

**LA DEMANDA DE TRANSPORTE EN LA
CIUDAD DE POPAYÁN AGOSTO DE 2010**

CLAUDIA LICETH FAJARDO HOYOS



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
MAESTRÍA EN ECONOMÍA APLICADA
SANTIAGO DE CALI
2011**

**LA DEMANDA DE TRANSPORTE EN LA
CIUDAD DE POPAYÁN AGOSTO DE 2010**

CLAUDIA LICETH FAJARDO HOYOS

**Director
Ph.D. HARVY VIVAS PACHECO**

**Trabajo de grado para optar el título de
Mag. En Economía Aplicada**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
MAESTRÍA EN ECONOMÍA APLICADA
SANTIAGO DE CALI
2011**

LA DEMANDA DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE POPAYÁN

Agosto de 2010

Claudia Liceth Fajardo Hoyos

Resumen

Este estudio analiza la elección que hacen los payaneses entre siete modalidades de transporte: a pie, bicicleta, moto particular, moto taxi, colectivo, taxi y automóvil; dicha elección se explica a través de las características socioeconómicas de los individuos, lo cual implica la utilización del modelo logit multinomial para las estimaciones. Se encontró que las personas de bajos ingresos eligen las motos como principal medio de transporte; el tiempo y los costos son variables claves en la elección modal; así mismo se encontró que la edad y el tiempo afectan de manera importante la probabilidad de elegir modos como caminar y colectivo. Este estudio hace aportes en el conocimiento que se tiene del sector en la ciudad, pues hasta ahora sólo se habían realizado estudios de tipo descriptivo; además, se aventura en la recolección de datos dentro de la misma investigación. Variables como los costos, el tiempo, los ingresos, y la edad son determinantes en la elección modal en la ciudad de Popayán, a diferencia de variables como el género, y el ser o no jefe de hogar.

Abstract

This study is about the choice of the citizens of Popayán regarding means of transport, classified in seven categories: walking, bicycle, private motorcycle, taxi motorcycle, small bus, taxi and private car; the mean of transport chosen is explained thorough the socioeconomic characteristics of the individuals, which implies, the usage of the logit multinomial model for the estimations. The sample allowed us to conclude that the people with lower income choose motorcycles as main mean of transport; time and money are key variables in the modal choice, we also found that age and time determine the choices of walking or talking the bus. This study contributes to the knowledge of transport in the city, considering that, until now, only descriptive; studies had been made; also the research is designed towards data collection. Variables such as cost, time, income, and age are determinants of modal choices in the city of Popayan, in contrast to variables such as gender, and being household head or not.

Palabras clave: Demanda de transporte, elección modal, utilidad aleatoria, transporte público, transporte privado, logit multinomial.

Key words: transport demand, modal choice, random utility, public transport, private transport, multinomial logit.

JEL classification : R40, R41

1. Introducción

El buen funcionamiento de los sistemas de transporte, tanto públicos como privados, determinan, en parte, el desarrollo económico de las ciudades, toda vez que es a través de ellos que la mano de obra puede llegar a sus lugares de trabajo. Tanto la oferta como la demanda de transporte influyen en el correcto funcionamiento de dichos sistemas; una adecuada proyección de la demanda permitirá al estado tomar decisiones más acertadas para la inversión en infraestructura, y así mismo, un buen conocimiento de la demanda y los factores que determinan la elección de los usuarios puede permitir decisiones eficientes de política para incentivar o desincentivar el uso de diferentes tipos de transporte.

El gobierno nacional, consciente de la necesidad de mejorar la movilidad, no sólo en las ciudades grandes del país sino también en las ciudades intermedias, formuló el Programa Nacional de Transporte Urbano¹. La ciudad de Popayán quedó incluida dentro de dicho programa², donde se estableció desarrollar el “Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros” para la ciudad, ya que Popayán presenta problemas de movilidad originados en un sistema de transporte público colectivo ineficiente, cuya sobreoferta es cercana al 60%. El problema de movilidad se ve agravado por un sistema de recaudo independiente, que trae como resultado inmediato la famosa “guerra del centavo”. Con un sistema de transporte colectivo lento y además costoso³, es lógico pensar en la aparición de un sistema de transporte público informal como las moto-taxis.

Los problemas de movilidad presentes en la ciudad, y las decisiones de inversión del gobierno nacional y local hechas en los últimos años en el sistema de transporte, hacen que sea pertinente preguntarse por la demanda de transporte en Popayán. Este tipo de estudios, y el uso de modelos de elección discreta, han sido muy populares desde la década de los setentas. Un ejemplo de ellos son los trabajos de Domencich y McFadden. (1972).

Hasta el momento, el único trabajo que se conoce en la ciudad frente a este tema, estudia la demanda de transporte colectivo y deja por fuera los demás medios tanto públicos como privados; así mismo, el análisis allí contenido es sólo de tipo descriptivo, dejando por fuera las relaciones de causalidad. Es por esta razón que la presente investigación pretende estudiar la demanda de transporte, tanto público como privado. Si bien es cierto que dicha demanda puede ser explicada por las características propias de los medios de transporte o por las características de quien elige, son las características socioeconómicas de los individuos las de mayor interés en términos del impacto de las decisiones de política sobre el bienestar de la población; es por esto que es importante preguntarse: ¿Cómo determinan las características socioeconómicas de los payaneses la elección del modo de transporte?

El objetivo general de este estudio es, entonces, analizar la elección que hacen los payaneses entre siete modalidades de transporte: a pie, bicicleta, moto particular, moto taxi, colectivo, taxi y automóvil, dadas las características socioeconómicas de los individuos. Dichas relaciones se estudiarán a través de un modelo logit multinomial, que requiere, para su estimación, una base de datos no existente en la ciudad; por esta

¹Documento Conpes 3167 de 2002.

²Documento Conpes 3602 de 2002.

³El DPN estima que la tarifa real en la ciudad ha crecido a una tasa promedio anual del 8.3%

razón, otra de las tareas a acometer en el estudio es la construcción del instrumento necesario para la obtención de la base de datos que permita la estimación del modelo propuesto.

Como hipótesis de partida, se esperaría que las características socioeconómicas de los individuos expliquen la elección modal, especialmente las variables como el tiempo por desplazamiento y los costos, puesto que se espera que un aumento en estas variables pueda hacer que los individuos prefieran otro modo de desplazamiento comparado con la categoría base. Así mismo, se espera que el ingreso sea clave en la explicación de la elección del modo de transporte, puesto que el transporte hace parte importante de los gastos familiares, y un ingreso mayor puede permitir mayores usos de algunos medios, o el uso de medios más costosos.

El tema de la presente investigación se desarrollará a través de cuatro secciones, así: La primera sección aborda la teoría de la economía del transporte, especialmente el tema de la demanda y los modelos empleados para estimarla; además, contiene una revisión de algunos estudios de la demanda de transporte en diferentes países, y algunos casos para diferentes ciudades de Colombia. En la sección tres se expone la metodología y la especificación econométrica; esta misma sección muestra los resultados del modelo logit multinomial de elección modal. Finalmente, en la sección cuatro se presentan las conclusiones del estudio y algunas recomendaciones de política.

2. Estado del arte y referente teórico

2.1 *Estado del arte*

En el campo de los modelos de transportes, ha sido habitual el uso de modelos agregados, que se calibran con datos que se han agrupado o agregado de alguna forma (p.ej. usando ingresos medios por zona); sin embargo, los modelos de elección de modo de transporte han adoptado, en las últimas décadas, un enfoque desagregado, considerando el proceso de elección a escala individual.

Las reglas de decisión describen el mecanismo interno que utiliza el decisor para procesar la información disponible y alcanzar una elección única. El comportamiento hipotético de maximización de la utilidad es el que ha fundamentado casi todo el desarrollo de los modelos de elección en transportes. Uno de los pioneros de los modelos de elección discreta es Daniel McFadden, que recibió el premio Nobel de Economía en 2000, por su desarrollo de teorías y métodos para analizar elecciones discretas; el propio McFadden, en 1965, transformó estas utilidades aleatorias, de forma que fuesen adecuadas para su aplicación econométrica, desarrollando lo que él denominó el modelo logit condicional, que es conocido en la actualidad como modelo Logit Multinomial (MNL). Las primeras aplicaciones a la demanda de transporte datan de los años setenta véase «Urban Travel Demand. A behavioral analysis» de Domencich y McFadden (1975).

Una aplicación del MNL se puede encontrar en el estudio, del mismo MacFadden, de 1974. Este documento presenta una discusión sobre la teoría del comportamiento del consumidor para elecciones discretas y la especificación de distintos modelos para el cálculo de la función de demanda bajo este escenario; así mismo, muestra los resultados de un estudio de predicción de demanda de tránsito rápido en el área de la bahía de San Francisco. El ejercicio empírico se realizó con una muestra de 213 hogares en el área de influencia del sistema de transporte rápido del área de la bahía (BART). El tipo de

modelo estimado fue un logit binario, que consideraba la elección de los hogares entre el uso del bus y el automóvil particular; variables como los costos y el tiempo de viaje resultaron ser claves en la elección modal.

Existen numerosas aplicaciones de este modelo en la elección del modo de transporte. Para Bogotá se encuentra el estudio de Chavarriaga (2007). Esta investigación buscaba conocer los determinantes de los diferentes medios de transporte público en Bogotá, y mostrar cómo influyen las características de los ciudadanos en la toma de decisiones, al enfrentarse a los diferentes medios de transporte existentes en la ciudad. También se encontró el estudio de Moreno, Sarmiento y González (2010), cuyo objetivo era evaluar las políticas para influir en la elección modal de usuarios de vehículo privado en universidades, con caso específico de la Universidad de Antioquia. Esta investigación estimó tanto un modelo logit multinomial como un logit jerárquico, con datos provenientes de encuestas realizadas bajo las técnicas tanto de preferencias reveladas como de preferencias declaradas. El modelo que mejores resultados arrojó en este caso, fue el modelo anidado. Para otros casos de aplicación del MNL véase Abdul (2006) y Müller, Tscharktschiew y Haase (2008).

Aunque el MNL es un modelo que ha dado buenos resultados en los diferentes ejercicios aplicativos, el mismo tiene varias limitaciones. El modelo, al suponer los parámetros β constantes, no admite variaciones aleatorias en los gustos de los individuos; se supone que todos ellos tienen la misma respuesta ante una variación en las variables explicativas. El modelo exhibe la citada propiedad de «independencia de alternativas irrelevantes» (IIA); otros modelos permiten otros patrones de sustitución, admitiendo la existencia de correlación entre alternativas; el más sencillo es el logit jerárquico. Finalmente, el modelo no admite correlación entre las observaciones. Para superar las limitaciones del MNL ha ido surgiendo, en la literatura, un amplio abanico de modelos de diferentes complejidades. La mayoría de ellos parten de la base del modelo logit (residuos Gumbel), a excepción, principalmente, del modelo probit (residuos normales) (Orro, 2005).

El modelo probit permite un rango de comportamientos humanos mucho más amplio que el admitido por el MNL, al ser capaz de incluir correlaciones, heteroscedasticidades y variaciones en los gustos. Su única limitación reside en la utilización de la distribución normal que, si bien en la mayoría de las situaciones proporciona una representación adecuada de las componentes aleatorias (Train, 2003 citado por Orro 2005), puede ser inadecuada en ciertas situaciones, y conducir a predicciones erróneas. Este modelo requiere, para su estimación, de procedimientos de simulación, lo que ha relegado un poco su aplicación.

Alvis, Arellano, y Toro (2005) realizan una aplicación del modelo probit para el caso de la ciudad de Cartagena, donde encuentran que: con base en las preferencias de los usuarios, se deberán tener en cuenta tres elementos claves: disponibilidad, precio y rapidez, pues estas variables son las que, en general, determinan la decisión de los usuarios sobre cuál medio de transporte usar para desplazarse hacia su lugar de estudio o trabajo. Así mismo, Galán (2005) analizó los determinantes de la demanda por transporte público y privado en el área metropolitana de Monterrey con esta misma especificación. El objetivo de la investigación fue conocer el comportamiento de los usuarios, recurriendo a herramientas económicas que permitieran cuantificar los cambios necesarios para incrementar en diez puntos porcentuales, es decir, hasta un 75%, el uso del transporte público.

En los modelos de valor extremo generalizados (GEV) se admiten patrones de

correlación entre alternativas. Uno de los más sencillos y utilizados es el Logit jerárquico o anidado (NL), en el que las alternativas se estructuran en grupos llamados nidos, de modo que los factores no observados tienen la misma correlación para las alternativas en el interior del nido, y no existe correlación con las restantes. En general, no requieren simulación para su estimación. Este modelo se planteó ya en estudios de Domencich y McFadden, a principios de los años 70 del pasado siglo.

El modelo Logit Jerárquico o Logit Anidado es un modelo que ha tenido una amplia aplicación; algunos estudios plantean, de entrada, la estimación de varios modelos (logit, probit y anidados), y evalúan cuál es el que mejor explica la elección modal, siendo común encontrar que los anidados dan mejores resultados que las otras especificaciones. Este es el caso de los estudios de González (1994) y Espino (2003), para las islas Canarias en España, además de Feo, Espino y García (2011), que estudiaron la elección modal en el Mediterráneo Occidental. En Colombia, los trabajos de Álvarez (2005), que estudió la demanda de transporte, en el caso del sistema integrado Metrolínea en Bucaramanga. Y Moreno et al (2010), que estudiaron la elección del modo de transporte para los viajes desde y hasta la Universidad de Antioquia, también encontraron que el modelo anidado explicaba mejor la decisión del modo de transporte. De la misma manera, los costos y los tiempos de viaje determinan la elección modal. La aplicación del modelo anidado requiere, en muchos casos, de la utilización de datos provenientes de encuestas, tanto de preferencias reveladas como de preferencias declaradas. Más aplicaciones de este modelo se pueden encontrar en Abdel-Aty y Abdelwahab (2001) y Primerano (2003).

Además del modelo anidado, existe una amplia gama de modelos de valor extremo generalizado, tal como lo presenta Sorensen (2003), citado por Orro (2005). Entre ellos pueden citarse los modelos Logit de Nidos Cruzados (Cross Nested Logit CNL) aplicado por Vovsha (1997), Ben-Akiva y Bierlaire (1999), y Cascetta y Papola (2003), y Logit Combinatorio Pareado (Paired Combinatorial Logit PCL) aplicado por Chu (1981). Muchos de ellos son casos particulares del modelo Logit Jerárquico Generalizado (Generalized Nested Logit GNL), desarrollado por Wen y Koppelman (2001). En general, estos modelos flexibilizan el patrón de correlaciones, admitiendo la pertenencia de cada alternativa a varios nidos, e incluso con diferente grado de pertenencia. También se encuentran los modelos: Logit Heteroscedástico de Valor Extremo (Heteroskedastic Extreme Value HEV), Steckel y Vanhonacker (1988), y Bhat (1995), y Logit Heterogéneo (Heterogeneous Logit), Dubin y Zeng (1991), y finalmente se tienen también los modelos GEV mixtos (Mixed GEV) Bhat y Guo (2003).

También se encuentran los modelos Dogit e IPT-L que han sido impulsados principalmente por Marc Gaudry (1978), de la Universidad de Montreal, y los modelos híbridos. Con el desarrollo de estos últimos se busca superar las limitaciones del paradigma de maximización de la utilidad aleatoria (RUM). Se intenta mantener en el núcleo un modelo RUM, pero permitiendo incorporar otros elementos del proceso de elección que no quedan reflejados en los modelos existentes; véase Andrade, Uchida, Kagaya, Dantas y Nicholson (2006), Bhat (1997) y Xie, Lu y Parkany (2003).

Si bien, desde un punto de vista teórico, el mejor modelo será aquel que mejor refleje el comportamiento real del individuo, en las aplicaciones reales debe adoptarse una decisión en cuanto al modelo a emplear, que puede no ser el teóricamente más adecuado. La principal limitación viene de que los modelos más complejos suelen precisar de una mayor calidad en los datos para poder ser estimados. Munizaga (1997), citado por Orro (2005), plantea que los modelos más sencillos utilizados actualmente se

comportan bien en la mayoría de los casos, mientras propone que los modelos más generales sólo sean utilizados en aquellos casos en los que el modelo logit simple presenta problemas. Para el caso particular de este trabajo se optó por un MNL, por dos razones: en primer lugar, la ciudad carece por completo de datos que permitan estudiar la elección modal; por tal razón, el estudio debe partir desde la recolección de información⁴; y en segundo lugar, con el cumplimiento de la independencia de alternativas irrelevantes, no se necesita acudir a la especificación de un modelo anidado: en un ejercicio previo se observó que evidentemente el MNL explicaba mejor la elección modal que el modelo NL.

2.2 La modelización de la demanda de transporte

La modelización de la demanda de transporte se ha basado tradicionalmente en el empleo de dos tipos de modelos: los modelos agregados o de *primera generación*, y los modelos desagregados o de *segunda generación*. Los primeros fueron utilizados mayoritariamente en los estudios de transporte hasta finales de los años 70. Por su parte, los modelos desagregados comienzan a ser populares en los años 80, por el hecho de que presentan ciertas ventajas sobre los modelos utilizados hasta el momento. Este tipo de modelos se basan en el uso de los datos a nivel individual, lo que permite una mejor comprensión de los comportamientos de viaje, puesto que se basan en las teorías de la elección individual.

La demanda de transporte puede definirse como la disposición a pagar, que tienen los consumidores, por hacer uso de una determinada infraestructura o servicio de transporte; así mismo se puede definir como la cantidad de servicios y usos de las infraestructuras que se desean comprar a cada precio (De Rus, Campos & Nombela, 2004). El precio del servicio está inversamente relacionado con la cantidad demandada de viajes. Si el ingreso de los habitantes de una región aumenta de manera permanente y no ocasional, la demanda de transporte aumentará, ya sea en cantidad de viajes o de kilómetros recorridos (Mendieta y Perdomo, 2008). Dada la información disponible, la demanda de transporte puede especificarse en función de diferentes variables explicativas, según sea una demanda individual o agregada.

Cuadro 1. Variables explicativas de la demanda de transporte

Demanda agregada	Demanda individual
Población	Precio de transporte
Actividad económica	Precio de otros bienes y servicios
Geografía	Características socioeconómicas
Historia y Cultura	Calidad de servicios
Políticas de transporte	Tiempo de viaje

Fuente: De Rus *et al.* (2004,130)

Otras variables determinantes en la explicación de la demanda de transporte son: la velocidad, la calidad, frecuencia estándar, comodidad, confiabilidad y seguridad del servicio.

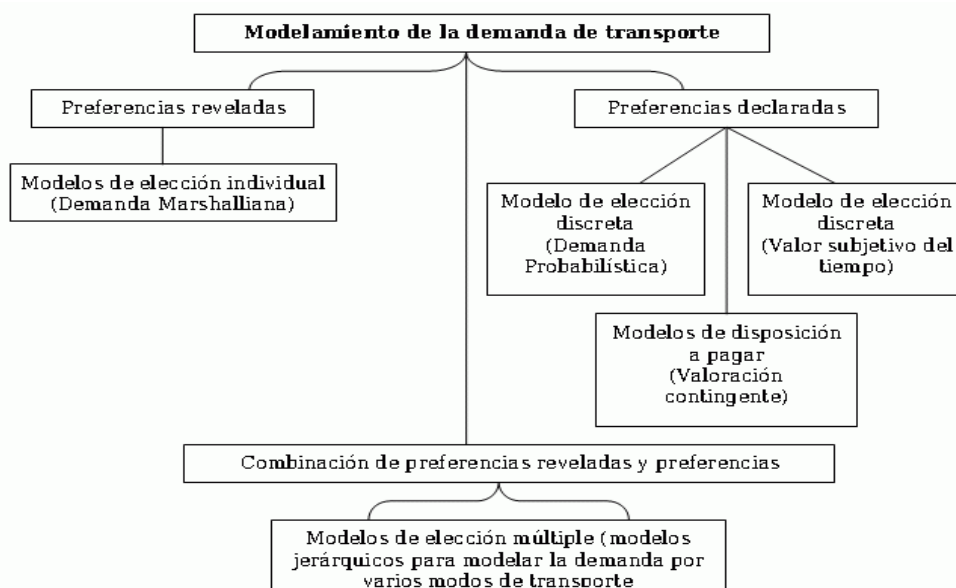
2.2.1. Modelos de la demanda de transporte

Los modelos de demanda de transporte se enmarcan en los enfoques de las preferencias reveladas, preferencias declaradas, o una combinación de ambos. En el caso en el cual se tiene información de los viajes realizados por los usuarios y del tiempo invertido en el

⁴ La construcción de una base de datos con la técnicas de preferencias reveladas y preferencias declaradas es mucho más compleja y costosa. Por limitantes de tiempo y recursos, el estudio sólo pudo obtener datos de corte transversal y de preferencias reveladas.

viaje, la estimación de la demanda se puede modelar a partir de la teoría de dualidad del consumidor. A este enfoque se le conoce con el nombre de *preferencias reveladas*. En el caso en el cual un usuario sólo puede decir si estaría dispuesto a viajar en un determinado medio de transporte, la estimación y especificación de la demanda requiere de modelos probabilísticos: éste enfoque se conoce como el enfoque de *preferencias declaradas*. En los casos en los que se requiere estimar sistemas de demanda de transporte, en los que se tienen algunos medios de transporte que están en funcionamiento y otros que aún no, se puede usar información procedente del enfoque de preferencias reveladas e información procedente de preferencias declaradas. Ver cuadro 1 (Mendieta y Perdomo, 2008).

Gráfico 1 Modelos de demanda de transporte



Fuente: Mendieta y Perdomo, (2008).

En el enfoque de preferencias reveladas, la estimación se hace a través del modelo de elección individual, donde se obtiene una demanda Marshalliana, cuyas dos variables explicativas son el precio generalizado y el ingreso del usuario. En el enfoque de preferencias declaradas se puede modelar la demanda por un medio de transporte a partir de la estimación de la probabilidad de elegir ese medio. Este modelo, conocido como modelo de utilidad aleatoria, implica una decisión excluyente por parte de los usuarios, es decir nadie va en bus y carro particular al mismo tiempo.

Con los modelos de elección discreta también se puede estimar el valor subjetivo del tiempo. Una vez estimados los parámetros de la función de utilidad indirecta, se puede calcular la tasa marginal de sustitución entre las utilidades marginales del tiempo de viaje y el costo de éste. Otros modelos, basados en la teoría de la utilidad aleatoria, son los modelos de disposición a pagar, utilizados para estimar la tarifa que tendrá un nuevo medio de transporte. Finalmente, el modelo multimodal o jerárquico se caracteriza porque ahora el usuario puede elegir transportarse en más de dos medios o puede elegir usar una vía dentro de un conjunto de posibilidades disponibles (Mendieta y Perdomo, 2008).

La ciudad de Popayán no cuenta con una base de datos que revele el número de viajes realizados por individuo, ni el tiempo empleado en cada uno de ellos; por tal razón no es pertinente hacer uso de la teoría dual del consumidor. Por el contrario, se pretende indagar a los usuarios acerca de cuál es el medio que eligen con más frecuencia; esto nos ubica en el campo de las preferencias declaradas y en la teoría de la utilidad aleatoria, toda vez que el individuo deberá elegir entre siete diferentes modos, sólo uno de ellos. Entonces este análisis de la demanda de transporte de los payaneses se enmarca claramente en los modelos de elección discreta.

2.2.2. Preferencias declaradas: el modelo de elección discreta

En los casos en que se carece de información que revele las preferencias de los usuarios por un medio de transporte, la variable dependiente relacionada con el número de viajes realizados en un período, se reemplaza por la elección de dicho medio de transporte; esta decisión se conoce con el nombre de elección discreta. Estos modelos describen la decisión de elección de entre un conjunto de alternativas disponibles; es decir, si existen tres opciones de transporte: carro, autobús y motocicleta, el individuo puede decidir en cuál opción desea realizar su viaje. Los que toman las decisiones pueden ser personas, hogares, firmas, y cualquier otra unidad de decisión (Train, 2003 citado en Mendieta y Perdomo, 2008). Para el caso específico de la ciudad de Popayán, la elección posible de los agentes se hace entre siete diferentes categorías a saber: a pie, bicicleta, moto particular, moto-taxis, colectivos, taxis, y automóvil.

El análisis de elección discreta usa el principio de maximización de utilidad, y supone que el individuo, al tomar su decisión sobre la elección de un determinado medio de transporte dentro de un conjunto de alternativas disponibles, está eligiendo también alcanzar su máximo nivel de utilidad. La elección de carácter discreto se puede explicar con la teoría de la elección del consumidor basada en la función de utilidad indirecta. Además, es necesario hacer uso del modelo de utilidad aleatoria para explicar por qué un usuario elige un medio de transporte y no otro (Mendieta y Perdomo, 2008). La función de utilidad de un individuo se encuentra especificada como:

$$U_{ij}(X_{ij}, S; \beta)$$

Donde X_{ij} representa el conjunto de atributos implícitos en los medios de transporte, S denota un conjunto de características del individuo que toma la decisión, y β representa un conjunto de parámetros no conocidos. Esta función indirecta de utilidad se divide en dos componentes, uno determinístico y otro aleatorio, así:

$$U_{ij}(X_{ij}, S; \beta) = V_{ij}(X_{ij}, S; \beta) + \varepsilon_{ij}$$

La probabilidad de viajar en el medio de transporte “ j ” para el individuo “ i ”, es equivalente a la probabilidad de que la utilidad indirecta que le proporciona dicho medio (V_{ij}) sea superior a la de cualquier otro (V_{io}):

$$Prob(j) = Prob\left[\left(V_{ij}(X_{ij}, S; \beta) + \xi_{ij}\right) > \left(V_{io}(X_{io}, S; \beta) + \xi_{io}\right)\right] = Prob\left[\xi_{io} - \xi_{ij} < V_j(\cdot) - V_o(\cdot)\right]$$

La expresión anterior presenta la elección modal en términos de la distribución de probabilidad. Por lo general, dependiendo de la distribución que se asigne al término aleatorio, los modelos econométricos que se pueden utilizar son los Logit o los Probit. Si la decisión del medio de transporte se hace de manera secuencial, se utilizan los

modelos Logit jerárquicos (Vivas, 2009).

Los modelos de elección discreta han sido ampliamente utilizados en la literatura económica de los últimos años, especialmente en la economía del transporte. Estos modelos permiten realizar una estimación cuando la variable dependiente sólo puede tomar un número finito de valores, siendo esta variable una probabilidad no observada, y las observaciones elecciones individuales. Aunque los modelos desagregados pueden aplicarse en todas las áreas de planificación del transporte, ha sido una tendencia habitual el centrarse en modelos de elección del modo de transporte.

Para los modelos de elección discreta, según el número de alternativas incluidas en la variable endógena, se distinguen los modelos de respuesta dicotómica frente a los denominados modelos de respuesta o elección múltiple. Según la función utilizada para la estimación de la probabilidad, existen el modelo de probabilidad lineal truncado, el modelo Logit y el modelo Probit. Según que las alternativas de la variable endógena sean excluyentes o incorporen información ordinal, se distinguen entre los modelos con datos no ordenados y los modelos con datos ordenados. Dentro de los primeros, según si los regresores hacen referencia a aspectos específicos de la muestra o de las alternativas entre las que se ha de elegir, se distingue entre los modelos multinomiales y los condicionales (Medina, 2010).

La elección entre siete diferentes categorías implica la utilización de modelos de elección discreta de respuesta múltiple con datos no ordenados; así mismo, la relación de la elección con las características de quien elige, implicaría la utilización de un modelo multinomial o anidado; sin embargo, para el caso de Popayán, en un ejercicio previo se observó que es el logit multinomial el modelo que mejor se ajusta a la explicación de la demanda de transporte.

Cuadro 2. Modelos de elección discreta

No Alternativas	Tipo de alternativa	Tipo de función	Regresor se refiere a:	
			Características de los individuos	Atributos de las alternativas
Modelos de respuesta dicotómica (2 alternativas)	Complementarias	Lineal	Modelo de Probabilidad Lineal Truncado	
		Logística	Modelo Logit	
		Normal tipificada	Modelo Probit	
Modelos de respuesta múltiple (más de dos alternativa)	No ordenados	Logística	Logit multinomial -Logit anidado -Logit mixto	Logit condicional -Logit anidado -Logit mixto
		Normal tipificada	Probit multinomial Probit multivariante	Probit condicional Probit multivariante
	Ordenados	Logística	Logit ordenado	
		Normal tipificada	Probit ordenado	

Fuente: Medina, (2010).

2.2.3. El modelo Logit Multinomial

El principal supuesto del modelo logit es que los términos aleatorios de la función de utilidad son independientes e idénticamente distribuidos (IID), lo cual implica que los individuos con las mismas características observables tienen gustos idénticos, y que cualquier efecto derivado de las características no observables de los individuos o las alternativas, no están correlacionados a través de los individuos ni de las alternativas. MacFadden (1974) ha demostrado que las correspondientes probabilidades de un

modelo multinomial con término de error que sigue esa distribución son:

$$P_{ij} = \frac{e^{V_j}}{\sum_{j=1}^J e^{V_j}}$$

que es la forma general de la función de distribución logística, y expresa la probabilidad de que un individuo i escoja la alternativa j . Las ecuaciones estimadas proporcionan un conjunto de probabilidades para las $J+1$, alternativas que puede elegir una persona, que tenga x_i como características individuales. Es importante eliminar una indeterminación que presenta el modelo. Si se define $\beta'_j = \beta_j + q$ para cualquier vector q , se obtienen exactamente las mismas probabilidades, puesto que todos los términos a los que q afectan se cancelan. Para resolver este problema, podemos normalizar el modelo tomando $\beta_0 = 0$ (Greene, 1999). Por lo tanto las probabilidades resultantes son:

$$Prob(Y=j) = \frac{e^{\beta_j x_i}}{1 + \sum_{k=1}^J e^{\beta_k x_i}} \quad \text{para } j=1, 2, \dots, J$$

$$Prob(Y=0) = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^J e^{\beta_k x_i}}$$

Así si por ejemplo, se consideran tres alternativas (denotadas por 1, 2 y 3). Esta probabilidad también puede expresarse en forma de comparaciones binarias tal y como sea hacia en el logit binomial, expresando la probabilidad de elegir la alternativa 1 como:

$$P_{ij} = \frac{1}{1 + e^{V_{i2} - V_{i1}} + e^{V_{i3} - V_{i1}}}$$

Normalmente se considera que las funciones de utilidad son lineales en los parámetros en cuyo caso vendrían dados por una expresión como la que sigue:

$$V_{ij} = \sum_l \beta_{jl} X_{jl}$$

En este caso, se supone que los parámetros β son constantes para todos los individuos, aun cuando pueden variar entre alternativas, donde l refleja el número de atributos que entran en la función de utilidad de cada alternativa. Además, para una opción cualquiera j existe en X_{ij} que toma el valor uno para todos los individuos que tienen disponible esa alternativa; el coeficiente β_{jl} correspondiente a esa variable se interpreta como “constante modal específica” de la alternativa en cuestión, en este caso de j .

Como el modelo funciona con base en diferencias, no es posible especificar una constante para cada alternativa; por el contrario, lo que se hace es especificar una de las constantes como referencia (igual a cero) y las restantes se obtienen de la estimación, por lo que su valor es relativo al que toma la constante de referencia. En el modelo logit multinomial, las variables independientes pueden ser incluidas de dos maneras: la primera consiste en establecer los coeficientes de una variable como específica para cada una de las alternativas: así, cada alternativa o medio de transporte

tendrá una estimación propia. También se pueden especificar los coeficientes de las variables genéricamente para todos los medios, y así el coeficiente estimado será uno solo para todos los medios de transporte (Mendieta y Perdomo, 2008).

Para estimar los parámetros de la función de utilidad en el modelo logit multinomial se utiliza, en la mayoría de los casos, el método de máxima verosimilitud, y se usa información acerca de preferencias reveladas o declaradas por los usuarios⁵. El método de máxima verosimilitud se basa en la idea de que aunque un ejemplo podría ser originado a partir de muchas poblaciones, existe una probabilidad mayor que haya sido extraído de una determinada población más que de otra. El método de máxima verosimilitud estima el conjunto de parámetros que con mayor probabilidad generará el ejemplo objeto de estudio. Para una muestra aleatoria de tamaño N la función de verosimilitud se puede expresar como el producto de las probabilidades de elección asociadas con M subconjuntos de observaciones, en el que el primer subconjunto incluye N₁ individuos que han elegido la alternativa 1; el próximo subconjunto contiene N₂ individuos que han elegido la alternativa 2, etc, donde todas las observaciones son independientes:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^{N_1} P_{i1} \prod_{i=N_1+1}^{N_1+N_2} P_{i2} \cdots \prod_{i=N_1+N_2+\cdots+N_{M-1}+1}^{N_1+N_2+\cdots+N_M} P_{il}$$

Esta expresión puede ser simplificada definiendo una variable dummy d_{ij} que tiene el valor de 1 cuando el individuo i elige la alternativa j -que pertenece al conjunto de alternativas que tienen disponible (C_i)- y cero en el resto de los casos.

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^N \prod_{j \in C_i} P_{ij}^{d_{ij}}$$

Para simplificar dicha expresión, se aplica logaritmo sin que se alteren los resultados de la maximización, ya que éste coincide para una función dada y el logaritmo de la misma

$$\ln L = l(\beta) = \sum_{i=1}^N \sum_{j \in C_i} d_{ij} \ln P_{ij}$$

Al maximizar l(β) se obtiene un conjunto de parámetros estimados que se distribuyen asintóticamente Normal con media el valor real de dichos parámetros y varianza la matriz de las segunda derivadas de la función de verosimilitud (González, 1994).

2.2.4. La independencia de las alternativas irrelevantes

En los modelos logit multinomial y logit condicional, los cocientes de probabilidades son independientes del resto de las alternativas. Esta propiedad simplifica el proceso de estimación, pero supone una restricción en la modelización del comportamiento de los individuos, que no parece muy razonable; la propiedad de que P_j/P_k sea independiente del resto de probabilidades, el cual se satisface en el modelo logit, recibe el nombre de

⁵ Hablamos de preferencias reveladas cuando se observa el comportamiento real de los usuarios (por ejemplo: el medio de transporte utilizado), y de preferencias declaradas o establecidas cuando se obtienen respuestas de los individuos ante situaciones de elección hipotéticas; finalmente los datos mixtos contienen información proveniente de preferencias reveladas y de preferencias declaradas.

Independencia de Alternativas Irrelevantes (IAI).

La hipótesis de independencia es consecuencia de la hipótesis inicial de que las perturbaciones son independientes y homocedásticas. El contraste de Hausman y MacFadden (1984) se ha diseñado para corroborar esta hipótesis; el planteamiento indica que si un subconjunto del conjunto de alternativas posibles es verdaderamente irrelevante, omitirlo por completo del modelo no conllevará cambios sistemáticos en los estimadores de los parámetros. La exclusión de estas alternativas originará ineficiencia pero no inconsistencia. Pero si los cocientes de probabilidades restantes no son en realidad independientes de estas alternativas, los estimadores de los parámetros que se obtienen cuando se eliminan estas alternativas serán inconsistentes. Éste es el punto de partida habitual del contraste de especificación de Hausman y MacFadden. El estadístico de contraste es:

$$x^2 = (\hat{\beta}_s - \hat{\beta}_f)' [\hat{V}_s - \hat{V}_f]^{-1} (\hat{\beta}_s - \hat{\beta}_f)$$

donde s indica el estimador obtenido con el conjunto restringido, f indica el estimador obtenido con el conjunto de todas las alternativas posibles, y $\hat{V}_s, \hat{V}_f$ son los estimadores respectivos de las matrices de covarianzas asintóticas. La distribución asintótica del estadístico es chi-cuadrado con K grados de libertad (Greene, 1999).

Los diferentes modos de transporte empleados en la ciudad tanto públicos como privados (A pie, bicicleta, moto particular, moto propia, colectivo, taxi y automóvil particular) tienen características diferentes, lo que permite pensar en que el supuesto de independencia de alternativas irrelevantes se cumple. Esto permitiría usar el modelo logit multinomial, puesto que éste permite la asociación de variables discretas múltiples no ordenadas con las características de los individuos que las eligen.

Green, (p. 786, 1999) plantea que si bien es cierto se pueden estimar modelos de elección individual cuyas variables explicativas contengan, una información de las características del individuo y otra información de las diferentes alternativas, en la mayoría de los casos sería bastante costoso obtener conjuntos de datos así. Dada esta restricción, es habitual utilizar modelos o multinomiales o condicionales por separado. En el caso de la presente investigación, las limitaciones de información llevaron a elegir entre estos dos casos el más viable de ser estimado pues la aplicación del instrumento de recolección de información también implicaba limitaciones de recursos y tiempo, y era más viable preguntar a los individuos por sus características socioeconómicas que por la percepción de los atributos de cada modo.

3. Metodología

3.1 El modelo

Para estudiar la demanda de transporte en la ciudad de Popayán, se optó por un modelo de elección modal cuyas opciones son: a pie, bicicleta, moto particular, moto taxi, colectivo, taxi, y automóvil particular. El ejercicio econométrico se enmarca en los modelos de elección discreta de respuesta múltiple para datos no ordenados, específicamente el modelo logit multinomial, pues el modo elegido se asocia con las características socioeconómicas de los individuos que toman la decisión. Ya que las variables ingresos y costos de transporte están muy relacionadas, se realizaron dos modelos, con el fin de evitar posibles problemas de multicolinealidad:

Modelo 1:

$$Modo_i = \beta_0 + \beta_1 tiempo_i + \beta_2 género_i + \beta_3 edad_i + \beta_4 jefe_h_i + \beta_5 ingreso1_i + \beta_6 ingreso12_i + ingreso23_i + \varepsilon_i$$

Modelo 2:

$$Modo_i = \beta_0 + \beta_1 tiempo_i + \beta_2 género_i + \beta_3 edad_i + \beta_4 jefe_h_i + \beta_5 Costo_i + \varepsilon_i$$

Donde:

Modo es la variable dependiente, y las variables explicativas para el primer modelo son: tiempo (minutos por desplazamiento desde el origen hasta el destino), género (toma el valor de 1 para hombre y 0 para mujer), edad (en años), jefe_h (si el individuo es jefe de hogar toma el valor de 1 y 0 en otro caso), ingreso1 (dummy para ingresos menores o iguales a 1 salario mínimo), ingreso12 (dummy para ingresos mayores de un salario mínimo hasta dos), y ingreso23 (dummy para ingresos mayores de dos salarios mínimos hasta tres). Para el segundo modelo se reemplazan las dummies de ingreso por la variable costo (el costo total del desplazamiento), ε corresponde a los errores aleatorios.

3.2 Hipótesis

En el modelo logit multinomial, los valores de los coeficientes asociados a cada variable no se pueden interpretar directamente; de los resultados que el modelo presenta sólo se pueden interpretar los signos de cada coeficiente asociados a cada variable explicativa. Por esta razón, las hipótesis que se plantean a continuación están relacionadas con el signo que acompaña a cada uno de ellos.

- Se espera que en el caso de la variable tiempo el signo sea negativo. Pues a medida que aumenta el tiempo por desplazamiento en los diferentes modos, existe más incentivo para utilizar el modo colectivo.
- Se espera que el signo para la variable género sea positivo para la mayoría de los modos. Bajo la condición de ser hombre es posible que aumente la probabilidad de elegir modos más riesgosos o más rápidos que el colectivo.
- La variable edad puede presentar signos positivos para modos como caminar, taxi y automóvil particular, y signos negativos para las otras alternativas. Pues a medida que aumenta la edad se pueden preferir modos más seguros y saludables como caminar, taxi, o automóvil particular.
- Los signos asociados a la variable jefe de hogar pueden ser negativos para modos más costos (taxi y automóvil particular) y positivos para modos más económicos (A pie, bicicleta, moto, moto taxi). Pues es de esperarse que el jefe de hogar trate de hacer algún tipo de economía en los gastos de transporte.
- Se espera que los signos asociados a las variables de ingreso sean negativos para los modos más costos comparados con la categoría base, y positivos para los modos más económicos, también comparados con la categoría base. Pues para los individuos de ingresos bajos comparadas con los de ingresos altos, es más probable elegir modos más económicos que el colectivo, y menos probable elegir modos más costosos que el colectivo.
- La variable costos se espera que presente signos negativos para todas las categorías. Es decir, a mayores costos por modo aumenta la probabilidad de

utilizar el transporte público colectivo.

3.3 Los datos

La ciudad de Popayán carece de una base de datos que permita estimar los modelos propuestos. Por tal razón se procedió a construirla a partir de una muestra, de la siguiente manera: primero se determinó el tamaño de la muestra, teniendo en cuenta el tamaño de la población del área urbana de la ciudad de Popayán, que según datos proyectados del DANE para el 2010, contaría con 265.702 habitantes para ese año.

El cálculo de la muestra para la recolección de información se realizó entonces con la siguiente fórmula que permite obtener el tamaño muestral para una población finita. (Martínez, 1998):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde: N corresponde al total de la población, Z_{α}^2 Valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido (si la seguridad elegida es del 95%, el valor de esta variable es 1.96^2), p y q son las proporciones esperadas de un parámetro de la población y d el margen de error permitido. Para este caso en particular, se estableció un nivel de confianza del 5% y unas razones $p=0,5$ y $q=0,5$. Con estos valores se encuentra que el tamaño de la muestra es de 384 encuestas⁶. En segundo lugar, las encuestas se realizaron con un muestreo casual o incidental en el centro de la ciudad y el barrio la Esmeralda, los dos lugares que mostraron según el SETP de la Alcaldía municipal (2008) mayor afluencia de viajes según la matriz origen destino allí contenida. Y por último, las encuestas fueron efectuadas en la semana del 30 de agosto al 3 de septiembre de 2010. El instrumento aplicado (ver anexo 1) permitió obtener información sobre las siguientes variables:

Cuadro 3. Características de los individuos

Nombre de la variable	Tipo de variable	Definición
Modo	Discreta	Variable dependiente cuyas categorías son: (1) A pie. (2) Bicicleta. (3) Moto particular o propia. (4) Moto taxi. (5) Colectivo. (6) Taxi. (7) Automóvil particular.
Género	Dicotómica	Toma el valor de 1 si el individuo es hombre y 0 si es mujer
Edad	Discreta	Número de años del individuo.
Educación	Categórica	(1) Ninguno (2) Preescolar y primaria (3) Bachillerato (4) Técnico /Tecnológico (5) Universitario (6) Postgrado

⁶ Los valores de las razones p y q se toman teniendo en cuenta la variable género, pues según datos del DANE, la población total de Popayán se compone en un 48.3%, de hombres, y un 51.6% de mujeres.

Actividad principal	Categórica	(1) Estudiar (2) Trabajar (3) Oficios del hogar (4) Jubilado (5) Rentista (6) Busca trabajo (7) Incapacitado permanentemente para trabajar
Jefe de hogar	Dicotómica	Toma el valor de 1 si es jefe, 0 si no lo es.
Ingreso	Categórica	Corresponde al nivel de ingresos por rangos de salarios mínimos. ⁷
Motivo	Categórica	(1) Trabajo (2) Estudio (3) Negocios (4) Compras (5) Asuntos personales
Tiempo	Continua	Representa el tiempo total empleado por el individuo desde el origen de su viaje hasta su destino.
Costo	Continua	Representa el costo total del viaje en pesos.

Fuente: Elaboración propia

3.4 Estimación y resultados

La presente sección muestra en primera instancia una breve descripción del sistema de transporte de la ciudad; posteriormente se exponen algunas estadísticas descriptivas más relevantes de la encuesta realizada, y finaliza con la presentación de los resultados de los modelos econométricos propuestos, los test realizados a cada uno de ellos, y algunos ejercicios de pos-estimación.

3.4.1. ¿Cómo se movilizan los payaneses?

En cuanto al sistema de transporte de la ciudad, se puede decir que los medios más utilizados son: los de carácter público formal, como los colectivos, busetones, buses y taxis; los de carácter público informal, como las mototaxis; y los privados, como el automóvil, las motos y las bicicletas, y finalmente el modo a pie.

Dentro de la categoría transporte público podemos agrupar a los colectivos, buses y busetones en un solo modo de transporte⁸. Éste servicio es ofrecido por cuatro empresas⁹ que cuentan con 47 rutas autorizadas y con un parque automotor de 663 vehículos. Estos vehículos, en promedio transportan por día 101.604 pasajeros (DANE, 2008). Según datos de la Alcaldía de Popayán (2008), sólo el 49% de las rutas de transporte público colectivo tienen una ocupación del 100% en las horas pico. Este sistema tiene un alto grado de superposición; cada ruta tiene en promedio una frecuencia de despacho de tres (3) minutos y un recorrido de 45 kilómetros, que es un porcentaje alto cuando se compara con el promedio nacional, que está en 20 kilómetros (CONPES, 2009). Finalmente, la tarifa de este modo ha crecido a una tasa promedio de 8.3% anual, en términos reales, en los últimos 2 años.

El esquema institucional que opera en el transporte urbano en el municipio de Popayán

⁷ Aunque la pregunta a los encuestados fue sobre sus gastos mensuales, se asume que esta variable es una buena aproximación al nivel de ingresos de la muestra.

⁸ Estos tres tipos de transporte se pueden agrupar, puesto que el número de buses es muy reducido y sólo cubre tres rutas en la ciudad, y el busetón y el colectivo son vehículos de características similares y cubren rutas indistintamente.

⁹ Transportes Pubenza, Transportadora Libertad, Sotracaucá y TransTambo..

no es el más adecuado, ya que la responsabilidad de la operación se diluye entre las empresas afiliadoras, los conductores y los propietarios. Las empresas son intermediarias entre la autoridad y los propietarios, que en general son un gran número, debido a la dispersión de la propiedad del parque automotor. Los propietarios son inversionistas que ven en el vehículo un negocio independiente; esto juega un papel fundamental en la operación y en la calidad del servicio que se presta al usuario; como los mismos conductores son los responsables del recaudo del sistema, esto genera lo que se conoce en el lenguaje popular como “la guerra del centavo” (CONPES, 2009).

Otro medio de transporte público es el servicio de taxi. Dicho servicio es prestado por cuatro empresas,¹⁰ con un parque automotor de 1126 vehículos. El cobro de las carreras se hace teniendo en cuenta la zona donde el pasajero abordó el vehículo y la zona donde termina la carrera. Cada zona tiene su propia tarifa. Los desplazamientos en la misma zona se cobran con la tarifa mínima. Dicha tarifa también cambia según la hora y el día (si es festivo u ordinario)¹¹.

Popayán, así como otras ciudades intermedias de Colombia, tienen transporte público informal, en este caso concreto: Mototaxis. Actualmente, la Alcaldía de Popayán tiene sólo 41 motos públicas registradas. La figura de moto-taxi no está autorizada para matricular como tal; es por eso que la Secretaría de Tránsito y Transporte no tiene registros al respecto. La informalidad en este tipo de actividad trae consigo serios problemas, además de los propios de la inclusión de la fuerza de trabajo al sistema de seguridad social, como son la inseguridad y la falta de protección de los pasajeros ante un eventual accidente.

Algunas familias solucionan sus necesidades de transporte con modos particulares, como las motos, el automóvil, la bicicleta y el transporte a pie. En cuanto al número de motos y vehículos registrados en la ciudad de Popayán, se tiene que según datos de las Secretaría de Tránsito y Transporte son: 4.214 motos y 10.108 vehículos; pero hay que considerar, también, que algunas motos y vehículos que circulan en la ciudad están matriculados en Timbío, Cauca, por ser más baratos los impuestos en este municipio y por su cercanía.

El transporte en bicicleta es una alternativa utilizada por una parte de la población. No hay datos sobre la demanda de éste tipo de transporte; sin embargo, el SETPC para la ciudad de Popayán contempla la adecuación y construcción de 15 kilómetros de ciclorutas, frente a 88 kilómetros para el transporte colectivo. Este modo de transporte, que además de ser ecológicamente sostenible, representa una alternativa económica para la población de menores ingresos que no ha sido tomada muy en cuenta en los estudios de movilidad realizados en la ciudad. Para terminar, el modo “a pie” es una alternativa a considerar, puesto que las distancias de los barrios periféricos al centro son relativamente cortas, y muchas personas optan por este tipo de desplazamiento.

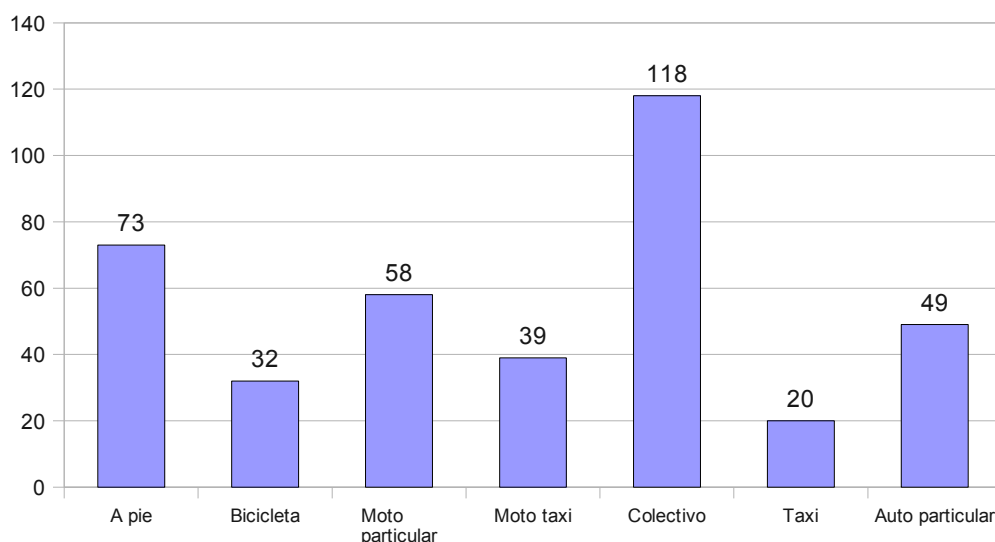
3.4.2. ¿Qué dice la encuesta?

La recolección de la base de datos concluyó con 389 encuestas validas, en donde el 53% de los individuos eran hombres y el 47% mujeres. Entre los encuestados, el modo de transporte más frecuente es el colectivo, con 118 observaciones, seguido por los modos: a pie, con 73; moto particular, con 58; auto particular, con 49; moto taxi, con 39; bicicleta, con 32, y taxi con 20 observaciones.

¹⁰ Servitaxi (327), Tax Belalcázar (585), Trans Tambo (128) y Trans Andino (86).

¹¹ Decreto No 00532 de 2009. Alcaldía de Popayán. Secretaría de tránsito y transporte.

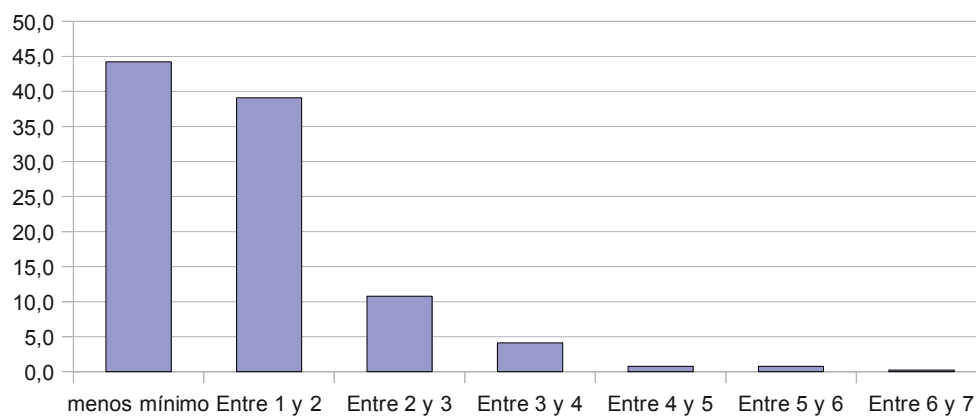
Gráfico 2. Número de observaciones por modos de transporte



Fuente: Elaboración propia.

El rango de edad que más aparece en la muestra está entre los 21 y los 30 años. En cuanto al nivel de escolaridad, el 34,7% de la muestra manifestó tener formación universitaria, el 29,8% bachillerato, el 19,8% formación técnica o tecnológica, seguidos de la formación primaria en un 7,7%; sólo el 7,2% de la muestra declaró tener formación a nivel de postgrado. Las principales actividades a las que se dedican los encuestados son: trabajar y estudiar, con un 63,4% y un 23,1% respectivamente. Además, la muestra arrojó un porcentaje de 52,2% de personas que manifestaron ser jefes de hogar, contra un 47,8% que no lo son. Frente a la variable ingresos, la encuesta arrojó que el 44,2% de los encuestados tienen ingresos de un salario mínimo o menos, el 39,1% salarios mayores a un mínimo y menores que dos, el 10,8% salarios mayores a dos mínimos y menores que tres, y sólo el 0,2% manifestó tener ingresos mayores a tres salarios mínimos, tal como se aprecia en la siguiente gráfica.

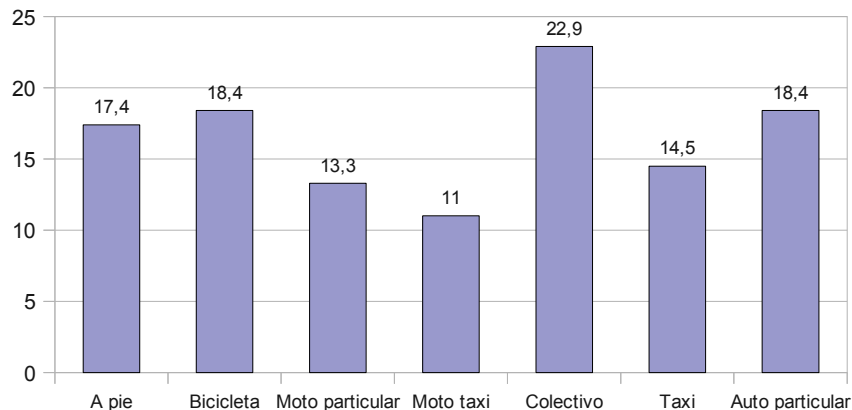
Gráfico 3 Porcentaje por rangos de ingresos



Fuente: Elaboración propia.

En la variable motivo de viaje, se encontró que es el trabajo la actividad que más genera desplazamientos con 234 observaciones, seguida del motivo estudio con 82 observaciones. Otros motivos que generan desplazamientos en la ciudad son: el motivo asuntos personales, que registró 42 observaciones, seguido del motivo negocios, con 19 observaciones y, finalmente, el motivo compras, con 12 observaciones.

Gráfico 4 Tiempo promedio de desplazamiento por modo.



Fuente: Elaboración propia.

Haciendo una relación entre el tiempo de viaje y el modo de transporte, se encontró que el colectivo es el modo que utiliza más tiempo en promedio por trayecto, con 22,9 minutos, seguido del automóvil y la bicicleta, que utilizan 18,4 minutos en promedio; el modo a pie registra un tiempo promedio de 17,4 minutos; le sigue el modo taxi con 14,5 minutos, la moto particular con 13,3 minutos, y finalmente el modo más rápido es la moto taxi, con 11 minutos en promedio por trayecto.

3.4.3. ¿Cuáles son los resultados econométricos?

Después de una primera mirada de tipo descriptivo a la base de datos obtenida a través de la encuesta, se pasa al plano de las relaciones de causalidad, analizando los resultados de los modelos econométricos propuestos. Como lo muestran los resultados presentados en el cuadro 4, la estimación del primer modelo arrojó un pseudo $R^2 = 0.1579$, que como medida de bondad de ajuste, es baja. Sin embargo, este rango se puede considerar normal en este tipo de modelos.

Se observa que la variable tiempo es significativa para los seis modos que se comparan con la categoría base (colectivo); el signo negativo es el esperado, pues tiene sentido que cuando el tiempo de desplazamiento aumenta por cada modo, esto incentiva el uso del transporte público colectivo y disminuye el uso de los otros modos. En el caso de la variable género, los signos son los esperados, salvo en el caso del taxi. Esta variable es significativa sólo para los modos: bicicleta y moto, lo cual representa que, dada la condición de ser hombre, aumenta la probabilidad de utilizar estos modos frente a la posibilidad de utilizar el servicio colectivo. La variable jefe de hogar presenta los signos esperados en todos los modos, menos en el modo taxi, y ella misma es significativa para los modos bicicleta y moto particular. Es decir, que bajo la condición de ser jefe de hogar, aumenta la probabilidad de utilizar estos modos en vez del colectivo.

Las variables de ingresos muestran que en el caso del modo a pie, éstas no son significativas, aunque tienen los signos esperados. Para el modo bicicleta, son significativas las variables de ingresos de uno y dos salarios mínimos, además de tener los signos esperados, lo que quiere decir que para los individuos de ingresos bajos aumenta la probabilidad de pasar del colectivo al modo bicicleta, comparados con los individuos de ingresos altos. Particularmente se encontró que para el modo moto, todos los signos son los esperados y las variables de ingresos son también significativas, lo cual representa que para las personas cuyos ingresos están entre uno y dos salarios mínimos aumenta la probabilidad de utilizar las motos en vez del transporte colectivo, en comparación con los individuos que devengan más de tres salarios mínimos mensuales. Las variables de ingreso no son significativas en el caso del modo moto-taxi.

Se encontró también que la variable ingresos de un salario mínimo o menos, es significativa para el modo taxi y además tiene el signo esperado, lo cual significaría que, comparados los individuos de rentas bajas con los individuos de rentas altas, disminuye la probabilidad de los primeros de pasarse del modo colectivo al modo taxi. Y, finalmente, para el modo automóvil son significativas y con signos esperados las variables de ingresos de un salario mínimo y dos, pues de la misma manera se espera que la probabilidad de pasarse del modo colectivo al automóvil disminuye para estos individuos comparados con los de rentas altas.

Cuadro 4. Resultados del primer modelo de elección modal

Regresión logit multinomial				
. mlogit modo tiempo género edad jefe hogar ingreso1 ingreso2 ingreso3, nolog				
Number of obs=		389	Pseudo R2= 0.1579	
LR chi2(42)=		222.19	Log likelihood = -592.69029	
Prob > chi2=		0.0000		
Variable dependiente	Variables explicativas	Coefficientes	Std. Err.	P> z
A pie	tiempo	-.0689928	.017658	0.000
	género	.291157	.3157012	0.356
	edad	.0390893	.0149581	0.009
	Jefe de hogar	.1821827	.3844264	0.636
	ingreso1	.2086806	.9367002	0.824
	ingreso2	.2414613	.9354212	0.796
	ingreso3	1.148.191	104.798	0.273
	cons	-.8688061	1.084.553	0.423
Bicicleta	tiempo	-.0541592	.0219283	0.014
	género	1.114.863	.4517437	0.014
	edad	.0257621	.0185819	0.166
	Jefe de hogar	1.171.233	.5338363	0.028
	ingreso1	2.034.369	.7136524	0.000
	ingreso2	2.066.497	.8076945	0.000
	ingreso3	-1.174.725	6572202	1.000
	cons	-2.271.877	.	.
Moto	tiempo	-.1313698	.0246367	0.000
	género	1.109.589	.3703203	0.003
	edad	-.0005652	.0192623	0.977
	Jefe de hogar	.7534464	.4327723	0.082
	ingreso1	1.780.776	.6681965	0.000
	ingreso2	1.808.291	.7452202	0.000
	ingreso3	1.798.299	1.062.093	0.000
	cons	-1.729.838	.	.
Moto taxi	tiempo	-.2029079	.0333497	0.000
	género	.0546698	.4064935	0.893
	edad	.0048217	.0217756	0.825
	Jefe de hogar	.6550904	.493599	0.184
	ingreso1	-1.237.704	.9497919	0.193
	ingreso2	-117.754	.9300031	0.205
	ingreso3	-.9213488	1.209.292	0.446
	cons	274.942	1.254.076	0.028
Colectivo (Categoría base)				
Taxi	tiempo	-.12837	.0343682	0.000
	género	-.6501904	.5467832	0.234
	edad	.0545574	.021936	0.013
	Jefe de hogar	.440557	.629711	0.484
	ingreso1	-1.965.274	1.096.951	0.073
	ingreso2	-1.073.564	1.019.773	0.292
	ingreso3	.7240977	1.110.719	0.514
	cons	-.2153908	1.384.152	0.876
Automóvil	tiempo	-.0678639	.021919	0.002
	género	.4981012	.4016594	0.215
	edad	.0337918	.019068	0.076
	Jefe de hogar	-.2662332	.4671566	0.569
	ingreso1	-3.608.617	.7865295	0.000
	ingreso2	-2.226.388	.7021065	0.002
	ingreso3	-.1002845	.7925934	0.899
	cons	1.349.516	1.032.358	0.191

Fuente: Cálculos propios.

Una condición necesaria para la estimación de los modelos logit multinomiales es que se cumpla la Independencia de Alternativas Irrelevantes (IAI), la cual establece que la probabilidad de elegir una alternativa determinada no se ve afectada por la presencia de alternativas adicionales. El test de Hausman permite una aproximación a dicha condición en los modelos planteados en este trabajo. Para este test H_0 indica que la alternativa omitida es independiente de las otras.

Cuadro 5. Test de Hausman para IIA (1^{er} modelo)

**** Hausman tests of IIA assumption (N=389)				
Ho: Odds(Outcome-J vs Outcome-K) are independent of other alternatives.				
Var. omitida	chi2	df	P>chi2	Evidencia
A pie	-0.000	1	1.000	for Ho
Bicicleta	-2.6e+04	39	1.000	for Ho
Moto	0.000	1	1.000	for Ho
Moto taxi	-0.000	1	1.000	for Ho
Colectivo	0.000	1	1.000	for Ho
Taxi	0.000	1	1.000	for Ho
Automóvil	0.000	1	1.000	for Ho

Fuente: Cálculos propios.

Como muestra el test de Hausman del cuadro 5, no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula. De otra manera se puede decir que las alternativas del primer modelo son independientes y es correcto hacer uso del modelo logit multinomial¹² en este estudio. El resultado anterior indica que las condiciones de alternativas irrelevantes se cumple para el modelo de elección modal.

El supuesto de independencia de alternativas irrelevantes supone que la probabilidad relativa de dos alternativas existentes no se ve afectada por la inclusión de una tercera alternativa, situación que no es muy probable cuando existen alternativas muy similares como el caso de coche conductor o coche pasajero, o como el ejemplo típico del autobús azul y el autobús rojo. De existir alternativas tan similares se tendría que los estimadores de los parámetros que se obtienen cuando se elimina una de estas alternativas serán inconsistentes. Para este caso en particular, aunque se tiene un gran número de alternativas de elección, estas difieren de manera importante entre sí. Por ejemplo: en el caso de las motos particulares y las moto-taxis, las características de los mismos en cuanto a seguridad y costos los hace dos bienes diferenciados. El problema de encontrar dos alternativas claramente relacionadas posiblemente se hubiera presentado de haber elegido el colectivo y el busetón, pues son dos modos que no son sustancialmente diferentes y cubren rutas de manera indistinta.

Otro test aplicado a este tipo de modelos es el test de Wald, que permite corroborar la hipótesis de que los coeficientes que acompañan a las variables son iguales a cero. Este test aplicado al primer modelo de elección modal muestra que los coeficientes asociados a las variables explicatorias son significativos al 1%, para el caso de las variables: tiempo, ingreso1, ingreso12 e ingreso23; en el caso de las variables edad y género, estas son significativas al 5 %; presenta problemas la variable jefe de hogar, pues es significativa sólo al 17,3%. Los resultados del test son presentados en el siguiente cuadro:

¹² Cuando la independencia de alternativas irrelevantes no se cumple es necesario utilizar modelos anidados, por ende una vez verificada esta condición, es correcto el uso del modelo logit multinomial.

Cuadro 6. Test de Wald (1^{er} modelo)

*** Wald tests for independent variables			
Ho: All coefficients associated with given variable(s) are 0.			
modo	chi2	df	P>chi2
tiempo	58.298	6	0.000
género	18.466	6	0.005
edad	13.450	6	0.036
jefeh	9.004	6	0.173
dingreso1	1.219.062	6	0.000
dingreso12	984.177	6	0.000
dingreso23	305.695	6	0.000

*Fuente:*Cálculos propios.

El segundo modelo planteado en la metodología deja de lado las variables de ingresos e incluye la variable costo, conservando dentro del mismo las variables tiempo, género, edad y jefatura de hogar. Los resultados de este modelo se presentan en el cuadro 7, donde el pseudo R² es mayor que en el primer modelo e igual a 0.6203, indicando que la variable costo aporta de manera importante en el ajuste del modelo.

En el anterior modelo, la variable género resulta significativa para el modo a pie, y la variable jefe de hogar para el modo moto taxi; pero aunque son significativas, no presentan los signos esperados. En el caso de la variable costos, se encontró que esta es significativa para todos los modos, menos para el modo a pie; los signos son los esperados en las categorías bicicleta y moto. Estos resultados indican que a mayores costos de estos modos, aumenta la probabilidad de usarlos en vez del modo colectivo. Los signos de los costos para las categoría moto-taxi, taxi y automóvil, no son los esperados. La variable tiempo es significativa para los modos, moto, moto-taxi, taxi y automóvil. Además, los signos son los esperados, pues se tiene que, a mayor tiempo necesario en cada modo, los individuos preferirán el modo colectivo. Estos resultados son los esperados, y son cosistentes con otros ejercicios de este estilo, donde la aplicación del MNL llevó a concluir que el tiempo y los costos asociados a cada modo de transporte son variables importantes en la eleccion modal.

Cuadro 7. Resultados del segundo modelo de elección modal

Regresión logit multinomial				
. mlogit modo tiempo costo género edad jefeh, nolog				
Number of obs=		389	Pseudo R2=	0.6203
LR chi2(30)=		873.13	Log likelihood =	-26722246
Prob > chi2=		0.0000		
Variable dependiente	Variables explicativas	Coeeficientes	Std. Err.	P> z
A pie	tiempo	-.0287628	.0419432	0.493
	costo	-3.412.728	8420713	1.000
	género	-1.543.577	.8228057	0.061
	edad	.0268035	.0312903	0.392
	jefeh	.1273819	.8180123	0.876
	cons	5.954.247	1.342.397	0.000
Bicicleta	tiempo	-.005412	.040038	0.892
	costo	-.0076477	.0011649	0.000
	género	-.5148712	.7458806	0.490
	edad	.0171898	.0300852	0.568
	jefeh	1.124.201	.7645041	0.141
	cons	3.185.313	124.692	0.011
Moto	tiempo	-.0691814	.0303267	0.023
	costo	-.0039591	.0007395	0.000
	género	.3917918	.4653816	0.400
	edad	.0034254	.0222909	0.878
	jefeh	.6346214	.5125226	0.216
	cons	3.651.146	1.012.029	0.000
Moto taxi	tiempo	-.2914236	.0504613	0.000
	costo	.0022856	.0007664	0.003
	género	.5850338	.4998418	0.242
	edad	-.0128812	.0292172	0.659
	jefeh	1.141.019	.5683027	0.045
	cons	.3095794	1.212.272	0.798
Colectivo = categoría base				
Taxi	tiempo	-.4623022	.1286202	0.000
	costo	.0057679	.0013201	0.000
	género	-.052248	1.651.334	0.975
	edad	.0184227	.0735278	0.802
	jefeh	.2340466	1.891.345	0.902
	cons	-7.902.553	3.431.292	0.021
Automóvil	tiempo	-.3921288	.1256349	0.002
	costo	.0061938	.001337	0.000
	género	1.314.974	161.598	0.416
	edad	.0218565	.0735986	0.766
	jefeh	-.7730957	1.870.107	0.679
	cons	-1.014.228	3.556.456	0.004

Fuente: Cálculos propios.

Aplicando el test de Hausman para el modelo anterior, se encontró que cuando se estimaba éste con colectivo como categoría base, el test mostraba problemas en dicha alternativa; es decir, no cumplía el supuesto de alternativas irrelevantes para el caso del modo colectivo. Una vez se estimó el modelo con los otros modos como categorías base, el test arrojó buenos resultados para todas las alternativas en todos los ejercicios.

Cuadro 8. Test de Hausman para IIA (2^{do} modelo)

**** Hausman tests of IIA assumption (N=389)				
Ho: Odds(Outcome-J vs Outcome-K) are independent of other alternatives.				
Var. Omitida	Chi2	df	p>chi2	Evidencia
A pie	0.677	25	1.000	for Ho
Bicicleta	0.000	1	1.000	for Ho
Moto	0.000	1	1.000	for Ho
Moto taxi	0.000	3	1.000	for Ho
Colectivo	9.966	25	0.997	for Ho
Taxi	0.000	1	1.000	for Ho
Automóvil	0.000	1	1.000	for Ho

Fuente: Cálculos propios.

La tabla anterior presenta los resultados del test de Hausman para el modelo 2, que incluye en sus variables explicativas los costos por desplazamiento; en este modelo se utilizó el automóvil como categoría base. Este resultado nos permite concluir que para este ejercicio también se cumple es supuesto de IAI. Esta conclusión se basa en la discusión que presentan Long y Freese (2001, pág. 191). A pesar de los datos presentados en el segundo modelo con categoría base colectivo, se puede concluir que es acertado el uso del modelo logit multinomial; los resultados del test de Hausman pueden considerarse claves, y permiten ver que la probabilidad de cometer el error tipo uno en el caso de la IAI es muy baja, casi cero.

Nuevamente se estima el test de Wald; ahora para el segundo modelo. Este test muestra que las variables tiempo y costo, son significativas al 1%, mientras que la variable género lo es al 5%, y jefe de hogar al 14%; la variable edad presenta problemas de significancia.

Cuadro 9. Test de Wald (2^{do} modelo)

**** Wald tests for independent variables			
Ho: All coefficients associated with given variable(s) are 0.			
Modo	Chi2	df	P>chi2
tiempo	41.125	6	0.000
costo	75.418	6	0.000
género	13.119	6	0.041
edad	1.467	6	0.962
jefeh	9.670	6	0.139

Fuente: Cálculos propios.

3.4.4. ¿Qué mostraron los ejercicios de pos-estimación?

Los modelos logit multinomiales también permiten estimar las probabilidades de elección de cada modo condicionadas a las características socioeconómicas de los individuos, así como los efectos marginales. Primero se presentan las probabilidades de

elección de cada modo; después, las probabilidades de elección de cada modo relacionada con una característica socioeconómica, y finalmente se presentan los efectos marginales para cada modelo.

Cuadro 10. Resumen de probabilidades por modos.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Prob.- A pie	389	.1876607	.063026	.0249179	.5268494
Prob.- Bicicleta	389	.0822622	.0699207	8.89e-17	.2776953
Prob.- Moto	389	.1491003	.1093073	8.10e-11	.4476243
Prob.- Moto taxi	389	.1002571	.0907901	.0000466	.4876228
Prob.- Colectivo	389	.3033419	.209795	.0212428	.9494336
Prob.- Taxi	389	.0514139	.0597693	.0002945	.4457073
Prob.- Automóvil	389	.125964	.1475581	.0030147	.6552071

Fuente: Cálculos propios.

Observamos en las probabilidades promedio de elección de los diferentes modos de transporte, que es el transporte colectivo el modo que mayor probabilidad promedio presenta de ser elegido, con un 30%, seguido del modo a pie con un valor de 18,7%. Les siguen el modo moto y el modo automóvil con un 15% y un 13% respectivamente de probabilidad promedio de ser elegidos. El modo moto-taxi presenta una probabilidad promedio de elección del 10%, y finalmente se encuentran el modo bicicleta y el modo taxi, con el 0,8% y el 0.5% de probabilidad promedio de elección respectivamente. Los paquetes estadísticos permiten estimar la probabilidad promedio de elegir determinado modo según dos características del individuo, en este caso en particular el género y la variable jefe de hogar; los resultados de esta estimación se relacionan en la siguiente tabla:

Cuadro 11. Probabilidad de elección de modos por género y jefatura de hogar.

	A Pie Jefe hogar	Bicicleta Jefe hogar	Moto Jefe hogar	Moto taxi Jefe hogar	Colectivo Jefe hogar	Taxi Jefe hogar	Automóvil Jefe hogar
Mujer	0.02700	0.01112	0.0612	0.1159	0.3735	0.0845	0.0837
Hombre	0.2869	0.0272	0.1475	0.0972	0.2967	0.0350	0.1094

Fuente: Cálculos propios.

Las mujeres jefes de hogar presentan una probabilidad del 37% de elegir el modo colectivo, seguido del modo moto-taxi con un probabilidad del 12%; el modo que menor probabilidad tiene de ser elegido por las mujeres jefes de hogar es el modo bicicleta. En el caso de los hombres jefes de hogar, se encontró que el modo con mayor probabilidad de ser elegido es el colectivo, con 30%, seguido de los modos a pie y automóvil, con una probabilidad del 28% y el 10% respectivamente. El modo que menor probabilidad tiene de ser elegido por los hombres jefes de hogar es el modo bicicleta, con un 2% de probabilidad. También se pudo estimar la probabilidad promedio de elección de cada modo, teniendo en cuenta las variables de ingreso, donde se encontraron las siguientes probabilidades:

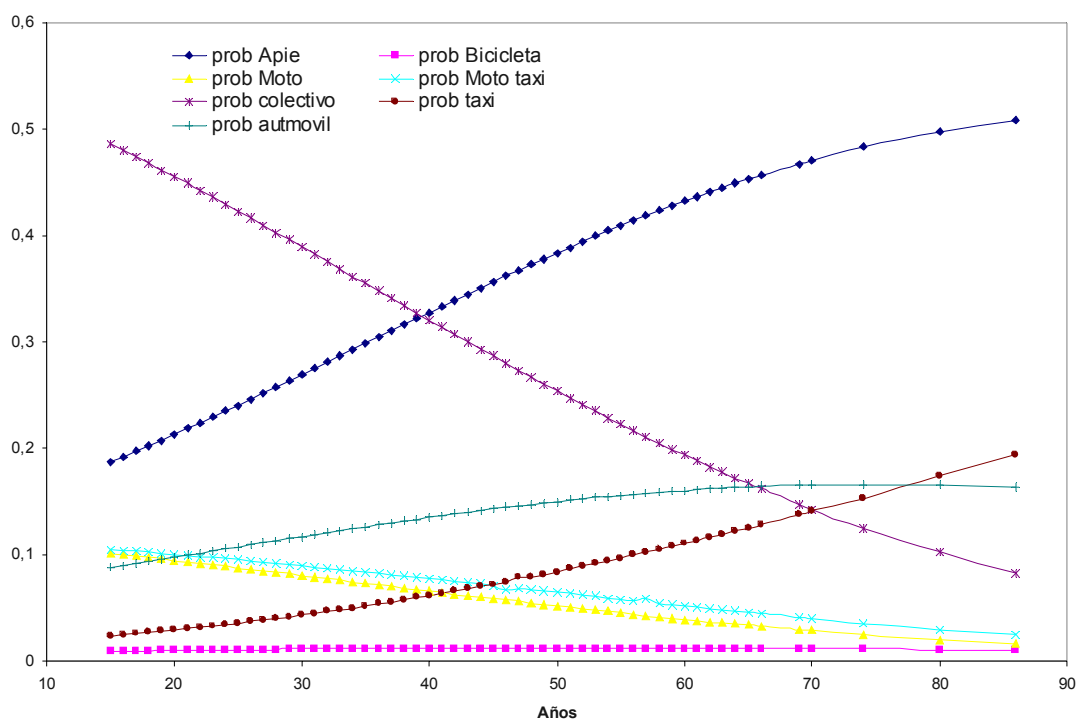
Cuadro 12. Probabilidad de elección de modos por nivel de ingreso.

	Pie	Bicicleta	Moto	Moto taxi	Colectivo	Taxi	Automóvil
INGRESO1	0.0014	0.1686	0.8282	0.0002	0.0016	0.0001	0.0001
INGRESO12	0.0006	0.1768	0.8218	0.0001	0.0006	0.0000	0.0001
INGRESO 23	0.0000	0.0000	0.9999	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Cálculos propios.

Para los individuos que devengan un salario mínimo o menos, y para los que devengan entre uno y hasta dos, el modo con mayor probabilidad de ser elegido es la moto, con un 82%; le sigue el modo bicicleta, con un 16%; de la misma manera, los modos con menor probabilidad de ser escogidos para este grupo son el taxi, el automóvil y la moto-taxi. Entre los individuos que devengan entre dos salarios mínimos y tres, el modo con mayor probabilidad de elección también es la moto, con un 99% de probabilidad de elección. Otra relación interesante que se puede observar es la de la probabilidad de elección del modo y la edad; dicha relación se presenta en la siguiente gráfica:

Gráfico 5. Probabilidad de elección de los modos por edad.

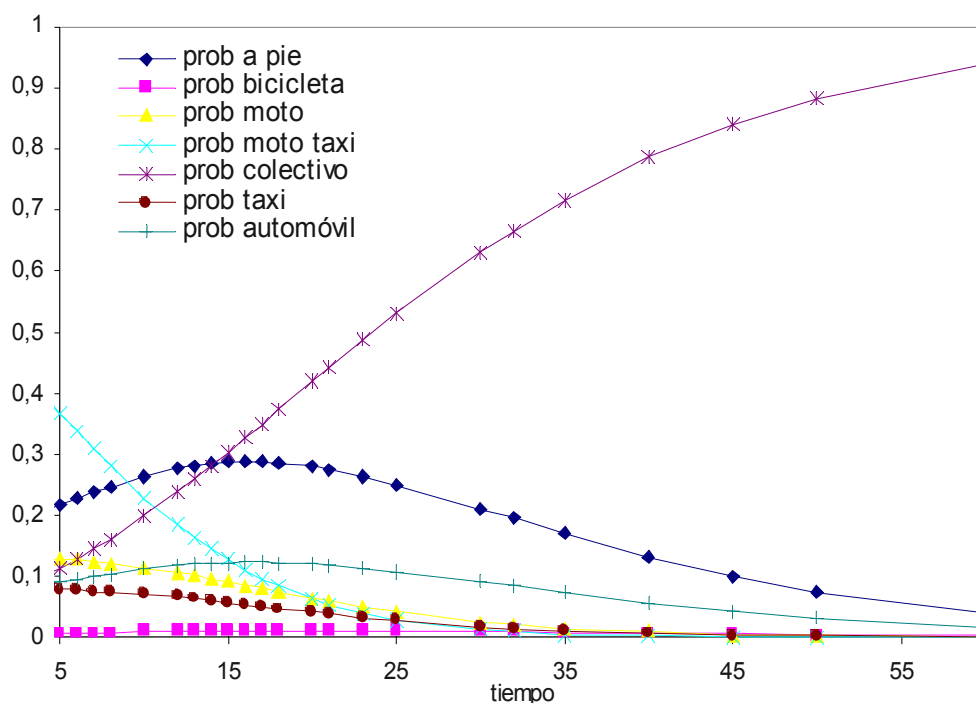


Fuente: Elaboración propia

Se observa claramente cómo la población más joven tiene menor probabilidad de elegir el modo a pie y una mayor probabilidad de escoger el modo colectivo. A medida que aumenta la edad de los individuos encuestados, disminuye la probabilidad de elegir modos como la moto y las moto-taxi, y disminuye más rápidamente la probabilidad de elegir el transporte colectivo; también se observa cómo la probabilidad de elegir el automóvil aumenta lentamente ante el incremento en la edad de los individuos encuestados. El modo taxi y el modo a pie presentan un incremento importante en la

probabilidad de ser elegidos a medida que los individuos de la muestra tienen más edad. Para terminar, se representa la relación entre la probabilidad de elegir los diferentes modos, en relación con el tiempo por desplazamiento.

Gráfico 6. Probabilidad de elección de los modos por tiempo.



Fuente: Elaboración propia

La gráfica anterior muestra cómo para desplazamientos cuyo tiempo está entre 5 y 10 minutos es mayor la probabilidad de elegir modos como a pie y moto taxi. El modo a pie tiene la mayor probabilidad de elección en desplazamientos de 15 minutos; cuando los desplazamientos requieren un tiempo mayor de 30 minutos, la probabilidad de elección baja considerablemente. El modo colectivo presenta las mayores probabilidades de elección en desplazamientos largos, siendo el modo la mayor diferencia en probabilidad respecto de los demás modos, cuando los desplazamientos tardan entre 55 y 60 minutos. Los modos moto, moto taxi y taxi, son los que tienen menor probabilidad de elección en la muestra cuando los desplazamientos son superiores a 25 minutos. El automóvil no presenta cambios importantes en la probabilidad de elección en los desplazamientos de 5 minutos a 35 minutos; para desplazamientos que implican un mayor tiempo sí disminuye un poco la probabilidad de elección.

Los efectos marginales permiten ver cómo cambian las probabilidades de elección de las n alternativas del modelo logit multinomial ante cambios en las variables explicativas (Cameron, 2009). En el caso específico de variables dummy, no se tienen efectos marginales como tal, sino cambios discretos de dichas variables (Long, 2001). Como se muestra en el cuadro 13, para el primer modelo se encontró que los cambios en las probabilidades de elección de los diferentes modos de transporte, ante cambios

discretos en la variable explicativa ingreso, son significativos.

Cuadro 13. .Efectos marginales modelo 1

. mlogit modo tiempo género edad jefe dingreso1 dingreso12 dingreso23,														
	A pie		Bicicleta		Moto		Moto-taxi		Colectivo		Taxi		Automóvil	
VARIABLE	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.
tiempo	-0,00223		8,02E-006		-0,0043851		-0,012557		0,023283		-0,003302		-0,0008141	
Género'	0,02948		0,0010209		0,0572882		-0,011785		-0,0710769		-0,043009		0,038073	
edad	0,005945		7,71E-006		-0,0012146		-0,001242		-0,0071385		0,0017617		0,0018806	
jefe de h.'	0,010179		0,0011461		0,0376267		0,0376267		-0,0554826		0,0142691		-0,052284	
Ding-1'	-0,17376		0,067905		0,9315122		0,9315122	***	-0,2465057	*	-0,076458	**	-0,4029439	*
Ding-12'	-0,22968	*	0,786778		0,9210778		0,9210778	**	-0,3264535	*	-0,064547	**	-0,2580719	*
Ding-23'	-0,28105	*	-0,0042799	*	0,9902467	*	0,9902467	*	-0,4114405	*	-0,049448	*	-0,1377226	*
(*) dy/dx para cambios discretos en variables dummy de 0 a 1														
* Significancia al 1%, **significancia al 5%, ***significancia al 10%														

Fuente: Cálculos propios.

Del cuadro anterior se desprende que cuando un individuo pasa de no pertenecer al rango de ingreso entre un salario mínimo y dos a pertenecer a él, la probabilidad de elegir el modo de transporte a pie disminuye. El mismo resultado se obtiene para el rango de ingreso entre dos y tres salarios mínimos. En el modo bicicleta, la probabilidad de elegir este modo de transporte disminuye, aunque muy poco, cuando un individuo entra al rango de ingresos entre dos y tres salarios mínimos, a diferencia del modo moto, que aumenta de manera significativa la probabilidad de elección del mismo, cuando el individuo pasa a pertenecer a este rango de ingresos. Ante cambios discretos en los tres rangos de ingresos, se genera un aumento significativo en la probabilidad de elección del modo mototaxi para todos los rangos; caso contrario con los modos colectivos, taxi y automóvil, para los cuales un cambio discreto en los tres rangos de ingreso generan una disminución en la probabilidad de elección de los tres modos.

Cuadro 14. .Efectos marginales modelo 2

. mlogit modo tiempo costo género edad jefe														
	A pie		Bicicleta		Moto		Moto-taxi		Colectivo		Taxi		Automóvil	
VARIABLE	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.	dy/dx	sig.
tiempo	0		7,00E-005		-0,0001489		-0,047898	*	0,0482979	*	-0,000173		-0,0001314	
Costo	0		-6,95E-006		-0,0002592	*	0,0004359	*	-0,0001746		2,42e-06		2,40e-06	
Género'	0		-6,02E-004		0,0148678		0,0920488		-0,1067048		-0,000088		0,0004778	
edad	0		0,0000174		0,0003658		-0,002213		0,0018106		9,17E-006		9,83E-006	
jefe de h.'	0		0,0007277		0,0210477		0,1797183	**	-0,2010274	**	-0,000021		-0,0004455	
(*) dy/dx para cambios discretos en variables dummy de 0 a 1														
* Significancia al 1%, **significancia al 5%, ***significancia al 10%														

Fuente: Cálculos propios.

En el modelo dos donde se incluye la variable costos y se omite las variables dummy de ingresos, se encontró que incrementos en el tiempo por desplazamiento genera un

aumento en la probabilidad de elección del modo colectivo y una disminución en la probabilidad de elección en el modo moto-taxi. En ambos casos los cambios de la probabilidad son pequeños. En cuanto a la variable costos, esta mostró que incrementos en los costos por desplazamiento generan una mínima disminución en la probabilidad de elección del modo moto y un pequeño incremento en la probabilidad de elección del modo moto-taxi. Finalmente, en la probabilidad de elección del modo moto-taxi, aumenta ante el hecho de pasar de no ser jefe de hogar a serlo; caso contrario del modo colectivo, cuya probabilidad disminuye cuando el individuo pasa a ser jefe de hogar.

4. Comentarios finales y recomendaciones.

Se puede concluir que: variables como los costos, el tiempo, los ingresos y la edad, son determinantes en la elección modal en la ciudad de Popayán, a diferencia de variables como el género, y el ser o no jefe de hogar. Este resultado es consecuente con los hallazgos de ejercicios similares en otras partes del país y del mundo.

La variable costos mostró ser significativa en las categorías: bicicleta, moto, moto-taxi, taxi y automóvil, aunque los signos no fueron los esperados en estas últimas dos categorías; hay varias reflexiones al respecto de este resultado. En primer lugar, aquellas decisiones que afecten los costos de modos como el taxi y el automóvil, pueden no influir en la elección de este modo; por tal razón, el control del uso del vehículo, para evitar congestiones, por la vía de los costos puede no tener mucho éxito. En segundo lugar, la elección del modo de automóvil particular es elevada si se compara con la población que tiene ingresos superiores a tres salario mínimos; siendo así, la decisión de tener vehículo particular como modo de transporte puede deberse a otros factores diferentes a los costos por desplazamiento, en esta alternativa.

La variable tiempo en los dos modelos arrojó muy buenos resultados, pues tanto los signos como la significancia coincidieron; es decir, el factor tiempo es clave en la elección modal. Esto es de gran importancia en el manejo de la política de transporte público, pues el sistema de transporte público informal (moto taxi) tiene esta ventaja sobre los demás modos en este sentido, ya que presenta los menores tiempo promedio por desplazamiento. Este resultado permite pensar que las medidas de control del transporte público informal que no impliquen una disminución los tiempos por desplazamiento de los modos que compiten con este servicio, no tengan resultados favorables.

Los ingresos de los individuos de rentas bajas, comparados con los de rentas altas, explican la elección de modos como la moto, la bicicleta, el taxi y el automóvil. Modos como a pie y moto taxi son explicados por otras variables. Se encontró, así mismo, que los modos que tienen mayor probabilidad de ser elegidos por las personas de rentas bajas son: la moto en primer lugar y posteriormente la bicicleta, lo cual trae consigo una importante implicación en términos de políticas públicas, debido a que las decisiones que restringen el uso de este medio perjudican a una importante fracción de la población. Ejemplo de lo anterior es la medida del pico y placa para las motos en toda la ciudad, que rige hace ya algún tiempo. Los impactos de esta decisión de política pueden ser objeto de estudio en posteriores trabajos.

Otro resultado a considerar es el encontrado respecto a la edad como variable explicativa de la elección modal. En el caso del modo a pie, la probabilidad de elegir este modo es alta en las personas de mayor edad, tal vez porque caminar se considera una

práctica saludable, sobre todo para personas que ya no pueden practicar otro tipo de deportes. Así mismo, estos individuos tienen menor probabilidad de utilizar el modo taxi, quizás por razones de seguridad y comodidad. También se encontró que al aumentar la edad de los individuos, es más probable que se elija el modo automóvil, puesto que más años de trabajo pueden permitir los ingresos suficientes para acceder a este tipo de transporte. Los individuos más jóvenes tienen mayores probabilidades de escoger modos que impliquen una mayor habilidad en el usuario para poder ser utilizados, por ejemplo: las motos y el colectivo. De hecho, la probabilidad de que las personas de mayor edad utilicen motos es muy baja, casi cero. Aunque cabe resaltar que para los individuos más jóvenes, el modo que mayor probabilidad de elección presentó fue el modo colectivo. La probabilidad de utilizar el modo bicicleta no tiene cambios importantes con la edad de los individuos, lo que podría implicar que ésta no es una variable determinante en la decisión de usar la bicicleta.

Las variables género y jefe de hogar mostraron no ser relevantes en la elección modal, pues son significativas para pocos modos en ambos modelos, y en algunos casos los signos no corresponden con los esperados; de otro lado, el modo a pie mostró que su elección no está determinada por los costos, ni por los ingresos fundamentalmente. La cercanía del origen y el destino puede ser una buena explicación de la elección de este modo; sin embargo, esta variable no está contemplada en el presente trabajo.

Los resultados encontrados permiten aventurarse en algunas recomendaciones de política económica en materia de transporte público. En primer lugar, y teniendo en cuenta que modos más económicos son ampliamente elegidos por la población, políticas orientadas a incentivar el uso del modo a pie, bicicleta y moto particular, pueden impactar significativamente en la población; es decir, mejores condiciones de seguridad en las vías, ciclorutas y cultura ciudadana que permita hacer uso de estos modos de forma más segura y generalizada, pueden ser alternativas para mejorar la movilidad en la ciudad.

De otro lado, si se quiere incentivar el uso del transporte público colectivo, es necesario tener en cuenta tanto el tiempo como el costo por desplazamiento. Por un lado, el aumento en términos reales de la tarifa en los últimos años, hace que el desplazamiento en colectivo se haga caro comparado con modos como la moto particular, cuyo costo se estimó en aproximadamente de 165 pesos por kilómetro¹³. Así mismo, el colectivo compite con las moto-taxis, que tienen los menores tiempos por desplazamiento de todos los modos. Este último medio de transporte, aunque inseguro, ha subsistido en el mercado, a pesar de las medidas tomadas por la alcaldía municipal (retenes, multas, pico y placa y restricción de parrilleros en el centro de la ciudad), toda vez que no se ha atacado su principal ventaja competitiva: El tiempo. Entonces, las recomendaciones para mejorar el uso del transporte público colectivo son: mantener el valor real de la tarifa y disminuir los tiempos promedio por desplazamiento.

Parte de las políticas de transporte público en las ciudades busca disminuir el uso de automóviles particulares, y así disminuir la presión sobre la infraestructura existente, pues nuevas carreteras requieren de tiempo y grandes inversiones. El problema con este modo en la ciudad es que la elección del mismo parece no estar explicada ni por los costos, ni por los ingresos; por ende, encarecer su uso puede no ser la política más adecuada; por consiguiente, se hace necesario indagar aún más sobre las razones por las cuales los payaneses compran vehículo.

¹³ Para una moto de cuatro tiempos y de 110 cilindros

Para finalizar cabe hacer algunas consideraciones sobre algunos resultados y posibles líneas de trabajo en el área de la demanda de transporte para la ciudad a futuro. En primera instancia la variable género puede tener más peso explicativo si la elección modal tiene que ver con el motivo por el cual los ciudadanos viajan, es decir los ejercicios de elección modal que implican el motivo del viaje encuentran en la variable género una variable explicativa de mayor participación. Así mismo el estudio debería abordar un análisis detallado del impacto del ingreso en la elección modal compaginando los resultados obtenidos con información sobre la línea de pobreza de la ciudad y por rangos socio demográficos.

Una línea de trabajo posible a seguir es el análisis de las políticas públicas vigentes en la ciudad. Este ejercicio podría realizarse desde un enfoque que involucre tanto los costos privados como los costos sociales de algunas de ellas, ejemplo: las motos particulares que si bien es cierto tienen bajos costos privados pueden tener altos costos sociales en términos de contaminación y accidentalidad, motivar su uso puede no ser una solución viable a largo plazo. Este caso particular y la discusión sobre la viabilidad del sistema integrado de transporte en la ciudad son temas totalmente pertinentes dado la coyuntura que atraviesa no solo la ciudad sino también el país en materia de transporte público.

REFERENCIAS

Abdel-Aty y Abdelwahab (2001) *Calibration of Nested-Logit mode-choice models for Florida*. Department of Civil & Environmental Engineering. University of Central Florida. 2001.

Abdul, I. (2006) *Modeling mode choice behavior of motorcyclists in Malaysia*. Universiti Putra Malaysia. 2006.

Alcaldía de Popayán, *Sistema Estratégico de Transporte Público Colectivo*. SETPC. 2008.

Alcaldía de Popayán, DECRETO No 00532 de 2009. Secretaría de tránsito y transporte.

Álvarez, I. (2005). *Parámetros generales de un modelo de evaluación ex ante de beneficios para proyectos de transporte masivo: el caso del sistema integrado metrolínea en Bucaramanga*. Tesis Magíster en Economía. Facultad de Economía. Universidad de los Andes, Bogotá Colombia.

Alvis, J. Arellano, W. & Toro, D. (2005) “*Transporte público en Cartagena: ¿Qué factores determinan las preferencias de los usuarios?*” En: Economía y Región Vol. 2 No.3 Julio de 2005. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad Tecnológica de Bolívar.

Amador, F., González, R., & Ortúzar, J., (2004) *Preference heterogeneity and willingness to pay for travel time*. Documento de Trabajo, Universidad de La Laguna. Departamento de Análisis Económico y Pontificia Universidad Católica de Chile.

Andrade, K., K. Uchida, S. Kagaya, A. Dantas, and A. Nicholson. *A GA-based Transport Modal Choice Model*. Proceedings of the 34th Meeting of the Infrastructure Planning, JSCE, Takamatsu, Japan, 2006.

Bhat, C. R. (1997). “*An Endogenous segmentation mode choice model with an application to intercity travel*”. Transportation Science 31, 34-48 .

Bhat, C. R. y J. Guo (2003). “*A mixed spatially correlated logit model: formulation and application to residential choice modeling*”. 2003 IATBR Conference, Lucerne, Switzerland.

Barrio, C. & Martínez, M., (1998) “*The demand for urban transport: An application of discrete choice model for Cadiz*”. Trabajo presentado en: “38th Congress of the European Regional Science Association” Departamento de Economía General. Facultad de Economía, Universidad de Cádiz, Cádiz, España.

Ben-Akiva, M. y M. Bierlaire (1999). “*Discrete choice methods and their application to short term travel decisions*”. En R. Hall (ed.), Handbook of Transportation Science. International Series in Operations Research and Management Science, Vol. 23. Kluwer.

Cameron, A. Trivedi, P. (2009) *Microeconometrics using stata*. Stata press. College

Station, Texas. USA.

Cascetta, E. y Papola, A. (2003). "A joint mode-transit service choice model incorporating the effect of regional transport service timetables". *Transportation Research Part B* 37, 595-614.

Chavarriaga, F. (2006). *Análisis de decisión modal y bienestar: Una estimación de la demanda de transporte basado en la encuesta de movilidad*. Memorias de grado, Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Chu, C. (1981). *Structural issues and sources of bias in residential location and travel choice models*. PhD Thesis, Northwestern University.

DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/. (Consulta: Agosto de 2010).

DANE. (2008) *Informe de Coyuntura Económica Regional*. ICER II semestre 2008.

De Rus, G., Campos, J., & Nombela, G. (2004). *Economía del transporte*. Gran Canaria: Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Antoni Bosh Editores.

Departamento Nacional de Planeación, DPN.(2009) *Documento CONPES 3602*. Agosto de 2009.

Domencich, T.A. y D. McFadden (1975). «*Urban Travel Demand. A behavioral analysis*». North Holland: Amsterdam, 1975. Reprinted by The Blackstone Company: Mount Pleasant, MI, 1996.

Dubin, J. y Zeng, L. (1991). "The Heterogeneous Logit model". Caltech Social Science Working Paper: 759, February 1991.

Espino, R., (2003). *Análisis y predicción de la demanda de transporte de pasajeros: Una aplicación al estudio de dos corredores de transporte en Gran Canaria*. Tesis doctoral. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. 2003.

Feo, M; Espino, R; García, L. (2011) "Estimación de un modelo de elección modal en el mediterráneo occidental: análisis con preferencias declaradas". In *Transport Policy*. Amsterdam. ISSN 0967-070X. Number 18. Pages 60-67

Galán, J. R. (2005). "Determinantes de la demanda por transporte público y privado en el área metropolitana de Monterrey". En *CIENCIA UANL* Vol. VIII, No. 4, Octubre-Diciembre 2005. p.p. 495-501. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Gaudry, M. (1978). "A Generalized Logit mode choice model". Publication 78, Centre de Recherche sur les Transports, Université de Montréal.

González, R. M.(1995) *La demanda de transporte de pasajeros en el trayecto Gran Canaria-Tenerife. Una aplicación de los modelos de elección discreta*. Tesis doctoral Universidad del la Laguna. Tenerife.

Greene, W. H. (1999). *Análisis econométrico*, (3ª ed.). Madrid. Prentice Hall.

Islas, V. M., Rivera, C., & Torres, G (2002). *Estudios de la demanda de transporte. Publicación Técnica No 213*. México, D. F.: Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Instituto Mexicano del Transporte.

Long, J. y Freese, J. (2001). *"Regression models for categorical dependent variables using Stata"*. A Stata Press Publication STATA CORPORATION College Station, Texas-Estados Unidos.

MacFadden, D. (1974). *"The measurement of urban travel demand"*, En Journal of public economics 3. p.p. 303-328. North Holland Publishing Company.

Martínez, Ciro. (1998). *Estadística y muestreo*. (9ª ed.). Ecoe Editores. Bogotá Colombia.

Mendieta, J. C., & Perdomo, J. A., (2008). *Fundamentos de economía del transporte: Teoría, metodología y análisis de política*. Bogotá: Universidad de los Andes. Facultad de Economía, Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico -CEDE- Editorial Uniandes.

Moreno, D., Sarmiento, I. González-Calderón, C. (2010). "Políticas para influir en la elección modal del uso de vehículos privados en la universidad: El caso de la Universidad de Antioquia". Dyna, 78, N. 165, pp. 101-111. Medellín.

Munizaga, M. A. (1997). *Implicancias de la naturaleza de los datos en la modelación de elecciones discretas*. Tesis Doctoral. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería.

Müller, S. Tscharaktschiew, S. Haase, K. (2008). *"Travel-to-school mode choice modelling and patterns of school choice in urban areas"*. Journal of Transport Geography, Volume 16, Issue 5, pp 342-357.

Orro, A. (2005) *Modelos de elección discreta en transportes con coeficientes aleatorios*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de la Coruña. España.

Pérez, C. (2006). *Problemas Resueltos de Econometría*. Primera Edición. Editorial Thomson. Madrid, España.

Primerano, F. (2003) *Mobility considerations in restricting choice sets in modal choice models*. 25th Conference of Australian Institutes of Transport Research. University of South Australia.

Sartori, J. (2003). *Estimación de elasticidades de demanda para el transporte urbano de pasajeros de la ciudad de Córdoba (Argentina)*. Departamento de Economía y Finanzas Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Córdoba Argentina.

Steckel, J. H. y Vanhonacker, W. R. (1988). *"A heterogenous conditional logit model of choice"*. Journal of Business & Economic Statistics 6, 391-398.

Sorensen, M.V. (2003). *Discrete Choice Models. Estimation of Passenger Traffic*. PhD thesis, Danish Technical University. May 2003.

Train, K., (2003). *Discrete choice analysis methods with simulation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Vivas, H. (2009). *Notas de clase: curso de Economía del Transporte*. Maestría en Economía Aplicada. Universidad del Valle.

Vovsha, P. (1997). *"The cross-nested logit model: Application to mode choice in the Tel-Aviv metropolitan area"*. Conference presentation, 76th Transportation Research Board Meetings, Washington, DC.

Wen C. H. y Koppelman, F. S. (2001). *"The Generalized Nested Logit model"*. Transportation Research Part B 35, 627-641.

Xie, C. Lu, J. y Parkany, E. *"Work Travel Mode Choice Modeling using Data Mining: Decision Trees and Neural Networks"* Transportation Research Record, A Journal of the Transportation Research Board, 2003, pages 50-61.



ANEXO 1
MAESTRÍA EN ECONOMÍA APLICADA
TRABAJO DE CAMPO PARA EL ESTUDIO:
DEMANDA DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE POPAYÁN
AUTORA DEL ESTUDIO: Claudia Liceth Fajardo Hoyos.

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL MODO DE TRANSPORTE.

A. Señale cuál es el medio de transporte que normalmente utiliza para acudir a sus actividades diarias. (Sólo uno)

Modo:

- (1) A pie.
- (2) Bicicleta.
- (3) Moto particular o propia.
- (4) Moto taxi.
- (5) Colectivo.
- (6) Taxi.
- (7) Automóvil particular.

E. ¿Cuál es la principal razón por la que elige este medio de transporte?

Características del modo:

- (1) Seguridad
- (2) Rapidez
- (3) Disponibilidad
- (4) Comodidad
- (5) Precio
- (6) Salud
- (7) Cercanía a su destino más frecuente.

G. ¿Con qué fin se moviliza principalmente en la ciudad?

Motivo de viaje:

- (1) Trabajo
- (2) Estudio
- (3) Negocios
- (4) Compras
- (5) Asuntos personales

B. ¿Cuánto tiempo en promedio (minutos) dura su desplazamiento más frecuente desde su origen hasta su destino?

Tiempo: Minutos: _____

C. ¿Cuánto paga por su desplazamiento más frecuente?

Costo: \$ _____ (para vehículos propios) Parquero por hora: \$ _____

D. ¿Cuál es la distancia aproximada de su trayecto más frecuente? Ó cuál es el origen de su desplazamiento más frecuente y su destino?

Distancia: Km _____ Metros _____ Cuadras _____
Origen _____ Destino _____

INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO

A. Género: Hombre (____) Mujer (____)

B. Edad: Años _____

C. ¿Cuál es su nivel de escolaridad?

Educación: (1) Ninguno
(2) Preescolar y primaria
(3) Bachillerato
(4) Técnico /Tecnológico
(5) Universitario
(6) Postgrado

D. ¿Cuál es su actividad principal? A qué se dedica principalmente?

Actividad principal: (1) Estudiar
(2) Trabajar
(3) Oficios del hogar
(4) Jubilado
(5) Rentista
(6) Busca trabajo
(7) Incapacitado permanentemente para trabajar

E. ¿Es usted jefe de hogar?

Jefe del Hogar: Si _____ No _____

F. ¿A cuanto ascienden sus gastos personales al mes?

Valor aproximado \$ _____

Ingresos: (1) Menos de un salario mínimo (<\$576.500)
(2) Entre un mínimo y dos. (\$576.500 -1'153.000)
(3) Entre dos y tres. (1'153.000 - 1'729.500)
(4) Entre tres y cuatro. (1'729.500 -2'306.000)
(5) Entre cuatro y cinco. (2'306.000.-2'882.500)
(6) Entre cinco y seis. (2'882.500.- 3'459.000)
(7) Entre seis y siete. (3'459.000- 4'056.500)
(8) Entre siete y ocho. (4'056.500.-4'612.000)
(9) Entre ocho y nueve. (4'612.000 - 5'188.500)
(10) Entre nueve y diez (5'188.500- 5'765.000)
(11) Más de diez. (>5'765.000)

ANEXO 2

COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE.

El modo caminar y bicicleta tienen un costo de \$0 por trayecto.

El costo del transporte en moto taxi se obtuvo directamente del encuestado; estos valores oscilan entre \$1.000 y \$2.500 según el trayecto recorrido.

El costo de la moto particular se obtuvo estimando el costo por kilómetro de una moto de cuatro tiempos - 110 cilindros y multiplicado por la distancia que recorre cada individuo.

Costos monetario por kilómetro de la motocicleta	
Costos fijos	
Kilómetros recorridos en promedio en un año.	12000
Costo de una moto (4 tiempos y 110 cilindros) por año	718000
Costo Soat por año	287000
Costo del mantenimiento promedio por año	20000
Total costos fijos	1025000
Total costos fijos por kilómetro	85,4166
Costos variables	
Gasolina por kilómetro. (Sep 2010 \$8.700xgalón. 1Galónx120Km)	72,5
Aceite (3 cambios en el año 13.000 c/u)	3
Llantas (Un par cada 2 años. \$50.000 año/Km)	4,1666
Costos totales variables	79,6666
Costo total promedio por kilómetro	165,0833

Fuente: Almacén Remo Yamaha Popayán.

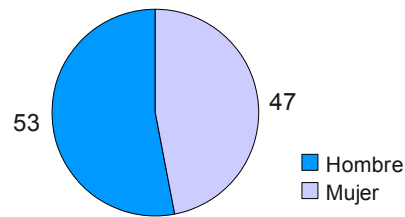
El pago en los modos taxi y mototaxi se obtuvieron directamente del encuestador y corresponden a las tarifas establecidas según su origen y destino.

El costo de la alternativa automóvil particular se calculó tomando como aproximación al costo de cada trayecto, el valor de una carrera de taxi desde el origen a su destino, considerando además, para caso particular, la tarifa que paga por el servicio de parqueadero por hora.

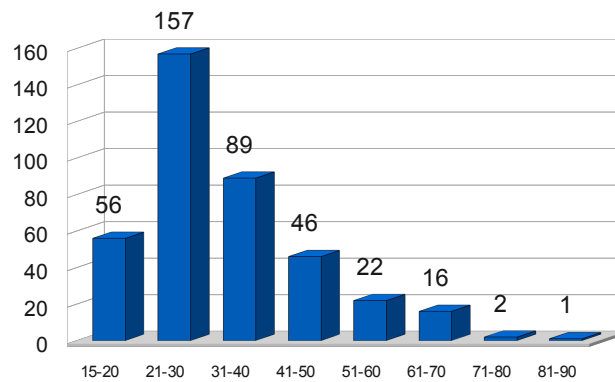
ANEXO 3

DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL MODELO

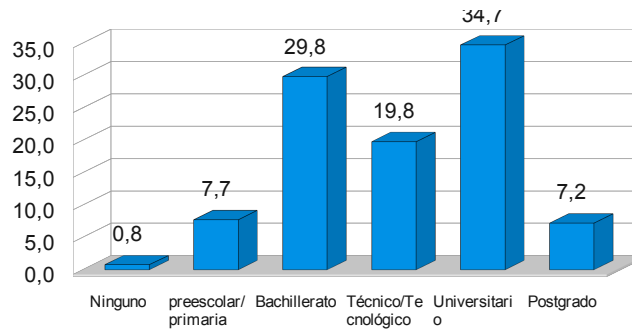
1. Porcentaje de hombres y mujeres encuestados.



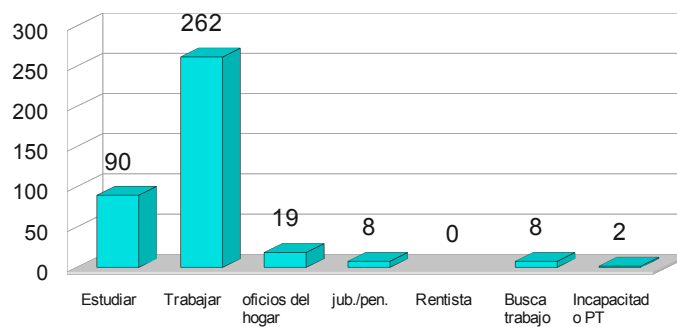
2. Número de personas encuestadas por rangos de edad.



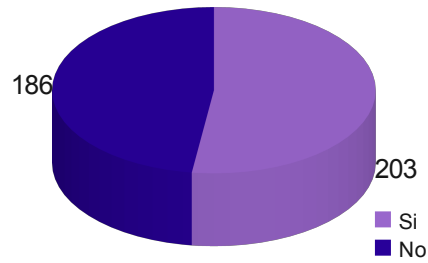
3. Nivel de escolaridad en porcentajes.



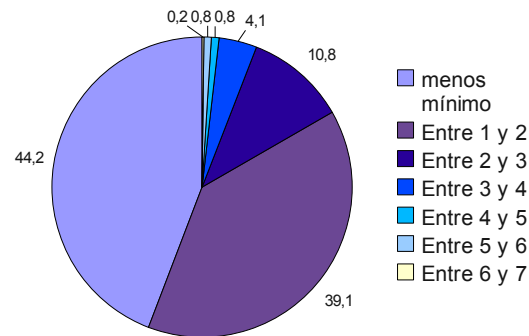
4. Actividad principal.



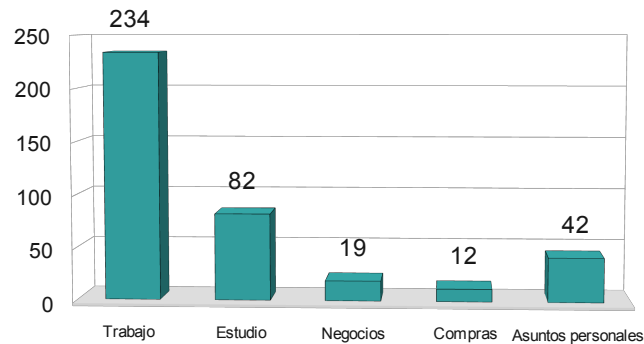
5. Número de personas jefes de hogar.



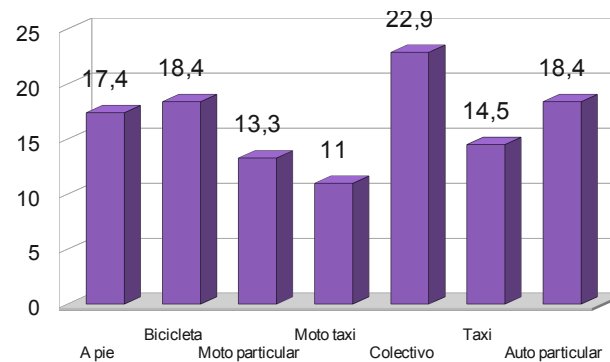
6. Porcentaje según gastos mensuales.



7. Número de personas por motivo de los desplazamientos más frecuentes.



8. Tiempo promedio de desplazamiento por cada modo.



ANEXO 4

SALIDAS DE LOS MODELOS ESTIMADOS.

```
. mlogit modo tiempo gnero edad jefe dingreso1 dingreso2 dingreso23, nolog
```

Multinomial logistic regression

Log likelihood = **-592.69029**

Number of obs = **389**
 LR chi2(42) = **222.19**
 Prob > chi2 = **0.0000**
 Pseudo R2 = **0.1579**

	modo	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
1	tiempo	-.0689928	.017658	-3.91	0.000	-.1036019	-.0343837
	gnero	.291157	.3157012	0.92	0.356	-.327606	.9099201
	edad	.0390893	.0149581	2.61	0.009	.009772	.0684065
	jefe	.1821827	.3844264	0.47	0.636	-.5712792	.9356446
	dingreso1	.2086806	.9367002	0.22	0.824	-1.627218	2.044579
	dingreso2	.2414613	.9354212	0.26	0.796	-1.591931	2.074853
	dingreso23	1.148191	1.04798	1.10	0.273	-.9058114	3.202193
	_cons	-.8688061	1.084553	-0.80	0.423	-2.99449	1.256878
2	tiempo	-.0541592	.0219283	-2.47	0.014	-.097138	-.0111804
	gnero	1.114863	.4517437	2.47	0.014	.2294615	2.000264
	edad	.0257621	.0185819	1.39	0.166	-.0106576	.0621819
	jefe	1.171233	.5338363	2.19	0.028	.124933	2.217533
	dingreso1	20.34369	.7136524	28.51	0.000	18.94496	21.74243
	dingreso2	20.66497	.8076945	25.59	0.000	19.08191	22.24802
	dingreso23	-11.74725	.6572202	-0.00	1.000	-1.29e+07	1.29e+07
	_cons	-22.71877	.	.	.	.	.
3	tiempo	-.1313698	.0246367	-5.33	0.000	-.1796567	-.0830828
	gnero	1.109589	.3703203	3.00	0.003	.383774	1.835403
	edad	-.0005652	.0192623	-0.03	0.977	-.0383187	.0371883
	jefe	.7534464	.4327723	1.74	0.082	-.0947718	1.601665
	dingreso1	17.80776	.6681965	26.65	0.000	16.49812	19.1174
	dingreso2	18.08291	.7452202	24.27	0.000	16.6223	19.54351
	dingreso23	17.98299	1.062093	16.93	0.000	15.90132	20.06465
	_cons	-17.29838	.	.	.	.	.
4	tiempo	-.2029079	.0333497	-6.08	0.000	-.2682722	-.1375436
	gnero	.0546698	.4064935	0.13	0.893	-.7420428	.8513824
	edad	.0048217	.0217756	0.22	0.825	-.0378577	.047501
	jefe	.6550904	.493599	1.33	0.184	-.312346	1.622527
	dingreso1	-1.237704	.9497919	-1.30	0.193	-3.099261	.6238544
	dingreso2	-1.17754	.9300031	-1.27	0.205	-3.000312	.6452327
	dingreso23	-.9213488	1.209292	-0.76	0.446	-3.291517	1.448819
	_cons	2.74942	1.254076	2.19	0.028	.2914756	5.207365
6	tiempo	-.12837	.0343682	-3.74	0.000	-.1957305	-.0610095
	gnero	-.6501904	.5467832	-1.19	0.234	-1.721866	.4214849
	edad	.0545574	.021936	2.49	0.013	.0115636	.0975512
	jefe	.440557	.629711	0.70	0.484	-.7936539	1.674768
	dingreso1	-1.965274	1.096951	-1.79	0.073	-4.115259	.184711
	dingreso2	-1.073564	1.019773	-1.05	0.292	-3.072282	.925155
	dingreso23	.7240977	1.110719	0.65	0.514	-1.452872	2.901068
	_cons	-.2153908	1.384152	-0.16	0.876	-2.928278	2.497497
7	tiempo	-.0678639	.021919	-3.10	0.002	-.1108243	-.0249035
	gnero	.4981012	.4016594	1.24	0.215	-.2891368	1.285339
	edad	.0337918	.019068	1.77	0.076	-.0035808	.0711645
	jefe	-.2662332	.4671566	-0.57	0.569	-1.181843	.649377
	dingreso1	-3.608617	.7865295	-4.59	0.000	-5.150186	-2.067047
	dingreso2	-2.226388	.7021065	-3.17	0.002	-3.602491	-.8502843
	dingreso23	-.1002845	.7925934	-0.13	0.899	-1.653739	1.45317
	_cons	1.349516	1.032358	1.31	0.191	-.6738674	3.3729

(modo==5 is the base outcome)

```
. mlogit modo tiempo costo gnero edad jefeh, nolog
```

```

Multinomial logistic regression      Number of obs   =      389
                                     LR chi2(30)        =     873.13
                                     Prob > chi2         =     0.0000
Log likelihood = -267.22246          Pseudo R2        =     0.6203

```

	modo	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
1	tiempo	-.0287628	.0419432	-0.69	0.493	-.1109701	.0534444
	costo	-34.12728	.8420713	-0.00	1.000	-1.65e+07	1.65e+07
	gnero	-1.543577	.8228057	-1.88	0.061	-3.156246	.0690925
	edad	.0268035	.0312903	0.86	0.392	-.0345243	.0881313
	jefeh	.1273819	.8180123	0.16	0.876	-1.475893	1.730657
	_cons	5.954247	1.342397	4.44	0.000	3.323197	8.585297
2	tiempo	-.005412	.040038	-0.14	0.892	-.0838851	.073061
	costo	-.0076477	.0011649	-6.57	0.000	-.0099308	-.0053646
	gnero	-.5148712	.7458806	-0.69	0.490	-1.97677	.9470278
	edad	.0171898	.0300852	0.57	0.568	-.0417761	.0761557
	jefeh	1.124201	.7645041	1.47	0.141	-.3741998	2.622601
	_cons	3.185313	1.24692	2.55	0.011	.7413954	5.629231
3	tiempo	-.0691814	.0303267	-2.28	0.023	-.1286207	-.0097421
	costo	-.0039591	.0007395	-5.35	0.000	-.0054084	-.0025098
	gnero	.3917918	.4653816	0.84	0.400	-.5203394	1.303923
	edad	.0034254	.0222909	0.15	0.878	-.0402639	.0471147
	jefeh	.6346214	.5125226	1.24	0.216	-.3699044	1.639147
	_cons	3.651146	1.012029	3.61	0.000	1.667607	5.634686
4	tiempo	-.2914236	.0504613	-5.78	0.000	-.3903259	-.1925213
	costo	.0022856	.0007664	2.98	0.003	.0007835	.0037877
	gnero	.5850338	.4998418	1.17	0.242	-.394638	1.564706
	edad	-.0128812	.0292172	-0.44	0.659	-.0701458	.0443834
	jefeh	1.141019	.5683027	2.01	0.045	.0271665	2.254872
	_cons	.3095794	1.212272	0.26	0.798	-2.066429	2.685588
6	tiempo	-.4623022	.1286202	-3.59	0.000	-.7143932	-.2102112
	costo	.0057679	.0013201	4.37	0.000	.0031805	.0083552
	gnero	-.052248	1.651334	-0.03	0.975	-3.288803	3.184307
	edad	.0184227	.0735278	0.25	0.802	-.1256891	.1625346
	jefeh	.2340466	1.891345	0.12	0.902	-3.472922	3.941016
	_cons	-7.902553	3.431292	-2.30	0.021	-14.62776	-1.177345
7	tiempo	-.3921288	.1256349	-3.12	0.002	-.6383687	-.145889
	costo	.0061938	.001337	4.63	0.000	.0035734	.0088143
	gnero	1.314974	1.61598	0.81	0.416	-1.852288	4.482236
	edad	.0218565	.0735986	0.30	0.766	-.1223941	.1661071
	jefeh	-.7730957	1.870107	-0.41	0.679	-4.438438	2.892247
	_cons	-10.14228	3.556456	-2.85	0.004	-17.11281	-3.171759

(modo==5 is the base outcome)

.

TEST DE INDEPENDENCIA DE ALTERNATIVAS IRRELEVANTES Y DE WALD

Modelo 1:

$$Modo_i = \beta_0 + \beta_1 tiempo + \beta_2 género + \beta_3 edad + \beta_4 jefe + \beta_5 ingreso1 + \beta_6 ingreso12 + ingreso23 + \varepsilon_i$$

**** Hausman tests of IIA assumption

Ho: Odds(Outcome-J vs Outcome-K) are independent of other alternatives.

(storing estimation results as _HAUSMAN)

Omitted	chi2	df	P>chi2	evidence
1	-0.000	1	1.000	for Ho
2	-2.6e+04	39	1.000	for Ho
3	0.000	1	1.000	for Ho
4	-0.000	1	1.000	for Ho
5	0.000	1	1.000	for Ho
6	0.000	1	1.000	for Ho
7	0.000	1	1.000	for Ho

**** Wald tests for independent variables

Ho: All coefficients associated with given variable(s) are 0.

modo	chi2	df	P>chi2
tiempo	58.298	6	0.000
gnero	18.466	6	0.005
edad	13.450	6	0.036
jefeh	9.004	6	0.173
dingreso1	1219.062	6	0.000
dingreso12	984.177	6	0.000
dingreso23	305.695	6	0.000

Modelo 2:

$$Modo_i = \beta_0 + \beta_1 tiempo + \beta_2 género + \beta_3 edad + \beta_4 jefe + \beta_5 Costo + \varepsilon_i$$

```
. mlogtest, hausman base
```

```
**** Hausman tests of IIA assumption (N=389)
```

```
Ho: Odds(Outcome-J vs Outcome-K) are independent of other alternatives.
```

Omitted		chi2	df	P>chi2	evidence
1		0.677	25	1.000	for Ho
2		0.000	1	1.000	for Ho
3		0.000	1	1.000	for Ho
4		0.000	3	1.000	for Ho
5		9.966	25	0.997	for Ho
6		0.000	1	1.000	for Ho
7		0.000	1	1.000	for Ho

```
**** Wald tests for independent variables
```

```
Ho: All coefficients associated with given variable(s) are 0.
```

modo		chi2	df	P>chi2
tiempo		41.125	6	0.000
costo		75.418	6	0.000
gnero		13.119	6	0.041
edad		1.467	6	0.962
jefeh		9.670	6	0.139