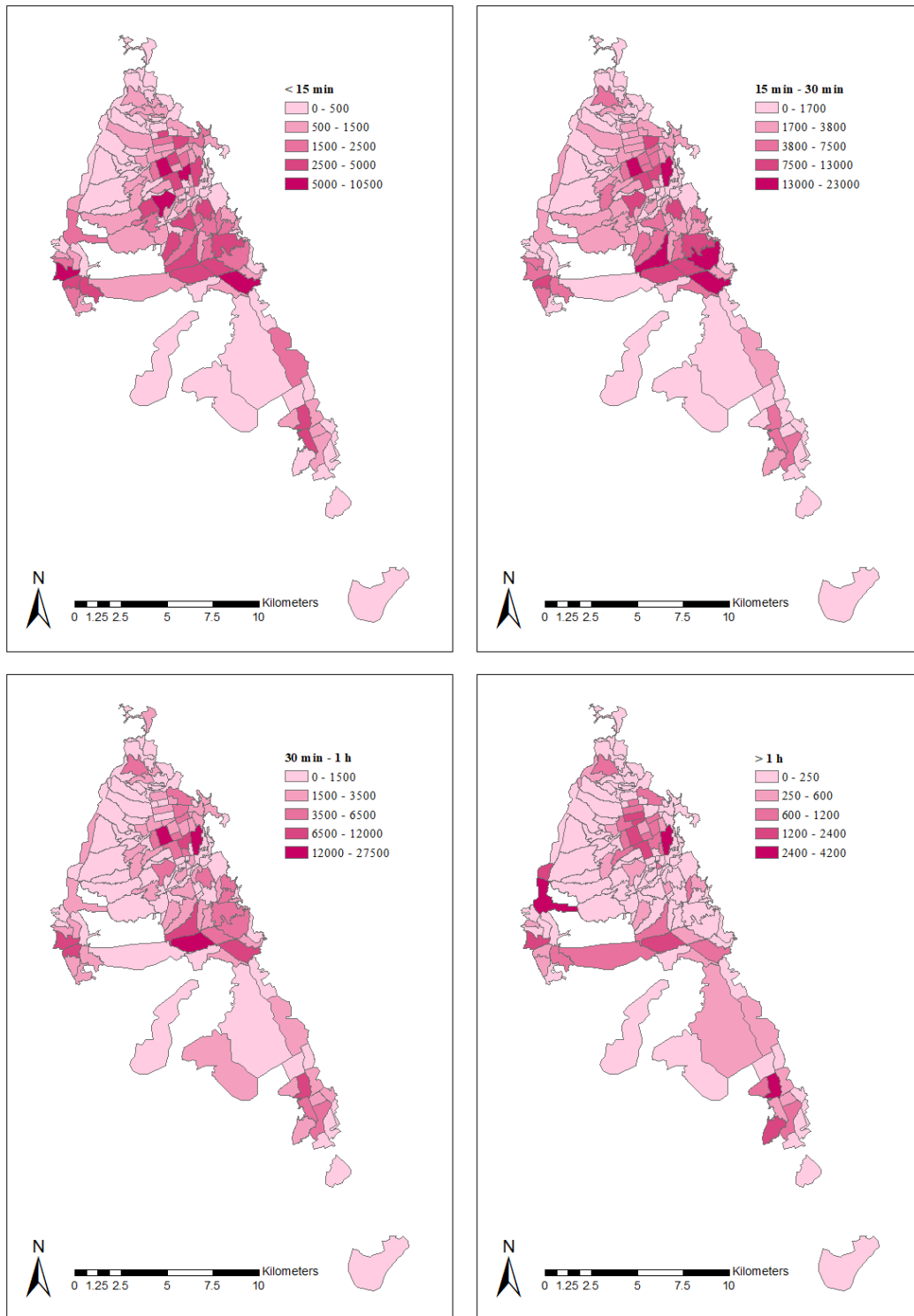
socioeconómicos más altos, ya que como se observó en la caracterización el automóvil es usado mayormente por personas de estratos altos.

El transporte público en bus se observa con mayor frecuencia en el centro de Bucaramanga y Girón. No obstante, su presencia disminuye en las áreas periféricas como el norte de Bucaramanga o Piedecuesta. Esto se debe a la limitada cantidad de rutas que cubren estas zonas, ya que los recorridos principales se concentran exclusivamente en el centro de Bucaramanga y Floridablanca. Esta situación deja a residentes de estratos bajos, quienes están presentes en estas áreas, con una disponibilidad limitada de transporte público adecuado.

Las personas que deciden moverse a pie tienen mayor concentración en Piedecuesta y Floridablanca y un poco en el centro de Bucaramanga. Sin embargo, se observa una disminución en la elección de desplazarse a pie en zonas con un Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) más elevado como el norte de Bucaramanga y Girón. Este fenómeno fue identificado en la caracterización, donde se evidenció un aumento en el porcentaje de personas que optaban por caminar conforme se ascendía en el estrato socioeconómico.

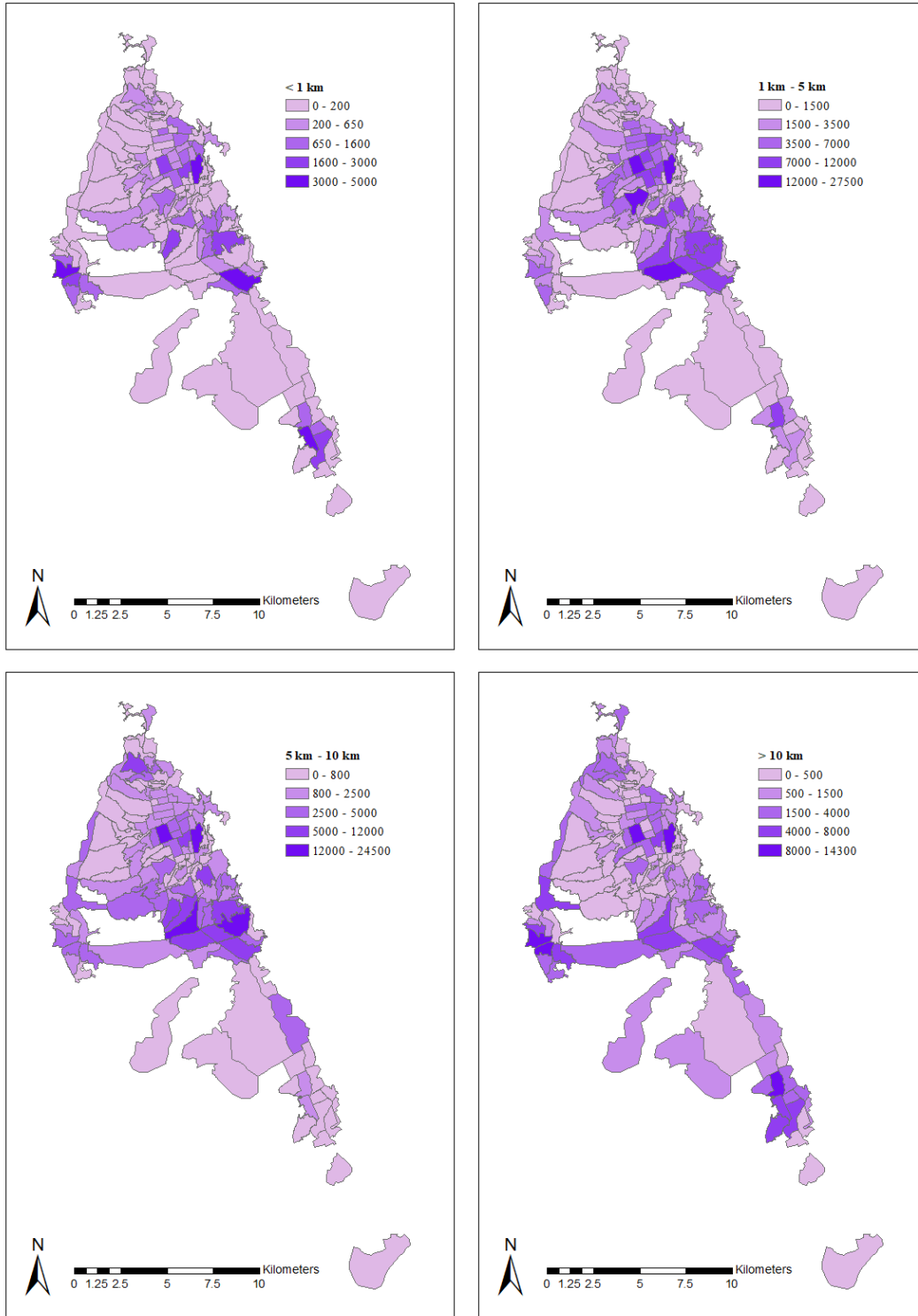
**Figura 10**

*Viajes según su duración en el Área Metropolitana de Bucaramanga.*



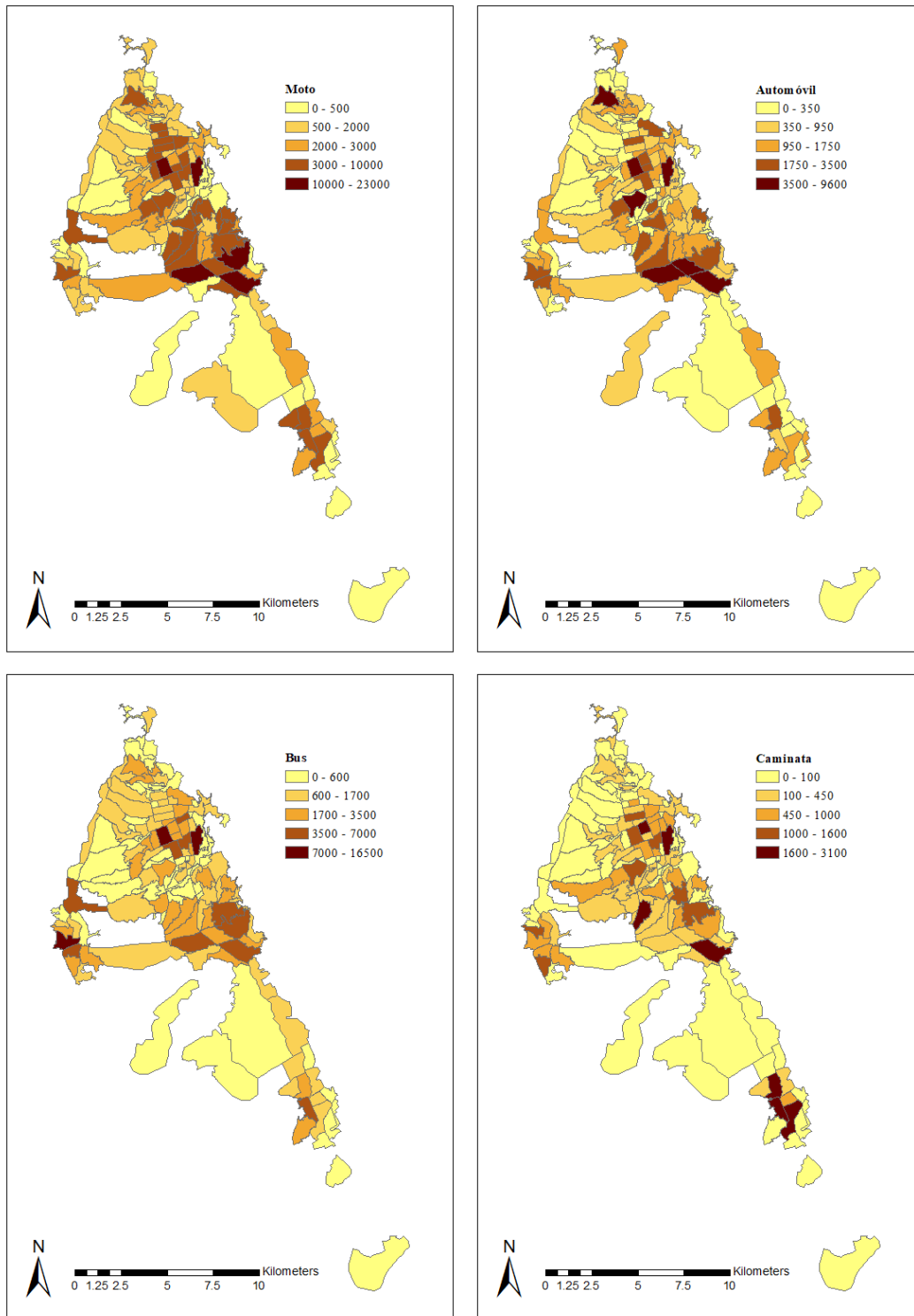
**Figura 11**

*Viajes según su distancia en el Área Metropolitana de Bucaramanga.*



**Figura 12**

*Viajes según su modo en el Área Metropolitana de Bucaramanga.*



## 7. Conclusiones

En este trabajo, se llevó a cabo un análisis detallado de los patrones de movilidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) a partir de la base de datos proporcionada por la Encuesta Origen Destino de Hogares (EODH) realizada en el 2021. Se identificaron marcadas disparidades en las preferencias de transporte entre los estratos socioeconómicos.

La metodología empleada en esta investigación fue fundamental para capturar y analizar los patrones de movilidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga. El enfoque cuantitativo, respaldado por datos obtenidos de la Encuesta Origen Destino de Hogares del AMB, permitió una evaluación detallada de la relación entre el estrato socioeconómico y los modos de transporte preferidos. La segmentación por estratos y la caracterización de los viajes según duración, distancia y velocidad promedio ofrecieron una visión integral de la movilidad en la región.

Por otro lado, los resultados evidenciaron que los individuos de estratos inferiores optan principalmente por moto y bus, los medios más económicos. Por otro lado, aquellos habitantes de estratos más altos prefieren el automóvil, complementado en ocasiones con el uso de moto, lo que denota su variedad de opciones y la capacidad de adaptar su transporte según sus necesidades.

Los indicadores de movilidad como la distancia, duración y velocidad muestran que los desplazamientos de estratos inferiores tardan un 25.5% más en comparación con los estratos superiores. En el caso específico de los viajes internos, esta brecha se mantiene e incluso se amplía en algunos casos. Por ejemplo, en Bucaramanga, se observa que el estrato 1 invierte casi el doble del tiempo que el estrato 6 en sus viajes.

Considerando las condiciones planteadas por Pérez-Peña *et al* (Pérez-Peña et al., 2021), se concluye que los estratos más bajos del AMB enfrentan un mayor riesgo de sufrir pobreza en

cuanto al transporte, dado sus recursos de movilidad limitados y la menor velocidad en sus desplazamientos en comparación con los estratos más altos.

Se observa que la distancia promedio recorrida varía entre los estratos en los diferentes municipios, lo que sugiere diferentes patrones de ubicación y acceso a servicios en los municipios que conforman el AMB.

Durante la realización de este estudio, se detectaron inconsistencias notables en la base de datos utilizada, específicamente relacionadas con viajes de distancias recorridas en períodos de tiempo poco realistas. Estos datos, debido a su falta de coherencia, se excluyeron del análisis para garantizar la integridad de los resultados. Estas inconsistencias resaltan la necesidad de realizar una revisión exhaustiva de la información presente en la base de datos, sobre todo en lo que respecta a la precisión de las coordenadas de origen y destino de los viajes.

## **8. Investigaciones futuras**

Para futuras investigaciones en el campo de la movilidad urbana, se recomienda llevar a cabo una revisión detallada de la base de datos utilizada. Esto garantizará la confiabilidad de los resultados y permitirá una interpretación más precisa de los patrones de movilidad. Una base de datos precisa y coherente es fundamental para obtener conclusiones sólidas y respaldar decisiones políticas efectivas en el ámbito del transporte urbano.

Además, considerar el análisis de datos a un nivel más desagregado, a nivel de manzana, sería beneficioso ya que la agregación por ZAT puede agrupar áreas con estratos variados, lo que podría perder la perspectiva específica de cada estrato a nivel local. Asimismo, se sugiere considerar un análisis de datos más segmentado, incluyendo una evaluación detallada de los

diferentes modos de transporte que hay presentes en la encuesta, por ejemplo los mototaxis y las bicicletas. Esto permitirá una comprensión más completa de la diversidad de opciones de movilidad y su impacto en los patrones de desplazamiento de la población.

### Referencias Bibliográficas

*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB.* (2022, <https://www.amb.gov.co/actualizacion-plan-maestro-de-movilidad/>. Retrieved 15 mayo 2023, from <https://www.amb.gov.co/actualizacion-plan-maestro-de-movilidad/>

Browning, R. C., Baker, E. A., Herron, J. A., & Kram, R. (2006). Effects of obesity and sex on the energetic cost and preferred speed of walking. *Journal of Applied Physiology* (1985), 100(2), 390-398. <https://10.1152/jappphysiol.00767.2005>

Carruthers, R., Dick, M., & Saurkar, A. (2005). *Affordability of Public Transport in Developing Countries.* ( No. TP-3). World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/17408>

Currie, G., Richardson, T., Smyth, P., Vella-Brodrick, D., Hine, J., Lucas, K., Stanley, J., Morris, J., Kinnear, R., & Stanley, J. (2009). Investigating links between transport disadvantage, social exclusion and well-being in Melbourne—Preliminary results. *Transport Policy*, 16(3), 97-105. <https://10.1016/j.tranpol.2009.02.002>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, (. (2018, *Censo Nacional de Población y Vivienda* . <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>.  
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

Gao, T., Xu, Z., Liu, C., Yang, Y., Shang, F., & Li, R. (2022). Quantifying relation between mobility patterns and socioeconomic status of dockless sharing-bike users. <https://10.48550/arxiv.2204.03894>

Iglesias, V., Giraldez, F., Tiznado-Aitken, I., & Muñoz, J. C. (2019). How Uneven is the Urban Mobility Playing Field? Inequalities among Socioeconomic Groups in Santiago De Chile. *Transportation Research Record*, 2673(11), 59-70.  
<https://10.1177/0361198119849588>

Kiss, M. (2021, Oct 26,). *Understanding transport poverty*. Think Tank | European Parliament. Retrieved 15 mayo 2023, from [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS\\_ATA\(2022\)73](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_ATA(2022)73)

Lotero, L., Hurtado, R. G., Floría, L. M., & Gómez-Gardeñes, J. (2016). Rich do not rise early: spatio-temporal patterns in the mobility networks of different socio-economic classes. *Royal Society Open Science*, 3(10), 150654. <https://10.1098/rsos.150654>

- Lucas, K., Bates, J., Moore, J., & Carrasco, J. A. (2016a). Modelling the relationship between travel behaviours and social disadvantage. *Transportation Research. Part A, Policy and Practice*, 85, 157-173. <https://10.1016/j.tra.2016.01.008>
- Lucas, K., Mattioli, G., Verlinghieri, E., & Guzman, A. (2016b). Transport poverty and its adverse social consequences. *Proceedings of the ICE - Transport*, 169(6), 353-365. <https://10.1680/jtran.15.00073>
- Macedo, M., Lotero, L., Cardillo, A., Menezes, R., & Barbosa, H. (2022). Differences in the spatial landscape of urban mobility: Gender and socioeconomic perspectives. *PloS One*, 17(3), e0260874. <https://10.1371/journal.pone.0260874>
- Morency, C., Paez, A., Roorda, M. J., Mercado, R., & Farber, S. (2011). Distance traveled in three Canadian cities: Spatial analysis from the perspective of vulnerable population segments. *Journal of Transport Geography*, 19(1), 39-50. <https://10.1016/j.jtrangeo.2009.09.013>
- Oviedo Hernandez, D., & Titheridge, H. (2016). Mobilities of the periphery: Informality, access and social exclusion in the urban fringe in Colombia. *Journal of Transport Geography*, 55, 152-164. <https://10.1016/j.jtrangeo.2015.12.004>
- Pérez-Peña, M. d. C., Jiménez-García, M., Ruiz-Chico, J., & Peña-Sánchez, A. R. (2021). Transport Poverty with Special Reference to Sustainability: A Systematic Review of the Literature. *Sustainability (Basel, Switzerland)*, 13(3), 1451. <https://10.3390/su13031451>

- Romero, A., Tasciotti, L., & Acosta, F. (2017). Means of transportation choice for the residents of Villavicencio, Colombia: A quantitative analysis. *Transportation Research. Part F, Traffic Psychology and Behaviour*, 44, 134-144. <https://10.1016/j.trf.2016.11.001>
- Schmöcker, J., Quddus, M. A., Noland, R. B., & Bell, M. G. H. (2005). Estimating Trip Generation of Elderly and Disabled People. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1924(1), 9-18. <https://10.1177/0361198105192400102>
- Tiznado-Aitken, I., Lucas, K., Muñoz, J. C., & Hurtubia, R. (2022). Freedom of choice? Social and spatial disparities on combined housing and transport affordability. *Transport Policy*, 122, 39-53. <https://10.1016/j.tranpol.2022.04.005>
- Xu, Y., Belyi, A., Bojic, I., & Ratti, C. (2018). Human mobility and socioeconomic status: Analysis of Singapore and Boston. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72, 51-67. <https://10.1016/j.compenvurbsys.2018.04.001>