

El estrato socioeconómico como variable sustituta del ingreso en la investigación en transporte. Evaluación para Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla

Víctor Cantillo-García
va.cantillo@uniandes.edu.co

Luis A. Guzmán
la.guzman@uniandes.edu.co

Julian Arellana
jarellana@uninorte.edu.co

Documento de trabajo
Working paper



Diciembre 2019

RESUMEN

En Colombia se ha implementado un sistema de estratificación de viviendas basado en las características físicas del inmueble y su entorno, con el fin de establecer tarifas diferenciales a servicios públicos. Diversos estudios de transporte usan esta clasificación como variable sustituta del ingreso del hogar debido a la facilidad para obtener dicha información. Este artículo realiza una evaluación del estrato como variable explicativa del ingreso del hogar desde la perspectiva de los estudios en transporte. Se estimaron modelos de regresión logit ordinal para Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, usando el ingreso como variable dependiente y el estrato del hogar como variable independiente. Se encontró que a pesar de que existe una correlación positiva entre el estrato y los ingresos del hogar, esta relación depende de ciertas características del hogar como su tamaño, la disponibilidad de vehículo y la proporción de trabajadores y estudiantes. Estos resultados se validaron mediante la comparación de modelos de generación de viajes por hogar. Al incluir los atributos significativos de las regresiones ordinales, se obtienen ajustes similares para modelos de generación de viajes con ingreso y estrato, lo que indica que usar el estrato como sustituto del ingreso puede ser adecuado, siempre y cuando se controle previamente la correspondencia entre las variables de las características del hogar.

Palabras clave: Estratos socioeconómicos, ingresos del hogar, Colombia, modelos de transporte, logit ordinal.

Este documento es una versión adaptada de un artículo original publicado en DYNA.

Cómo citar: Cantillo-García, V, Guzman, Luis A. and Arellana, J, Socioeconomic strata as proxy variable for household income in transportation research. Evaluation for Bogotá, Medellín, Cali and Barranquilla. DYNA, 86(211), pp. 258-267, October -December, 2019

1. INTRODUCCIÓN

El ingreso es fundamental para la investigación en transporte y en especial, en el análisis del comportamiento de los viajeros. Esta variable es uno de los principales factores que determinan las elecciones individuales de los viajeros, como la tasa de viajes y la probabilidad de elegir determinado modo de transporte o ruta de viaje (Ortuzar y Willumsen, 2011). Adicionalmente, la segmentación de la población en categorías socioeconómicas es primordial para la evaluación de la distribución de externalidades, costos y beneficios del transporte, así como en las evaluaciones de impacto social y estudios sobre equidad. En el contexto de la investigación de transporte en Colombia, debido a la ausencia de información relativa al ingreso o a su dificultad de recolección, es una práctica común el uso de una clasificación oficial, denominada estrato socioeconómico, como una variable sustituta del ingreso del hogar.

El sistema de estratificación socioeconómica que actualmente se presenta en el territorio colombiano se concibió en el año 1994, clasificando las viviendas en seis categorías que van del 1 al 6, en donde el estrato 1 corresponde a los inmuebles con menor calidad y el estrato 6, a aquellos con mejores condiciones. Esta clasificación se desarrolló con el objetivo de establecer la asignación de subsidios en las tarifas de servicios públicos domiciliarios, por medio de tasas diferenciales entre los estratos bajos y altos y usuarios residenciales, comerciales e industriales. Cabe anotar que el concepto de pago diferencial de estos servicios se remonta al año de 1968, donde mediante el Decreto 3069 se estableció que la fijación de tarifas deberá considerar la capacidad económica de los diferentes sectores sociales. Desde esta fecha hasta el año 1991, no se estableció un criterio unificado para determinar la capacidad económica de la población, por lo cual se observaron distintas valoraciones a lo largo del territorio, algunas basadas en criterios catastrales, por medio de marcos muestrales estadísticos y metodologías establecidas por las mismas empresas prestadoras de servicios públicos con distintos enfoques según la zona (DANE, 2015).

Con la promulgación de la Constitución Política de Colombia de 1991 y en cumplimiento de su artículo 365, el cual ordena al Estado asegurar la prestación eficiente de servicios públicos a todos los habitantes, se crea la Ley 142 de 1994 “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios en el territorio nacional”, en la cual se consagra la estratificación socioeconómica de viviendas para la asignación de tarifas de servicios públicos. En un principio, se estableció que el Departamento Administrativo de Estadística (DANE) suministraría las metodologías de clasificación a los municipios, competencia que luego fue asumida por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en el año 1992, y que finalmente retornaría al DANE en el año 2004, mediante la Resolución 392 del 2004.

El concepto de estratificación socioeconómica se ha desarrollado bajo una discusión técnica sobre qué criterios se deben tener en cuenta para su clasificación y conveniencia (Alzate, 2006). Desde un principio, a través del Decreto 969 de 1991, se estableció que un indicador adecuado de la capacidad de pago de los usuarios está compuesto por factores relacionados con las características físicas de las viviendas y su entorno, criterio que se ha mantenido hasta el día de hoy. De acuerdo con el DANE (2015), la metodología vigente de estratificación socioeconómica de viviendas emplea información del inmueble y su entorno para la asignación del estrato, basándose en datos del sistema catastral colombiano, los cuales incluyen variables de la situación jurídica, registro y propiedad del predio, inventario de características geométricas, físicas y de dotación de recursos, modelos econométricos

para la valoración de la propiedad y zonificación de áreas de relativa homogeneidad física y económica, que dan lugar a tasas contributivas e impuestos inmobiliarios. Con esta información se ejecutan procedimientos de calificación que permite una jerarquización ponderada por localización a partir de la cual se establece la clasificación de estratos, teniendo en cuenta las características promedio de las viviendas.

Tal como se puede identificar en esta breve reseña sobre estratificación en Colombia, la metodología de clasificación se basa en las características físicas de la vivienda y su entorno, sin considerar características socioeconómicas directas de los hogares. A pesar de esto, existe la noción que los estratos representan el ingreso del hogar, basado en el supuesto que las condiciones y características físicas de la vivienda son un indicador de su capacidad de pago, a pesar de que la estratificación socioeconómica es una clasificación de domicilios. Teniendo en cuenta esta situación, entidades públicas han adelantado evaluaciones para establecer la viabilidad de la estratificación socioeconómica de viviendas como herramienta de asignación de subsidios (DNP, 2008; Secretaría Distrital de Planeación, 2016).

A pesar de los problemas que el uso del estrato como variable explicativa del ingreso pueda generar, esta práctica se sigue realizando debido a la baja disponibilidad de información del ingreso. Por un lado, para los estratos se cuenta con bases de datos más completas y confiables, dada su relevancia en la estimación de tarifas de servicios públicos domiciliarios, además que es una variable fácil de recolectar en campo. En general, se ha observado que, a la hora de realizar encuestas a individuos, en muchos casos estos no se encuentran dispuestos a entregar información sobre los ingresos de su hogar; mientras que el aportar el estrato es una práctica que no genera gran rechazo. Así, se han dado casos como en Barranquilla en 2012, donde su encuesta de movilidad no indagó sobre el ingreso de los hogares, solo del estrato.

Dados estos antecedentes, la presente investigación propone una evaluación del estrato como variable explicativa del ingreso para las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, mediante la estimación de modelos de regresión tipo logit ordinal que incluyen variables adicionales como tamaño del hogar, disponibilidad de vehículo y proporción de trabajadores y estudiantes. Con este enfoque se pretende establecer la relación que existe entre estrato e ingreso para distintos segmentos de la población con diferentes características socioeconómicas desde una perspectiva de la ingeniería de transporte.

El documento se divide en cinco secciones, donde la primera corresponde a la presente introducción. En la segunda sección se incluye una revisión de literatura sobre el uso del estrato socioeconómico como indicador del ingreso del hogar con énfasis en investigaciones de transporte. Luego, en el tercer capítulo se indica la metodología propuesta y en el cuarto se incluyen los resultados del estudio. Finalmente, en la última sección se exponen las principales conclusiones.

2. ESTADO DEL ARTE

La revisión de literatura se divide en dos partes: primero, se comentan estudios que revisan la viabilidad del estrato como indicador del ingreso o capacidad de pago del hogar, mientras que la segunda, comprende el uso del ingreso y el estrato en investigaciones de transporte.

2.1 Estrato como indicador del ingreso del hogar

Algunos estudios adelantados por entidades públicas han evaluado la pertinencia del estrato como indicador del ingreso del hogar, principalmente desde una perspectiva de

focalización eficiente de subsidios y programas sociales (Alzate, 2006; Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2008; Secretaría Distrital de Planeación, 2016; Sepúlveda et al., 2014). En el documento de metodología de estratificación vigente, el DANE (2015) realizó un análisis de correlación y correspondencia múltiple relacionando el estrato y el estado físico del inmueble y sus alrededores según información catastral, con la capacidad de pago del hogar. Como era de esperarse, se encontró que estas características se encuentran correlacionadas. El DNP (2008), evaluó la eficiencia del estrato en la asignación de subsidios mediante la comparación con distintos indicadores de capacidad de pago. Los resultados indican que si bien la estratificación es adecuada para identificar los hogares con menor capacidad de pago, ésta ha llevado a un crecimiento poblacional en los estratos subsidiados dejando de incluir a muchos potenciales contribuyentes, por lo que sugiere analizar alternativas, como la focalización por medio del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (SISBEN). La Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá (2016) llevó a cabo una evaluación similar para la ciudad de Bogotá, donde por medio de metodologías de economía experimental basadas en la metodología del juego del dictador, determinó que el sistema de estratificación tiende a concentrar a la población en los estratos 2 y 3, reduciendo la capacidad de redistribución del territorio, por lo que propone y usa un Índice Multidimensional de Focalización (IMF).

Econometría S.A. (1999) ejecutó un estudio solicitado por Bogotá para la evaluación del sistema de estratificación de la ciudad. En dicho proceso estimó un modelo de regresión logit para predecir el estrato a partir del ingreso corriente con datos de la encuesta de calidad de vida del DANE. Aunque se evidenció una correlación positiva entre las variables, en los ingresos bajos la probabilidad de pertenecer a los estratos 2 y 3 siempre es mayor en comparación al estrato 1, mientras que en los más altos, la probabilidad de ubicarse en el estrato 4, siempre es mayor respecto al 5 y 6. En los rangos de estrato medio los resultados son relativamente congruentes, con mayor probabilidad de pertenecer a los estratos 4 y 5.

En la literatura académica la relación entre estrato e ingreso ha sido parcialmente abordada. Sepúlveda et al. (2014) analizan los límites de la estratificación desde el punto de vista de la información catastral como reflejo de la diferenciación socioeconómica urbana. Los autores parten argumentando que la metodología de clasificación de estratos presenta limitaciones importantes en cuatro aspectos principales: algunas variables de incidencia son definidas de manera subjetiva, no hay ponderación de variables por poder discriminante, los criterios son vulnerables a presiones políticas y hay deficiencias en el flujo de información entre instituciones involucradas. Además, a partir de un análisis de estadística descriptiva de los datos de la Encuesta Multipropósito de Bogotá del año 2011, señalan que la actual estratificación socioeconómica no clasifica de manera rigurosa los hogares según sus condiciones de vida. Adicionalmente, llevan a cabo un análisis multivariado para observar las correlaciones entre un conjunto de indicadores socioeconómicos y una serie de variables catastrales, concluyendo que la estratificación vigente no logra clasificar adecuadamente los hogares en términos de sus características socioeconómicas.

En esta línea, Alzate (2006) condujo una revisión del sistema de estratificación en Colombia y las metodologías que se han aplicado para su clasificación desde su concepción, enfocándose en la utilidad de la herramienta como instrumento de focalización del gasto público. El autor indica que las evaluaciones realizadas tienden a afirmar que existe una correspondencia entre ingresos y estratos, basado en qué tan bien estos últimos logran focalizar subsidios en los más pobres. Sin embargo, esto no es totalmente cierto, debido a

que la estratificación se basa en las características físicas de la vivienda y su entorno, por lo que al clasificar los hogares por quintiles de ingreso y comparar con su estrato, se difumina la contundencia de la focalización. Además, afirma que la relación de estratos e ingresos tiende a ser más fuerte en zonas urbanas en comparación con las rurales.

Finalmente, Bogliacino, Jimenez y Reyes (2015) llevaron a cabo un experimento basado en el juego de confianza y el juego del dictador con una muestra de 1,000 participantes en la ciudad de Bogotá, con el fin de identificar la incidencia de la estratificación sobre la segregación de hogares. Dentro de las consideraciones del ejercicio, se resalta la correlación que presentan las observaciones de la muestra entre el estrato y la capacidad de pago, medida a partir del gasto del hogar y la dificultad de enfrentar un gasto inesperado en un tiempo limitado. La correlación se estableció mediante una prueba Chi² arrojando una correlación de 0.44, estadísticamente significativa, aunque se debe tener en cuenta cierto error de medición.

2.2 Estratificación, ingresos del hogar y transporte

En el campo del transporte e investigaciones urbanas en Colombia, pocos estudios han usado el ingreso como indicador de la capacidad de pago de manera conjunta con el estrato socioeconómico. Bocarejo y Oviedo (2012) calcularon la accesibilidad en diferentes zonas de la ciudad de Bogotá para la evaluación de inequidades en accesibilidad del territorio. Estimaron una función de costos basada en el costo de viaje por modo, ubicación y estrato socioeconómico con un componente de accesibilidad correspondiente a la relación entre gasto mensual en transporte e ingreso del individuo, encontrando que la accesibilidad individual no depende completamente del estrato. En este caso, el uso conjunto de la ubicación y el estrato presenta ventajas para la estimación de los costos de viaje, ya que la información espacial de estratos se encuentra disponible en distintas fuentes oficiales.

Dentro de las investigaciones que usan el ingreso del hogar como variable de análisis se encuentra el trabajo de Guzman y Bocarejo (2017), quienes analizaron la distribución de la densidad en el área urbana de la ciudad de Bogotá revisando las implicaciones para distintos segmentos de la población, hallando diferencias significativas en los tiempos de viaje entre rangos de ingreso. Las diferencias espaciales entre densidad de población y empleo, conllevan a que los segmentos de ingreso alto tengan mayor accesibilidad, menores tiempos de viaje y realicen en promedio 150% más viajes en un día típico. En este estudio no se usaron estratos y se trabajó directamente con los ingresos de los hogares reportados en la Encuesta de Movilidad de Bogotá de 2011. También, Guzman y Oviedo (2018) abordaron el tema de accesibilidad, asequibilidad y equidad desde la perspectiva de subsidios a transporte público según rangos de ingresos con datos basados en la misma encuesta.

A nivel latinoamericano, se encuentran estudios del uso del ingreso, en algunos casos como variable ordinal y como dato de entrada en investigaciones de transporte. Algunos ejemplos incluyen estudios de elección de hora de viaje (Arellana et al., 2012), análisis de la relación entre movilidad y ambiente construido (Larrañaga et al., 2016), o bien en modelos de elección de modo (Jara-Díaz y Ortúzar, 1989; Amador, González y Ortúzar, 2008).

En contraste, en Colombia las investigaciones que referencian únicamente el estrato como indicador del ingreso son más comunes. Oviedo y Titheridge (2016) estudiaron la accesibilidad y exclusión social por medio de la accesibilidad en zonas periféricas de la ciudad de Bogotá donde predominan los estratos bajos. En esta línea, Teunissen, Sarmiento, Zuidgeest, y Brussel (2015), identificaron que el sistema Transmilenio ofrece

igual acceso a todos estratos socioeconómicos, aunque programas alternativos como la ciclovía dominical favorece a los más altos. En el campo de la interacción entre transporte y valor del suelo, Munoz-Raskin (2010) determinó por medio de modelos hedónicos espaciales que los inmuebles ubicados en zonas de estrato medio tienen un valor mayor en el mercado inmobiliario al encontrarse más cerca del sistema de transporte masivo Transmilenio. Trabajos relacionados también se han evidenciado en Cali, usando estratos como criterio de segmentación (Delmelle y Casas, 2012; Jaramillo, Lizárraga y Grindlay, 2012).

El uso del estrato como indicador del ingreso también se evidencia en otras áreas de la investigación de transporte, como es la modelación de la demanda de transporte, donde suele ser usado como variable de entrada en modelos de generación de viajes (Márquez, Días, Ortiz y Central, 2016), en modelos de elección de hora y modo (Ramos, Cantillo, Arellana y Sarmiento, 2017) o en el análisis del comportamiento de usuario y otros modelos de elección (Cantillo, Arellana y Rolong, 2015; Delgado-Lindeman, Arellana y Cantillo, 2019).

De la revisión de literatura se puede concluir que la mayoría de estudios proponen el uso de la estratificación como indicador del ingreso del hogar de manera implícita, sin justificar tal suposición. Con esto en cuenta, se propone llevar a cabo una evaluación que soporte tal práctica, con el fin de proveer una herramienta que valide su uso.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la evaluación del estrato socioeconómico como variable explicativa del ingreso, se usaron datos provenientes de encuestas de movilidad a hogares en cuatro de las principales ciudades de Colombia. Estas encuestas recolectan información de los viajes realizados por la población, además de características socioeconómicas típicas de las personas y del hogar. Esta información generalmente es usada para realizar modelos de transporte, aunque los datos son útiles para otros análisis.

Las ciudades de estudio incluyen Bogotá, con la encuesta de movilidad del 2015, Medellín con datos de la encuesta origen destino del año 2017, Cali, con la encuesta de movilidad del 2015 y Barranquilla, con una encuesta a hogares del año 2017. A partir de esta información se estimaron modelos de regresión logit ordinal, en la cual la variable dependiente corresponde al ingreso del hogar y las variables independientes al estrato y otras características del hogar. Se eligió esta metodología debido a que en todas las bases de datos el ingreso se encuentra como una variable ordinal dividida en rangos. Con este enfoque, se logra determinar el nivel de explicación que tiene el estrato sobre el ingreso y si existe correlación entre ellos.

En un modelo de regresión logit ordinal, la categoría k de respuesta observada en la variable dependiente ordinal de respuesta Y , está dada por la relación entre un estimador lineal Y'_j , construido a partir de un conjunto de variables explicativas x_i multiplicados por unos coeficientes β_i a estimar, más un componente de error ε_j y unos umbrales $\tau_{(k-1)}$ que también se deben estimar. Esta formulación se resume tal como se indica en las expresiones (1) y (2).

$$Y'_j = \sum_i \beta_i x_i + \varepsilon_j \quad (1)$$

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{si } -\infty < Y' \leq \tau_1 \\ 2 & \text{si } \tau_1 < Y' \leq \tau_2 \\ \dots & \dots \\ k & \text{si } \tau_{k-1} < Y' \leq \infty \end{cases} \quad (2)$$

Finalmente, la probabilidad de que la variable de respuesta Y corresponda a una categoría menor a k , está dada por la ecuación (3), donde se corresponde la función logit de dicha probabilidad con el estimador lineal y el umbral de la categoría dada.

$$\text{logit}[P(Y \leq k)|x] = \tau_k - \sum_i \beta_i x_i \quad (3)$$

Es de notar que los coeficientes de regresión β_i corresponden a la log-razón de probabilidad (log-odds ratio) de la variable independiente contra la variable dependiente. Además, dicho vector de coeficientes β_i no depende del número de categorías j , por lo cual se asume que la relación entre Y y x_i es independiente de este valor, por lo que la log-razón de probabilidad se considera constante a lo largo de todos puntos k de respuesta (McCullagh, 1964). Teniendo en cuenta esto, mediante la estimación de los valores de los coeficientes de regresión y su significancia, es posible identificar la relación que guardan las variables independientes sobre las dependientes. La significancia de los coeficientes se evalúa a través de la prueba t de Student, en donde se estima el estadístico t que es igual al valor del coeficiente sobre su desviación estándar (ecuación 4). Este valor debe ser mayor a 1.96, asumiendo una significancia del 95%, para rechazar la hipótesis nula de que el coeficiente es estadísticamente igual a 0.

$$t = \beta_i / \delta_i > 1.96 \quad (4)$$

Se especificaron dos modelos ordinales. El primero (M1) solo contiene el estrato como variable independiente, mientras que en el segundo (M2), se adiciona el tamaño del hogar, dos variables dicótomas que toman el valor de 1 si en el hogar hay auto o moto disponible, la proporción de trabajadores y la proporción de estudiantes en el hogar. Se espera que haya una relación entre estas variables y el ingreso, de tal manera que al aumentar el número de trabajadores también lo haga el ingreso, y que lo contrario ocurra con el número de estudiantes.

Para comparar la bondad de ajuste de los dos modelos, se estimaron los estadísticos ρ^2 , el cual relaciona la calidad del modelo frente a un modelo nulo que no contiene variables explicativas, por medio de la log-verosimilitud de cada uno (ecuación 5). El valor de ρ^2 se encuentra entre 0 y 1, y mientras más grande sea, se considera que el modelo tiene un mejor ajuste.

$$\rho^2 = 1 - l(M) / l(M0) \quad (5)$$

Además, se aplicaron pruebas de razón verosimilitud (RV) para comparar los modelos M1 y M2 de cada ciudad. En este test se estima la razón de log-verosimilitud de los modelos según la expresión (6), la cual distribuye Chi^2 y sus grados de libertad corresponden a la diferencia de los grados de libertad de los modelos. Este estadístico permite evaluar la hipótesis nula que el modelo sencillo (M1) ajusta estadísticamente igual al modelo complejo (M2), siendo M2 una versión más general de M1.

$$RV = -2 * [l(M1) - l(M2)] \quad (6)$$

Cabe aclarar que en las encuestas de cada ciudad, el ingreso se encuentra como variable ordinal con rangos no uniformes, por lo que se agregaron en tres categorías que pudieran ser comparables entre ciudades, según se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles de ingreso analizados por ciudad (millones de COP – valores corrientes)

| Nivel | Bogotá | Cali | Medellín | Barranquilla |
|--------------|---------------|-------------|-----------------|---------------------|
| Bajo | <1.3 | <1.3 | <1.5 | <1.5 |
| Medio | 1.3 - 4.0 | 1.3 - 4.5 | 1.5 - 5.0 | 1.5 - 5.0 |
| Alto | >4.0 | >4.5 | >5.0 | >5.0 |

Fuente: Elaboración propia.

Una segunda etapa de la evaluación consistió en la validación de los resultados obtenidos mediante la comparación de modelos de generación de viajes por hogar con estratos e ingresos, incluyendo las características del hogar que resultaron significativas en el primer análisis. Para que los modelos sean comparables, en aquel donde el estrato se incluye como variable explicativa, se reclasificó el atributo en tres categorías, de tal modo que los estratos 1 y 2 corresponden al rango denominado bajo, los estratos 3 y 4 se agruparon en el nivel medio, y finalmente los estratos 5 y 6 se incluyeron en la categoría alta, de tal modo que la clasificación coincida con las clases del ingreso.

Este análisis se realiza con el fin de implementar los hallazgos del análisis de regresión ordinal en un modelo típico de transporte. Para este fin, se estiman modelos de regresión lineal ordinaria en donde la variable dependiente corresponde al número de viajes del hogar, el cual se ha encontrado que está relacionado con la capacidad de pago (Ortuzar y Willumsen, 2011). Los ajustes de estos modelos se comparan mediante el coeficiente de determinación del coeficiente de correlación R^2 y la significancia de sus estimadores.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se dividen en dos secciones de acuerdo a la metodología planteada. La primera hace referencia a las estimaciones de los modelos de regresión ordinal con sus respectivos parámetros de bondad de ajuste, y en la segunda, se encuentran los valores de los modelos de generación propuestos. Además, en la Tabla 2 se evidencia la estadística descriptiva de cada una de las muestras usadas por ciudad. Se observa que, en todos los casos, la mayoría de hogares pertenecen a los rangos de estrato e ingreso bajo, lo cual está en concordancia con los resultados de la Encuesta Nacional de Presupuestos de los hogares 2016-2017, llevada a cabo por el DANE, en la cual se determinó que alrededor del 60.7% de los hogares colombianos subsisten con un ingreso bajo, de menos de 2 SMMLV.

Tabla 2. Descripción de las bases de datos

| | | Bogotá | Cali | Medellín | Barranquilla |
|--------------------------------------|-----------|--------|-------|----------|--------------|
| Observaciones | | 9,076 | 7,231 | 14,692 | 2,971 |
| Ingreso | Bajo | 61.0% | 78.1% | 71.5% | 78.9% |
| | Medio | 34.4% | 20.0% | 25.9% | 19.8% |
| | Alto | 4.7% | 1.8% | 2.6% | 1.3% |
| Estrato | 1 | 13.4% | 21.6% | 13.0% | 47.7% |
| | 2 | 41.3% | 33.5% | 42.1% | 26.4% |
| | 3 | 35.1% | 31.1% | 29.5% | 15.0% |
| | 4 | 7.8% | 7.6% | 8.6% | 7.9% |
| | 5 | 1.5% | 4.4% | 5.6% | 2.1% |
| | 6 | 1.0% | 1.7% | 1.2% | 0.9% |
| Tamaño del Hogar (habitantes) | Media | 3.1 | 3.4 | 3.2 | 3.7 |
| | Min | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| | Max | 10.0 | 20.0 | 11.0 | 15.0 |
| Disponibilidad Vehículo | Auto | 23.4% | 19.2% | 20.1% | 15.9% |
| | Moto | 11.6% | 31.4% | 23.5% | 17.7% |
| | Bicicleta | 0.1% | 22.0% | 4.1% | 11.4% |
| Viajes Promedio al Día | Media | 2.1 | 2.3 | 2.1 | 2.2 |
| | Min | 1.0 | 1.0 | 0.6 | 1.0 |
| | Max | 7.5 | 11.0 | 17.0 | 12.0 |
| Proporción Trabajadores Hogar | Media | 0.48 | 0.42 | 0.44 | 0.40 |
| | Mediana | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 0.33 |
| Proporción Estudiantes Hogar | Media | 0.13 | 0.17 | 0.18 | 0.21 |
| | Mediana | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |

Fuente: Elaboración propia.

4.1 Modelos de regresión ordinal

Las Tablas 3 y 4 contienen las estimaciones de los modelos de regresión ordinal M1 y M2, así como los dos umbrales de las tres categorías de ingreso para las cuatro ciudades de estudio. Se observa que en todos los casos los umbrales muestran un orden de magnitud creciente y los coeficientes de los estratos resultaron altamente significativos. Además, los coeficientes de los estratos 1 resultaron menores a 1, con excepción de Barranquilla, aumentando a medida que se sube de estrato. Esto quiere decir que los hogares de estrato bajo tienen mayor probabilidad de pertenecer a un rango de ingreso bajo.

Respecto al modelo M2, se encontró que la disponibilidad de auto y moto en el hogar resulta significativa y relevante a la hora de explicar el ingreso a partir del estrato, con excepción de la moto en Barranquilla, en donde el valor del estadístico t es igual a 1.046. Los coeficientes del auto son mayores a 1 en Bogotá, Cali y Medellín, por lo que un hogar que cuente con este tipo de vehículo, tiene una probabilidad mayor de pertenecer a un rango de ingreso superior en comparación con uno que no tenga automóvil. El valor del coeficiente de la disponibilidad de moto es menor a 1, lo que quiere decir que los hogares con esta característica, tienden a tener rangos de ingreso menores a hogares que disponen de auto.

Como era de esperarse, el tamaño del hogar también es significativo, ya que al aumentar las personas que habitan el hogar, también lo hace la probabilidad de que la vivienda presente ingresos menores. Además, la proporción de trabajadores es significativa en todas las ciudades con valores de coeficiente mayores a 1 con excepción de Cali. El porcentaje

de estudiantes en el hogar solo es significativo para Cali, aunque presenta valores de coeficiente negativos.

Tabla 3. Resultados modelos M1 por ciudad de estudio

| | | Bogotá | Cali | Medellín | Barranquilla |
|-----------------|----------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| Umbrales | τ_1 | 1.815 (22.03)*** | 2.544 (26.15)*** | 2.446 (28.93)*** | 2.537 (24.91)*** |
| Ingreso | τ_2 | 5.082 (48.5)*** | 5.773 (41.42)*** | 6.007 (55.08)*** | 5.937 (30.05)*** |
| | 2 | 0.767 (8.48)*** | 0.646 (5.64)*** | 0.706 (7.70)*** | 1.319 (9.95)*** |
| | 3 | 1.824 (20.37)*** | 1.372 (12.58)*** | 1.758 (19.44)*** | 1.721 (11.90)*** |
| Estrato | 4 | 3.681 (30.38)*** | 2.694 (20.94)*** | 2.930 (28.85)*** | 2.972 (17.97)*** |
| | 5 | 5.050 (25.21)*** | 3.401 (22.41)*** | 4.629 (37.70)*** | 3.482 (12.15)*** |
| | 6 | 5.585 (22.76)*** | 4.992 (21.87)*** | 5.884 (31.31)*** | 4.237 (9.47)*** |

Coeficiente estimado (estadístico t)

Niveles de Significancia: 90% (*), 95% (**), 99% (***)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Resultados modelos M2 por ciudad de estudio

| | | Bogotá | Cali | Medellín | Barranquilla |
|-------------------------|------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Umbrales | | 4.009 (31.4)*** | 3.758 (26.4)*** | 4.672 (38.6)*** | 3.562 (16.5)*** |
| Ingreso | | 7.703 (49.6)*** | 7.234 (39.6)*** | 8.645 (57.7)*** | 7.110 (24.9)*** |
| | 2 | 0.784 (8.27)*** | 0.586 (5.01)*** | 0.683 (7.22)*** | 1.225 (9.0)*** |
| | 3 | 1.865 (19.5)*** | 1.255 (11.1)*** | 1.687 (17.9)*** | 1.547 (10.2)*** |
| Estrato | 4 | 3.707 (28.7)*** | 2.492 (18.4)*** | 2.879 (26.5)*** | 2.734 (15.4)*** |
| | 5 | 4.911 (22.8)*** | 3.027 (18.9)*** | 4.293 (33.3)*** | 3.308 (11.0)*** |
| | 6 | 5.695 (21.2)*** | 4.404 (19.0)*** | 5.524 (27.7)*** | 4.096 (9.0)*** |
| Disponibilidad | Auto | 1.357 (23.37)*** | 1.357 (18.75)*** | 1.244 (23.98)*** | 0.832 (6.8)*** |
| Vehículo | Moto | 0.321 (4.39)*** | 0.168 (2.34)** | 0.279 (5.67)*** | 0.141 (1.04) |
| Habitantes Hogar | | 0.387 (20.1)*** | 0.205 (9.59)*** | 0.324 (19.78)*** | 0.134 (3.8)*** |
| Proporción | | | | | |
| Trabajadores | | 1.251 (14.5)*** | 0.727 (6.34)*** | 1.866 (22.73)*** | 1.116 (5.4)*** |
| Proporción | | | | | |
| Estudiantes | | -0.166 (-1.25) | -0.554 (-3.14)*** | -0.113 (-0.99) | -0.315 (-1.23) |

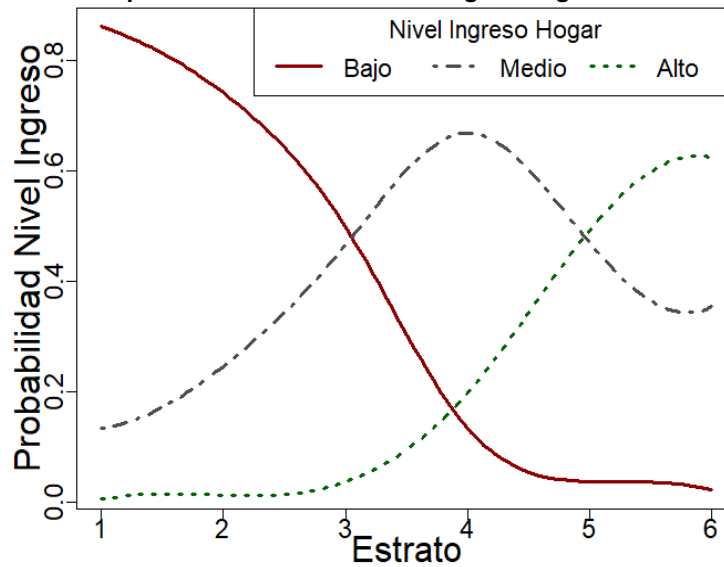
Coeficiente estimado (estadístico t)

Niveles de Significancia: 90% (*), 95% (**), 99% (***)

Fuente: Elaboración propia.

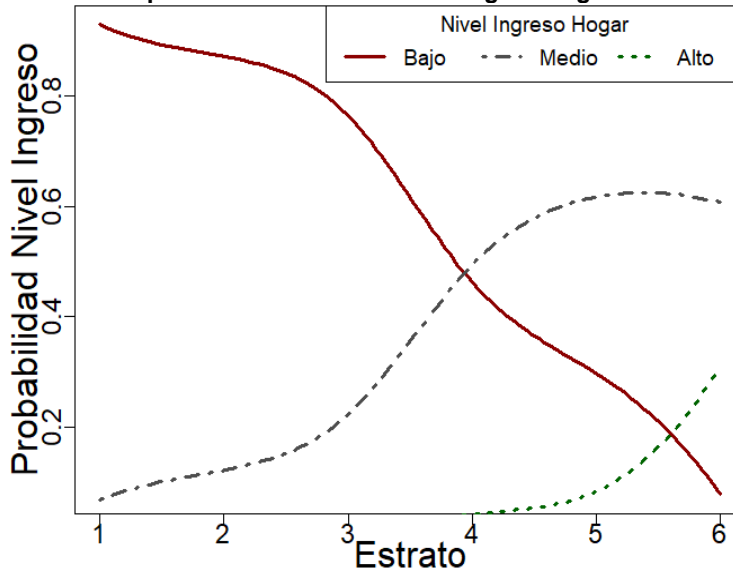
A manera de ejemplo, los resultados gráficos de los modelos M1 de Bogotá y Cali se muestran en las Figuras 1 y 2. En Bogotá, la distribución de probabilidades de pertenecer a determinado rango de ingreso dado el estrato, tiene la forma esperada, ya que la probabilidad de que un hogar tenga ingreso alto es mayor en los estratos 5 y 6. Para ingresos medios, la probabilidad es mayor en los 3 y 4. Y para el rango bajo, la probabilidad es mayor en los estratos 1 y 2. En los otros casos, esta relación no es tan clara dado que no se observan estos patrones tan definidos. La Figura 2 muestra que un hogar estrato 5 en Cali tiene mayor probabilidad de tener un ingreso medio o bajo, mientras que en el estrato 6, la probabilidad de tener un ingreso medio es mucho mayor a la del ingreso alto. Estos resultados sugieren que si se desea usar el estrato para segmentar hogares según su ingreso, en Bogotá es congruente usar tres categorías (bajo, medio y alto); mientras que en Cali no existe una diferencia clara entre medio y alto, por lo que se recomienda usar dos categorías (bajo y medio/alto).

Figura 1. Probabilidad de pertenecer a determinado rango de ingreso dado el estrato en Bogotá



Fuente: Elaboración propia.

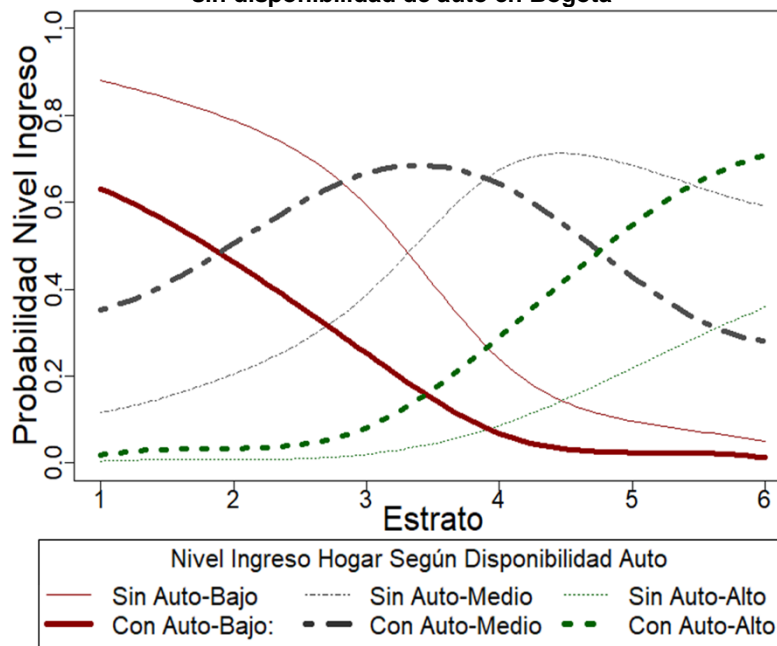
Figura 2. Probabilidad de pertenecer a determinado rango de ingreso dado el estrato en Cali



Fuente: Elaboración propia.

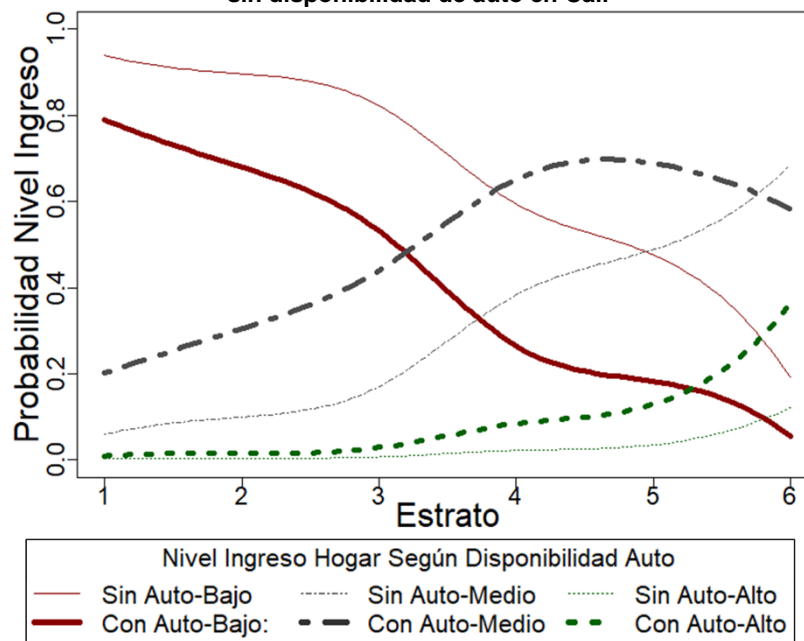
Ahora bien, con el fin de visualizar las diferencias en la relación entre estratos e ingresos por ciudad dependiendo de las características del hogar, se presentan las Figuras 3 y 4 en donde se puede ver la distribución de probabilidad de pertenecer a cada rango de ingreso para los hogares que tienen disponibilidad de automóvil, contra aquellos que no tienen (para Bogotá y Cali). Las distribuciones de probabilidad cambian y en general, al comparar dos hogares en el mismo estrato, considerando que uno tiene automóvil y el otro no tiene, el primero tiende a tener una probabilidad mayor de pertenecer a un rango de ingreso medio o alto, disminuyendo la probabilidad de tener un ingreso bajo.

Figura 3. Probabilidad de pertenecer a determinado rango de ingreso dado el estrato en hogares con y sin disponibilidad de auto en Bogotá



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Probabilidad de pertenecer a determinado rango de ingreso dado el estrato en hogares con y sin disponibilidad de auto en Cali



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se incluyen los coeficientes ρ^2 de los modelos de regresión ordinal por ciudad. El estadístico es mayor para los modelos completos M2, lo cual quiere decir que éstos tienen un mejor ajuste en comparación con los ajustes que solo incluyen la variable estrato como explicativa.

Tabla 5. Coeficientes ρ^2 modelos de regresión ordinal por ciudad

| Modelo | Bogotá | Cali | Medellín | Barranquilla |
|-----------|--------|--------|----------|--------------|
| M1 | 0.1500 | 0.1526 | 0.1912 | 0.1569 |
| M2 | 0.2375 | 0.2139 | 0.2740 | 0.1893 |

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo esta línea, en la Tabla 6 se presentan las pruebas de razón de verosimilitud entre los modelos M1 y M2 de cada ciudad. En los cuatro casos, los resultados de la prueba sugieren que el modelo M2 tiene un mejor ajuste en comparación con el modelo M1.

Tabla 6. Prueba razón de verosimilitud entre modelos M1 y M2 por ciudad

| | | Bogotá | Cali | Medellín | Barranquilla |
|---------------------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Log - Verosimilitud | M1 | -6267 | -3602.9 | -8148.8 | -1411.6 |
| | M2 | -5622.5 | -3341.9 | -7314 | -1359.2 |
| RV | | 1288.9 | 521.83 | 1669.7 | 104.84 |
| Pr(>Chi2) | | < 2.2e-16 | < 2.2e-16 | < 2.2e-16 | < 2.2e-16 |

Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de características del hogar incluidas en el análisis, con excepción de la proporción de estudiantes, resultaron significativas en las regresiones ordinales. Adicionalmente se encontró que un hogar de estrato alto no siempre tendrá un ingreso mayor a un hogar de un estrato menor, lo cual es especialmente relevante en Cali, Medellín y Barranquilla. Por esto, se debe tener cuidado al segmentar la población en categorías de estrato, las cuales podrían no ser representativas del ingreso de las viviendas. Estos resultados son un indicio que la relación entre estratos e ingresos no es directa y depende de estos atributos del hogar.

4.2 Modelos de generación de viajes por hogar

Se estimaron dos modelos de generación de viajes por hogar para cada ciudad, considerando las variables estrato e ingresos por separado, aplicando la técnica de regresión lineal ordinaria. En ambos casos se incluyeron las características del hogar que se consideraron en la evaluación presentada en la sección anterior, con el fin de revisar si al incorporar estos atributos, se logran resultados similares en un modelo que incluya el ingreso del hogar en comparación con otro que incluya estratos. Los coeficientes estimados, los estadísticos t correspondientes y los coeficientes de determinación R^2 se encuentran en las Tablas 7 y 8 para el modelo con ingreso y estrato, respectivamente.

Los coeficientes de estratos e ingresos resultaron con niveles similares de significancia en ambos modelos. Sin embargo, al revisar los coeficientes y estadísticos de las características del hogar, se encontró que éstos son muy significativos, especialmente el tamaño y la disponibilidad de auto/moto, esta última con excepción de Bogotá. Estos resultados indican que el número de viajes que se realiza en un hogar depende en gran medida de estos atributos. Por otra parte, los coeficientes de determinación de los modelos por ciudad son prácticamente iguales, por lo cual el ajuste de los modelos que usan estrato y los de ingreso, es similar.

Tabla 7. Resultados modelo de generación de viajes con variable ingreso

| | | Bogotá | Cali | Medellín | Barranquilla |
|--------------------------------|-------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| Intercepto | | 0.052 (1.52) | -0.152 (-1.63) | 1.098 (19.)*** | 0.020 (0.14) |
| Ingreso | Medio | -0.058 (-2.40)** | 0.342 (4.21)*** | 0.196 (4.6)*** | 0.153 (1.45) |
| | Alto | -0.005 (-0.08) | 1.502 (6.43)*** | 0.667 (5.88)*** | 1.336 (3.68)*** |
| Disponibilidad Vehículo | Auto | 0.065 (2.34)** | 0.315 (3.75)*** | 0.261 (5.51)*** | 0.633 (5.44)*** |
| | Moto | 0.029 (0.85) | 0.237 (3.49)*** | 0.211 (5.11)*** | 0.227 (2.12)** |
| Tamaño Hogar | | 2.085 (252)*** | 2.258 (106)*** | 1.654 (125)*** | 2.156 (79.16)*** |
| Proporción Trabajadores | | -0.060 (-1.66)*** | 0.013 (0.12) | -0.034 (-0.54) | -0.135 (-0.80) |
| Proporción Estudiantes | | -0.004 (-0.07) | 0.429 (2.65)*** | 0.650 (7.51)*** | -0.150 (-0.76) |
| R² | | 0.892 | 0.681 | 0.577 | 0.710 |

Coefficiente estimado (estadístico t)

Niveles de Significancia: 90% (*), 95% (**), 99% (***)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Resultados modelo de generación de viajes con variable estrato

| | | Bogotá | Cali | Medellín | Barranquilla |
|--------------------------------|-------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|
| Intercepto | | 0.078 (2.14)** | -0.222 (-2.24)** | 0.969 (16.74)*** | -0.017 (-0.11) |
| Ingreso | Medio | -0.06 (-2.88)*** | 0.175 (2.65)*** | 0.228 (6.10)*** | 0.104 (1.02) |
| | Alto | 0.092 (1.26) | 0.230 (1.64) | 0.400 (5.17)*** | 0.619 (2.54)** |
| Disponibilidad Vehículo | Auto | 0.059 (2.20)** | 0.468 (5.63)*** | 0.265 (5.56)*** | 0.671 (5.76)*** |
| | Moto | 0.021 (0.63) | 0.230 (3.38)*** | 0.216 (5.24)*** | 0.232 (2.16)** |
| Tamaño Hogar | | 2.081 (250)*** | 2.269 (107)*** | 1.671 (126.1)*** | 2.165 (78.6)*** |
| Proporción Trabajadores | | -0.069 (-1.93)*** | 0.071 (0.64) | 0.028 (0.45) | -0.113 (-0.67) |
| Proporción Estudiantes | | -0.001 (-0.02) | 0.410 (2.53)** | 0.649 (7.49)*** | -0.188 (-0.94) |
| R² | | 0.890 | 0.678 | 0.577 | 0.709 |

Coefficiente estimado (estadístico t)

Niveles de Significancia: 90% (*), 95% (**), 99% (***)

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, los modelos de generación de viajes se pueden estimar con resultados similares usando estratos o ingresos, siempre y cuando se incluyan las características del hogar que resultaron significativas en el análisis de predicción de ingreso a partir del hogar. Esto quiere decir que es necesario incorporar la disponibilidad de auto y moto, el tamaño del hogar y la proporción de trabajadores.

5. CONCLUSIÓN

Esta investigación provee información útil por medio de la evaluación de la pertinencia de usar el estrato socioeconómico de las viviendas como variable sustituta del ingreso del hogar, considerando el hecho que esta es una práctica común en la gran mayoría de estudios de transporte. Esto se debe en gran medida a que la información de estratos es de fácil acceso, mientras que la información de ingresos es más difícil de recolectar. La metodología de clasificación de viviendas en estratos se basa en características físicas de la vivienda y su entorno, y no considera atributos financieros de sus habitantes. Teniendo en cuenta esto, se justifica la evaluación de la relación entre ingresos y estratos para ciudades colombianas.

El análisis se concentró en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, y se dividió en dos etapas. En la primera se estimaron modelos de regresión logit ordinal para determinar el poder de predicción del ingreso a partir del estrato, controlando algunas características del hogar. En la segunda, se estimaron modelos de generación de viaje por

hogar, usando tanto estratos e ingresos como variables explicativas, junto a las características significativas del primer análisis, con el fin de evaluar si se obtienen resultados similares al usar el estrato como variable sustituta del ingreso.

La principal conclusión de este estudio muestra que sí existe una correlación positiva entre el estrato y el ingreso del hogar. Sin embargo, esta relación depende de unas características específicas del hogar: su tamaño, la disponibilidad de auto, con la cual aumenta la probabilidad de tener un ingreso mayor, y la de moto, con la cual esta probabilidad disminuye, y la proporción de trabajadores. Esto se debe a que la probabilidad de pertenecer a un rango de ingreso dado el estrato de un hogar, varía según estos atributos. Por esta razón, para tener resultados más fieles a las distribuciones de ingreso según el estrato, se recomienda la inclusión de estos atributos cuando se use el estrato como variable proxy del ingreso.

En cuanto a las diferencias entre las ciudades estudiadas, Bogotá cuenta con la relación entre estrato e ingreso más directa. Es decir que los hogares de estratos 1 y 2, tienen mayor probabilidad de pertenecer al rango de ingreso bajo. Aquellos en estratos 3 y 4, tienen mayor probabilidad de pertenecer a un rango de ingreso medio y los hogares de estrato alto, tienen más posibilidad de tener un ingreso alto. Por otro lado, en los resultados de Cali, Medellín y Barranquilla, esta relación no es directa, ya que un hogar de estrato alto no necesariamente tiene un ingreso superior a uno de un estrato inferior. En tales ciudades, los hogares pertenecientes a estratos altos tienen una probabilidad mayor de poseer un ingreso medio en comparación con uno alto. Además, las viviendas en estratos medios, ya sea estrato 3 o 4, tienen probabilidades similares de tener ingresos bajos o medios. A partir de esto se puede decir que la relación entre estratos e ingresos es más fuerte en Bogotá en comparación con las otras zonas. No se recomienda la segmentación de estratos bajos, medios y altos para representar hogares en estas mismas categorías en ciudades diferentes a Bogotá.

Por otra parte, los modelos de generación de viajes estimados presentan ajustes similares al usar estratos e ingreso, cuando se incorporan las características del hogar que resultaron significativas en el análisis de regresión ordinal para explicar el ingreso a partir del estrato. Esto indica que usar el estrato como variable sustituta del ingreso puede ser viable si se revisa la correspondencia entre las variables considerando las características de los hogares, lo cual es especialmente importante cuando se realicen agrupaciones de las categorías de ingreso y estrato en distintos niveles.

Finalmente, investigaciones futuras deberían considerar ampliar el análisis a más ciudades, especialmente secundarias, en donde la relación entre estrato e ingreso podría ser aún más difusa. Por otra parte, es pertinente ampliar el espectro de aplicación de los resultados encontrados, comparando resultados de modelos que incluyan estrato e ingreso en otros campos de la investigación en transporte, como es el caso de ejercicios de elección de ruta y modo de transporte.

REFERENCIAS

1. Alzate, M. C. (2006). La estratificación socioeconómica para el cobro de los servicios públicos domiciliarios en Colombia ¿Solidaridad o focalización? Bogotá.
2. Amador, F. J., González, R. M., Ortúzar, J. de D. (2008). On confounding preference heterogeneity and income effect in discrete choice models. *Networks and Spatial Economics*, 8(2-3), 97-108.

3. Arellana, J., Daly, A., Hess, S., de Dios Ortúzar, J., Rizzi, L. I. (2012). Development of Surveys for Study of Departure Time Choice: Two-Stage Approach to Efficient Design. *Transportation Research Record*, 2303(1), 9-18.
4. Bocarejo S., J. P., Oviedo H., D. R. (2012). Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography*, 24, 142–154. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.12.004>
5. Bogliacino, F., Jimenez, L., Reyes, D. (2015). Identificar la incidencia de la estratificación socioeconómica urbana sobre la segregación de los hogares bogotanos. *Investigaciones y Productos CID*, 24, 2015.
6. Cantillo, V., Arellana, J., Rolong, M. (2015). Modelling pedestrian crossing behaviour in urban roads: A latent variable approach. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 32, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.04.008>
7. Delgado-Lindeman, M., Arellana, J., Cantillo, V. (2019). Willingness to pay functions for emergency ambulance services. *Journal of choice modelling*, 30, 28-37.
8. Delmelle, E. C., Casas, I. (2012). Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*, 20, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.001>
9. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2015). Metodología de estratificación socioeconómica urbana para servicios públicos domiciliarios. Enfoque conceptual. Bogotá.
10. Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2008). Evaluación de la estratificación socioeconómica como instrumento de clasificación de los usuarios y herramienta de asignación de subsidios a los servicios públicos domiciliarios. Bogotá.
11. Econometría S.A. (1999). Revisión de la metodología de estratificación socioeconómica de Santa Fe de Bogotá. Bogotá.
12. Guzman, L. A., Bocarejo, J. P. (2017). Urban form and spatial urban equity in Bogota, Colombia. *Transportation Research Procedia*, 25, 4491–4506. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.345>
13. Guzman, L. A., Oviedo, D. (2018). Accessibility, affordability and equity: Assessing “pro-poor” public transport subsidies in Bogotá. *Transport Policy*, 68, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.04.012>
14. Jara-Díaz, S. R., Ortúzar, J. de D. (1989). Introducing the expenditure rate in the estimation of mode choice models. *Journal of Transport Economics and Policy*, 293-308.
15. Jaramillo, C., Lizárraga, C., Grindlay, A. L. (2012). Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). *Journal of Transport Geography*, 24, 340–357. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.014>
16. Larrañaga, A. M., Rizzi, L. I., Arellana, J., Strambi, O., Cybis, H. B. B. (2016). The Influence of built environment and travel attitudes on walking: a case study of Porto Alegre, Brazil. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(4), 332-342.
17. Márquez, L., Días, M., Ortiz, D., Central, U. (2016). Transferibilidad geográfica de modelos de generación de viajes urbanos: comparación de modelos de regresión y tasas de viajes para algunas ciudades colombianas Geographic transferability of urban travel generation models: Comparison of regression models. *Ingeniería y Desarrollo*, 34(1), 225–247.
18. McCullagh, P. (1964). Regression models for ordinal data. *Journal of the Royal Statistical Society*, 26(2), 211–252.
19. Munoz-Raskin, R. (2010). Walking accessibility to bus rapid transit: Does it affect property values? The case of Bogotá, Colombia. *Transport Policy*, 17(2), 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.11.002>

20. Ortuzar, J. D., Willumsen, L. G. (2011). Modelling Transport, 4th Edition. In Modelling Transport, 4th Edition. Osney Mead, Oxford El, England: Blackwell Science Publ.
21. 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://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.12.004>
22. Ramos, R., Cantillo, V., Arellana, J., Sarmiento, I. (2017). From restricting the use of cars by license plate numbers to congestion charging: Analysis for Medellin, Colombia. *Transport Policy*, 60, 119-130.
23. Secretaría Distrital de Planeación. (2016). La estratificación en Bogotá: Impacto social y alternativas para asignar subsidios. Bogotá.
24. Sepulveda, C., Lopez, D., Gallego, J. M., Acosta, J., Bernal, L., Bonilla, J., Tejedor, F. (2014). Los límites de la estratificación, en busca de alternativas. (C. Sepulveda, D. Lopez, & J. M. Gallego, Eds.) (1st ed.). Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
25. Teunissen, T., Sarmiento, O., Zuidgeest, M., Brussel, M. (2015). Mapping equality in access: The case of Bogotá's sustainable transportation initiatives. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9(7), 457–467. <https://doi.org/10.1080/15568318.2013.808388>