

2010

# Documentos de Trabajo

Año 2010/Nº 2

## DETERMINANTES DE LA ELECCIÓN DE LOS TRANSPORTES PÚBLICOS Y PRIVADOS EN LA CIUDAD DE SALTA

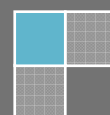
Daniel Sánchez  
Pablo Pagani  
Gastón Carrazón

El presente trabajo fue presentado en las VIII Jornadas Regionales de Economía y Sociedad, organizadas por ARESNOA en Salta, el 7 de Octubre de 2010.

Instituto de Investigaciones Económicas

FCEJyS - UNSa

30/11/2013



## DETERMINANTES DE LA ELECCIÓN DE LOS TRANSPORTES PÚBLICOS Y PRIVADOS EN LA CIUDAD DE SALTA

DANIEL SÁNCHEZ FERNÁNDEZ – *Dirección General de Estadísticas de Salta, Universidad Católica de Salta y Universidad Nacional de Salta*- mail: [dsanchez.ba@gmail.com](mailto:dsanchez.ba@gmail.com)

PABLO PAGANI - *Dirección General de Estadísticas de Salta y Universidad Nacional de Salta* – mail: [pabloapagani@gmail.com](mailto:pabloapagani@gmail.com)

GASTÓN CARRAZÁN MENA - *Dirección General de Estadísticas de Salta y Universidad Nacional de Salta* – mail: [gcarrazan@gmail.com](mailto:gcarrazan@gmail.com)

### RESUMEN

El presente trabajo estudia los determinantes de la elección de los individuos, en la ciudad de Salta, entre las categorías de transporte público (colectivo, taxis, remis) y no público (vehículo particular), en primera instancia, y las distintas alternativas dentro de aquellas modalidades de transporte, como segundo paso.

En primer lugar se realiza un análisis descriptivo de la composición de las características distintivas (como ser, edad, posición en el hogar, entre otras) de los individuos que eligen una u otra modalidad de transporte, como así también, las características distintivas propias de los medios de viaje que utilizaron (costo, tiempo, entre otras).

Luego de esta presentación, se propone ajustar un modelo probabilístico de elección binaria o múltiple, tomando una variable dependiente categórica (indicando las distintas alternativas de transporte propuestas) y, por medio de un procedimiento *logit* ó *probit* (según la distribución de probabilidad se ajusta a una logística o normal), se trata de estimar la sensibilidad o la influencia de cada uno de aquellos determinantes descriptos en la probabilidad de elegir una u otro categoría de transporte.

La información con la cual se realiza este trabajo proviene de una encuesta de transporte en la ciudad de Salta, realizada en conjunto por la Dirección General de Estadísticas de Salta (DGE) y la Autoridad Metropolitana del Transporte (AMT), en Diciembre de 2.009 y que comprende 2.392 individuos.

**Palabras clave:** *transporte, regresión logística, elección binaria, elección múltiple.*

# DETERMINANTES DE LA ELECCIÓN DE LOS TRANSPORTES PÚBLICOS Y PRIVADOS EN LA CIUDAD DE SALTA

## 1. Introducción

En las sociedades modernas caracterizadas por una participación cada vez más importante de las zonas urbanas dentro de sus estructuras territoriales, el transporte de pasajeros cobra también mayor relevancia, y su correcta planificación se convierte en la principal herramienta para poder enfrentar problemas como la creciente contaminación, los accidentes de tránsito, las congestiones y el déficit de las empresas de transporte.

En los últimos años, estos problemas han cobrado mayor relevancia en los países en desarrollo, presentando además, características distintivas que demandan enfoques específicos: bajos ingresos, rápida urbanización, fuerte demanda por servicios de transporte público y escasez de recursos, incluyen falta de inversión, datos de buena calidad y personal calificado. Por otra parte, numerosas investigaciones han demostrado que la construcción de infraestructura o la ampliación de las vías existentes, han resultado paliativos que no tardan en desaparecer ante el importante crecimiento de la población y el parque automotor.

La Ciudad de Salta, no escapa a esta situación. Según estimaciones de población en base al Censo de Población, Hogares y Viviendas del año 2001<sup>1</sup>, la capital de la provincia concentra en el año 2010 el 44,39% del total de población de la provincia, en una superficie equivalente al 1,14% de la superficie total. Por otra parte, este centro urbano, mantiene el mayor ingreso per cápita, y la mayor participación en el producto provincial en rubros como industria, comercio y servicios, por lo que además absorbe diariamente a miles de personas de las localidades vecinas que concurren a la ciudad a trabajar, estudiar, realizar actividades comerciales, etc.

Esto implica un parque automotor cada vez mayor, que sumado a la configuración de la estructura urbana de la ciudad, con fuertes reminiscencias coloniales que redundan en calles angostas y con baja presencia de avenidas y vías rápidas, configuran un ambiente propicio para la existencia de niveles cada vez más altos de congestión y contaminación.

En este trabajo se intentará, a partir de los datos relevados en la primer encuesta de Transporte Público y Privado de la Ciudad, realizada por la Dirección General de

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, "Estimaciones de Población Total por Departamento y Año Calendario. Periodo 2001-2010". Serie Análisis Demográfico N° 34. INDEC. Buenos Aires, Argentina. 2008.

Estadísticas de la Provincia y la Autoridad Metropolitana de Transporte, conocer las características del transporte público y privado, y estudiar y analizar los determinantes de las elecciones de los individuos en dos niveles: entre transporte público y no público, y entre las distintas modalidades que componen cada uno de los grupos mencionados.

Para esto se recurre a dos tipos de modelos de elección. En el primer caso, un modelo logit binario, y en el segundo, un modelo logit múltiple. Estos modelos permiten la estimación de las probabilidades de elección de cada grupo y modalidad de transporte, además de los cambios que podrían producirse en las mismas ante variaciones en las características de los individuos y los atributos de cada modalidad.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera parte, se realiza un breve repaso del marco teórico y conceptual utilizado, como así también por la bibliografía. A continuación, se presenta información descriptiva a partir de la Encuesta de Gastos de los Hogares y de la Encuesta de Transporte. En la siguiente sección, se presentan los modelos utilizados. Finalmente, se muestran los resultados obtenidos en las estimaciones y se presentan las principales conclusiones.

## *2. Aspectos Conceptuales y Metodológicos*

### *2.1. Características Generales del Transporte*

Tal como destaca Ortúzar<sup>2</sup>, el transporte es un bien altamente cualitativo y diferenciado, (existen viajes con distintos propósitos, a diferentes horas del día y por diversos medios), la demanda de transporte es derivada, (los viajes se producen por la necesidad de llevar a cabo actividades), ésta demanda está localizada en el espacio y es eminentemente dinámica y concentrada en pocas horas del día. Asimismo, el transporte es un bien que no puede almacenarse, por lo que el transporte que no se utiliza, se pierde.

El sistema de transporte, se puede definir como la interacción de: 1) Una red; 2) Un sistema de Gestión; 3) Un conjunto de Medios que compiten o se complementan. Si bien estos elementos revisten el mismo grado de importancia relativa, este trabajo se enfoca sobre el último de ellos, dado que su conocimiento resulta un importante insumo para la consecución de los objetivos del segundo.

Cuando los tres elementos mencionados no funcionan y se integran correctamente, se deriva en un estado sistemático de crisis del sistema de transporte, lo que resulta claramente explicitado por Ortúzar mediante lo que denomina “Círculo Vicioso del

---

<sup>2</sup> Ortúzar, Juan de Dios: “*Modelos de Demanda de Transporte*”. Alfaomega Grupo Editor. México DF. 2000.

Transporte". Según este esquema, un aumento en el ingreso de la población, deriva en una mayor tasa de motorización que aumenta la congestión y la demora y disminuye así la demanda de transporte público. Esto incrementa los costos de operación del sistema, derivando en incrementos de tarifas, que hacen más atractivo en términos relativos a los medios privados, incrementando nuevamente la tasa de motorización y comenzando nuevamente el círculo.

Desde ya, resulta posible mediante acciones de planificación y regulación romper el círculo mencionado, pero esto requiere en primera instancia contar con un marco de conocimiento lo suficientemente desarrollado, para que la aplicación de las regulaciones resulte eficiente.

## *2.2. El Problema del Transporte: Los Modelos de Comportamiento.*

Al momento de viajar una persona deberá decidir para qué viajará, donde y cuando viajará, que camino tomará y que modalidad de transporte utilizará. Ésta característica, hace que como proponen Domencich y McFadden<sup>3</sup>, el problema de la modelización de las elecciones de los usuarios de transporte deba enfocarse desde los modelos de comportamiento. Para estos autores, un modelo de comportamiento es simplemente aquel que representa las elecciones que los consumidores hacen cuando se enfrentan a diferentes alternativas. Por esto, los modelos deberán describir las relaciones causales entre las características socioeconómicas y los atributos del transporte.

## *3. El Transporte de Pasajeros en la Provincia de Salta*

Como una primera aproximación, se presentan a continuación estadísticos descriptivos extraídos de la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGHo) 2004-2005 expandidos para la Provincia de Salta<sup>4</sup>.

Así, se puede determinar que en los aglomerados urbanos de la Provincia los usuarios de transporte público se movilizaban un 77% en colectivo urbano, mientras que un 11% lo hacía en taxis y remises.

De estos usuarios de taxis y remises, el 45% eran activos ocupados, mientras que desocupados lo eran el 6%. Menores de 10 años, estudiantes y jubilados eran, respectivamente, 7%, 6% y 15%.

---

<sup>3</sup> Domencich, Thomas; McFadden, Daniel: *"Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis"*. North-Holland Publishing Company. Amsterdam Oxford, 1975. Pp 4.

<sup>4</sup> La que en definitiva fue la que inspiró la encuesta de transporte, con la finalidad de actualizar esa información y profundizar.

Ese 11% del total de usuarios de transporte público que se decantaba por los taxis y remises representaban aproximadamente 80.239 personas, de las cuales 16.691 usaban taxis. El promedio de uso de taxis era de 11,8 viajes por persona por mes, mientras que el de remises era de 17,8 viajes por persona por mes.

<b>Cuadro 1: Usuarios de Taxis y Remis</b>					
Transporte	Cantidad de Usuarios	Promedio de uso	Total de viajes	Gasto/persona	Gasto Total
Remis	63.548	17,8	1.132.425	\$28	\$1.764.728
Taxi	16.691	11,8	197.288	\$27	\$454.830
Total	80.239	14,8	1329713	\$27,51	\$219.557,71

Fuente: Elaboración propia en base a ENGHo.

A su vez cada persona que usaba taxi gastaba en promedio \$27 por mes, similar a lo que sucedía con el remis. Pero teniendo en cuenta la cantidad de usuarios se obtuvo un gasto total mensual de \$454.830 en taxis y \$1.764.728 en remises.

Siguiendo con la descripción de la demanda de Taxis específicamente, se puede decir que, en los hogares, eran los jefes de familia (51%) y sus cónyuges (38%) los que en su mayoría hacían uso del taxi y además era el jefe de hogar el que lo usaba más cantidad de veces, lo cual también confirma lo dicho anteriormente con respecto a que los taxis y remises, en gran parte son demandados por ciudadanos empleados.

En el Cuadro 2 se observa la tasa de sustitución de taxis por remises. A medida que aumenta el ingreso los usuarios sustituyen el uso de remises por los taxis. Dicho de otra forma, en los ingresos más bajos se prefiere el remis y en los más altos, el taxi.

<b>Cuadro 2: Sustitución de Taxis por Remises</b>			
Quintiles de ingreso per cápita por hogar	Porcentaje de usuarios de taxis con respecto al total de usuarios de taxis-remis	Porcentaje de usuarios de remises con respecto al total de usuarios de taxis-remis	Tasa de sustitución taxi/remis
1	9%	91%	0,10
2	9%	91%	0,10
3	46%	54%	0,85
4	14%	86%	0,16
5	57%	43%	1,34

Fuente: elaboración propia en base ENGHo

Por último, en el Cuadro 3 se puede percibir la elasticidad del uso del taxi con respecto al ingreso. Así, en el quintil tres, un aumento de un 10% incidirá en un incremento del 15% en el uso del taxi, lo que podría demostrar la sustitución entre el taxi-remis y el colectivo urbano.

<b>Cuadro 3: Elasticidad uso Taxi - Ingreso</b>						
Quintil de ingreso per cápita del hogar	Cantidad de usuarios en cada quintil	Promedio Mensual de viajes	Promedio de ingresos	Variación porcentual del promedio de viajes de cada quintil	Variación porcentual del promedio de ingresos de cada quintil con respecto al anterior	Elasticidad Ingreso con respecto al uso del taxi
1	30%	20	250,83			
2	30%	17	300,29	-0,138	0,197	-0,702
3	20%	25	390,56	0,456	0,301	1,518
4	10%	14	410,13	-0,439	0,050	-8,757
5	9%	15	994,14	0,051	1,424	0,036

Fuente: elaboración propia en base ENGHo

Entonces, al aumentar el ingreso y subir al quintil cuatro, hay una sustitución entre taxi-remis y automóvil. El último quintil demuestra indiferencia en el uso de taxi-remis y variaciones en el ingreso.

#### *4. El Transporte de Pasajeros en la Ciudad de Salta*

##### *4.1. La Encuesta de Transporte de la Ciudad de Salta*

En el marco del convenio de colaboración técnica entre la Autoridad Metropolitana de Transporte (AMT) y la Dirección General de estadísticas de la Provincia de Salta (DGE), se realizó en el mes de Diciembre de 2009 una encuesta a los vecinos de la Ciudad de Salta con la intención de conocer las características de la demanda de transporte público y privado y los hábitos de transporte dentro de la ciudad<sup>5</sup>.

A efectos de cumplir con ese convenio, se realizó un estudio e informe (acerca de la encuesta y) de los datos obtenidos en ella, la cual se giró a las autoridades correspondientes. Lo que se pretende es una profundización de aquel informe -que en esencia fue descriptivo- y para ello se comienza con este trabajo tratando de reproducir la idea del modelado y estimación de los determinantes de elección de una u otra modalidad.

##### *4.1.1. Algunos aspectos metodológicos y muestrales*

La muestra utilizada en el relevamiento fue propuesta por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), en base al marco muestral general que el mismo utiliza en la Encuesta Permanente de Hogares (EPH), la cual, en definitiva, es una encuesta por muestreo.

<sup>5</sup> El anexo de este trabajo enseña el cuestionario utilizado.

Así, los hogares encuestados son seleccionados de forma aleatoria en dos etapas de selección:

- En la primera etapa, dentro de cada aglomerado, se selecciona una cantidad de radios censales o subdivisiones de los mismos, (áreas).
- En la segunda etapa se listan todas las viviendas particulares de las áreas seleccionadas, para efectuar a partir de ese listado una selección aleatoria de viviendas. Los hogares que habitan esas viviendas son los hogares a encuestar.

La cantidad de viviendas a seleccionar en cada área, es igual dentro de cada aglomerado<sup>6</sup>.

Según este esquema, se pretendía encuestar a 2.540 personas y al finalizar la salida a campo se obtuvieron 2.393 encuestas efectivamente realizadas. Esto implicó un 94% de respuesta. Para la misma se encuestaron 674 viviendas a lo largo de la ciudad, las cuales formaron parte de una muestra representativa obtenida con la colaboración de INDEC.

De estas encuestas respondidas se captaron 127 variables. Para este trabajo, se utilizarán esencialmente las siguientes:

Características de los individuos; Edad; Género; Escolaridad; Posición en el hogar; Medio de transporte público utilizado; Medio de transporte no público utilizado; Duración del viaje; Tiempo de Espera del colectivo; Distancia que recorrió con el taxi/remis; Distancia hasta la parada del colectivo y hacia su destino desde el lugar de descenso.

#### *4.1.2. Datos referidos a la Encuesta de Transporte*

A continuación se presentan datos descriptivos obtenidos de la encuesta realizada específicamente para comprender los determinantes de la elección del tipo y modalidad de transporte en la Ciudad de Salta, los cuales se consideran relevantes a los fines de este trabajo, de modo de conocer e introducir al campo de estudio de este trabajo.

El 52% de los encuestados era de sexo femenino frente a un 48% de sexo masculino. La media de la edad fue de 33 años con un desvío estándar de 20 años, a su vez el promedio de miembros en los hogares encuestados fue de aproximadamente 5 miembros. La media de los ingresos personales fue de \$1.334,5, aglomerándose más del 50% de la población entre los \$501 y \$2.000.

---

<sup>6</sup> En el anexo se expone la Tabla 1 correspondiente a las 674 viviendas encuestadas desagregadas por estrato y por no respuesta.



El medio más utilizado es el colectivo, con el 65% de las personas, seguido por el auto particular con el 13%.

Medio	Personas
Colectivo	292.025
Remis	19.724
Taxi	1.296
Otros Públicos	3.352
Auto/Camioneta	58.325
Moto	16.759
Bicicleta	22.958
Otros No Públicos	4.935
Ninguno	28.489

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de transporte

En este caso resulta interesante recalcar que hay 45.811 personas que además de disponer de auto utilizan el transporte colectivo como medio principal de movilidad.

Al discriminar el uso del transporte por sexo se obtuvo que, así como son más las mujeres que utilizan el colectivo (0,45 veces más), el remis, (0,63 veces más), o el taxi, (5 veces más), sucede lo opuesto con el auto particular o la moto donde por ejemplo el hombre la usa casi 5 veces más que la mujer.

A continuación se observan el medio de transporte público utilizado y la cantidad de viajes semanales:

Cantidad de viajes/Transporte Público	0 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	Más de 40	Totales
Colectivo	220.814	59.583	10.475	917	236	292.025
Remis	16.935	2.118	671	0	0	19.724
Taxi	1.296	0	0	0	0	1.296
Otros	2.638	500	0	214	0	3.352
Totales	241.683	62.201	11.146	1.131	236	316.397

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de transporte

Aquellas personas que realizan entre 0 y 10 viajes semanales utilizan, en primer orden, el Colectivo y, en segundo lugar, el Remis, aunque existe una diferencia marcada en la utilización de estos (una escala de 13 a 1, aproximadamente). También, en este rango de viajes, se encuentra en tercer lugar Otros Transportes, y en última instancia, con baja frecuencia, Taxis.

Para el rango de viajes que va de 11 en adelante viajes semanales, solo permanecen las categorías Colectivo y Remis mayormente.

Así, para aquellos que realizan 11 a 20 viajes por semana, la elección es primordialmente de Colectivo y en segundo lugar de Remis, en una escala de, aproximadamente, 28 a 1.

Para aquellos individuos que realizan entre 21 a 30 viajes por semana, la utilización entre Colectivo y Remis achica la brecha, siendo de una escala de 15 a 1.

Por último, los que tienen una mayor frecuencia de viaje, 40 o más por semana, sólo usan el Colectivo.

En cuanto al medio de transporte no público utilizado y la cantidad de viajes semanales, la información obtenida es la que sigue:

<b>Cuadro 6: Cantidad de Viajes en Medios de transporte no público</b>						
Cantidad de viajes/Transporte No Público	0 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	Más de 40	Totales
Auto/camioneta	35.619	16.701	4.616	898	491	58.325
Moto	9.063	4.960	2.336	186	214	16.759
Bicicleta	14.823	5,970	1.710	455	0	22.958
Otro	4.258	677	0	0	0	4.935
Totales	63.763	28.308	8.662	1.539	705	102.977

Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de transporte

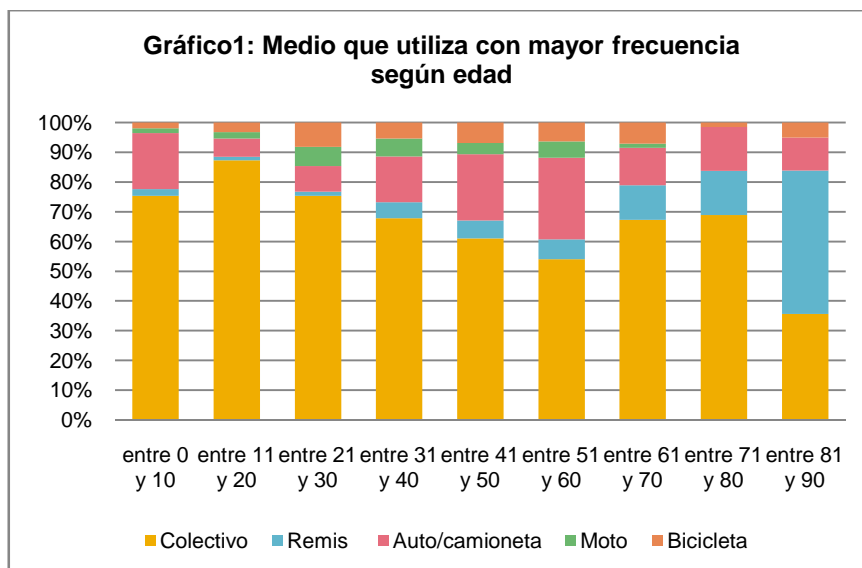
Para el Transporte No Público, y para aquellos individuos que realizan de 0 a 10 viajes por semana, prevalecen los Transportes Auto/Camioneta y Bicicleta. Siendo que el primero agrupa más de la mitad de la frecuencia de este rango de viaje.

Para aquellos individuos que aumentan la asiduidad de viajes por semana, de 11 a 20 viajes, sigue prevaleciendo el uso de Automóvil aunque ahora se suman los medios Motos y Bicicleta.

Para aquellos que viajan de 21 a 30 veces por semana la distribución se hace más uniforme aumentando la participación relativa de Moto y Bicicleta, pero aún prevaleciendo el uso de Automóvil. Algo similar sucede para los viajes de 31 a 40 veces semanales.

Para aquellos que viajan más de 40 veces por semana, se concentra la frecuencia, primero, en Auto y, luego, en Moto.

Otro aspecto que se analiza, es el medio de transporte elegido según la edad del individuo:



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de transporte

Obsérvese como el uso del colectivo aumenta al pasar al rango de entre 11 a 20 años, pero luego comienza un declive en su uso, dejando lugar a la utilización del auto mayormente, pero también de la moto y la bicicleta. Luego, de los 61 en adelante, vuelve a tomar preponderancia el colectivo, aunque resulta interesante como se va dejando el automóvil, no solo por el colectivo, sino que comienza un uso importante del remis hasta el punto en el que, en el rango de 81 a 90 años, el 27% de las personas utiliza este medio como principal transporte.

Si se analizan a estos usuarios de colectivos por rango de ingresos se observa que están aglomerados mayormente entre personas que perciben un ingreso mensual de entre \$501 y \$1.500.

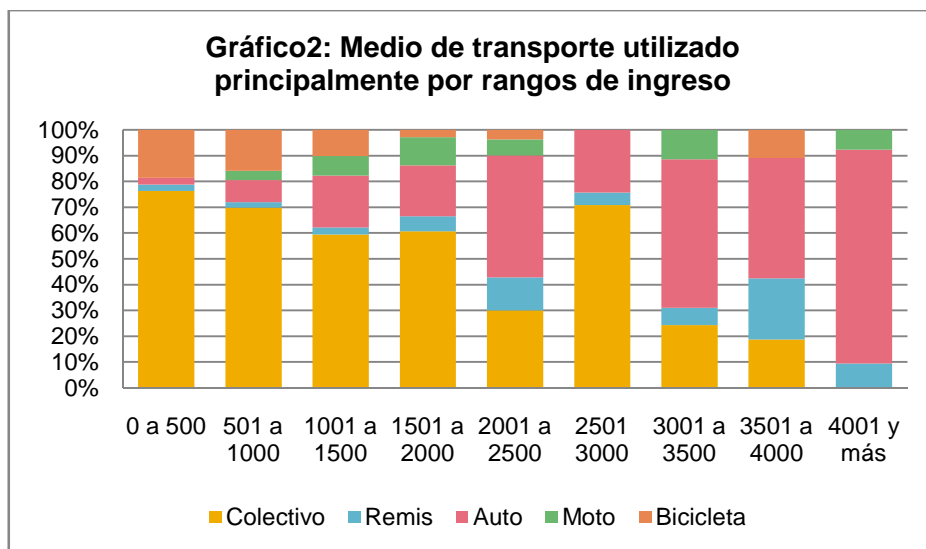
En este caso se determinó un promedio de ingreso de \$1.160, con un desvío muy pequeño, solo de \$14, lo cual se alcanza a explicar por la magnitud y características de las personas que respondieron acerca de su rango de ingreso. Por lo tanto al analizar este dato no se debe olvidar que de las 292.000 personas que utilizan como medio principal de transporte al colectivo, solo conocemos el rango de ingreso de 83.000 de ellos, lo que implica un porcentaje de respuesta del 28%

Los usuarios que se movilizan en remis como medio principal, en cambio, se aglomeran mayormente entre las personas con ingresos entre \$1.501 y \$2.500, aunque la distribución aquí es más uniforme.

El promedio de ingreso de estas personas es de \$1.929, con un desvío estándar de \$102. El porcentaje de respuesta para este ítem fue del 32%, algo mayor que la de los usuarios de colectivo.

En el caso de los usuarios de auto, sucede algo similar a los de remis, aunque más uniformemente distribuida que esta. Además luego de los \$2.500 de ingreso, el uso del automóvil continúa siendo importante.

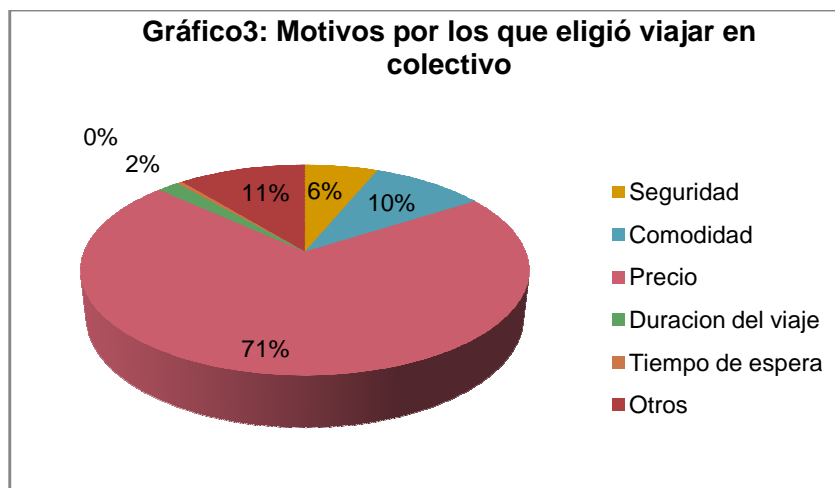
Determinando la distribución del uso de todos los medios de transporte a partir de los rangos de ingresos se obtiene el siguiente gráfico:



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de transporte

En el gráfico se observa como a medida que el ingreso aumenta va disminuyendo el uso del colectivo y creciendo el uso del automóvil y el del remis. También va disminuyendo el uso de la bicicleta, aunque por lo visto el rango de \$3.501 a \$4.000 la usa frecuentemente.

Siguiendo con el análisis discriminando por medio de transporte se observa que las personas que el día anterior al de referencia eligieron usar el colectivo lo hicieron principalmente por el motivo precio (71%, 137.317 personas), y un 10% por la comodidad (19.453 personas).



Fuente: Elaboración propia en base a encuesta de transporte

### 5. Presentación del Modelo.

Se tratará de reproducir el modelo propuesto por Galán González (2005)<sup>7</sup> que, a su vez, es una adaptación del trabajo de Train (1986)<sup>8</sup> y McFadden (1977)<sup>9</sup> con una modificación adicional propuesta debido a la característica de la encuesta trabajada.

Así, utilizando un procedimiento general de regresión con variable categórica, cuando ésta cuenta con 2 opciones, primero, y con más de 2 opciones luego, se eligió un modelo logit y logit multinomial, modelo de elección múltiple entre alternativas no ordenadas, de la siguiente característica:

$$T_{ij} = \beta'z_{ij} + v_{ij} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde, para el primer caso,  $T_{ij}$  va de 0. Transporte Público a 1. Transporte No Público, mientras que para el caso multinomial, va de 1 a 6 según las elecciones de los individuos en los siguientes medios de transporte: (Transporte Público:) 1. Colectivo, 2. Remis, 3. Taxi, (Transporte No público:) 4. Auto/Camioneta, 5. Moto, 6. Bicicleta. Es decir,  $(J+1)$  alternativas = 6.

$\beta$  : representa el vector de coeficientes de los atributos y características. Asimismo, incluye una constante de regresión.

<sup>7</sup> Galán González, José Raymundo: "Determinantes de la demanda por Transporte Público y Privado en el área metropolitana de Monterrey". CIENCIA UANL / VOL. VIII, No. 4, Octubre-Diciembre 2005.

<sup>8</sup> Train, K.: "Qualitative Choice Analysis: Theory, Econometrics, and an Application to Automobile Demand"; MIT Press, 1986. Pp. 137-140.

<sup>9</sup> McFadden, D; Talvitie, A. y Associates. "Demand Model Estimation and Validation", Urban Travel Demand Forecasting Project, Final Report, Vol.V. University of California, Berkeley. 1977.

$z_{ij}$  : representa el vector de atributos y características. El primero se refiere a los atributos de los medios de transporte, mientras que el segundo a la característica de los individuos. A saber:

En cuanto a los atributos de los medios capturados en la encuesta, estos son: Costo del viaje, Tiempo de espera en la parada del colectivo, Cuadras hasta la parada del colectivo y Cuadras desde el descenso hasta el destino final, Cuadras recorridas en taxi, Cuadras recorridas en remis, Costo de estacionamiento de automóvil particular, y para todas las opciones de transporte, Motivo por el que eligió ese medio.

Características de los individuos capturadas en la encuesta: Escolaridad: formada como una dummy de 6 categorías (una residual), Trabajo: dummy con dos categorías: 1.Trabajó la última semana por lo menos una hora, 2.No trabajó, Género: dummy de dos categorías, Jefe: dummy de 6 categorías, siendo la base o residual la que lo identifica como jefe, Edad: variable continua.

$v_{ij}$  : son los errores independiente e idénticamente distribuidos, que se considera siguen una distribución logística. Es decir, suponemos que los errores cumplen con las condiciones necesarias para que el logit y logit multinomial puedan estimarse<sup>10</sup>. Así, las probabilidades extraídas deberán compararse siempre respecto de una categoría base, para decir:

$$Prob(T_{ij} > T_{ik}) \text{ cuando } j \neq k \quad (\text{Ec.2})$$

De la misma forma, los coeficientes extraídos, serán log de ratios de probabilidades de la siguiente forma:

$$\ln\left(\frac{P_{ij}}{P_{i0}}\right) = \beta_j' x_i \quad (\text{Ec.3})$$

## 6. Estimación

Para trabajar se considerará una submuestra, que comprende aquellas personas que efectivamente realizaron un viaje en el día de ayer a lo encuestado, pues es la población marco que se necesita para el estudio. Resultando de este filtro una submuestra de 1.271 individuos expandidos a 289.465 individuos.

En un primer momento, se realiza una estimación logística entre los dos grandes grupos de transporte en base a las características de los individuos y algún atributo de los medios de transporte.

---

<sup>10</sup> Siguiendo a Greene W.: “Análisis Econométrico”. 3era ed. 1999. Pp. 784-791.

Luego, se pasa a un escenario multinomial al considerar todas las alternativas de transporte, público o no público en base a las características de los individuos y algún atributo de los medios de transporte.

En el anexo se enseñan la descripción y notación de las variables incluidas.

### 6.1. Logit para elección entre las categorías transporte público y no público.

Siguiendo lo planteado en 3.1. se enseñan los resultados en el cuadro 7, 8 y 9. Como podrá observar el lector, se eligieron 5 alternativas de modelos propuestos, que difieren en la adición de regresoras. Para simplificar la exposición, se interpretarán los resultados del Modelo 5.

#### 6.1.1. Coeficientes de la estimación Logit

<b>Cuadro 7: Resultados (coeficientes del Logit)</b>					
transp	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>
Constante	-1,799491 (-8,37)	-1,790841 (-8,30)	-2,624745 (-5,26)	-1,627799 (-3,26)	-1,199738 (-4,77)
edad	0,0073672 (1,83)	0,0063199 (1,37)	0,018469 (2,45)	0,0155692 (2,09)	0,0070497 (1,75)
genero	-0,8958889 (-6,37)	-0,8833734 (-6,18)	-1,139499 (-5,88)	-1,099746 (-5,86)	-0,893982 (-6,29)
jefe		0,0780815 (0,48)			
nivel_educ	0,1489888 (2,86)	0,1495999 (2,87)	0,1134403 (1,52)		0,1282462 (2,42)
ingreso			0,0003597 (3,35)	0,0003911 (3,93)	
tiempo_viaje				-0,0271217 (-3,86)	-0,0237412 (-4,25)
motivo_viaje_trab	0,9404698 (6,42)	0,9296873 (6,28)	0,9285908 (2,64)	0,9585473 (2,69)	0,966364 (6,51)
Pseudo_R2	0,0933	0,0935	0,1081	0,1261	0,1073
Log_Likelihood	-667,4289	-667,31476	-384,54488	-376,75932	-656,82779
LR Chi2	137,39	137,62	93,19	108,76	157,98
n	1271	1271	666	666	1270

El log-del cociente de probabilidades para la regresora edad tendría el signo esperado. No obstante, el coeficiente es muy pequeño y, por ende, su valor crítico z nos indica no significancia estadística.

En cuanto a la regresora género, estadísticamente significativa, el signo es el esperado pues lo podemos interpretar que, al ser mujer, dada el resto de características, disminuye el log del cociente de probabilidades, lo que indica que existe preferencia por el transporte público al transporte no público.

El nivel educativo, tiene una interpretación más difusa, pues del cuadro se extraería que aumentaría la probabilidad (o log del cociente de probabilidades) de pasar de transporte público a no público al ir avanzando en la escala de escolaridad.

Interesante es el signo de la variable tiempo\_viaje, que captura la duración en minutos del viaje realizado en un medio público o no público; al ser negativo el signo del estimador, estaríamos favoreciendo la elección del transporte público, en detrimento del transporte no público, toda vez que el viaje sea más largo (acaso puede deberse, también, a que un viaje más largo en un medio no público infiere un costo mayor).

Por último, del motivo\_viaje\_trab, que captura si el viaje fue por trabajo (=1) u otro motivo (=0), se dirá que si los individuos viajan por trabajo, prefieren transporte no público.

En cuanto al ajuste del modelo interpretado, se trabaja con 1.270 observaciones (se pierde una, debido a una no respuesta en el tiempo de viaje), con una significancia global, capturada por el Chi<sup>2</sup> con 5 gl, que supera el valor crítico esperado para ese nivel.

El ajuste, a partir del Pseudo R<sup>2</sup> hablaremos de una validación conjunta de nuestro modelo. Sólo diremos que, según la bibliografía consultada, el valor de 0,1073 es aceptable para la estimación realizada.

### 6.1.2. Odds ratios

<b>Cuadro 8: Resultados (Odds ratios)</b>					
transp	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>
edad	1,007394	1,00634	1,018641	1,015691	1,007075
genero	0,4082445	0,413386	0,3199793	0,3329557	0,4090238
jefe		1,081211			
nivel_educ	1,16066	1,161369	1,120125		1,136833
ingreso			1,00036	1,000391	
tiempo_viaje				0,9732428	0,9765384
motivo_viaje_trab	2,561184	2,533717	2,53094	2,607905	2,62837

Los coeficientes que se exponen en el Cuadro 8 para el Logit presentan la forma:  $\left(\frac{P_{ij}}{P_{kj}}\right) = \exp(\beta' x_j)$ .



Así, siguiendo a Gujarati<sup>11</sup> diremos que, para el Modelo 5, un cambio en un año adicional de edad, la probabilidad de elegir transporte no público respecto del público, aumenta en un 0,7%. No sólo es pequeño el cambio en la probabilidad, sino también, recuerde el lector que del Cuadro 7, dijimos acerca de la no significancia estadística de esta variable.

En cuanto al género, sucede lo contrario. Pues diremos que para la mujer, respecto de un hombre con las mismas características, la probabilidad de elegir transporte no público respecto de público disminuye en un 60%.

Nuevamente, es complicado interpretar el nivel educativo, pero podemos decir que, a medida que se asciende en la escala de escolaridad (esto es, de primaria incompleta a completa, de allí a secundaria incompleta, etc.) el cambio porcentual en la probabilidad de elegir transporte no público respecto del público es de 13% por nivel educativo.

En cuanto al tiempo de viaje, diremos que, cuando éste se incrementa en un minuto, la probabilidad de pasarse de transporte público a no público, decae en un 3%.

El motivo trabajo, por otro lado, dice que, si el viaje que realizó es por trabajo, la probabilidad de elegir transporte no público respecto de público, aumenta en 160%. Este resultado tal vez no sea el esperado.

### 6.1.3. Efectos marginales en las medias

Como se dijo arriba, este se expondrá sólo para el Modelo 5, que es lo que enseña el Cuadro 9.

<b>Cuadro 9: Resultados Modelo 5</b> (dY/dX=efectos marginales en las medias)			
Transp	dy/dx	z	X
edad	0,0012655	1,75	34,6827
genero	-0,1611383	-6,40	0,514961
nivel_educ	0,0230219	2,43	2,66535
tiempo_viaje	-0,0042619	-4,32	24,1528
motivo_viaje_trab	0,1745876	6,64	0,480315
<b>y = Pr(transp) (predict) =</b>		<b>0,23912174</b>	

Así, la primera columna se interpreta como el cambio en la probabilidad (relativa) de una variable, cuando esta derivada se evalúa en los valores medios (X) del resto de regresoras. Los coeficientes pueden leerse como elasticidades.

<sup>11</sup> Gujarati, D.: "Econometría" (2003). Pág. 581: "En general, si se toma el antilogaritmo del coeficiente de la j-ésima pendiente[...], se resta uno de este valor y se multiplica el resultado por 100, se obtendrá el cambio porcentual en las probabilidades para una unidad de incremento en el j-ésimo regresor.

Por ejemplo, diremos que, para el tiempo de viaje, un aumento porcentual en la duración del mismo, disminuye, porcentualmente, la probabilidad de elegir el transporte no público respecto al público. El resto de las interpretaciones, son inmediatas.

6.2. Logit multinomial para categorías de transportes públicos y no Públicos

<b>Cuadro 10. Resultados mlogit</b> (base de comparación 1.Colectivo)				
Opción	Regresor	Coef.	rrr	z
2. Remis	constante	-2,145025		-4,32
	edad	0,0330297	1,033581	5,52
	genero	0,7751068	2,170824	2,73
	nivel_educ	0,1307384	1,13967	1,41
	motivo_viaje_trab	-0,6304938	0,5323289	-2,23
	tiempo_viaje	-0,1079831	0,8976428	-6,49
3. Taxi	constante	-3,184147		-1,59
	edad	-0,0056198	0,9943959	-0,15
	genero	0,3668304	1,443153	0,29
	nivel_educ	0,3145331	1,36962	0,65
	motivo_viaje_trab	-0,666472	0,513517	-0,47
	tiempo_viaje	-0,1897338	0,8271793	-1,78
4. Auto	constante	-2,155322		-6,69
	edad	0,0164756	1,016612	3,39
	genero	-0,5445985	0,5800746	-3,23
	nivel_educ	0,345145	1,412195	5,36
	motivo_viaje_trab	0,4888181	1,630388	2,75
	tiempo_viaje	-0,0363084	0,9643428	-4,95
5. Moto	constante	-2,34005		-4,60
	edad	-0,0038052	0,996202	-0,41
	genero	-1,312227	0,2692198	-4,24
	nivel_educ	0,0975219	1,102436	0,92
	motivo_viaje_trab	1,497631	4,471086	4,37
	tiempo_viaje	-0,0320499	0,9684583	-2,76
6. Bicicleta	constante	-1,265656		-2,61
	edad	-0,0063065	0,9937134	-0,68
	genero	-1,527092	0,2171663	-4,23
	nivel_educ	-0,7305445	0,4816466	-5,08
	motivo_viaje_trab	1,948816	7,020368	5,32
	tiempo_viaje	-0,0089927	0,9910476	-0,88

Pseudo R<sup>2</sup> = 0,1419; n = 1.270; LR Chi<sup>2</sup>(25) = 383,33; Log likelihood = -1159,1785

Recuerde que la variable trans se describe de la siguiente manera:  $trans = \{1. Colectivo; 2. Remis; 3. Taxi; 4. Auto/Camioneta; 5. Moto; 6. Bicicleta\}$ . Además, la base de comparación de las probabilidades, y sobre la que debe realizarse las interpretaciones, es la modalidad Colectivo.

Se interpretarán las opciones 2 y 4 (Remis y Auto), y dentro de ellas, las regresoras significativas. Donde la columna rrr (relative risk ratio) pueden leerse como los odds ratio del Cuadro 8.

### 6.2.1. Remis vs Colectivo

Así, diremos que existe un riesgo relativo mayor para un año adicional (o gente más vieja) de cambiar de colectivo a remis. Es decir, aproximadamente un 3% más de probabilidad de cambiar de colectivo a remis con un año adicional.

De la misma manera, diremos que existe casi un 117% más de probabilidad que una mujer escoja remis a colectivo, a que lo haga un hombre.

En cuanto al motivo trabajo, diremos que la probabilidad de elegir remis a colectivo, siendo que el motivo del viaje es trabajo, disminuye. Dicho de otra manera, se prefiere el colectivo para viajes al trabajo.

En cuanto al tiempo de duración del viaje, la elección del remis disminuye a favor de la del colectivo. O para ser más precisos, el ratio de probabilidades es menor que uno.

### 6.2.2. Auto (particular) vs. Colectivo

La edad es significativa, pero al igual que en el análisis anterior, tiene un coeficiente muy pequeño. De esto solo diremos que, el ratio de probabilidades es mayor que uno, o, que la probabilidad de elegir auto, sobre la categoría base, aumenta con un año adicional de edad.

Una interpretación interesante es en cuanto al género. Se observa en el cuadro que el coeficiente del mlogit es negativo y, por ende, su riesgo relativo es menor que uno. Específicamente diremos que, al ser mujer, existe una mayor probabilidad (un 42% más) de elegir colectivo a auto para el transporte.

El nivel educativo enseña que una escala adicional de educación, eleva (en un 40%) la probabilidad de transportarse en auto respecto a la probabilidad de transportarse en colectivo. Como el lector estará sospechando, la variable escolaridad también puede ser indicador de status o ingreso.

En cuanto a si el viaje es al trabajo, la probabilidad de utilizar auto respecto al colectivo aumenta en un 63% si los viajes son al trabajo.

Mientras que una mayor duración del viaje, favorecerá la elección (o una mayor probabilidad de elegir) el colectivo al auto particular para trasladarse. Vale lo que se dijo en 4.2.1 acerca de esta variable.

Por último, se expresa que los resultados son los esperados y más robustos que los expresados en la opción dicotómica.

## 7. Bibliografía

- Domencich, Thomas; McFadden, Daniel: "*Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis*". North-Holland Publishing Company. Amsterdam Oxford. 1975.
- Galán González, José Raymundo: "*Determinantes de la demanda por Transporte Público y Privado en el área metropolitana de Monterrey*". CIENCIA UANL / Vol. VIII, No.4, Octubre-Diciembre 2005.
- Greene, William: "*Análisis Económico*". 3era ed. Prentice Hall, Madrid. 1999.
- Gujarati Damodar: "*Econometría*". McGraw-Hill, México D.F. 2003.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: "*Estimaciones de Población Total por Departamento y Año Calendario. Periodo 2001-2010*". Serie Análisis Demográfico N°34. INDEC. Buenos Aires, Argentina. 2008.
- McFadden, Daniel; Talvitie, Antti P. and Associates: "*Demand Model Estimation and Validation*". Urban Travel Demand Forecasting Project. Phase 1 Final Report Series, Vol.V. University of California, Berkeley. Junio 1977.
- Ortuzar, Juan de Dios: "*Modelos de Demanda de Transporte*". Alfaomega Grupo Editor. México. 2010.
- Train, Kenneth: "*Qualitative Choice Analysis: Theory, Econometrics, and an Application to Automobile Demand*". MIT Press. 1986.

## 8. Anexo

## 8.1. Muestra

Tabla 1: Viviendas Encuestadas				
Estrato	Viviendas Encuestadas	Viviendas no respondieron	No Respuesta Vivienda Efectiva	No Respuesta Vivienda No Efectiva
A	41	.	.	.
B	68	8	8	.
C	68	5	5	.
D	54	8	7	1
E	44	2	2	.
F	50	2	2	.
G	85	21	17	4
H	54	19	15	4
I	35	3	3	.
J	79	27	22	5
K	58	14	11	3
L	38	28	26	2
Total general	674	137	118	19

## 8.2. Descripción y Notación de las variables utilizadas en la estimación

$transp = \{0. Transporte Público; 1. Transporte No Público\}$

$trans = \{1. Colectivo ; 2. Remis; 3. Taxi; 4. Auto/Camioneta; 5. Moto; 6. Bicicleta\}$

Va de suyo, que las categorías 1, 2 y 3 de  $trans$ , coinciden con la categoría 0 de  $transp$ . Asimismo, las categorías 4, 5 y 6 de  $trans$ , coinciden con la categoría 1 de  $transp$ .

$motivo_viaje = \{1. trabajo; 2. estudio; 3. familia; 4. recreación; 5. salud; 6. trámites; 7. otros\}$

$edad = [2; 88]$  en años ;  $genero = \{0. varón; 1. mujer\}$  ;  $jefe = \{0. no jefe; 1. jefe\}$

$nivel_edu$

$= \left\{ \begin{array}{l} 0. primaria incompleta o sin instrucción ; 1. primaria completa; 2. secundaria incmpleta; \\ 3. secundaria completa; 4. Superior incompleta; 5. superior completa \end{array} \right\}$

*tiempo\_viaje* = [1; 240] duración del viaje en cualquier medio de transporte, en minutos.

*tiempo\_esperac* = [1; 60] tiempo de espera en la parada del colectivo, en minutos

*costo\_viajec* = [0.5; 5] costo del viaje en colectivo, en pesos.

*cuadras\_paradac* = [0.1; 30] distancia hasta la parada del colectivo, en cuadras.

*cuadras\_destinoc* = [0.5; 15] distancia hasta el destino final, desde el descenso del colectivo, en cuadras.

*motivo\_c* =

{1. *seguridad*; 2. *comodidad*; 3. *precio*; 4. *duracion de viaje*; 5. *tiempo de espera*; 6. *otro*} Motivo por el que eligió el colectivo para viajar

*costo\_viajer* = [2; 35] costo del viaje en remis, en pesos.

*cuadras\_viajer* = {1. 0 a 10 ; 2. 11 a 20; 21 a 30; más de 30} distancia recorrida en el viaje en remis, intervalos de cuadras.

*motivo\_r* = {1. *seguridad*; 2. *comodidad*; 3. *precio*; 4. *duracion de viaje*; 5. *tiempo de espera*; 6. *otro*}

Motivo por el que eligió el remis para viajar

*costo\_viajet* = [6; 18] costo del viaje en taxi, en pesos.

*cuadras\_viajet* = {1. 0 a 10 ; 2. 11 a 20; 21 a 30; más de 30} distancia recorrida en el viaje en taxi, intervalos de cuadras.

*motivo\_t* = {1. *seguridad*; 2. *comodidad*; 3. *precio*; 4. *duracion de viaje*; 5. *tiempo de espera*; 6. *otro*}

Motivo por el que eligió el taxi para viajar

*costo\_viajet* = [0; 20] costo del viaje en estacionamiento del auto, en pesos.

*motivo\_a* = {1. *seguridad*; 2. *comodidad*; 3. *precio*; 4. *duracion de viaje*; 5. *tiempo de espera*; 6. *otro*}

Motivo por el que eligió el auto para viajar.