



**ESTIMACIÓN Y POSTERIOR ANÁLISIS DE LA ELECCIÓN MODAL, CASO
BARRANQUILLA Y SOLEDAD.**

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO.

PRESENTADO POR:

DANIEL EDUARDO TORRES CARRERA

**UNIVERSIDAD DEL NORTE
BARRANQUILLA- ATLÁNTICO**

FEBRERO, 2019

Resumen

El trabajo busca estimar cómo los individuos escogen entre los diferentes medios de transporte en función de sus características socioeconómicas, este estudio es realizado para las ciudades de Barranquilla y Soledad. Para realizar lo anterior es necesario desarrollar un modelo de elección modal el cual es un modelo logit multinomial donde las variables independientes son las características socioeconómicas de los individuos. A través de estudiar la estimación de la elección modal se obtuvo que, ésta difiere mucho en ambas ciudades y que el principal problema de la demanda del Transmetro se encuentra en la ciudad de Barranquilla, por la preferencia dominante por el uso del bus colectivo en la ciudad.

Palabras clave: Demanda de transporte, elección modal, elección discreta multinomial, probit multinomial.

Códigos JEL: C25, R4, R41.

1. Introducción.

El mercado del transporte de la ciudad de Barranquilla y su área metropolitana presenta una serie de particularidades que en el largo plazo se convierten en problemas para la sostenibilidad del mismo. Normalmente la causa de estos problemas se relaciona con la oferta de los diferentes medios de transporte, por ejemplo, los problemas de implementación del Transmetro por falta recursos (Tarazona & Hernández, 2013) y la competencia en tiempos de espera y precios entre el Transmetro y los buses colectivos (Riquelme, Gatica & Orozco, 2015). Sin embargo, la demanda juega un papel igual de central en el mercado, ya que, factores como la comodidad, la velocidad, ingreso y seguridad afectan en la elección de un medio de un transporte u otro.

Las características socioeconómicas también influyen en la elección del medio de transporte según Orro et al (2006). Una de estas características es el ingreso, ya que es evidente que un aumento en el ingreso permite costear los medios de transporte más caros. En el Heraldo (2018) se afirma que “La desigualdad, la mala distribución de los ingresos y la baja eficiencia en el uso de recursos, que caracterizan a la región están aumentando las brechas de desarrollo socioeconómico” refiriéndose a la región caribe y además también se afirmó que la región cuenta con problemas de informalidad en el trabajo y de necesidad de mejorar los estándares de educación. Todos los problemas antes mencionados son relacionados con las características socioeconómicas, factores que también inciden en la elección modal.

El trabajo buscará estimar el comportamiento de la demanda de transporte, a través de realizar un modelo de elección modal en las ciudades de Barranquilla y Soledad para el año 2016-2017, con el fin de realizar un diagnóstico de las preferencias de los usuarios según sus características socioeconómicas. Esto permitiría conocer los problemas o particularidades del sistema de transporte relacionadas con las características socioeconómicas. Dentro de la literatura

actual no existe un trabajo parecido que busque estimar un modelo de elección modal (elección discreta de los medios de transporte) para la toda la ciudad de Barranquilla y de Soledad.

2. Marco Conceptual.

La demanda de transporte según de Rus, Campos & Nombela (2003) se define como la disposición a pagar de los consumidores por el uso de la infraestructura o servicio relacionado al transporte. Para realizar la medición de la demanda del transporte se utilizan dos (2) tipos de modelos: modelos agregados y modelos desagregados (Fajardo & Gómez, 2004). Los modelos desagregados son más utilizados en la literatura actual, ya que, usan datos a nivel individual, lo que permite una mejor comprensión de los comportamientos de viaje (Fajardo & Gómez, 2004).

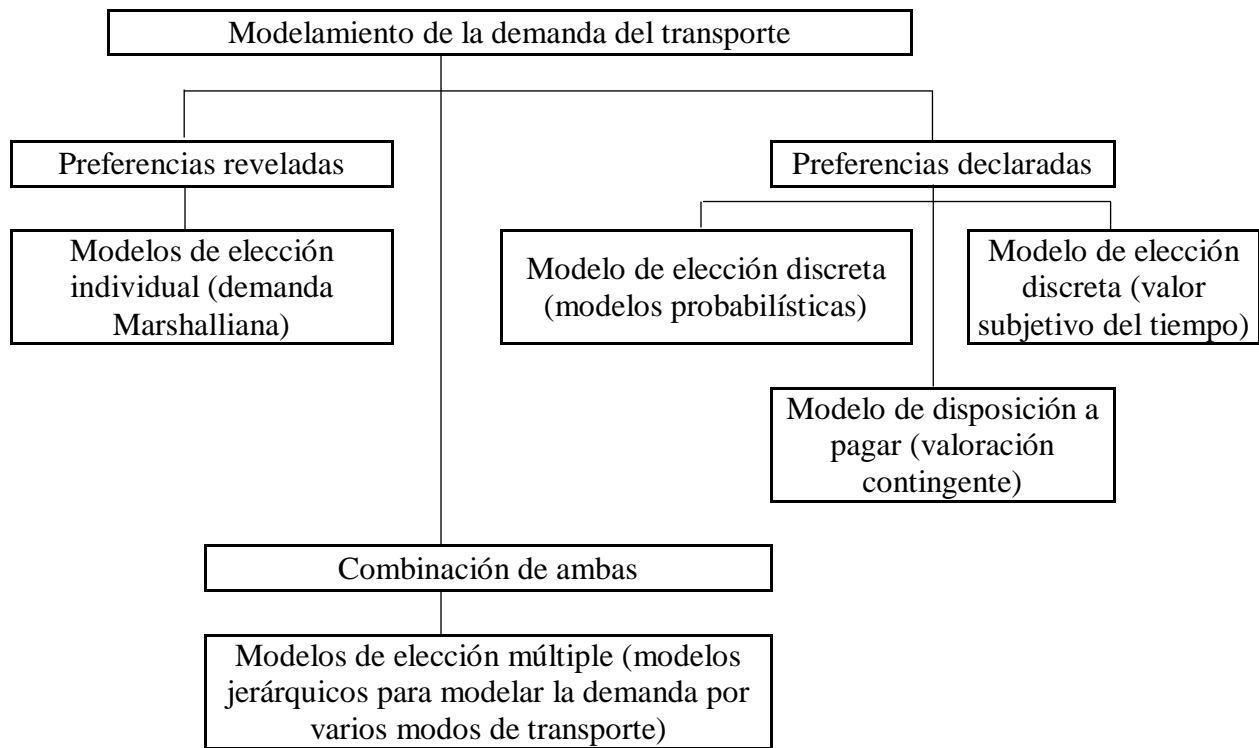


Figura 4.1. Modelos de demanda de transporte. Fuente: Elaboración propia a partir de Mendieta & Perdomo (2008).

En la figura 4.1 observamos los 3 enfoques que existen para modelar la demanda de transporte. Estos enfoques son: *Preferencias reveladas*, *preferencias declaradas* y una combinación de ambos.

Preferencias reveladas: Para este método se necesita un cierto tipo de recolección de los datos. Esta se hace a través de encuestas sobre el comportamiento real de un individuo, es decir, busca conocer la elección dentro de un conjunto de opciones (este caso modos de transporte) de un individuo y conocer cuáles fueron las opciones no escogidas (Ortúzar, 2012).

La demanda bajo este enfoque puede ser directamente modelada a partir de la teoría de la dualidad del consumidor. Sin embargo, este tipo de modelación requiere información específica. Esta información es el número de viajes realizados en cierto periodo de tiempo, además, el tiempo invertido por el usuario en estos viajes y, también, se necesitan todas las posibles opciones a las que se enfrenta el usuario a la hora de escoger su preferencia (Mendieta & Perdomo, 2008; Ortúzar, 2012).

Preferencias declaradas: Como su nombre lo indica, este método necesita que el encuestado declare sus preferencias, generalmente se le pregunta al usuario qué método prefiere. Ante la falta de información, no se puede expresar la proyección de la demanda bajo el número de viajes por unidad de tiempo, por lo que la proyección se basa en la elección del consumidor, es decir preferencias en los modos de transporte, modelos probabilísticos (Mendieta & Perdomo, 2008).

Modelos basados en preferencias declaradas necesitan modelos probabilísticos, al ser un modelo que busque explicar la elección modal, entonces se usa un modelo de elección discreta. Los modelos de elección discreta binarias buscan la probabilidad de que un agente escoja entre dos (2) opciones dependiendo de un conjunto de factores (x) y los factores no observados (ϵ) (Train, 2003). En el caso donde el agente debe escoger entre más de dos alternativas se utilizan modelos de elección discreta multinomiales, estos modelos pueden ser **Probit multinomial** y **Logit multinomial**.

De ambos modelos (Logit multinomial y Probit multinomial) el más simple y más usado es el Logit multinomial (Baltas, 2007; Horowitz, 1991; Train, 2003). El supuesto más importante de este modelo es que los componentes aleatorios de las utilidades de las distintas variables están independientemente e idénticamente distribuidas (IID) (Van Can, 2013), esto hace que calcular las probabilidades de la elección, presentación e interpretación de los parámetros sea más fácil (Baltas, 2007; Train, 2003).

Una vez definido qué tipo de modelo se utilizará, se necesita establecer qué factores inciden en la elección modal de los individuos. En la literatura encontramos que, según Bhat (2000) citado en Orro et al (2006) existen tres componentes de la función de utilidad indirecta que inciden en la elección modal estos son: *características del individuo*, *características del nivel del servicio de las alternativas* y *un término aleatorio de media cero*.

Características del individuo: Representa el sesgo que tienen cada uno de los individuos en la percepción de cada una de las alternativas de transporte. Esto puede ser producto de las condiciones socioeconómicas o demográficas que tienen cada uno de los individuos (sexo, edad, nivel de estudios, ingresos, ocupación, etc.) (Orro et al, 2006).

Características del nivel del servicio de las alternativas: Eso representa las características de las alternativas que puedan influenciar en la función de utilidad del individuo. Ejemplo de esto, existen las características observadas como los tiempos de viaje (acceso, en ruta, transbordo, etc.) y los costos (billete, peaje, combustible, etc.) y variables difíciles de medir (seguridad, comodidad, accesibilidad, etc.) (Orro et al, 2006).

Un término aleatorio de media cero: Este apartado captura todos los elementos no observados en los modos, como pueden ser los errores de optimización de los consumidores y los errores en la medición en los atributos de nivel del servicio (Orro et al, 2006).

3. Revisión literaria.

En cuanto a lo teórico, de Rus, Campos & Nombela (2003) y Mendieta & Perdomo (2008), realizan guías de los fundamentos teóricos de la economía del transporte, los primeros bajo un enfoque microeconómico y los segundo con teoría, metodología y análisis de política. Además, Mathieu (2010) busca en su artículo mostrar como la competencia en el servicio urbano puede ser contraproducente y refuta las implicaciones del paradigma competitivo de la teoría de la regulación, usando los postulados hechos por de Rus, Campo & Nombela (2003).

Una manera de analizar la demanda del transporte y sus implicaciones es el análisis teórico en casos de estudio. Como ejemplo de este método, encontramos a Sotomayor (2007) y Sánchez (2011), que analizan el comportamiento y las dinámicas del transporte en Sincelejo, el primero realizando un estudio del transporte público colectivo y el segundo analizando el fenómeno del mototaxismo (transporte informal), Vizcaino & Mendieta (2008) realizan un estudio parecido sobre el mototaxismo pero para el caso de la ciudad de Barranquilla, ambos proponen un análisis

de las variables para mermar y controlar la actividad. Kassa (2014) por su parte, realiza un caso de estudio para Etiopía del transporte informal hacia la ciudad de Addis Ababa en días festivos, usa tanto métodos cualitativos como cuantitativos, pero, le da más énfasis al análisis cualitativo.

En la literatura se observa que los ensayos que buscan estimar la demanda de transporte modal se encuentran ampliamente dominado por el método de preferencias declaradas. Además, se dividen entre los que usan un modelo probit multinomial, logit multinomial y otros métodos (como logit binario, etc.). Entre los que usan el modelo de Logit multinomial encontramos a Fajardo & Gómez (2014), Moreno, Sarmiento & Gonzales (2010), Chavarriaga (2006) y Bhat (2000), cada una con sus particularidades metodológicas. Como ejemplo de algunas de estas particularidades, encontramos que, Bhat (2000) incorpora heterogeneidad observada y no observada en la estimación de la elección modal; Moreno, Sarmiento & Gonzales (2010) evalúan las políticas para influir en la elección modal.

Entre aquellos que utilizan otros modelos o métodos, distintos al probit multinomial y al logit multinomial, encontramos a Pompilio (2006), Galán (2005), Llach (2010) y Alvis, Arellano & Toro (2005), los dos últimos son casos de estudio de Colombia. El trabajo de Llach (2010) es comparable con el presente trabajo, sin embargo, el autor no busca encontrar los factores causales que determinen la demanda de transporte de barranquilla, sino, busca caracterizarla junto con la oferta y de allí sacar conclusiones. Entre sus conclusiones se encuentran las antes mencionadas, alta informalidad, preponderancia del bus colectivo en el sistema de transporte urbano de Barranquilla, y su área metropolitana, y que la existencia de mucha demanda por la informalidad según el autor afectaría la demanda del Transmetro.

Entre los autores que utilizan el modelo probit multinomial para estimar la elección modal se encuentran Van Can (2013), Bolduc (1999) y Johansson et al (2006). Sin embargo, es

ampliamente utilizado en otro tipo de estudios como la elección del consumidor a la hora de escoger una marca (Chintagunta, 1992; Paap y Franses, 2000) y en investigación electoral (Alvarez y Nagler, 1998; Dow y Endersby, 2004).

Para la ciudad de Barranquilla existen estudios que estiman las preferencias declaradas por los distintos medios de transporte. El primero es el informe de *Barranquilla cómo vamos*, hecho por la Universidad del Norte para el año 2018, donde se obtuvo que el medio de transporte que declararon más utilizado es el bus, luego le siguen, la moto, el transmetro y el taxi. Los VTC 2p2 solo tienen el 1% igual que el transporte informal y moverse a pie y el transmetro son los medios con menos usuarios satisfechos y los que más usuarios insatisfechos tienen.

El segundo es la *Encuesta Nacional de Presupuesto de los Hogares* (ENPH), hecho por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2016-2017, y este ofrece datos sobre el comportamiento de la demanda de transporte urbano. En esta encuesta podemos encontrar los gastos urbanos en un periodo de tiempo de 1 semana, entre los cuales se encuentra la compra de pasajes de bus, transmetro, taxi y otros medios como los informales, para las ciudades de Barranquilla y Soledad. Además, también se puede encontrar las condiciones socioeconómicas de los individuos que participaron en la encuesta.

4. Base de datos.

Como base de datos se utilizó la ENPH, en la cual se tomaron los micro datos de las secciones de “gastos diarios personales urbanos”, “características generales personales” y “viviendas y hogares” tomados en el periodo de 2016-2017. Una vez obtenido estos micro datos,

fue necesario combinar horizontalmente los datos y filtrar de manera que sólo se utilizarán los datos de Barranquilla y Soledad.

Organizar los datos también fue necesario, el DANE establece la base de datos de la forma que vemos en la tabla 6.1.1. Posteriormente se modificó de tal manera que permita ver cuantas veces consumía el individuo los diferentes modos de transporte en el periodo de la encuesta (tabla 6.2).

| Individuo | Ítem | Q |
|-------------|------------|---|
| Individuo 1 | Bus | 2 |
| Individuo 1 | Bus | 2 |
| Individuo 1 | Bus | 2 |
| Individuo 1 | Taxi | 1 |
| Individuo 2 | Bus | 2 |
| Individuo 2 | Otros | 2 |
| Individuo 2 | Otros | 2 |
| Individuo 3 | Transmetro | 2 |
| Individuo 3 | Bus | 2 |
| Individuo 3 | Transmetro | 2 |
| Individuo 3 | Otros | 2 |

Tabla 6.1. Fuente: Elaboración propia.

| Individuo | Ítem | Q |
|-------------|------------|---|
| | Bus | 6 |
| Individuo 1 | Taxi | 1 |
| | Otros | 4 |
| Individuo 2 | Bus | 2 |
| | Transmetro | 4 |
| | Bus | 2 |
| Individuo 3 | Otros | 2 |

Tabla 6.2. Fuente: Elaboración propia.

Para obtener la base de datos se tomo el medio de transporte que más se utilizó en el tiempo de la encuesta esto se puede observar en la figura 6.1.

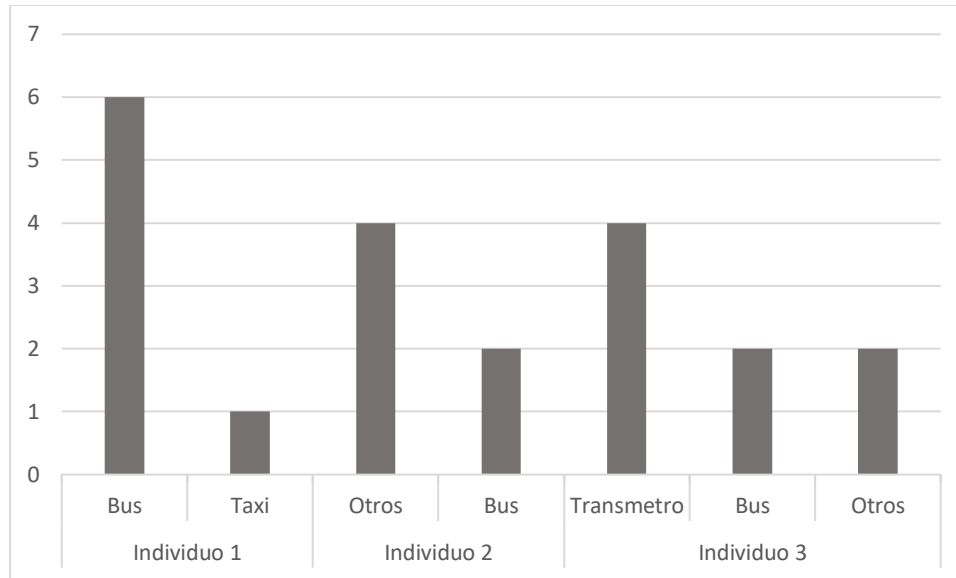


Figura 6.1. Fuente: Elaboración propia.

De tal manera que la base de datos quedara de la forma que se observa en la tabla 6.3.

| Individuo | Ítem más usado |
|-------------|----------------|
| Individuo 1 | Bus |
| Individuo 2 | Otros |
| Individuo 3 | Transmetro |

Tabla 6.3. Fuente: Elaboración propia.

Se hizo de este modo para que la repetividad de las categorías observada en la tabla 6.1 no genere sesgos en el cálculo del modelo y además se observa el comportamiento desagregado, ya que, que la presencia del mismo individuo en varias columnas le da más ponderación a aquellos individuos que se encuentran más repetidos en la muestra.

Caracterización de la base de datos.

Fue necesario organizar la base de datos de tal manera que quede únicamente una muestra para Barranquilla y Soledad y que en esta muestra todos consuman algún tipo de medio de transporte en el tiempo en el que fueron entrevistados. Una vez realizado este proceso se obtuvo, que la muestra establecida por el DANE fue de 4,042 personas distribuidas entre Barranquilla y Soledad, de los cuales 2,339 entrevistados eran de Barranquilla y para Soledad 1,703 como se observa en la tabla 6.4. Como edad mínima en la muestra tenemos 10 años y como edad máxima 98, y existe una media de edad de 49.53 años. En su mayoría los encuestados fueron hombres con 58.61% y las mujeres tuvieron el 41.13% de la muestra. Además, en su mayoría los encuestados eran jefe de hogares, 83,94%.

| Variable demográfica | Categoría | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Edad | <18 | 27 | 0.67% |
| | 18 - 29 | 368 | 9.10% |
| | 30 - 49 | 1,621 | 40.10% |
| | 50 - 69 | 1,619 | 40.05% |
| | ≥70 | 407 | 10.07% |
| Ciudad | Barranquilla | 2,339 | 57.87% |
| | Soledad | 1,703 | 42.13% |
| Sexo | Hombre | 2,369 | 58.61% |
| | Mujer | 1,673 | 41.39% |
| Nivel de estudios | Ninguno | 130 | 3.22% |
| | Preescolar | 2 | 0.05% |
| | Primaria | 886 | 21.92% |
| | Secundaria | 576 | 14.25% |
| | Media | 1,422 | 35.18% |
| | Superior | 1,026 | 25.38% |
| ¿Está estudiando? | Si | 169 | 4.18% |
| | No | 3,873 | 95.82% |

Tabla 6.4. Caracterización de los encuestados. Fuente: Elaboración propia con datos de la ENPH del DANE

Métodos de viaje utilizados por los usuarios encuestados.

En la tabla 6.5 se observan las frecuencias y los porcentajes de los métodos escogidos en las dos ciudades y el total de la muestra. El que ocupa la mayor cuota es el pasaje de bus en Barranquilla, que ocupa el 40.99% de los ítems más usados por la muestra de Barranquilla y Soledad, le sigue el pasaje de bus en Soledad (25.11%), los otros medios de transporte en Soledad (9.55%) y Barranquilla (8.76%). El que menor cuota ocupa es el taxi en Soledad (1.93%) y le sigue el Transmetro en Barranquilla (2.33%).

| Ítem | Barranquilla | | Soledad | | Total | |
|-------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|----------------|
| | Frecuencia | Porcentaje | Frecuencia | Porcentaje | Frecuencia | Porcentaje |
| Bus | 1,657 | 40.99% | 1,015 | 25.11% | 2,672 | 66.11% |
| Transmetro | 94 | 2.33% | 224 | 5.54% | 318 | 7.87% |
| Taxi | 234 | 5.79% | 78 | 1.93% | 312 | 7.72% |
| Otros | 354 | 8.76% | 386 | 9.55% | 740 | 18.31% |
| Total | 2,339 | 57.87% | 1,703 | 42.13% | 4,042 | 100.00% |

Tabla 6.5. Distribución del ítem más utilizado. Fuente: Elaboración propia con datos de la ENPH del DANE.

Se observa predominancia del bus ante los otros medios de transporte en ambas ciudades, además, la distribución de Transmetro y el taxi cambian entre ambas ciudades, en Soledad se usa más el Transmetro (5.54%) que el taxi (1.93%) y en Barranquilla se utiliza más el taxi (5.79%) que el Transmetro (2.33%). Los otros medios de transporte, entre los cuales está el transporte informal, es más usado proporcionalmente en Soledad (9.55%) que en Barranquilla (8.76%).

5. Metodología.

Para la estimación de la elección modal se utilizó un enfoque cuantitativo a través de un modelo logit multinomial, donde la variable independiente son las distintas alternativas de transporte y las variables dependientes las características socioeconómicas del usuario.

a. Modelo.

El modelo establecido es un modelo logit multinomial. Este modelo utiliza la utilidad indirecta que le genera a cada individuo (i) el modo de transporte (j) ($j= 1, \dots, m$). Como se indicó antes Orro et al (2006) basado en Bhat (2000) establece que la utilidad de la elección modal está en función de dos (2) tipos de variables, las no observadas y las observadas, a su vez, esta última se divide en dos para el caso de demanda de transporte, características del nivel del servicio y características individuales. Lo anterior es observable en la ecuación 1, donde (X) es el vector de las variables que representan las características del nivel del servicio, (Z) el vector de variables correspondientes a las características individuales y (ε) representa los elementos no observados.

$$U_{ij} = \beta X_{ij} + \gamma_j Z_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

A diferencia del nivel del servicio, donde el vector (X) esta acompañado de los subíndices (ij), el vector de características socioeconómicas esta únicamente acompañado por (i). Esto quiere decir que las características socioeconómicas solo dependen del individuo y no del tipo de transporte, por lo que el valor (γ) muestra la sensibilidad que tienen los distintos tipos de transporte ante las características socioeconómicas de los individuos.

Para este trabajo no se tomaron en cuenta las características del nivel de servicio, porque, no existe información al respecto en la base de datos de la ENPH.

$$U_{ij} = \gamma_j Z_i + \omega_{ij} \quad (2)$$

Donde (ω_{ij}) representa el vector de factores no observados, entre los cuales se encuentran los errores y los atributos de los servicios de transporte. Esto implica que se debe suponer que tanto los atributos como el error están distribuidos de una manera logística, además, teóricamente se espera que estos atributos afecten la utilidad indirecta del consumidor, entonces, se espera que los factores no observados puedan tener media distinta a cero.

Para que una persona escoja un modo de transporte, según Train (2003) debe escoger el modo de transporte que le genere la mayor utilidad. Entonces la probabilidad de escoger la opción m debe ser como en la ecuación 3.

$$P_{im} = P(U_{im} > U_{i1}, \dots, U_{im} > U_{i(m-1)}) \quad (3)$$

Al conocer la función de utilidad indirecta, a partir de la ecuación 3 se obtiene la ecuación 4.

$$P_{im} = P\{(\omega_{im} - \omega_{ij}) > [Z_i(\gamma_j - \gamma_m)], j \neq m, j = 1, \dots, p\} \quad (4)$$

Al reorganizar la ecuación 4 se obtiene la siguiente ecuación:

$$P_{im} = P\{(\omega_{ij} - \omega_{im}) > [Z_i(\gamma_m - \gamma_j)], j \neq m, j = 1, \dots, p\} \quad (5)$$

Esta ecuación 5 hace referencia a que para que el individuo escoja el método $j \neq m$ la utilidad que le generan los factores no observados sean lo suficientemente mejores que los que tiene en m gracias a los factores observados.

i. Variable dependiente.

La variable dependiente es una variable de tipo discreto la cual va desde el 1 al 4 y representa los medios de transporte más utilizados por el individuo en un periodo de tiempo de una semana. La variable dependiente es igual a 1 si el medio de transporte más utilizado fue el bus colectivo formal, 2 si es el Transmetro, 3 si fue el taxi y 4 si utilizó otros medios.

El Dane utiliza la clasificación COICOP para definir estos tipos servicios. Como ejemplo de los otros medios de transporte urbano establece: “servicio pirata, bicitaxi, mototaxi, funicular, teleférico, etc.” Ante la no existencia de funiculares ni teleféricos en ambas ciudades solo quedan los servicios piratas, los mototaxis y los bicitaxis, y el apartado etc. Este apartado, ante falta de pruebas que demuestren lo contrario, puede incluir medios de transporte VTC 2p2, puesto que no existe un código que defina los medios de transporte como Uber o InDriver en el sistema COICOP.

ii. Variables independientes.

Las variables independientes que estudiará el trabajo son aquellas conforman las características de los individuos, más precisamente las características socioeconómicas que tienen los individuos. Las características que se usan en el modelo son: Ciudad de residencia, sexo, edad, nivel de estudios, ingreso per cápita por hogares y si estudia o no.

Ciudad de residencia: Esta variable es una variable dummy, que toma valores de 0 y 1, si el individuo vive en Soledad tomará un valor de 0 y si vive en Barranquilla toma un valor de 1. En la base de datos la variable toma el nombre de **CITY**.

Sexo: También es una variable dummy que toma un valor de 0 si el individuo es hombre y de 1 si es mujer. En la base de datos se llama igual **SEXO**.

Edad: Es una variable numérica que muestra la edad del individuo. En la base de datos también se llama igual **EDAD**.

Nivel de estudios: Variable discreta que reporta el último nivel de estudio alcanzado por el individuo, toma los siguientes valores dependiendo el nivel de estudios que alcance: 1: Ninguno, 2: Preescolar, 3: Básica primaria, 4: Básica secundaria, 5: Media, 6: Superior o universitaria. Toma el nombre de **EST**.

Ingreso per cápita por hogares: Esta variable contiene el ingreso per cápita de cada hogar (ingreso total del hogar/cantidad de personas que residen en el hogar). Para normalizar los cambios entre los diferentes ingresos, que son números de gran magnitud, se utiliza el logaritmo natural. La variable toma el nombre de **lnITpc**.

Si estudia o no: Variable discreta que toma valor de 0 si no está estudiando y de 1 si está estudiando. El nombre denominado fue **STUDY**.

6. Resultados.

En la tabla 7.1 se observan los efectos marginales de la probabilidad de elección modal según las diferentes características socio económicas. Aquellos valores acompañados por un asterisco (*) y resaltados en negrilla fueron significantes con un nivel de significación del 5%.

| Variables | Ítem | | | |
|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| | Bus | Transmetro | Taxi | Otros |
| CITY | 13.83%* | -9.87%* | 2.08%* | -6.04%* |
| SEXO | -5.28%* | -0.38% | 1.13% | 4.53%* |
| EDAD | 0.23%* | 0.00% | 0.03% | -0.26%* |
| EST | 0.48% | 0.52% | 0.29% | -1.29%* |
| lnITpc | -3.74%* | 2.91%* | 6.37%* | -5.53%* |
| STUDY | -3.81% | 5.00%* | -1.51% | 0.32% |

*Significante al 5%; Pr (ITEM=Bus) = 70.02%; Pr (ITEM=Transmetro) = 6.63%; Pr (ITEM=Taxi) = 5.525%; Pr (ITEM=Otros) = 17.82%

Tabla 7.1. Efectos marginales de variables independientes (Logit). Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7.1 se observa que sólo algunos efectos marginales son significantes. El efecto marginal del ingreso per cápita es significativo para todas las categorías, al igual que la ciudad de residencia del usuario. También, las categorías bus y otros presentan efectos marginales significativos en todas las características socioeconómicas excepto si el usuario está estudiando o no. Mientras que, la variable STUDY sólo es significativa para la categoría Transmetro.

En la tabla 7.1 se observan que existen distintas magnitudes en los efectos marginales de las variables. Esto permite observar cuales son las variables que tienen mayores efectos marginales en el modelo.

La variable dummy de ciudad es la de mayor magnitud, esto puede ser evidencia que las preferencias por los modos de transporte son diferentes para ambas ciudades, como, por ejemplo, si el usuario reside en Barranquilla aumenta la probabilidad de usar el bus colectivo en 13.83 puntos porcentuales y disminuye en 9.87 puntos porcentuales y 6.04 puntos porcentuales la probabilidad de escoger Transmetro y otros medios de transporte, respectivamente. Además, aumenta la probabilidad de usar taxi en 2.08 puntos porcentuales si el usuario reside en Barranquilla.

El ingreso per cápita también está presente en las variables que tienen efectos marginales mayores. Para todas las categorías el ingreso per cápita tiene efectos marginales mayores de 2.5 puntos porcentuales, efecto relativamente alto comparado con variables como la variable edad y el nivel de educación. Las categorías que reportan mayor efecto marginal ante un aumento en el ingreso per cápita son el taxi, con un efecto marginal de 6.37 puntos porcentuales, y los otros medios de transporte, con -5.53 puntos porcentuales.

Otros efectos marginales a destacar son los efectos de las variables de sexo y si el usuario está estudiando. El efecto marginal de estar estudiando aumenta la probabilidad de escoger el transmetro en 5 puntos porcentuales.

Comparando los efectos marginales obtenemos resultados útiles para el desarrollo de políticas públicas. Por ejemplo, parece que la demanda que pierde el bus colectivo si el usuario es mujer (-5.28 puntos porcentuales) está siendo absorbida por los otros medios de transporte (4.53 puntos porcentuales). Otro resultado relevante es que la preferencia por los otros medios de transporte es más probable si el usuario reside en Soledad, entonces, combatir la informalidad en Soledad es esencial. Por último, el principal problema del Transmetro se encuentra en la ciudad de Barranquilla, donde la probabilidad disminuye relativamente mucho si el usuario reside en la

capital del departamento (-9.87 puntos porcentuales), esto puede ser causado principalmente por la predominancia del bus colectivo ante los otros medios (40.99%) y por el aumento de la probabilidad de preferir el bus si el usuario vive en Barranquilla (13.83 puntos porcentuales).

7. Conclusiones.

En conclusión, en el presente trabajo se realizó una estimación de la elección modal con el fin de conocer una aproximación de las características y particularidades que presentan la demanda de los distintos modos de transporte en términos de las características socioeconómicas de los usuarios. Para poder realizar la estimación se hizo un recuento de los diferentes modos de estimar la demanda y se concluyó el uso de un modelo de elección discreta multinomial. Dentro de los distintos modelos de elección discreta se utilizó el modelo logit multinomial, por ser un modelo más simple en la ejecución e interpretación, comparado con el probit multinomial.

Para estimar el modelo era necesario una base de datos que tuviera la información necesaria respecto al uso de los diferentes medios de transporte y las características socioeconómicas de los usuarios que toman la decisión de utilizar los diferentes modos. Esta base de datos fue la *Encuesta nacional de Presupuesto en los Hogares* (ENPH) del DANE para el año 2016-2017. Analizando los datos de la base se obtuvo que el 40.10% de los encuestados estaba en un rango de edad de 30-40 años, el 57.87% residía en Barranquilla y el 58.61% era hombre.

Posteriormente, se estimó el modelo, se analizó y se derivaron resultados. Uno de los resultados observados en la distribución de las preferencias, es que el resultado de Llach (2010) persiste, tasa de informalidad relativamente altas, con el 18.31% de la distribución de las preferencias, también, las preocupaciones del autor con respecto a la demanda del transmetro se

ven en la baja preferencia que tienen los usuarios por el Transmetro (7.87%), resultados obtenidos siete años después de la implementación del sistema Transmetro.

Otros resultados relevantes. La probabilidad que pierde el bus colectivo al ser el usuario mujer tiende a ser absorbida por los otros medios de transporte, mostrando que probablemente las mujeres tienen preferencias distintas a los hombres que hacen que usen menos el bus colectivo y más los medios de transporte informales. Se muestran diferencias grandes entre ciudades esto se evidencia en el aumento relativamente alto de la probabilidad de preferir el bus colectivo si el usuario vive en Barranquilla, también en diferencias de distribución entre las categorías de taxi y Transmetro en ambas ciudades, donde en soledad el transmetro es más probable utilizarlo, posiblemente por los trayectos largos que realizan los habitantes que trabajan en la ciudad de Barranquilla.

Estas particularidades abren camino a futuras nuevas investigaciones. Una posible investigación puede surgir a partir de no usar las características socioeconómicas, sino las características propias de la prestación del servicio, con el fin de observar como afectan estas características a la elección modal. Del resultado se deriva otra posible línea de investigación y es el estudio especializado e individual para ambos municipios, para poder observar más detalladamente los problemas que enfrenta el servicio de transporte.

Lista de referencias.

- Alvarez, R.M. and Nagler, J. (1998) When politics and models collide: Estimating models of multiparty competition. *American Journal of Political Science*, 42(1), 55–96.
- Alvis, J., Arellano, W., & Toro, D. (2005). Transporte público en Cartagena: ¿Qué factores determinan las preferencias de los usuarios? *Economía y Región*, 2(3), 7-54.
- Baltas, G. (2007) Econometric models for discrete choice analysis of travel and tourism demand. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 21(4), 25–40.
- Barranquilla cómo vamos. (2018). Encuesta de percepción ciudadana 2018 (1ra. Edición). Recuperado de <http://www.barranquillacomovamos.org>
- Bhat, C. R. (2000). Incorporating observed and unobserved heterogeneity in urban work travel mode choice modeling. *Transportation science*, 34(2), 228-238.
- Bolduc, D. (1999) A practical technique to estimate multinomial probit models in transportation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 33(1), 63–79.
- Cae demanda de pasajeros en el transporte masivo del país (17 de septiembre del 2018). Portafolio. Recuperado de <https://www.portafolio.co/economia/cae-demanda-de-pasajeros-en-el-transporte-masivo-del-pais-521267>
- Chavarriga, 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.
- Chintagunta, P.K. (1992) Estimating a multinomial probit model of brand choice using the method of simulated moments. *Marketing Science*, 4, 386–407.
- DANE. (2017). Encuesta Nacional de Presupuesto de los Hogares (1ra. Edición). Recuperado de <http://www.dane.gov.co>
- de Rus, G., Campos, J & Nombela, G (2003). Economía del transporte. Antoni Bosch editor.
- Dow, J.K. and Endersby, J.W. (2004) Multinomial probit and multinomial logit: A comparison of choice models for voting research. *Electoral Studies*, 23, 107–122.
- Fajardo, C. & Gómez, A. M. (2014). Análisis de la elección modal de transporte público y privado en la ciudad de Popayán. *territorios*, (33), 157-190.
- Galán, J. (2005). Determinantes de la Demanda por Transporte Público y Privado en el Área Metropolitana de Monterrey. *Ciencia UANL*, 8(4), 495-501.
- Geweke, J., Keane, M. and Runkle, D. (1994) Alternative computational approaches to inference in the multinomial probit model. *The Review of Economics and Statistics*, 76(4), 609–632.

- Horowitz, J. (1991) Reconsidering the multinomial probit model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 25(6), 433-438.
- Hurtado Tarazona, A., & Hernández Ospina, M. P. (2013). Transmetro Barranquilla-Soledad: retos para la gestión metropolitana en un contexto de desequilibrios territoriales. *Revista científica Pensamiento y Gestión*, (34).
- Johansson, M.V., Heldt, T. and Johansson, P. (2006) The effects of attitudes and personality traits on mode choice. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(6), 507–525.
- Kassa, F (2014). Informal transport and its effects in the developing world: a case study of Addis Ababa, Ethiopia. *Journal of Transport Literature*, 01 April 2014, Vol.8(2), pp.113-133.
- Llach, E (2010). Caracterización de la demanda y la oferta de transporte en la ciudad de Barranquilla. (Tesis de maestría). Universidad del Norte. Barranquilla.
- Mathieu, M (2010). Servicio de transporte urbano de pasajeros: cuando la competencia puede no ser deseable. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, vol. XXI, núm. 41, noviembre, 2010, pp. 9-30.
- Mendieta, J., & Perdomo, A. (2008). *Fundamentos de economía del transporte: Teoría, metodología y análisis de política*, Bogotá: 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(165), 101-111.
- Orro, A., Novales, M., & Benítez, F. G. (2006). Variaciones en los gustos en modelos de elección modal. In Ponencia presentada en el XIV Congreso Panamericano de Ingeniería de Tráfico y Transporte. Las Palmas de Gran Canaria (Vol. 20).
- Ortúzar, J. (2012). *Modelos de demanda de transporte*. Ediciones UC.
- Paap, R. and Franses, P.H. (2000) A dynamic multinomial probit model for brand choice with different long-run and short-run effects of marketing-mix variables. *Journal of Applied Econometrics*, 15(6), 717–744.
- Pompilio, JJ (2006). Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba
- Reducir la desigualdad, tarea pendiente de la región Caribe. (03 de junio de 2018). *El Heraldo*. Recuperado de: <https://www.elheraldo.co/economia/reducir-la-desigualdad-tarea-pendiente-de-la-region-caribe-502416>
- Sánchez, A (2011). *La economía del mototaxismo: el caso de Sincelejo*. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER) del Banco de la República.
- Sotomayor, A (2007). *El transporte público colectivo urbano en la ciudad de Sincelejo: La crisis (1999 – 2006)*. Universidad del Norte. Barranquilla

Suarez, A. (2 de junio del 2017). Alerta roja en el transporte masivo. El Espectador. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/alerta-roja-en-el-transporte-masivo-articulo-696644>

Train, K. (2003). Métodos de elección discreta con simulación. Berkeley.

Van Can, V. (2013). Estimation of travel mode choice for domestic tourists to Nha Trang using the multinomial probit model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 49, 149-159.

Vizcaino, L & Mendieta, O (2008). Estudio del fenómeno del mototaxismo y las variables que lo definen en la ciudad de Barranquilla. Universidad del Norte. Barranquilla.