

## **Posesión de coches y elección modal: el caso del Área Metropolitana de Monterrey**

José Raymundo Galán González\*

### **INTRODUCCIÓN**

En el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) habitan cerca de tres millones y medio de personas, las cuales generan poco más de seis millones de desplazamientos diarios, donde 65% de ellos lo hacen en transporte público. En los últimos años se ha dado un incremento notable en el número de vehículos que circula por la ciudad lo que genera una disminución en la velocidad promedio; esto puede ser explicado a través de diferentes factores: 1) mejoras en las infraestructuras viarias, teniendo prioridad las relacionadas con el transporte privado, 2) falta de un sistema de transporte público adecuado, el cual se caracteriza por unidades en malas condiciones y 3) la disminución en términos reales del precio de los coches.

De acuerdo con el Consejo Estatal de Transporte de Nuevo León (CET), de seguir esta tendencia para el año 2020, los tiempos de viaje se incrementarían un 57% para el caso del coche y un 44% para el autobús. Esta cifra es preocupante, en el sentido de que sería necesario un incremento en el gasto de infraestructuras, que es difícil de solventar por el gobierno; ante esto, se hace necesario potenciar el uso de los medios públicos, con el fin de que esta tendencia no sea tan pronunciada. La Subsecretaría del Transporte de Nuevo León, en “El Plan Sectorial de Transporte y Vialidad”, propone diferentes estrategias con el fin de incrementar en diez puntos porcentuales –es decir hasta un 75%- el uso del transporte público.

Para ver si dichas propuestas son factibles de realizar, es necesario conocer el comportamiento de los usuarios, para ello se puede recurrir a herramientas económicas como la elasticidad; con ella se pueden cuantificar los cambios que serían necesarios para lograr objetivos como los marcados por la Subsecretaría de Transporte.

El objetivo de este artículo es dar respuesta a este tipo de preguntas, para ello se divide en cuatro apartados. El primero de ellos da una breve descripción del AMM, su crecimiento tanto poblacional, como en el número de vehículos, así como una explicación del sistema de transporte público existente y de las posibles consecuencias que afectarían sobre la ciudad, de seguir las tendencias actuales.

---

\* Investigador en el Centro de Investigaciones Económicas de la Facultad de Economía de la UANL.

En el apartado de Marco Teórico, se hace una revisión teórica y empírica de los modelos de posesión de coches y de elección modal, los cuales serán los utilizados para explicar el caso de Monterrey y su área metropolitana. En él, se tratan los fundamentos básicos sobre la teoría de los Modelos de Elección Aleatoria y acerca de cómo se pueden compaginar con la teoría económica tradicional de la Maximización de la Utilidad de los Consumidores, para -de esta forma- utilizar ambas herramientas y aplicarlas en el caso de los problemas del transporte, en particular observar: 1) los factores que harán que un individuo o familia decida tener un vehículo; 2) analizar los determinantes que conducen a que un trabajador decida o no utilizar un medio de transporte determinado para ir al trabajo.

Se hace una revisión teórica y empírica sobre los principales estudios relacionados con los modelos de distribución modal y de posesión de coches. En los primeros, destacan los de McFadden (1975, 1977, 1981), Matas (1990), Kain y El-Hifnawi (1994) y Asensio (2002), entre otros. Con respecto a los modelos que explican los determinantes de poseer coches en los hogares, se encuentran los trabajos de Train (1980,1986), De Jong (1990), Kain y El-Hifnawi (1994), El-Hifnawi (1998) y Bjorner(1999), por citar algunos. Además de los trabajos de Train (1980), Ben-Akiva (1985) y De Palma y Rochat (2000), los cuales han estimado modelos simultáneos de posesión y elección modal.

A partir de las conclusiones de los estudios del capítulo anterior, en el tercer apartado, se estiman por separado – ya que no es posible estimar un modelo secuencial, por las limitaciones de la información– las ecuaciones de posesión de coches, y de elección modal; para ello se utiliza una encuesta de origen-destino realizada en el 2000, por el Centro de Investigaciones Económicas, de la Universidad Autónoma de Nuevo León (CIE-UANL). En este mismo apartado y con base en los resultados obtenidos, se calculan las elasticidades para cada uno de los modelos. Finalmente, se calculan los valores del tiempo de los usuarios, comparando sus resultados entre modos de transporte; además de valorar entre las diferentes etapas de un viaje -tiempo a pie, espera y viaje-.

En el cuarto apartado, se estiman distintos escenarios, con el fin de observar el impacto que tendrían cambios en algunas variables, sobre las decisiones de los usuarios; se observa entre otras cosas, el efecto que tendría una política que disminuya el tiempo de viaje en el transporte público -por la creación de carriles exclusivos, por ejemplo-, qué pasaría si se incrementan los costes de un modo, o los tiempos de acceso y espera al transporte público; todo lo anterior, se hace con el fin de estimar si las propuestas de la Subsecretaría del Transporte son viables, y qué cambios serían necesarios para lograrlos.

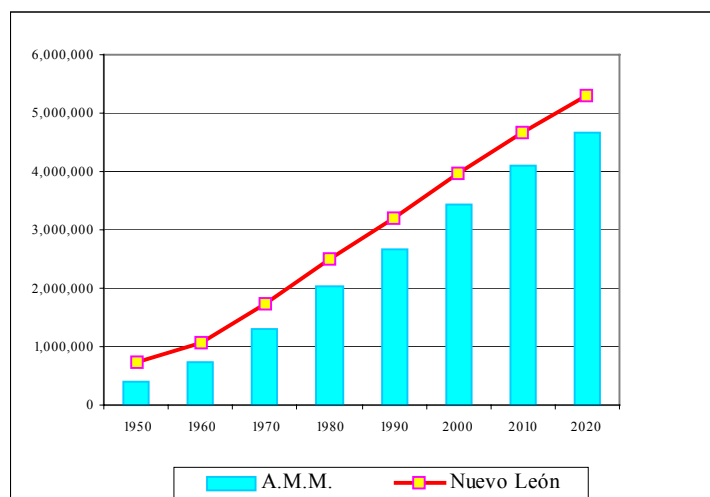
Finalmente, en el apartado de conclusiones, se muestran los principales hallazgos, para ver si es factible el objetivo de incrementar el uso del transporte público y, en particular, la magnitud necesaria para poder obtenerlo. También se ponen de manifiesto las limitaciones que posee tanto el modelo como los resultados obtenidos, los cuales estarán directamente relacionados con la calidad de la información; en tal caso, se debe aclarar que la encuesta utilizada considera un segmento de la población - 43% del total -, que repercutirá en los resultados, en particular en el modelo de posesión de coches - ya que al no incluir a los hogares con mayores rentas, los resultados pueden estar subestimados -; no obstante, el modelo de elección modal es interesante de analizar, ya que son justo los individuos incluidos en la muestra, los usuarios potencialmente susceptibles de cambiar de modo de transporte, lo que puede repercutir en elasticidades mayores a las observadas en la literatura tradicional, o incluso a las que se obtendrían con una muestra sobre toda la población.

## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1 Crecimiento urbano**

El Área Metropolitana de Monterrey (AMM) está compuesta actualmente por nueve municipios que en conjunto suman unas cuarenta mil hectáreas, en dicha superficie habitan cerca de tres y medio millones de habitantes; el problema del AMM, como el de muchas otras ciudades, ha sido su rápido crecimiento poblacional en un período de tiempo relativamente corto; esto se ve reflejado en una mala planeación urbana. Para dar una idea más clara de lo anterior, en el gráfico 1.1 se puede ver que la población en los últimos cincuenta años se multiplicó por diez; esto se explica básicamente por la migración, en una primera etapa del resto de municipios del estado –Nuevo León–, y más recientemente por la migración proveniente del resto del país; en la década de los cincuenta, en el AMM, habitaba el 53% de la población total del estado, para el año 2000, era el 86%, y la tendencia continúa en el sentido de una mayor concentración.

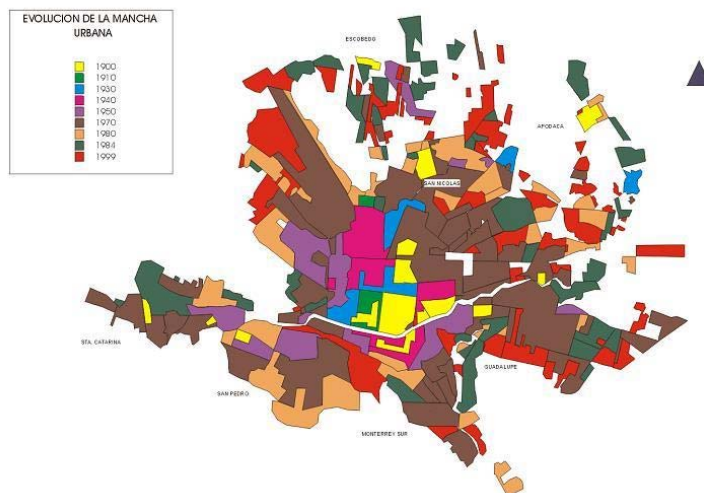
Gráfico 1.1 Evolución de la población en Nuevo León y el AMM, 1950-2020



Fuente: Consejo Estatal de Población.

A pesar de que la tasa de crecimiento poblacional media anual pasó del 6% para el período de 1950 a 1970, al 1.8% -para el año 2000-, lo cierto es que para el año 2020, el Consejo Estatal de Población (COESPO) estima una población de cuatro millones y medio, en su escenario más conservador. El tipo de crecimiento urbano ha sido el tradicional, donde los estratos más bajos se sitúan en la periferia -exceptuando el lado sur, caracterizado por una población de rentas altas-; la cual carece en un principio de la mayor parte de los servicios públicos y eventualmente se va transformando en una extensión de la ciudad, que ahora es habitada por individuos de estratos económicos más altos, quienes están motivados principalmente por la “nueva proximidad” al centro, ya que para que esto suceda existirá una nueva periferia de estratos bajos; este proceso se ha ido repitiendo, generando una “mancha urbana” creciente, como se puede ver en el gráfico 1.2. A pesar de que se han dado intentos para organizar este crecimiento, no han sido suficientes para solventarlo.

Gráfico 1.2 Evolución del AMM, 1900-1999

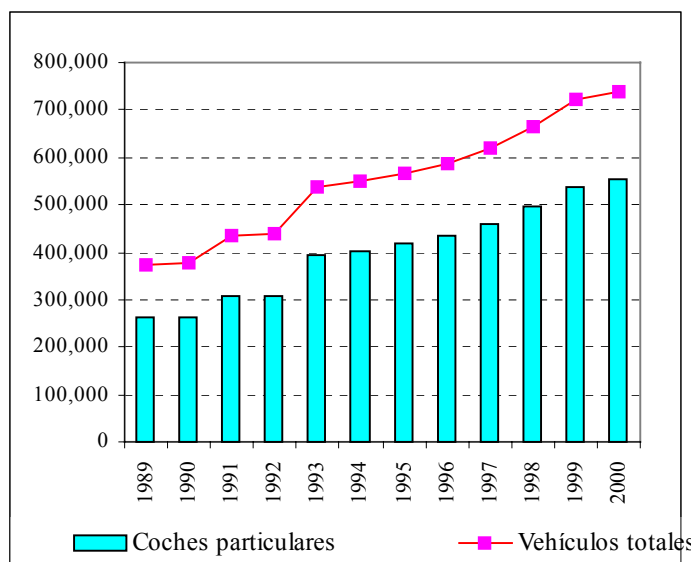


Fuente: Subsecretaría del Transporte de Nuevo León.

### 1.2 El transporte privado

Aparejado al crecimiento poblacional y motivado por un abaratamiento relativo en el precio de los coches (CET, 1994), se ha observado en el transporte privado un incremento en su número dentro del AMM. Sólo en los últimos diez años se duplicó su cantidad al pasar de poco más de trescientos setenta mil vehículos en 1989, a los setecientos cuarenta mil para el año 2000; de éstos, cerca del 74% pertenecen a coches particulares y el resto a autobuses, taxis, camiones y motocicletas (su evolución se puede observar en el gráfico 1.3). Este incremento, aunado a una disminución en el número de ocupantes promedio por coche, ha generado una disminución constante en la velocidad media.

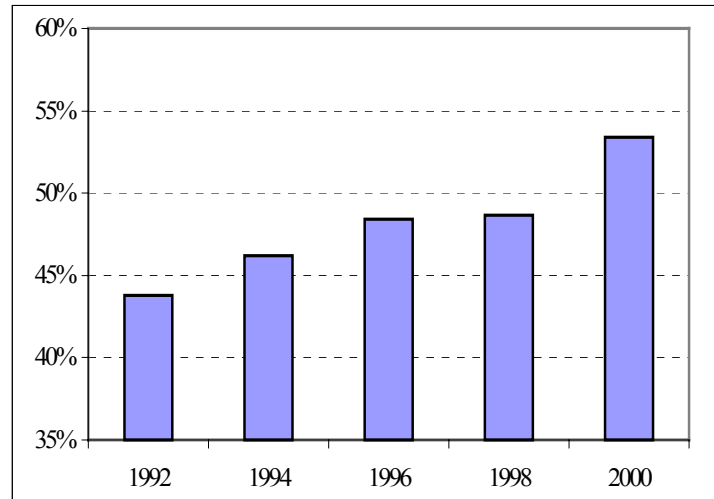
Gráfico 1.3 Número de vehículos y coches particulares en el AMM, 1989-2000



Fuente: Sistema municipal de bases de datos, SIMABD-INEGI

Con respecto al número de hogares que poseen al menos un coche, de acuerdo con las Encuestas de Ingreso y Gasto de los Hogares -ENIGH- realizadas por el INEGI, entre 1992 y el 2000, el porcentaje pasó de un 43.8% al 53.4%, como se observa en el gráfico 1.4; de acuerdo con esta misma fuente, el promedio de coches por hogar, se incrementó un 26% en el mismo período -en 1992, la media de coches por hogar era de 0.55 contra el 0.69 del año 2000 -.

Gráfico 1.4 Evolución del número de hogares con coche en el AMM, 1992-2000



Fuente: Encuestas de Ingreso Gasto de los Hogares, INEGI, de 1992 al 2000

### 1.3 El sistema de transporte público

El sistema de transporte público en el AMM se considera como tal, desde el año 1929; para 1940 cuando se formaliza el concepto de Área Metropolitana, el sistema contaba con 40 líneas compuestas por 535 unidades, bajo este esquema las líneas partían del centro de algún municipio del AMM y tenían como destino el centro de la ciudad de Monterrey, debido a la concentración de actividades que en él se realizaban. En promedio, de 1950 a 1975, se triplicó el tamaño de la mancha urbana, no así el número de unidades en servicio.

Para estos años, la actividad industrial y comercial ya no sólo se concentraba en el centro de la ciudad; no obstante, se seguía utilizando el centro de la ciudad para las interconexiones. Esto se complicó, debido a que el sistema se regía por un mecanismo de tarifas fijas, lo que generó una disputa por mayores territorios de parte de los prestadores del servicio, ya que sólo incrementando el número de pasajeros transportados, se podía acceder a mayores ingresos, o bien, teniendo un punto común de concurrencia de pasajeros: el centro.

Como consecuencia, se incrementó el recorrido promedio de las líneas, pasando de 17.67 kilómetros en 1975 a 32.58 kilómetros para 1999, incrementando el número de kilómetros/vehículo en la misma proporción; el resultado de esto es un mayor tiempo de viaje –al disminuir las frecuencias de paso –, además, dado que el número de unidades en circulación no se incrementó en la proporción necesaria, disminuyeron las frecuencias de paso. En 1991, como parte de un proyecto que pretendía mejorar el sistema de transporte público, el gobierno del estado, pone en funcionamiento la línea uno (1) del metro, con una longitud de 17.5 kilómetros, uniendo a los municipios de Monterrey y Guadalupe; en 1994, entra en funcionamiento la primer etapa de la línea dos (2) del metro con una longitud de 5.8 kilómetros.

No obstante, el metro no ha resuelto el problema de insuficiencia de transporte, ya que no ha contado con el apoyo económico necesario para incrementar su longitud; en 1999 se crean las líneas de autobuses conocidas como “Metrobus”, las cuales surgen como un primer intento de integración modal que potenciara el uso del metro, sirviendo como puntos de enlace entre las zonas donde el metro no llega; a la fecha, ha generado un incremento en el número de usuarios, pero no tanto como el esperado, en particular porque algunas de estas líneas cumplían la doble función de línea normal y Metrobus, con la consecuente mala calidad en el servicio, medido en términos de tiempo y condiciones físicas de las unidades. Un segundo intento por incrementar el uso del metro se da en el año 2002, creando el “Premetro”, el cual surge como una extensión real del metro, en este caso los buses son especiales y solo se utilizan para este fin.

En general, se puede decir que el sistema de transporte urbano ha sufrido un decaimiento en la calidad, medida en cualquiera de sus magnitudes, ya que una gran parte de las unidades no cumplen con los estándares básicos de calidad, esto, junto con el sistema radial actual, genera: 1) altos niveles de contaminación, 2) congestionamientos y 3) altas tasas de accidentes.

#### 1.4 Tendencias

Si bien es cierto que se han hecho esfuerzos por mejorar el transporte público, lo cierto es que las políticas gubernamentales en materia urbana, históricamente le han dado una mayor importancia a las infraestructuras viales que favorezcan el uso de medios privados, a costa de los públicos. Esto es importante, porque hasta ahora, se ha visto que la capacidad del gobierno para dotar de infraestructuras viarias es menor que la capacidad de los habitantes por incrementar el uso del coche, generándose un círculo vicioso.



De acuerdo con el Consejo Estatal de Transporte de Nuevo León (CET) de seguir las cosas como hasta ahora, para el año 2020 se incrementaría un 48% el número diario de viajes, con la consecuente saturación en las vialidades, teniendo como resultado un incremento en los tiempos de viajes, tanto públicos como privados; de acuerdo a las estimaciones del CET mostradas en la tabla 1.1, el tiempo de viaje promedio se incrementaría un 57% para el caso del coche y un 44% para el autobús.

Tabla 1.1 Escenario esperado para el 2020 de acuerdo con estimaciones del CET

<b>Criterio de Medición</b>	<b>Actual</b>	<b>2020</b>
Número de viajes	6,380,052	9,442,878
Velocidad (km/hr):		
Coche	35	15
Autobús	18	10
Tiempo de viaje (minutos):		
Coche	22	50
Autobús	54	100

Fuente: CET, suponiendo fija la estructura de viajes actual, de 65% para el transporte público y 35% para el privado.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Modelos de elección cualitativa

Los primeros estudios en transporte estuvieron basados en comportamientos agregados. No obstante, a través del tiempo, los modelos desagregados han adquirido una importancia mayor. Esto se puede explicar por el hecho de que se ha incrementado la disponibilidad de información en el nivel individual, lo que permite una mayor precisión en las estimaciones. El cambio en la forma de estimar estos modelos, requiere utilizar métodos diferentes, ya que si en el nivel agregado es común encontrarse con variables continuas -por ejemplo, el porcentaje de viajes realizados en coche -, cuando se analizan la información individual, se observa que muchas variables son del tipo discreto: número de coches en una familia, por ejemplo.

Esto conduce a reconocer que un método como la regresión no es viable en algunos casos, dada su estructura; en este entorno, es en el que se hace necesario utilizar otro tipo de métodos que ayuden a explicar ciertos fenómenos que impliquen variables discretas, éstos son los llamados

Métodos de análisis de elección cualitativa, los cuales serán aplicables, de acuerdo con Train (1986), sólo si se cumplen los siguientes criterios: 1) el número de alternativas sea finito; 2) las alternativas sean mutuamente excluyentes – esto es, que si se elige una alternativa, no se podrá seleccionar otra -; 3) que el grupo de alternativas sean exhaustivas -lo cual implica que se incluyan todas las posibles alternativas- y 4) que el número de alternativas sea lo “suficientemente” pequeño.

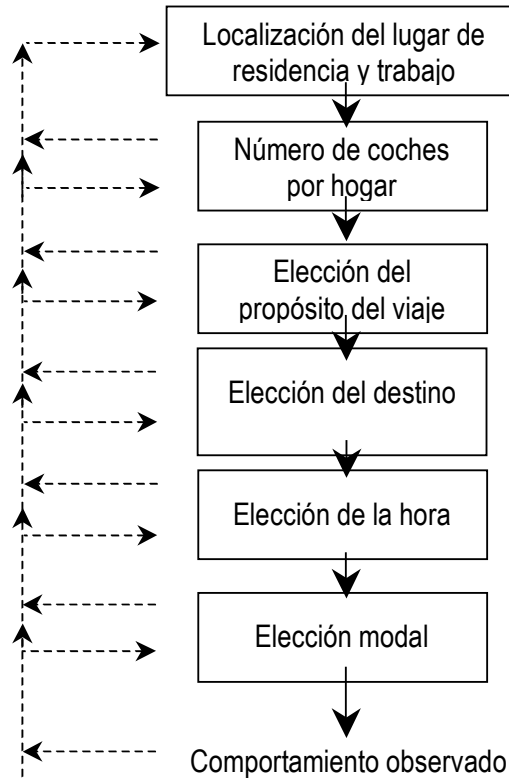
En términos generales, lo que busca un Método de elección cualitativa es estimar la probabilidad de seleccionar una alternativa de un grupo de elección; para ello, se vale de diferentes formas funcionales y es a partir de estas diferencias que surgen modelos como el Logit y Probit, entre otros.

## 2.2 Teoría de la demanda individual

### 2.2.1 Determinando la demanda individual

El comportamiento de un individuo, es el resultado de una secuencia de decisiones, mismas que pueden resultar difíciles de estructurar en una función de demanda. Por ejemplo, el comportamiento observado de un individuo puede estar determinado por el lugar de residencia o de trabajo, el número de coches por hogar, el propósito del viaje, la elección del destino, de la hora y del modo seleccionado; y algunas de estas decisiones pueden, a su vez, estar relacionadas entre sí, como se muestra en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Diagrama de elección de viaje



Fuente: Domencich y McFadden (1975)

Así, si partimos de un caso simple donde existan dos modos de viaje, dos períodos de tiempo y tres posibles destinos, se tendrían trece posibles opciones. Ahora bien, si a cada modo utilizado se le agregan dos o tres atributos, el número de variables necesarios para estimar una función de demanda sería de 25 a 30. Si agregáramos un tercer modo, una tercer frecuencia de viaje, un cuarto destino y tres atributos por modo; el número de variables necesarias se elevaría a 324. Con esto, es fácil ver que se puede perder el control del análisis empírico.

Dada la complejidad para estimar una función de demanda en niveles mayores, ésta se puede factorizar, es decir, dividirla en componentes de decisión – modo, hora de día, destino, etcétera -, de esta forma la demanda se puede concentrar en una cuestión determinada. Domencich y McFadden (1975) proponen el siguiente ejemplo: “si se fuera a hacer un viaje de ida y vuelta de tu casa a un destino  $\gamma$ , a una hora  $\beta$ , un día  $\pi$ , ¿qué modo se utilizaría?, la hipótesis es que la respuesta sólo depende de los atributos de los modos disponibles, y es independiente de la hora, destino y frecuencia. Con lo cual podemos observar que para un propósito determinado, la elección de un modo depende de la comparación de los tiempos y costes de viaje entre los diferentes modos -sus atributos-; mientras que la valoración de un minuto de tiempo de viaje será independiente de cuándo y dónde se haya hecho el viaje, o de su frecuencia; también se parte del supuesto de que el resto de precios en la economía es independiente de la decisión; sin embargo, sí podemos esperar que la respuesta dependa de las características socioeconómicas del individuo”.

Al factorizar, disminuyen los requerimientos de información, de esta forma es más fácil estimar un comportamiento determinado, como podría ser la elección de un modo de viaje; el cual a su vez, genera información que podría servir para estimar un modelo de posesión de coches.

### 2.2.2 La maximización de la utilidad

Con el fin de explicar el comportamiento en la elección de una alternativa, Domencich y McFadden (1975) y McFadden (1981), parten de la teoría microeconómica del comportamiento del consumidor, el cual asume que las decisiones de los individuos son tales, que maximizan su utilidad dado un presupuesto. No obstante, la racionalidad económica –entendida como un individuo maximizador- en ocasiones no explica todo el comportamiento del individuo, y esto sucede porque existen características no observadas como gustos o atributos no cuantificables, lo que da como resultado que ante igualdad de características socioeconómicas y de atributos de transporte, se seleccionen alternativas diferentes. Considerando esto, dividen la elección del individuo en dos partes: determinísticas y aleatorias; las primeras explican un comportamiento, dadas las características del individuo (socioeconómicas, atributos de la alternativa, localización, etcétera); y las aleatorias incluyen aquellos aspectos que al final, hacen que un individuo seleccione una opción que no corresponde necesariamente con la esperada, dadas sus características.

Para observar esto, se puede partir de un individuo,  $n$ , el cual toma una decisión de un conjunto de alternativas  $J_n$ , dicha decisión le supondrá una utilidad; de esta forma, podemos designar la utilidad de la alternativa  $i$  en  $J_n$ ,

como  $U_{in}$ , y de manera similar para las otras alternativas en  $J_n$ . Además de las características de la alternativa seleccionada, la utilidad depende de las características del individuo; de esta forma, si denotamos al vector de todas las características relevantes de la alternativa  $i$  que enfrenta el individuo  $n$  como  $x_{in}$ , y el vector de todas las características relevantes del individuo  $n$  como  $s_n$ , podemos escribir la función de utilidad como:  $U_{in} = U(x_{in}, s_n)$  para todo  $i$  en  $J_n$ .

De esta forma, el individuo seleccionará la alternativa que le ofrezca la mayor utilidad; esto es, seleccionará la alternativa  $i$  en  $J_n$  si y sólo si  $U_{in}(x_{in}, s_n) > U_{jn}(x_{jn}, s_n)$ , para todo  $j$  en  $J_n$ ,  $j \neq i$ .

Sin embargo, aquí sólo consideramos el efecto determinístico, por lo que faltaría el efecto aleatorio, con lo cual la utilidad total para que el individuo  $n$ , seleccione  $i$ , sería:  $U_{in} = U(x_{in}, s_n) = V(z_{in}, s_n, \beta) + e_{in}$ ; donde,  $e_{in}$ , representa la diferencia entre la verdadera utilidad y la parte conocida de la misma. De esta forma, se seleccionará  $i$  sobre  $j$ , sólo si:  $V(z_{in}, s_n, \beta) + e_{in} > V(z_{jn}, s_n, \beta) + e_{jn}$ , lo que es igual a decir que:  $(e_{jn} - e_{in}) > (V(z_{in}, s_n, \beta) - V(z_{jn}, s_n, \beta))$ .

### 2.3 Modelos Logit y Probit

El modelo Logit, es el más utilizado por su fácil interpretación; fue derivado por Luce en 1959, el modelo es consistente con los modelos de maximización de utilidad; como lo muestran entre otros Domencich y McFadden (1975). Parte del supuesto de que la diferencia de los errores aleatorios  $\varepsilon_n = \varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn}$ , sigue una distribución logística; así, en el caso de que las utilidades fueran,  $U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$ , y  $U_{jn} = V_{jn} + \varepsilon_{jn}$ , donde,  $V_{in} = \beta'x_{in}$  y  $V_{jn} = \beta'x_{jn}$ ; la probabilidad de elección sería:

$$\begin{aligned} P_n(i) &= \Pr(U_{in} \geq U_{jn}) \\ &= \frac{1}{1 + e^{-(V_{in} - V_{jn})}} \\ &= \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{in}} + e^{V_{jn}}} \end{aligned}$$

Con respecto al modelo Probit, la primer derivación fue hecha por Thurstone (1927), partiendo de la terminología psicológica; mientras que Hausman y Wise (1978) y Daganzo (1979), generalizan su especificación con el fin de

aplicarlo en la elección de comportamiento. Parte del supuesto de ver a los errores, como la suma de un gran número de componentes no observados, pero independientes entre sí; así, de acuerdo con el Teorema de Límite Central, la distribución de los errores tenderá a una Normal, de la forma:

$$\begin{aligned}
 P_n(i) &= \Pr(\varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} \leq V_{in} - V_{jn}) \\
 &= \int_{\varepsilon=-\infty}^{V_{in}-V_{jn}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\varepsilon^2\right] \partial\varepsilon \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(V_{in}-V_{jn})} \exp\left[-\frac{1}{2}u^2\right] \partial u = \Phi(V_{in} - V_{jn})
 \end{aligned}$$

Donde  $\Phi(\cdot)$  denota la distribución normal estándar acumulada; este modelo es llamado Probit Binario, en este caso si  $V_{in} = \beta'x_{in}$  y  $V_{jn} = \beta'x_{jn}$ , entonces la probabilidad sería:  $P_n(i) = \Phi(\beta'(x_{in} - x_{jn}))$ .

Cada método, posee ventajas y desventajas en su aplicación, con respecto al Logit; su principal ventaja es que los resultados son más fáciles de interpretar en comparación a otros modelos; por el contrario, tiene como principal desventaja el suponer una substitución proporcional entre las alternativas. Esto tiene relación con la conocida propiedad de Independencia de las Alternativas Irrelevantes - que puede ocurrir cuando se tienen más de dos alternativas -, la cual supone que las razones de probabilidad entre dos alternativas, es independiente de la disponibilidad o atributos de otra alternativa. Si esto no se mantiene, entonces será necesario otro tipo de modelo, como el Probit.

No obstante, la estimación del Probit, para el caso de tres o más opciones, es en ocasiones compleja, ya que cuando existe un número elevado de alternativas, el cálculo de integrales múltiples dificulta su aplicación. Con todo, el modelo Probit será normalmente preferido en el caso en que sea posible aplicarlo, como argumenta McFadden (1973).

## 2.4 Los modelos de posesión de coches

### 2.4.1 Fundamento teórico

Los modelos de posesión de coches, se pueden analizar a partir de modelos agregados o desagregados. Los primeros fueron ampliamente utilizados cuando la información disponible no era tan detallada, en la mayoría de ellos

básicamente se incluyen la renta y precio del coche como las principales variables explicativas; en estudios posteriores, y dada una mayor disponibilidad de información en el nivel individual, se cambia hacia un enfoque del tipo desagregado, el cual permitió mejoras en el grado de explicación de sus estimaciones, al poder incorporar más variables, en particular, las socioeconómicas.

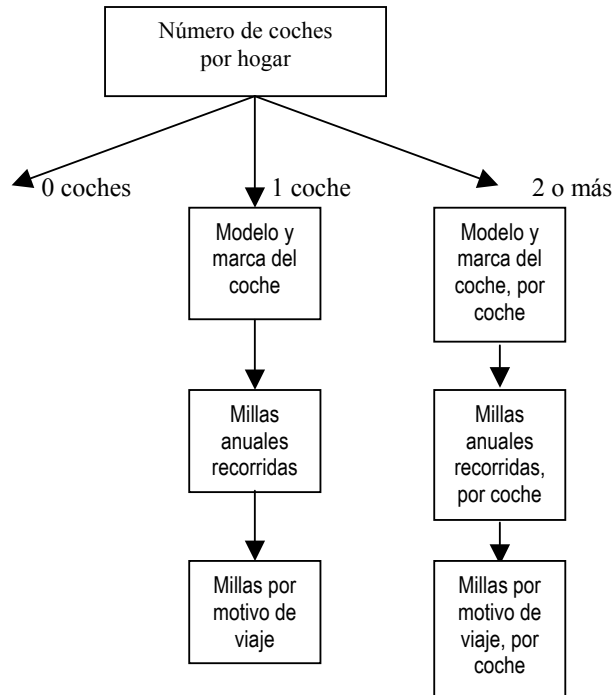
Dentro de los estudios basados en modelos desagregados, destacan los realizados por Farrell (1954), Janosi (1959), Lerman y Ben-Akiva (1976), Mogridge (1978), Train (1980, 1986), Hensher y Le Plasterier (1983), Hoeherman, Prasher y Ben-Akiva (1983), Mannering y Winston (1985), De Jong (1990), Mc Carthy (1996), Bhat y Pulugurta (1998) y Bjoner (1999), entre otros. Estos modelos, se basan en el supuesto de que las familias deciden cuántos coches poseen, atendiendo a una racionalidad económica de maximización de la utilidad; las principales variables explicativas que se incluyen en estos estudios, son básicamente: renta, número de personas y trabajadores por hogar, disponibilidad y/o comodidad del transporte público, coste de tener coche, distancia al centro, entre otras.

Train (1986) es sin duda, uno de los referentes en la estimación de modelos de posesión de coches; en su libro *Qualitative Choice Análisis*, estima un modelo que esta formado a su vez por submodelos, que describen de manera separada, el número de coches que se tendrán, la marca y modelo; así como, el número de millas viajadas en cada uno de ellos, como se muestra en la tabla 2.2.

Dado que estamos interesados en la posesión y uso de coches, nos enfocaremos sólo a estos dos aspectos –para un estudio a detalle de los resultados obtenidos en cada una de las etapas, véase a Train (1986) y Galán (2003)-.

Para el caso del modelo de posesión de coches, y considerando datos del Área de la Bahía de San Francisco, Train estima la probabilidad de tener cero, uno o dos coches por hogar; para ello, utiliza un logit multivariante, siendo la variable dependiente, el número de coches por hogar, considerando como variables explicativas: nivel de renta; número de personas; número de trabajadores; cantidad de viajes anuales *per cápita* realizados en transporte público - dentro del área donde se localiza el hogar -; y la utilidad media de elegir un coche de determinadas características, Train obtiene este valor a partir de un modelo previo de utilidad media (para mayor detalle véase Train (1986). 137-140).

Tabla 2.2 Diagrama del modelo de posesión y uso de coches



Fuente: Train (1986)

Los resultados muestran un efecto positivo en el nivel de renta, esto es, que a mayor renta, mayor probabilidad de tener más coches; y más aún, que la probabilidad de pasar de uno a dos coches, es mayor que pasar de no tener, a tener uno. De igual forma resulta el efecto sobre el número de trabajadores por hogar, donde el aumento en su número, genera una mayor probabilidad de elegir dos vehículos sobre uno, o una mayor probabilidad de tener coche, que no tenerlo. El número de miembros de una familia no resulta significativo. La variable del número de viajes realizados en la zona donde se ubica el hogar –la cual se considera una medida de disponibilidad de transporte público- muestra que si se incrementa, el resultado será una mayor probabilidad respecto de elegir un vehículo frente a dos, y también una mayor probabilidad de no tener coche a tener uno.



En cuanto al modelo de uso del coche -medido en millas anuales viajadas -, utiliza un modelo de regresin por mimos cuadrados, estimando dos ecuaciones -una para cada nivel de posesin de coches-; la variable dependiente en ambos casos es, el nmero de millas anuales recorridas, las variables independientes utilizadas son: precio del carburante; renta; tamao del hogar; poblacin y nmero de viajes dentro del lugar de residencia; nmero de trabajadores y adultos por hogar; edad, escolaridad y sexo del jefe de familia; distancia al trabajo.

De acuerdo con los resultados, para el caso de un solo coche, la renta y el nmero de trabajadores en el hogar, tienen un efecto positivo sobre el nmero de millas recorridas -es decir, sobre el uso del coche-, mientras que los costes de operacin -estimado por medio de variables instrumentales, para evitar sesgos -, tiene un efecto negativo. Para el caso de dos coches, los resultados son similares, slo se agrega una variable para ver cual de los dos coches se utiliza ms, resultando una mayor probabilidad de utilizar el coche ms nuevo.

Uno de los aspectos ms importantes en la estimacin de ecuaciones de demanda, es el clculo de elasticidades. En el caso de Train, se tiene que la elasticidad del nmero de coches por hogar con respecto a la renta es de 0.10, mientras que para el caso del nmero de millas viajadas, esta variable, resulta en una elasticidad de 0.29; el hecho de que el efecto sea mayor en el uso que en la posesin, refleja que es ms fcil disminuir el uso del coche, considerndose ste un efecto de corto plazo. Para el caso de la elasticidad con respecto a incrementos en la gasolina, se tiene que para la posesin de coches, sta es de -0.11; mientras que para el caso del nmero de millas viajadas, el valor es de -0.27.

Otro enfoque que permite estimar la demanda por coches, es analizada por De Jong (1990), utilizando una ecuacin basada en el campo de la economa laboral (ver Hausman, 1985), donde considera como variable dependiente, el nmero de kilmetros anuales recorridos por hogar, esta variable tiene una naturaleza tanto discreta -tener o no coche-, como continua -nmero de kilmetros-; el modelo es estimado utilizando un *tobit*, para el caso de Holanda; con esto, parte de una funcin de demanda que depende del nivel de renta, de los costes fijos y variables; adems de las caractersticas socioeconmicas y demogrficas de la familia. A partir de la funcin de demanda, se puede aplicar el teorema de identidad de Roy, para obtener la funcin de utilidad indirecta; su obtencin es til, ya que no todos los hogares poseen coche, por eso dicha funcin puede ser valorada ante costes cero, de esta forma, si se quiere saber si un hogar tendr coche o no, ante cambios en los costes, bastara con evaluar si la utilidad de tener coche es mayor o menor a la utilidad de no tenerlo.

Los resultados muestran los signos esperados en las variables incluidas; con respecto al cálculo de las elasticidades, se tiene que con respecto a la renta resulta en 0.33; mientras que para el caso del coste variable, su valor sería de -0.65; cabe señalar que estas elasticidades son de corto plazo; esto es, que sólo reflejan los ajustes en el uso del coche, ya que la posesión de coches está dada. En el caso del largo plazo, las elasticidades estimadas son: 0.63, -1.11 y -0.88, para el caso de la renta, costes variables y fijos, respectivamente.

#### 2.4.2 Principales resultados

De los diferentes modelos que se pueden aplicar para determinar la posesión de coches, es evidente que los modelos desagregados han ido ganando terreno; y en particular, que será preferible utilizar modelos multinomiales, ya que permiten observar mejor los cambios en comportamiento ante, diferentes escenarios como pasar de 0 a 1, de 1 a 2, o más coches; lo que para el caso binomial no es posible observar; evidentemente, el uso de ellos dependerá de la disponibilidad de la información.

En cuanto a los resultados, en general no varían en su efecto; esto es, que la renta, el número de personas y trabajadores en un hogar, generarán mayores probabilidades de poseer coche o de incrementar el número de ellos en un hogar.

En la tabla 2.3, se observan valores de elasticidades obtenidas de diferentes estudios, en los primeros tres casos, De Jong (1990), Ramjerdi y Raid (1992) y Bjoner (1999), los valores para el caso de los costes variables son relativamente altos, en comparación con los observados en estudios que compilan evidencia internacional, como los de Johansson y Schipper (1997), Goodwin (1992) y Glaister y Graham (2000); donde la elasticidad de corto plazo para el coste variable oscila entre -0.20 y -0.30; mientras que para el largo plazo, los valores están entre -0.05 y -0.80; esto puede estar explicado, porque en los estudios de De Jong, Ramjerdi y Raid, y Bjoner, se incluyen otros costes variables, además del carburante, que es la medida más comúnmente utilizada en estos estudios; esto, de acuerdo a un estudio de la Victoria Transport Policy Institute, puede generar elasticidades hasta tres veces mayores, ya que según este mismo instituto, los costes del carburante equivalen al 20% ó 30% de los costes variables totales.

Tabla 2.3 Diferentes estudios sobre elasticidades en la posesión y uso del coche

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>Corto Plazo</i>								
Renta	0.33	0.14	0.11					
Costes variables	-0.65	-0.71	-0.48	-0.23	-0.16	-0.27		-0.20/-0.30
<i>Largo Plazo</i>								
Renta								
Efecto posesión	0.41	0.15	0.33				0.75/1.25	
Efecto uso	0.63	0.26	0.42				0.65/1.25	
Costes variables								
Efecto posesión	-0.78	-0.41	-1.33				-0.20/ 0.00	
Efecto uso	-1.11	-0.80	-1.63	-0.28	-0.26	-0.70	-0.55/-0.05	-0.60/-0.80
Costes fijos								
Efecto posesión	-1.29	-0.80	-2.65				-0.08/-0.04	
Efecto uso	-0.88	-0.48	-2.48				-0.04/ 0.08	

(1) De Jong (1990), Holanda; (2) Ramjerdi y Raid (1992), Noruega; (3) Bjoner (1999), Dinamarca; (4) Mannering y Winston (1985), Estados Unidos; (5) De Jong y Jun (2001), Europa; (6) Goodwin (1992), evidencia internacional; (7) Johansson y Schipper (1997), evidencia internacional; y (8) Glaister y Graham (2000), evidencia internacional. Fuente: Galán (2003).

Otra posible explicación a las diferencias en valores de las elasticidades, puede deberse al tipo de análisis realizado, ya que en los casos de Dinamarca, Holanda y Noruega, corresponden a datos individuales; mientras que para algunos estudios de la evidencia internacional, es frecuente encontrarse con análisis agregados.

Con respecto a la elasticidad en los costes fijos, la evidencia internacional muestra valores cercanos a cero -entre 0.08 y -0.08-, mostrando que estas medidas serían poco efectivas para disminuir la posesión de coches; sin embargo, los estudios realizados para el caso de Dinamarca, Holanda y Noruega, muestran valores mayores, que pueden estar explicados, por las variables incluidas como costes fijos, además de otros factores; por ejemplo, en el caso de Dinamarca, el 57% de los hogares no cuentan con coche -al menos en la muestra utilizada-, un porcentaje bajo, comparado con al de otros países incluidos en la evidencia internacional.

En resumen, los modelos de posesión de coches, muestran que aplicar costes fijos altos, puede ser útil para disminuir el número de coches en un hogar, no

obstante la evidencia no es tan rotunda. Con respecto a los costes variables, estos muestran magnitudes mayores, en particular, cuando se incluyen en el análisis otros factores además del precio del carburante; la ventaja de los costes variables, es que en el corto plazo, genera un efecto directo sobre el uso del coche, y en el largo plazo, conduce a una disminución en la posesión de coches.

## 2.5 Modelos de elección modal

### 2.5.1 Fundamento teórico

Para el caso de los modelos de elección modal, lo que se pretende es estimar el comportamiento de los individuos sobre el modo que utilizarán para realizar sus viajes, idealmente se deben considerar todas las decisiones de los individuos, que va desde la elección del lugar de residencia y trabajo, a la compra de coche y la elección del modo utilizado. En la práctica, no obstante, normalmente no se dispone de todas estas variables, por lo que algunas de las decisiones se toman como dadas, así, la única posibilidad es estimar el modo de viaje que utilizará un individuo. Otra limitante, es que los viajes realizados se consideran fijos; esto es, que se pueden estimar los cambios entre modos, pero no la generación de nuevos viajes. Considerando lo anterior, lo más común es utilizar los viajes al trabajo -commuters- como la muestra relevante, ya que al menos en el corto plazo, no es de esperar que una mejora en los medios de transporte aumente el número de viajes ni cambie el origen o destino de los mismos.

En particular, para el caso de los modelos de elección modal, su derivación genera un resultado importante, obtenido por McFadden y es el de que la probabilidad de elección estimada es independiente del nivel de renta; sin embargo, lo considera como un determinante de la elección modal, por lo que justifica su incorporación como un *proxy* de los gustos no observados. Esto ha generado controversias, por lo que diferentes autores han incluido la renta como variable explicativa, ya sea de manera directa o transformada (para un desarrollo más a detalle, véase Galán (2003).

Una aplicación adicional de los modelos de elección modal es que -dada su naturaleza económica, los coeficientes obtenidos del coste y tiempo, para cada modo utilizado- se pueden interpretar como un “valor del tiempo”, esto se puede justificar de acuerdo con la modelización hecha por De Serpa (1971); para él, el tiempo se puede incluir dentro de la función de utilidad, de esta forma, la utilidad dependerá no sólo de las cantidades consumidas, sino del tiempo empleado en ello.

Finalmente, una de las principales aportaciones de los modelos de elección modal, es el cálculo de elasticidades, las cuales permiten saber el impacto

sobre el modo utilizado, ante cambios en las diferentes variables explicativas; esto es 3til puesto que de estos valores depender1 la eficacia o no de aplicar pol3ticas de transporte; ya que bajas elasticidades implicar1n una pobre respuesta ante cambios en el comportamiento, y viceversa.

### 2.5.2 Evidencia emp3rica

Desde finales de la d3cada de los sesenta, se dieron las primeras estimaciones de modelos de elecci3n modal por parte de Warner (1962), Lisco (1967) y Quarmby (1967). Para las d3cadas siguientes, se hicieron mayores avances en cuanto a la fundamentaci3n econ3mica, principalmente de la mano de Domencich y McFadden (1975), McFadden (1978, 1981), Train (1976,1980), Morrison y Winston (1985), Hensher (1985, 1987, 1989, 1997), entre otros.

McFadden, ha aportado un c3mulo de informaci3n relevante en este tema en particular, y en la econom3a del transporte en general; Gal1n (2003) desarrolla los principales estudios realizados por McFadden y dentro de los resultados que obtiene en ellos, se puede destacar que para el caso de la ciudad de Pittsburgh, en un estudio con datos de 1967, se obtiene valores del tiempo de viaje de 1.10 d3lares por hora -39% del salario por hora-; mientras que para el tiempo a pie, 3ste es de 3.94 -138% del salario por hora-; es decir, que se valora 3.5 veces m1s el tiempo fuera del veh3culo. En un estudio posterior, realizado para la Bah3a de San Francisco, con datos de 1973, se obtiene valores del tiempo equivalentes al 227% y 91% del salario, para el tiempo en coche y en autob3s; mientras que para el tiempo a pie y de espera, los valores resultan en 243% y 190%, respectivamente. Finalmente, para 1975, en la misma ciudad, observa que ante diferentes formas funcionales adaptadas a un mismo grupo de datos, los valores del tiempo cambian dr1sticamente, teniendo rangos de entre el 27 y 92% del salario por hora, para el tiempo dentro del veh3culo (supone igualdad de coeficientes entre los modos), y de entre 79 y 394%, para el caso del tiempo de espera (tiempo a pie y de espera, juntos).

M1s all1 de los valores absolutos obtenidos por McFadden, lo relevante en estos estudios, es que se debe ser cauto con los resultados obtenidos, ya que variaciones altas en los valores, pueden estar reflejando fallas en la especificaci3n de alguna variable, o en el m3todo utilizado. En lo referente a las diferencias entre valoraciones, demuestra que los individuos valorar1n de forma distinta seg3n en qu3 etapa del viaje se encuentren, y seg3n el modo que utilicen; esto es 3til, en tanto que no se supongan hip3tesis de igualdad de coeficientes, sin antes haber contrastado su validez.

Como se sabe, existe una gran cantidad de estudios hechos para modelos de elecci3n modal, algunos de ellos se pueden observar en la tabla 2.4, donde se

incluyen estudios de evidencia internacional como el de Goodwin (1992), así como algunos específicos a ciudades o países. Analizando los resultados obtenidos en ellos, tenemos que para el caso de la elasticidad del coche, con respecto al precio (coste), se observan valores que van desde -0.09 a -0.47, valores que resultan ligeramente inferiores al compararse con los obtenidos para el autobús, que van desde -0.12 a -0.69; lo que refleja una leve superioridad en la sensibilidad de estos últimos usuarios -ante cambios en los precios- con respecto a los del coche.

Con respecto al uso del tren ante cambios en su tarifa, los resultados varían un poco más, ya que van desde -0.09 de Asensio (2002), hasta -1.20 de Small y Winston (1999); no obstante, un aspecto que llama la atención, es que para el caso de Asensio (2002) y de Hensher (1997), el valor de la elasticidad es igual entre el coche y el tren; esto ha generado una línea de investigación para tratar de encontrar alguna relación entre ambos modos, para ello, resulta esencial obtener las elasticidades cruzadas entre modos; en este sentido, Asensio (2002) obtiene que ante un incremento en los costes del coche, la elasticidad cruzada con respecto al uso del tren será más del doble que para el caso del autobús -0.19 para el tren, contra 0.08 del autobús-.

Siguiendo este análisis, se comparan las elasticidades cruzadas ahora con respecto al tiempo de viaje, resultan que ante un incremento de un punto porcentual en el tiempo del coche, el uso del tren se incrementaría 0.54 puntos, el doble que el efecto del transporte público. Al parecer, existe evidencia que muestra que se puede desincentivar el uso del coche, favoreciendo al tren – o metro, en su caso -; sin embargo, estudios como el de Ben-Akiva y Morikawa (2002), muestran que este efecto sustitución, se da más bien por el hecho de que el tren no compite en el espacio vial, como sí le sucede al autobús; por lo que si a éste, se le dan las mismas ventajas que al tren o metro, se tendrían resultados similares.

La tabla 2.4, también muestra la elasticidad ante cambios en el tiempo, los valores muestran que son mayores los efectos sobre el transporte público, en particular sobre el uso de autobús, en comparación con el efecto que genera sobre el uso del coche; esto puede explicar que ante incrementos en el tiempo de viaje –motivados por una mayor congestión en las ciudades– aun enfrentando igualdad de condiciones entre el transporte público y el coche, se afectará más el uso del autobús, disminuyendo que su participación en la estructura total de viajes.

El valor del tiempo, permite cuantificar desde un punto de vista económico, el efecto de las políticas a aplicar; en este sentido, los estudios muestran que los usuarios valoran mucho más el tiempo fuera del vehículo. Si esto lo juntamos con el efecto de mayores elasticidades en estos tiempos, podemos concluir que mejoras en este sentido, no solo favorecerán un mayor uso del

transporte público, sino que económicamente, serían los proyectos más rentables, por la valoración que se tiene.

Con esto, se puede concluir que una política de transporte factible, sería reducir el tiempo de viaje del transporte público, vía una mejora en la red, que permita disminuir los transbordos, tiempos de a pie y de espera. Ahora bien, si una política va en el sentido de cambios en precios, estos tendrán mayor impacto, si se aplican a los usuarios del transporte privado. La enseñanza es que, será más factible desplazar usuarios del coche a medios públicos, sólo en casos donde éste sea más fiable, esto es, que no dependa de las condiciones del tráfico.

Tabla 2.4 Elasticidades con respecto al precio y tiempo, en la elección modal

	Privado	Público	
	Coche	Bus	Tren
<b>Goodwin, 1992</b> Evidencia internacional Precio	-0.16	-0.28	-0.65
<b>Matas, 1990</b> Barcelona, urbanos Precio	-0.13	-0.12	
Tiempo	-0.09	-0.26	
<b>Asensio, 2002</b> Barcelona, suburbanos Precio	-0.09	-0.21	-0.09
Tiempo	-0.27	-0.50	-0.24
<b>Luke y Hepburn, 1993</b> Australia Precio	-0.10	-0.29	-0.35
<b>Hensher, 1997</b> Newcastle, Australia Precio	-0.20	-0.36	-0.22
<b>Small y Winston, 1999</b> Estados Unidos <i>Urbanos:</i> Precio			
Tiempo	-0.47	-0.58	-0.86
<i>Suburbanos:</i> Precio	-0.22	-0.60	-0.60
Tiempo	-0.45	-0.69	-1.20
	-0.39	-2.11	-1.58

Fuente: Galán (2003)

## 2.6 Estudios para el Área Metropolitana de Monterrey

Kain y El-Hifnawi (1994) y El-Hifawi (1998) hicieron estudios para el Área Metropolitana de Monterrey, tanto para el caso de la elección modal, como para la posesión de coches. Analizar estos resultados será interesante, ya que constituyen los únicos realizados hasta ahora, por lo que es importante tenerlos en cuenta, con el fin de ver si los resultados que se obtengan del presente trabajo van en la misma dirección que los encontrados por los autores citados, o en su defecto, difieren.

### 2.6.1 Elección modal

Kain y El Hifnawi realizan un estudio de distribución modal para el AMM; los datos provienen de una encuesta de origen destino realizada por el CET, correspondiente a 1993; utilizan un modelo Logit Binomial aplicado a 859 viajes realizados hacia el trabajo -commuters-, incluye la encuesta. Utilizan como variables independientes el número de coches por hogar, la renta familiar, el número de personas en el hogar, el número de personas que trabajan, el sexo y edad del jefe de familia; así como el diferencial en el tiempo de viaje total y entre los costes del transporte público y el coche.

Los autores estiman seis modelos, tratando de encontrar aquél que diera el mejor ajuste, los resultados muestran que las elasticidades son bajas; en particular estiman la elasticidad de hacer un viaje en coche, con respecto al nivel de renta, obteniendo valores entre 0.12 y 0.25; con respecto a la diferencia de tiempo entre modos, los valores están entre 0.08 y 0.15. Este último valor, muestra que el nivel de reacción de los usuarios sería muy bajo, ante una disminución del tiempo de viaje total en bus –o un incremento relativo del tiempo en coche-; argumentan que los valores podrían cambiar, resultando en un mayor grado de explicación, si hubiesen podido descomponer el tiempo total en sus diferentes etapas: a pie, viaje y espera. Finalmente, estiman el valor del tiempo entre 0.73 y 1.54 dólares por hora, que estaría entre el 23 y 48% del salario promedio por hora.

### 2.6.2 Posesión de coches

En este caso, Kain y El Hifnawi hacen un estudio en 1994, en donde estiman un modelo de posesión de coches, para los años de 1991 y 1993; en ambos casos utilizan un modelo Logit Binomial, donde la variable dependiente es tener o no coche en el hogar, y las variables independientes son: renta familiar, número de personas en el hogar, número de personas que trabajan, sexo del jefe de familia, la disponibilidad de hogar propio y variables ficticias para cada municipio.



Se estiman diferentes modelos buscando aquél que aporte el mejor ajuste; además de incluir o no las variables de localización. Las variables socioeconómicas toman los valores esperados, y los valores de las elasticidades obtenidas son las que se muestran en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Elasticidad de la renta, para el percentil 25, 75 y el valor medio, estimaciones para 1991 y 1993

Elasticidad/renta familiar	1991	1993
Hogar en el primer cuartil (25% más pobres)	0.54 a 0.61	0.35 a 0.41
Hogar medio	0.38 a 0.42	0.25 a 0.30
Hogar en último cuartil (25% más ricos)	0.70 a 0.76	0.44 a 0.55

Fuente: Kain y El-Hifnawi (1994)

Según los autores, se observa una tendencia en el tiempo a menores elasticidades de la renta con respecto a la posesión, en cualquier nivel de renta. Además de que al observar el comportamiento por municipio de residencia, se evidencia el efecto de que en los municipios de rentas mayores, la probabilidad de poseer coche también se incrementa; demostrando el efecto positivo observado en la evidencia empírica.

Para 1998, El Hifnawi utiliza los mismos datos que en el estudio anterior, solo que en éste, utiliza un modelo logit multinomial, mientras que en el estudio anterior se estima la probabilidad de que un hogar posea o no coche, en éste, lo que se estima es la probabilidad de que un hogar tenga cero, uno, dos ó más coches, por lo que los resultados son diferentes. Así, de acuerdo con la tabla 2.6, la elasticidad en la posesión de coches con respecto a la renta, muestra que ha disminuido entre 1991 y 1993; también se observa que la elasticidad con respecto a la renta se incrementa al aumentar el número de coches, esto, el autor lo explica por el hecho de que un primer coche puede ser visto como un bien normal, mientras que un segundo o tercero se pueden considerar como un bien de lujo.

Tabla 2.6 Elasticidad con respecto a la renta, en diferentes niveles de posesión de coches

Probabilidad de tener:	1991	1993
Un coche	0.59	0.42
Dos coches	1.34	1.10
Tres o más coches	1.52	1.34

Fuente: El Hifnawi (1998)

## 2.7 Modelos simultáneos de elección modal y posesión de coches

Dada la posible relación existente entre el número de coches que posee una familia y la elección del modo de viaje, autores como Ben-Akiva et al. (1975, 1977, 1978, 1985), Train (1980, 1984), Daly y van Zwam (1981), Swait et al. (1984) y De Palma y Rochat (2000), entre otros, han planteado y estimado este comportamiento, como un proceso simultáneo.

En el estudio realizado por Train (1980), se estima la probabilidad de que una familia elija un cierto número de coches, y que los trabajadores elijan ciertos modos para viajar. Para ello, se considera una familia con un trabajador, él elige uno de los  $J$  modos para viajar, dada la elección hecha por la familia de entre los  $I$  niveles de posesión de coches (es decir, 0, 1, 2, etcétera). La probabilidad asociada a esta elección es estimada en un proceso de dos etapas, usando la siguiente identidad:  $P_{ij} = P_{j/i} * P_i$ , donde,  $P_{ij}$  es la probabilidad conjunta de que el trabajador seleccione el modo  $j$  y la familia elija el nivel de posesión de coches  $i$ ;  $P_{j/i}$ , es la probabilidad condicional de que el trabajador seleccione un modo  $j$ , dado que se tiene un nivel de posesión de coche  $i$ ; y  $P_i$ , es la probabilidad marginal, de que la familia seleccione el nivel de posesión de coches  $i$ .

La utilidad de la familia y el trabajador, derivada de elegir el nivel de posesión de coches  $i$  y el modo  $j$ , puede ser dividido en tres partes: una observada,  $Y_{ij}$ , la cual depende de los atributos del nivel de coches; una segunda,  $W_{ij}$ , que depende tanto de los atributos de la posesión de coches, como del modo de viaje seleccionado; y un tercer componente no observado,  $\varepsilon_{ij}$ ; esto se representa como:  $U_{ij} = Y_{ij} + W_{ij} (1 - \theta) + \varepsilon_{ij}$ ; donde  $U_{ij}$  es la utilidad de  $ij$  y  $(1 - \theta)$  es una constante, esta ecuación es una identidad, ya que  $\varepsilon_{ij}$ , es por definición la diferencia entre la utilidad obtenida, con respecto a la observada.

De acuerdo con McFadden (1978), la probabilidad condicionada que maximiza la utilidad del trabajador que selecciona el modo  $j$ , dado un nivel de posesión de coche  $i$ , es para el caso de un modelo Logit Multinomial:

$$P_{j/i} = \frac{e^{W_{ij}}}{\sum_{k=1}^J e^{W_{ik}}}$$

Además, la probabilidad marginal del nivel de posesión de coche  $i$ , puede ser expresado como:

$$P_i = \frac{e^{Y_i + (1-\theta)Q_i}}{\sum_{l=1}^I e^{Y_l + (1-\theta)Q_l}}$$

donde

$$Q_i = \log \sum_j e^{W_{ij}}$$

El término  $Q_i$  es llamada la utilidad agregada de viaje al trabajo, para un nivel de posesión de coches  $i$ , y ésta puede ser calculada sustituyendo los valores de  $W_{ij}$ . El parámetro  $\theta$ , mide la correlación entre  $\varepsilon_{ij}$  y  $\varepsilon_{il}$  para todo  $i$  y todo  $j \neq l$ .

Ya que el modelo conjunto está formado por un modelo condicional, el cual es un Logit; y uno marginal que también es Logit, entonces el modelo resultante se llamará Logit Estructurado o Secuencial, solo en el caso donde  $\theta = 0$ , se tendría el problema de la no Independencia de las Alternativas Irrelevantes, donde utilizar un Logit resultaría inapropiado.

Considerando lo anterior, el primer paso es estimar el modelo de elección modal; para ello, Train utiliza una muestra de viajes de los trabajadores del Área de la Bahía de San Francisco correspondiente al año 1975; a partir de este modelo, se obtiene la utilidad agregada de viaje al trabajo  $-Q_i$ , misma que se agrega como una variable independiente en el modelo de posesión de coches. Los resultados, tanto en el modelo de elección modal, como en el de posesión de coches, resultan con los signos esperados en este tipo de modelos; el aspecto relevante en este estudio, es la variable  $Q_i$ , la cual resulta significativamente diferente de cero; no obstante, si no se considera dentro del modelo de posesión de coches, los valores de los coeficientes no cambian, así como tampoco lo hace el grado de ajuste del modelo.

Ben-Akiva et al. (1985) por su parte, analizan que para el caso en que se considere el lugar de origen y destino como dados; se puede estimar un sistema que determine la probabilidad de utilizar un modo en particular, tanto para los viajes al trabajo, como los no laborales, condicionado al número de coches. Para ello, divide la estimación, con el fin de obtener en primer lugar, la probabilidad de que en un hogar,  $n$ , se tengan  $a$  automóviles, y que el trabajador principal,  $p$ , elija el modo  $m_p$ , para ir al lugar de trabajo,  $d_p$ ; sería:  $P_n(a, m_p/d_p)$ . Si existen trabajadores adicionales, la probabilidad de que seleccionen un modo determinado  $-m_s$ , estará condicionada al lugar de trabajo y al nivel de posesión de coches en el hogar,  $P_n(m_s, d_s, a)$ . Si en el hogar no existen trabajadores, solo se estimaría la probabilidad de tener coche en el hogar,  $P_n(a)$ . Para completar el modelo, se consideran los viajes no laborales, en los cuales se estima la probabilidad de que el hogar,  $n$ , haga un viaje no laboral,  $f$ , a un destino,  $d$ , en el modo  $m$ ; condicionado a la posesión de coches en el hogar,  $a$ , y los coches disponibles después de los motivos laborales,  $a_r$ , es decir,  $P_n(f, d, m/a, a_r)$ .

Para estimar el modelo es necesario contar con variables socioeconómicas del hogar, así como de los niveles de servicio. El proceso de estimación se da por etapas, primero el modelo de posesión de coches se usa para predecir las probabilidades marginales de elegir un nivel de posesión de coches por hogar, condicionado al lugar de residencia y trabajo. Estas probabilidades marginales son utilizadas en el modelo de elección modal para viajes al trabajo el cual es aplicado de manera separada para predecir las probabilidades de cada trabajador en el hogar, eligiendo entre los modos disponibles para cada nivel de posesión de coches.

Conociendo las probabilidades de elección modal en cada nivel de posesión de coches, junto con la probabilidad de cada nivel de posesión de coche, es posible calcular las probabilidades conjuntas de cada combinación de coches disponibles en un hogar para viajes no laborales, estimando así, la probabilidad de hacer viajes a un destino dado, para cada modo disponible. Este sistema ha sido aplicado por los autores en Washington, D.C., Birmingham, Alabama, Los Angeles y Massachussets; la forma de probarlo, básicamente, ha consistido en crear escenarios a partir de las estimaciones obtenidas, y compararlas con los resultados reales; el método de estimación utilizado es el del logit multinomial.

Otro estudio que trata la simultaneidad entre la elección modal y la posesión de coches, es el de De Palma y Rochat (2000) aplicado al caso de Ginebra; en éste, en primer lugar, se estima un modelo de elección modal, considerando el uso del transporte público o privado, mediante un modelo logit binomial, con el fin de estimar las elasticidades con respecto al precio y tiempo de cada modo. Después de ello, se utiliza un modelo logit anidado, donde la primer rama de decisión es tener un coche o más de uno; a partir de cada uno de ellos, se determina la probabilidad de hacer un viaje al trabajo en transporte público o privado. Los resultados muestran, al igual que en el caso de Train (1980), los valores típicos en las variables socioeconómicas y de nivel de servicio; pero de nueva cuenta, lo relevante es ver la variable que mide el grado de simultaneidad de las decisiones, que en este caso, está medido por el valor inclusivo; su valor, al ser diferente de cero, muestra que tiene sentido la estimación conjunta; no obstante, el nivel de dependencia entre el modelo utilizado y la decisión del número de coches, no es alta; esto, según los autores, para el caso de Ginebra puede estar explicado por el hecho de que el 98% de los hogares poseen al menos un coche.

Es evidente que la decisión del modo a utilizar, estará determinado por la disponibilidad de coches en un hogar y una política que afecte la elección modal o la posesión de coches influirá en su contraparte, por lo que medir dicha dependencia es importante. La restricción para poder utilizar este tipo de modelos es que se cuente con una disponibilidad suficiente de coches por hogar, ya que se debe recordar que para el caso de los modelos de elección

modal se parte de hogares que poseen al menos un coche, para evitar usuarios cautivos, por lo que para que el sistema tenga sentido, se debe contar con un porcentaje importante de hogares con un coche o más, con el fin de aplicar cualquiera de los criterios expuestos.

## 2.8 Conclusión

De acuerdo con lo visto, en este capítulo, se puede concluir que la estimación de un modelo secuencial podría ser la mejor opción si se desea observar cómo los cambios en el nivel de posesión de coches puede afectar la elección modal o viceversa. No obstante, las restricciones en la información hacen necesario aplicar supuestos que lo simplifiquen, así un diagrama como el de la tabla 2.7, muestra que si se consideran como datos los lugares de residencia y trabajo, y que sólo se utilizarán los viajes al trabajo. El primer paso consistiría en estimar un modelo de posesión de coches, el cual si se dispone de información suficiente, se puede hacer del tipo que estime los determinantes por nivel de posesión (modelo multinomial), o bien, si la información no es tan completa, será necesario utilizar un modelo que determine sólo la probabilidad de que un hogar posea o no coche (modelo binomial).

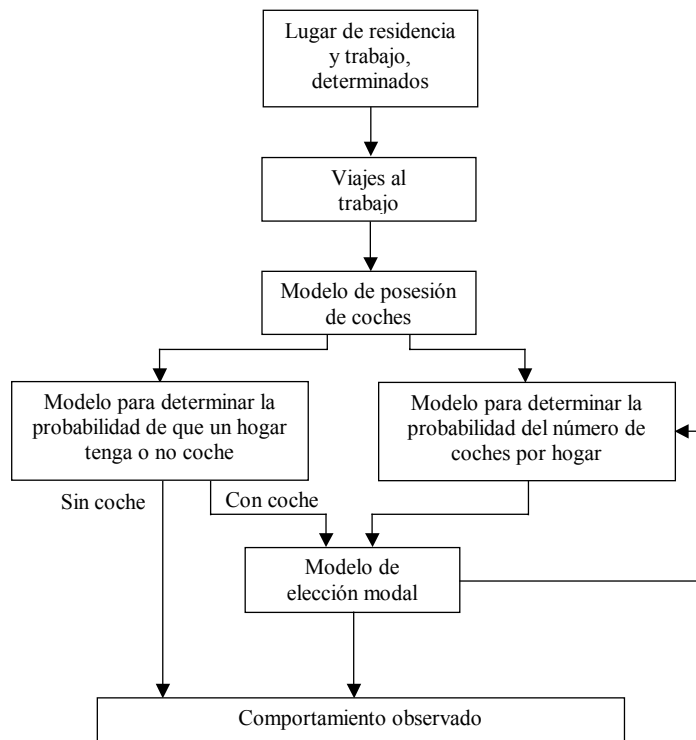
Si la información sólo permite utilizar un modelo binomial, no se podrá tener el efecto secuencial en las decisiones, ya que los hogares que no posean coches, no tendrán opción de elegir el modo de viaje; de esta forma, solamente aquellos hogares que posean coche serán los que generarán viajes relevantes para estimar un modelo de elección modal. En caso de que la información disponible permita tener datos del número de coches por hogar - y de que dichas observaciones sean suficientes para la estimación del modelo-, se podrá aplicar un modelo multinomial, el cual puede ser estimado considerando como variable dependiente el uso de los coches medido en kilómetros o millas por año, como en el caso de De Jong (1990), o la probabilidad de poseer un nivel determinado de coches, como en Train (1986).

En este caso, sí se podría generar el efecto secuencial en la decisión, ya que el número de coches por hogar -o su uso- puede verse afectado por cambios en los atributos de los modos de viaje y viceversa; la forma de relacionar las decisiones pueden ser como las aplicadas por Train (1980), Ben-Akiva (1985) o De Palma y Rochat (2000), entre otros.

La idea inicial de este trabajo era realizar un modelo secuencial; sin embargo, como se verá en el siguiente apartado, los datos de los que se dispone hacen imposible estimarlo; a pesar de que se cuenta con información del número de coches por hogar, la restricción de la muestra utilizada, hace que el número de hogares con dos o más coches sea tan pequeña que no

permite estimar un modelo multinomial. Por esto que se determinó estimar un modelo de posesión de coches, teniendo como variable dependiente la probabilidad de que un hogar cuente o no con coche. Mientras que para el caso de elección modal, se estimará la probabilidad de elegir como modo de viaje el autobús o coche.

Tabla 2.7 Diagrama de decisiones



Fuente: Elaboración propia

### 3. ESTIMACIN

#### 3.1 La muestra

El presente trabajo se basa en datos de una encuesta origen-destino, realizada por el Centro de Investigaciones Económicas (CIE), de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y corresponde a una muestra de 1,500 encuestas. La principal limitante de la base de datos utilizada es que solo considera al estrato de renta *Medio Bajo*<sup>1</sup>; por lo que a priori, podemos esperar que los resultados obtenidos sean diferentes a los que se tendrían en el caso de considerar a toda la poblacin. Para comparar la distribucin en la posesin de coches del estrato utilizado con respecto al resto, en la tabla 3.1 se muestra un resumen correspondiente al ao 2000, en la distribucin del número de hogares y coches por hogar.

Tabla 3.1 Distribucin del número de coches por estrato para el AMM, 2000

	Alto	Medio Alto	<b>Medio Bajo</b>	Bajo	Marginal	Total
Hogares	4%	13%	<b>43%</b>	35%	5%	
Número de coches:						
0	6%	22%	<b>50%</b>	56%	65%	<b>47%</b>
1	35%	48%	<b>44%</b>	39%	33%	<b>42%</b>
2	32%	21%	<b>4%</b>	4%	2%	<b>7%</b>
3 y más	27%	9%	<b>2%</b>	1%	0%	<b>4%</b>

Fuente: CET, CIE-UANL e INEGI

A pesar de que sólo existe un diferencial de tres puntos porcentuales entre el porcentaje de hogares que no cuentan con coche de entre el total poblacional y el estrato utilizado, lo cierto es que este diferencial se acentúa para el caso de hogares con dos o más coches, provocando que la diferencia total entre el número de coches que está en circulacin y los que se consideran en la muestra, sea de un 14%<sup>2</sup>.

Aclarada esta limitante, se procedió a eliminar algunas observaciones debido a que no contaban con informacin completa; de esta forma, la muestra final

<sup>1</sup> De acuerdo con la metodología aplicada por el INEGI, se divide a la poblacin en cinco estratos: Alto, Medio Alto, Medio Bajo, Bajo y Marginal; la pertenencia o no a un grupo determinado, depende de un índice que incluye diferentes variables socioeconómicas.

<sup>2</sup> De acuerdo con los datos del SIMAB -INEGI, el número de coches en circulacin en el AMM para el ao 2000 era de 554,60 -ver gráfico 2.3-; mientras que extrapolando la informacin para la muestra utilizada, el total sería de 475,374.

utilizada para el caso del modelo de posesión de coches, resultó en 1,341 hogares.

Con respecto a la muestra utilizada para estimar el modelo de elección modal, la selección de la muestra está sujeta a ciertas limitantes (ver apartado 2.5) en particular, se debe recordar que se parte del supuesto de que el número de viajes es fijo, por lo que cambios en las variables, tanto socioeconómicas como de atributos o localización, repercutirán sólo en la elección del modo de viaje. Como resultado de esto, lo más común es utilizar los viajes al trabajo *-commuters-* como la muestra relevante, ya que al menos en el corto plazo, no es de esperar que una mejora en los medios de transporte, aumente el número de viajes o cambie el origen o destino de los mismos. Otro supuesto común es considerar solo los viajes de ida, ya que es válido suponer que la decisión sobre el modo utilizado para regresar al hogar, no variará con respecto al de ida. Finalmente, se deben excluir aquellos viajes en cuyos hogares no se cuente con coche *-con el fin de evitar usuarios cautivos del transporte público-*. El resultado de aplicar estas consideraciones genera una muestra de 786 viajes.

Antes de proceder a la estimación de cada uno de los modelos es conveniente observar algunos resultados básicos, obtenidos a partir de la muestra; por ejemplo, en la tabla 3.2, se observa que el 52% de los hogares, no cuentan con coche. El nivel de renta es un 62% mayor en los hogares con coche. En lo referente a la ocupación, la de empleado, es la dominante en los hogares; no obstante, para el caso de los hogares con coche, en el 25% de ellos, el jefe de familia es autónomo, cuyo porcentaje, es el doble, si se compara con la estructura de los hogares sin coche; es decir, es más probable que un hogar con jefe de familia autónomo tenga coche; de forma inversa ocurre en el caso de los obreros, donde el porcentaje es mayor en los hogares sin coche.



Tabla 3.2 Resultados básicos para la posesión de coches

Número de coches:	Cero	Uno ó más
Posesión de coches:		
Hogares	697	644
Porcentaje	52%	48%
Ocupación:		
Autónomo	12.6%	24.9%
Empleado	38.9%	47.9%
Obrero	29.3%	12.2%
Resto	19.2%	15.0%
Renta media anual (pesos)	48,648	78,934

Fuente: Estimaciones propias, a partir de la muestra, pesos a precio del 2002.

Para el caso de los resultados obtenidos en la muestra de elección modal, en la tabla 3.3, se puede observar que el tiempo de viaje total -incluidos el tiempo de viaje, a pie y de espera- es tres veces superior para el autobús, en comparación con el coche. En cuanto al costo, no se observa mucha diferencia, ya que en el caso del coche, sólo se consideran los del carburante. El nivel de renta es un 45% mayor para los usuarios del coche, en comparación con los del autobús. En cuanto al género, se ve que los hombres utilizan más el coche que el transporte público. En cuanto al jefe de familia, se observa que es casi tres veces mayor la proporción que utiliza el coche, con respecto al autobús. El rango de edad comprendido entre los 36 y 64 años, es el que más utiliza el coche; contrario a los menores de 26 años, que son los mayores usuarios del transporte público. Finalmente, se observa una mayor escolaridad entre los usuarios del coche, motivado tal vez, por la estructura de edad de los usuarios de cada modo.

Tabla 3.3 Resultados básicos para la elección modal

	Bus	Coche
Estructura de viaje		
Viajes	330	456
Porcentaje	42%	58%
Tiempo (minutos):		
De viaje	45	19
A pie	6	0
De espera	12	0
Coste promedio (pesos)	4.72	5.09
Renta media anual (pesos)	63,375	91,776
Género (% de hombres)	63%	82%
Jefe de familia	26%	69%
Edad:		
Menor de 26 años	41%	16%
Entre 26 y 35 años	25%	30%
Entre 36 y 64 años	32%	52%
Mayor de 64 años	2%	2%
Años de escolaridad	10	12

Fuente: Estimaciones propias, a partir de la muestra, pesos a precios del 2002.

### 3.2 Estimación del modelo de posesión de coches

Dado que no se cuenta con información de uso del coche -kilómetros anuales recorridos-, ni de costos -fijos y variables-, se estimará una ecuación que considere solamente las características socioeconómicas del hogar, además de algunas variables de localización. Inicialmente, se pensó utilizar un modelo Probit Ordenado, con el fin de estimar la probabilidad de tener 0, 1 y 2 o más coches; sin embargo, las pocas observaciones de hogares con dos o más coches -5.6% del total-, hacían inútil estimar este modelo; debido a ello, se optó por simplificarlo, considerado sólo si el hogar cuenta, o no con coche. Por eso, se decidió estimar la ecuación por medio de un Probit Binario. Dicha ecuación,  $V_i$ , se define como:

$$V_i = \beta_0 + \beta_1 * \text{Género} + \beta_2 * \text{Edad} < 26 + \beta_3 * \text{Edad} 26-36 + \beta_4 * \text{Edad} > 64 + \beta_5 * \text{Renta} + \beta_6 * \text{Autónomo} + \beta_7 * \text{Obrero} + \beta_8 * \text{Otro} + \beta_9 * \text{Personas} + \beta_{10} * \text{Dmástrab} + \beta_{11} * \text{Distcentro} + \beta_{12} * \text{Densidad} + \varepsilon_i$$

Donde:

- 1) Género: es una variable ficticia que toma el valor de cero, si el jefe de familia es hombre, y uno si es mujer.
- 2) Edad: inicialmente se consideró la edad como una variable más; pero dada su poca significancia, se optó por dividirla en rangos de edad que corresponden a: 1) menores de 26 años, 2) entre 26 y 36, 3) 37 a 64 y 4) mayores de 64 años. Para el caso de la ecuación utilizada, y con el fin de evitar la multicolinealidad, no se estima el rango de entre 37 y 64 años, constituyendo éste, el rango de edad con respecto al cual se comparan el resto de los valores.
- 3) Nivel de Renta: esta variable, resulta de gran importancia, ya que la evidencia muestra que existe una fuerte relación positiva entre incrementos de esta variable y la posesión o incremento del número de coches en un hogar.
- 4) Variables de ocupación: 1) autónomo, 2) obrero, 3) empleado y 4) resto; se pretende ver si existe diferencia en la posesión de coches entre ocupaciones, para evitar multicolinealidad, se toma como referencia al empleado.
- 5) Personas por hogar (*Personas*): de acuerdo con la evidencia empírica, al incrementarse el número de personas que habitan en un hogar, se incrementa la probabilidad de que posean o incrementen el número de coches.
- 6) Más de un trabajador (*Dmástrab*): esta variable ficticia toma el valor de uno, si en el hogar existe más de una persona que trabaja y cero en el caso contrario. Es de esperar que a mayor número de trabajadores, la probabilidad de tener coche se incremente.
- 7) Distancia al centro (*Distcentro*): esta variable puede tener una relación directa con la posesión de coches, debido a que una distancia relativamente alta puede estar relacionada con zonas no cubiertas por el transporte público.
- 8) Densidad: es la densidad poblacional en la zona de trabajo, esta variable sirve como una medida de disponibilidad de modos de

transporte públicos, ya que es de esperar que a mayores densidades, éstas se encuentren servidas por líneas de autobuses; por ello, es de esperar una relación inversa entre la densidad y la posesión de coches.

Con lo anterior, se estima un primer modelo donde se incluyen todas las variables explicativas; no obstante, como se muestra en la tabla 3.4, algunas de ellas resultan no significativas, por lo que se opta por simplificar el modelo. Los resultados muestran que, si el hogar tiene como jefe de familia a un hombre, entonces la probabilidad de que ese hogar tenga coche, se incrementa. Si el jefe de familia es mayor de 64 años, la probabilidad de poseer coche es menor, en comparación con el resto de grupos de edad.

El nivel de renta muestra el efecto positivo esperado por la evidencia empírica, es decir que al incrementarse, aumenta la probabilidad de poseer coche. En cuanto a la ocupación, se observa que para los obreros, la tendencia a poseer coches será la menor de entre las consideradas; y el hecho de ser autónomo, la de mayor probabilidad; se debe recordar que dichas probabilidades son con respecto al empleado, que es la ocupación de referencia.

Con respecto al número de personas por hogar, se ve que existe un efecto positivo, esto es, una mayor necesidad por poseer coche, al incrementarse el número de miembros en un hogar. Finalmente, las dos variables de localización consideradas -densidad y distancia al centro-, resultan significativas con signo negativo, mostrando que si se trabaja en zonas densamente pobladas o se habita en zonas distantes del centro de la ciudad se desincentiva el poseer coche. Esto, puede estar explicado por una mayor probabilidad de que dicha zona cuente con servicios públicos de transporte, para el primer caso. Con respecto al signo negativo obtenido en la distancia -que *a priori* esperaríamos que fuera positiva-, puede explicarse por el hecho de que para el AMM, las zonas más alejadas del centro, con excepción de la zona sur, poseen un menor nivel de renta 40% menor con respecto a la media, para hogares con distancias al centro mayores a 13 kilómetros, de acuerdo con las observaciones de la muestra -.

Tabla 3.4 Estimación del modelo del posesión de coches  
Variable dependiente: Probabilidad de tener coche

Modelos	General		Simplificado	
	Coefficiente	t	Coefficiente	t
Constante	-0.4009	-2.40	-0.3799	-2.42
Género	-0.2298	-1.99	-0.2144	-2.06
Menor de 26 años	0.0090	0.06		
Entre 26 y 36 años	0.0562	0.61		
Entre 37 y 64 años				
Mayor de 64 años	-0.4512	-2.66	-0.4369	-2.81
Renta	0.0102	8.99	0.0101	8.98
Ocupación:				
Autónomo	0.3476	3.36	0.3326	3.37
Obrero	-0.5888	-5.86	-0.5948	-6.11
Otro	0.0459	0.36		
Número de personas	0.0740	2.53	0.0667	2.44
Más de un trabajador	-0.0408	-0.51		
Distancia al centro	-0.0218	-2.32	-0.0220	-2.36
Densidad	-0.0219	-2.39	-0.0219	-2.40

Suma de cuadrados residuales	268.01	268.22
Log de verosimilitud	-786.78	-787.12
Log de verosimilitud restringido	-894.52	-894.52
R <sup>2</sup> de McFadden	0.12	0.12
Porcentaje de aciertos	71.07%	71.06%

Un primer resultado que se puede obtener de la ecuación estimada, se muestra en la tabla 3.5, donde se observa que en los hogares donde el jefe de familia es empleado, en el 50% de los casos, dicho hogar tendrá al menos un coche; ahora bien, si se divide la población entre el 25% más pobre -percentil 25-, y el 25% más rico -percentil 75-; entonces la probabilidad de que ese hogar tenga coche, sería del 37%, si se pertenece al grupo de renta baja, y del 71%, si pertenece al grupo de rentas mayores.

Si el jefe de familia es autónomo, en promedio se tendrá coche en el 68% de los hogares; si dicho hogar pertenece al percentil 75, la probabilidad se incrementa al 90%; si por el contrario, se sitúa en el grupo de renta baja, la probabilidad de que tenga coche será del 57%.

Finalmente, en los hogares donde el jefe de familia es obrero, solo en uno de cada cinco hogares se contará con coche, si pertenece al grupo de renta baja; en uno de cada tres, si está en la renta media; y en la mitad de los hogares, si pertenece al segmento de renta alta.

Tabla 3.5 Probabilidad de poseer coche por nivel de renta y ocupación

Nivel de renta	Obrero	Empleado	Autónomo
Percentil 25%	21%	37%	57%
Media	32%	50%	68%
Percentil 75%	48%	71%	90%

Fuente: Resultados obtenidos a partir de los valores de la tabla 4.4

### 3.3 Estimación de elasticidades en la posesión de coches

Los valores de los coeficientes muestran la importancia relativa de cada variable, pero no representan los valores agregados. No obstante, estos valores, podemos utilizarlos para la principal utilidad que aporta la estimación de la función de demanda, que es conocer los efectos agregados de cambios en la política de transporte y la herramienta para lograrlo es la elasticidad, ya que con ella se puede cuantificar el efecto de una política.

Como se sabe, la elasticidad muestra el efecto del cambio proporcional de una variable al cambiar proporcionalmente otra; usualmente se utilizan los valores medios de las variables a comparar; sin embargo, en un modelo Probit esta forma no es correcta, ya que los resultados serán sesgados. Debido a esto, y a que estamos interesados en cambios discretos de las variables explicativas y no infinitesimales, la elasticidad que se estimará será una elasticidad arco de la forma:

$$E = \{[(\Sigma P_i^* | X_i^* = X_i + \delta_i) - \Sigma(P_i | X_i = X_i)] / [\Sigma(P_i | X_i = X_i)]\} / [\Sigma \delta_i / \Sigma X_i],$$

donde,  $\Sigma P_i$ , es la demanda agregada inicial;  $X_i$  son las características con respecto a las que se calculan las elasticidades;  $\delta_i$  es la variación aplicada a la variable  $X_i$ ;  $\{[(\Sigma P_i^* | X_i^*)$  y  $X_i^*$ , representan la nueva demanda agregada y los valores de las características, después del cambio aplicado, respectivamente.

Con base en esto, se estima la elasticidad de la probabilidad de poseer coche con respecto al nivel de renta, tanto para el valor medio, como para los percentiles 25 y 75, con el fin de observar si existen diferencias en los resultados.

Tabla 3.6 Estimación de la elasticidad en la posesión de coches, con respecto a la renta

Elasticidad para:	2000	AMM <sup>1</sup>
Percentil 25	0.22	0.35/0.61
Media	0.41	0.25/0.42
Percentil 75	0.51	0.44/0.76

<sup>1</sup> Kain y El-Hifnawi (1994) para un estudio similar realizado en el AMM, referente a 1991 y 1993 – ver tabla 3.5 -

Los resultados de las elasticidades con respecto a la renta -mostrados en la tabla 3.6-, van en el mismo sentido de los obtenidos por Kain y El-Hifnawi (1994) para el caso del AMM, correspondientes a 1991 y 1993; es importante aclarar que para ambos estudios, lo que se mide es la probabilidad de que un hogar tenga al menos un coche. Esta aclaración es pertinente hacerla, ya que puede generar confusión al considerar los valores de la tabla 3.6 inferiores, al compararlos con resultados como los de la tabla 2.3<sup>3</sup>; sin embargo, éstas últimas consideran como variable dependiente, el número de coches por hogar.

Aclarado lo anterior, los resultados de la tabla 3.6, muestran que si se incrementara el nivel de renta en la población -en términos reales-, por ejemplo, un 10%, generará que el porcentaje de hogares con coche pase de 53.4% a 55.6%, *ceteris paribus*. Este resultado es importante, ya que puede ayudar a explicar parte del crecimiento vehicular que ha registrado el AMM en los últimos años, donde se duplicó el número de coches entre 1989 y el 2000 (ver gráfico 1.3).

De acuerdo con el valor de la elasticidad estimada, hubiera sido necesario incrementar la renta un 6% anual, desde 1992 al 2000, para pasar del 43.80% de hogares con coche que existían en 1992, al 53.40% del año 2000. Sin embargo, los datos de las encuestas de gasto -ENIGH- realizadas por el INEGI, muestran que el nivel de renta real disminuyó durante este período,

<sup>3</sup> En la tabla 2.3, la elasticidad de la renta ronda entre 0.75 y 1.25, de acuerdo con la evidencia internacional; mientras que para el caso del AMM, El-Hifnawi (1998), la estima entre 0.70 y 0.87.

en particular para el comprendido entre 1994 y 1996; debe recordarse que la economía mexicana, sufrió una de las crisis económicas más fuertes de los últimos años, justo en este período, donde la renta media real, disminuyó un 37% (ver tabla 3.7). No obstante, el número de hogares con coche se incrementó durante ese mismo período un 5%. ¿Cómo se puede explicar esta aparente contradicción?, una explicación es la disminución de los aranceles en la compra de coches, misma que se inició a partir de la entrada de México al GATT en 1987; y acrecentada en 1993, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá, que si bien no incluía la apertura del mercado automotriz -ya que se estipuló que la importación de coches libre de aranceles, sería a partir del 1 de enero de 2004, para los coches nuevos y el 2015, para los coches usados-, sí favoreció una mayor competencia entre los fabricantes mexicanos, generando una disminución en el precio real de los coches del 11% entre 1992 y 1994, y 20% entre 1994 y 1996.

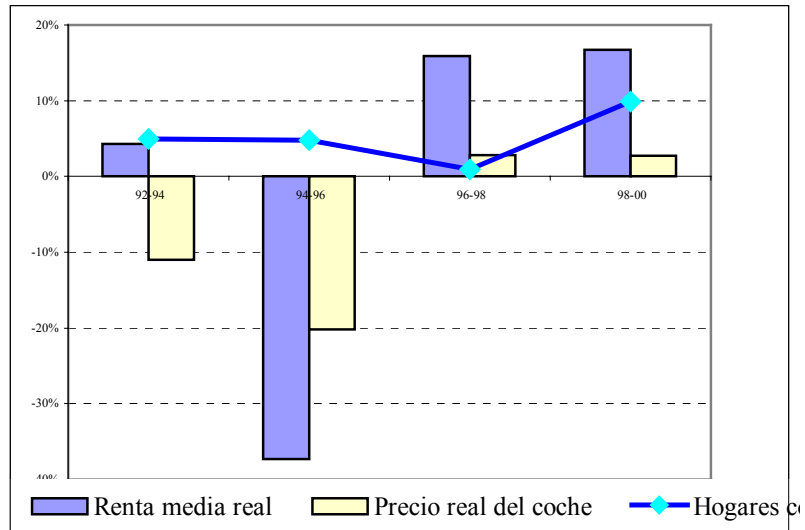
Este efecto contrario: pérdida de poder adquisitivo, contra “abaratamiento” de los coches, puede explicar por qué no disminuyó el número de hogares con coche, que sería el efecto esperado, de acuerdo con el signo de la elasticidad de la renta.

En cierta forma, la caída en el precio de los coches “suavizó” el efecto sobre el nivel de renta, en el sentido de que si bien se tiene una menor renta, comprar un coche implica un menor esfuerzo relativo, al ser también más barato. Además, vender un coche en este escenario no es una buena alternativa, ya que como consecuencia de la pérdida de poder adquisitivo, y la baja en el precio de los coches nuevos, los coches usados también disminuyeron su precio.

A partir de 1996, se observa un incremento en el nivel de renta, mientras que el precio de los coches, a pesar de que incrementan su precio en términos reales, el aumento es menor, en comparación con el efecto sobre la renta -una media anual del 9% en la renta, contra un 1.4% en el precio de los coches-, el resultado es una mejora relativa en el nivel de renta, lo cual puede explicar el incremento en el número de hogares con coche en este período.



Gráfico 3.1 Tasas de crecimiento en la renta media real, precio real del coche y hogares con coche, 1992-2000



Fuente: Elaboración propia, los datos de renta y hogares con coche, fueron obtenidos a partir de las ENIGH-INEGI, de 1992 al 2000, la renta fue deflactada por el índice de precios al consumidor, estimado por el Banco de México. Los precios medios de coches para el AMM, fueron obtenidos del cálculo del índice de precios al consumidor estimado para el AMM, por el CIE-UANL.

En resumen, no es que la elasticidad de la renta sea un mal indicador para explicar los cambios en el número de hogares con coche; sin embargo, de acuerdo con la experiencia mexicana de la década de los noventa, se podría utilizar la variable de renta, pero relacionada con el precio real de los coches - como pudiera ser una ratio precio del coche-renta, renta disponible después del coche, o alguna otra -.

### 3.4 Estimación del modelo de elección modal

Con respecto al modelo de elección modal, y dados los datos con los que se cuentan, se consideran dos opciones de viaje: autobús y coche; para poder observar los determinantes del modo seleccionado, se parte de la siguiente ecuación:

$$V_i = \beta_0 + \beta_1 * Difcte + \beta_2 * Tcoche + \beta_3 * Tbus + \beta_4 * Tapie + \beta_5 * Tespera + \beta_6 * Escolaridad + \beta_7 * Género + \beta_8 * Jefe + \beta_9 * Edad < 26 + \beta_{10} * Edad 37-64 + \beta_{11} * Edad > 64 + \beta_{12} * Distcentro + \beta_{13} * Densidad + \epsilon_i$$

Donde:

- 1) Diferencia en costos (*Difcte*): se obtiene del diferencial entre el costo de viajar en coches menos el costo del autobús; en nuestro caso, dado que no se contaba con información detallada sobre los costos del coche, se optó por considerar sólo los costos del combustible; para el caso del costo por el transporte público, se utilizaron los costos declarados por los usuarios. En esta variable, suponemos que los individuos valoran de igual forma un peso gastado en el autobús que en el coche, por esto se considera sólo el diferencial como lo relevante. Ya que la encuesta no muestra el coste que hubieran afrontado los usuarios del coche por hacer el mismo recorrido en transporte público, ni el de los usuarios del autobús con respecto al coche, fue necesario estimar dichos costos. Para el primer caso, se observaron las distintas líneas de autobuses disponibles en el origen y destino de cada uno de los 456 usuarios del coche, seleccionando la mejor ruta posible y aplicando la tarifa adecuada en cada caso<sup>4</sup>. Para los usuarios del autobús -de los cuales era necesario estimar los costos de ir en coche-, se calculó una matriz de costos promedio de viajar en coche -obtenido de los usuarios del coche de la propia encuesta, así como de la información del CET-, en cada una de las 100 zonas en que se divide el AMM, en los casos donde no se poseía información, se estimó la distancia lineal entre el origen y destino, y se calculó el costo suponiendo un rendimiento medio de 10 kilómetros por litro de carburante.
- 2) Tiempo en coche (*Tcoche*): este tiempo corresponde al tiempo empleado en realizar un viaje, dentro del vehículo; para los usuarios del bus, el tiempo en coche se estimó de acuerdo con los datos CET y de la propia encuesta, generando una matriz origen-destino de los tiempos de viaje.
- 3) Tiempo en bus (*Tbus*): en este caso se considera el tiempo empleado dentro del vehículo, los valores son obtenidos de la propia encuesta. Para el caso de los usuarios del coche, se utilizó una matriz de origen-destino obtenida de la encuesta y de la información CET.

---

<sup>4</sup> En el AMM, existían en el año 2000 ocho posibles tarifas de autobuses: radial tradicional, periférica, panorámica, y panorámica-periférica; en cada una de las cuales se puede cobrar la tarifa completa, o la reducida para estudiantes y personas mayores de 65 años.

- 4) Tiempo a pie (*Tapie*): es el tiempo empleado desde que se sale del origen hasta la parada del bus, dichos tiempos fueron declarados por los usuarios; para el caso de los usuarios de coche, el tiempo empleado en caminar si hubieran utilizado el bus, se obtiene de una matriz de tiempos obtenida a partir de la propia muestra, y en los casos en que no se disponía de la información, se consultaron los datos de los que dispone el CET.
- 5) Tiempo de espera (*Tespera*): el tiempo empleado en esperar a que el transporte público llegue a la parada, desde que el usuario llega a la misma, es obtenido de los usuarios, ya que en el caso del AMM, las líneas no cuentan con recorridos programados. Para el caso de los usuarios del coche, se estimaron estos tiempos de acuerdo con una matriz obtenida de la propia muestra.
- 6) Escolaridad: es el número de años de escolaridad del usuario, esta variable actúa como una *proxy* de la renta.
- 7) Género: es una variable ficticia que toma el valor de uno, si es hombre y cero si es mujer, con esta variable se pretende ver si existe una tendencia a un modo en particular, según el género del usuario.
- 8) Jefe de familia: variable ficticia que toma el valor de uno, si el usuario es jefe de familia y cero en cualquier otro caso; es de esperar que el jefe de familia tenga una mayor probabilidad de utilizar el coche.
- 9) Edad: Esta variable se dividió en cuatro grupos –iguales a los utilizados en el modelo de posesión de coches-, que son: 1) menores de 26 años, 2) entre 26 y 36, 3) 37 a 64 y 4) mayores de 64 años. Para evitar la multicolinealidad, se elimina de la ecuación el grupo de entre 26 y 36 años, por lo que los resultados obtenidos estarán referidos a este grupo.
- 10) Distancia al centro (*Distcentro*): esta variable puede estar relacionada a un uso mayor del coche, ya que en la medida que se aleje de las zonas más densamente pobladas, disminuye la probabilidad de que exista una buena cobertura del transporte público.
- 11) Densidad: es la densidad poblacional, se utiliza como un *proxy* de la disponibilidad de transporte público en una zona determinada, ya que es de esperar que a mayor densidad, la probabilidad de que se cuente con este servicio es mayor.

La ecuación se estima por medio de un Probit Binario, se estima un primer modelo donde se incluyen todas las variables explicadas (ver tabla A.1 del Anexo); los resultados muestran que las variables de densidad poblacional, distancia al centro y las de edad mayores a 26 años, no son estadísticamente diferentes de cero. Por lo que se opta por eliminarlas, estimando un nuevo modelo, donde se excluyan.

Ya que desde un punto de vista teórico no se justifica la incorporación de la variable renta, como una explicativa; lo que sí se puede ver, es si existen diferencias en las valoraciones a diferentes niveles de renta; por lo que de manera simultanea, se estima, además de la ecuación anterior, una donde se dividen las variables de costes y tiempos -de viaje, a pie y espera- entre dos niveles de renta: 1) el de rentas bajas, que corresponde a las rentas menores al valor medio y 2) el de rentas altas, formado por aquellos usuarios de rentas mayores al promedio.

Los resultados de ambas ecuaciones se muestran en la tabla 3.7; no obstante, al no existir diferencia significativa entre los coeficientes de coste y tiempos, en diferentes niveles de renta<sup>5</sup>, se opta por utilizar el modelo general. Este resultado es lógico hasta cierto punto, ya que se debe recordar que en la muestra utilizada, solo se incluyen las observaciones de un estrato determinado, por lo que las variaciones no son tan grandes.

Considerando lo anterior, tenemos que los valores de los coeficientes muestran los signos esperados. El signo negativo de la constante muestra una mayor tendencia a utilizar el bus, manteniendo todas las demás variables fijas. Con respecto al diferencial de coste, el signo negativo muestra que en la medida que se incrementa dicha diferencia, la probabilidad de utilizar el coche, disminuye -recuerde que la diferencia se hace con respecto al coste del coche-.

---

<sup>5</sup> Para comprobar lo anterior, se utiliza la prueba de la  $\chi^2$ , la cual se define como:  $2(L-L_0)$ , para el caso de las dos ecuaciones estimadas, los valores corresponden a:  $2(350.27-345.37)=9.8$ ; con esto, podemos aceptar la hipótesis de que no existe diferencia entre los coeficientes de coste ni tiempo, por nivel de renta; a un nivel de significancia del 5%, ya que el valor de la  $\chi^2$  con cinco grados de libertad es de 11.07.

Tabla 3.7 Resultados de los modelos por nivel de renta y general  
Variable dependiente: Probabilidad de viajar en coche

Modelos	Por nivel de renta		General	
	Coficiente	t	Coficiente	t
Constante	-2.393	-5.21	-2.437	-5.44
Diferencia en coste			-0.131	-4.64
Bajo	-0.133	-3.16		
Alto	-0.156	-3.90		
Tiempo en coche			-0.041	-5.18
Bajo	-0.038	-3.19		
Alto	-0.044	-4.10		
Tiempo en bus			0.037	10.06
Bajo	0.035	6.86		
Alto	0.041	7.28		
Tiempo a pie			0.068	1.69
Bajo	0.117	2.12		
Alto	0.030	0.57		
Tiempo de espera			0.043	2.07
Bajo	0.055	2.06		
Alto	0.035	1.35		
Escolaridad	0.096	6.13	0.105	6.88
Género	0.263	2.02	0.247	1.91
Jefe de familia	1.025	7.92	1.036	8.06
Edad menor a 26 años	-0.393	-2.91	-0.381	-2.86
Suma de cuadrados residuales	106.94		109.04	
Log de verosimilitud	-345.37		-350.27	
Log de verosimilitud restringido	-534.01		-534.01	
R <sup>2</sup> de McFadden	0.35		0.34	
Porcentaje de aciertos	82.19%		82.44%	

Fuente: Tablas A.1 y A.2.

Con respecto al tiempo de viaje en coche y autobús, los signos de sus coeficientes resultan negativo y positivo, respectivamente; lo que muestra que en la medida que se incremente el tiempo de viaje en el coche, se preferirá el uso del autobús y viceversa; el hecho de que el coeficiente del tiempo del coche sea mayor en términos absolutos al del bus, muestra una mayor valoración del tiempo para el coche. En cuanto al tiempo a pie y de espera, ambos muestran valores positivos, evidenciando que al incrementarse se incentivará el uso del coche. Para el caso de la escolaridad, se observa que al incrementarse el número de años, la probabilidad de utilizar el coche, también aumenta, esto muestra el efecto esperado de que esta variable funciona como un *proxy* del nivel de renta.

En cuanto al género y el hecho de ser jefe de familia, muestran que el hecho de ser hombre y/o jefe de familia, te da una mayor facilidad para acceder al uso del coche familiar. Finalmente, para el caso de la edad, sólo es significativo el rango de edad de personas menores de 26 años, mientras que para mayores edades no existen diferencias, este efecto negativo, muestra el hecho de la poca facilidad para acceder al coche para este grupo de edad.

### 3.5 Estimación de las elasticidades de elección modal

Como ya se explicó en el apartado 3.3, las elasticidades para el caso de un Probit, se deben obtener evaluando el cambio en la probabilidad de elección, ante cambios en una variable determinada. Para el caso de los modelos de elección modal, se debe considerar además que, de acuerdo a Matas (1990), las elasticidades calculadas estarán sujetas a que:

- a) Dado que la movilidad es obligada, los valores obtenidos serán los mínimos, más inelásticos, que para otros motivos de viaje.
- b) Como el período de estudio es de corto plazo, se supone que el lugar de residencia y de trabajo, son fijos; por lo tanto, las elasticidades serán menores.
- c) La calidad del transporte se mide mediante el tiempo; no obstante, existen otros factores que pueden influir y que no se consideran, por lo que una menor calidad en los medios de transporte, implica valores mayores de la elasticidad precio.
- d) Debido a que la mayor cantidad de viajes al trabajo se hacen en hora punta, la elasticidad será menor.
- e) La sensibilidad a cambios en la oferta de transporte depende de las características socioeconómicas, por lo que se deben calcular

elasticidades, ante diferentes factores socioeconómicos, y ver cuál es su impacto.

Considerando estas limitantes, se estiman las elasticidades para cambios en los costes del bus y coche, así como, para los diferentes tiempos en que se divide un viaje. Se calcularon cambios del 10% y 100% para cada variable, obteniendo los mismos resultados; con lo cual podemos asegurar que la elasticidad permanece constante. Los valores se muestran en la tabla 3.8.

Los resultados obtenidos, van en el sentido de los mostrados por otros estudios (ver tabla 1.4), así la evidencia internacional muestra que la elasticidad con respecto al precio del coche, oscila entre - 0.09 y - 0.45. Para el caso del precio del autobús, los valores van desde - 0.21 a - 0.69 y -0.12, si se considera todo el transporte público, Matas (1990). La elasticidad con respecto al tiempo, según los diferentes estudios analizados varía entre -0.09 y - 0.39, para el caso del coche; y entre - 0.50 y - 2.11, para el caso del bus (-0.26, según Matas (1990), que considera todo el transporte público).

Tabla 3.8 Elasticidades directas y cruzadas en la eleccón modal

Elasticidad del Coche con respecto a:	
Precio del coche (directa)	-0.24
Precio del bus (cruzada)	0.32
Tiempo de viaje del coche (directa)	-0.31
Tiempo de viaje del bus (cruzada)	0.73
Tiempo a pie (cruzada)	0.19
Tiempo de espera (cruzada)	0.37

Elasticidad del Bus con respecto a:	
Precio del bus (directa)	-0.41
Precio del coche (cruzada)	0.31
Tiempo de viaje del bus (directa)	-0.99
Tiempo de viaje del coche (cruzada)	0.42
Tiempo a pie (directa)	-0.14
Tiempo de espera (directa)	-0.27

Fuente: Resultados obtenidos a partir de los valores de la tabla 2.7

De acuerdo con la tabla 3.8, para el caso del coche, se observa que el efecto de un incremento del 10% en el precio del combustible, generaría una

disminución del 2.4% en el uso del coche; mientras que un incremento en la misma proporción en la tarifa del transporte público, generará que se incremente el uso del coche un 3.2%, por el efecto de la elasticidad precio cruzada.

Para el caso de la elasticidad directa del precio del autobús, el efecto es mayor, en comparación con el caso del coche (-0.41 del bus, contra el -0.24 del coche); es decir, que un cambio en el precio del transporte público, tendrá un efecto ligeramente superior, comparando con el efecto que tendría un incremento en el precio del coche, sobre su uso. Con respecto al efecto cruzado, un incremento en el precio del coche del 10%, generará que el autobús incremente su uso un 3.1%, por el efecto cruzado.

En cuanto a la elasticidad del tiempo de viaje, se observa que a pesar de ser ligeramente mayor al del costo, para el caso del coche, su valor es bajo; así, si se pasara de los 35 km/h actuales, a 30 km/h –aumento del tiempo de viaje del 17% -, se podría disminuir un 6.2% el uso del coche. Solo que, para que realmente se dé este efecto, sería necesario no afectar al tiempo del autobús, es decir, una política que desincentive el uso del coche a favor del autobús, dándole mayor prioridad a éste último. Ya que si la disminución de la velocidad se da por la congestión de las vialidades, el efecto también se daría sobre la velocidad del autobús, y la elasticidad de este modo con respecto al tiempo es casi tres veces mayor al del coche (-0.99).

Los efectos cruzados del tiempo son de mayor magnitud para el caso del coche, es decir, que si se incrementa el tiempo del autobús, sin cambiar el del coche, se incrementaría su uso en 0.73 puntos porcentuales, por cada punto porcentual de incremento en el tiempo de viaje del autobús. Mientras que para el caso contrario, el efecto sería de 0.42 puntos porcentuales.

Finalmente, con respecto al tiempo a pie y de espera, los valores de las elasticidades directas, para el caso del autobús, son las más bajas, lo cual demuestra que cambios en éstas, no tendrían tanto efecto como en el tiempo de viaje; esta importancia es fácil de explicar, ya que el tiempo total de viaje en transporte público es tres veces mayor al del coche: 19 minutos para el coche, contra 63 minutos del autobús.

### 3.6 Valor del tiempo

Otra de las ventajas de la estructura del modelo utilizado, es que permite valorar los tiempos de viaje, y dado que tenemos los datos de las diferentes etapas del mismo, así como los modos, se pueden estimar los valores de cada uno de ellos. Con base en lo visto en el apartado 2.5.1, y tomando en cuenta los valores obtenidos en la tabla 3.8; el valor del tiempo se obtiene de dividir cada coeficiente de tiempo entre el del diferencial del costo, estos valores se



muestran en la tabla 3.9, los cuales están expresados en pesos mexicanos, a precios de junio del 2002; así como el porcentaje que representan con respecto al salario promedio por hora.

Tabla 3.9 Valores del tiempo en pesos mexicanos -junio del 2002- y como porcentaje del salario por hora

Valor del tiempo	Pesos por hora	Porcentaje del salario
Tiempo de viaje:		
Coche	17.45	49%
Bus	15.74	44%
Tiempo a pie	29.13	81%
Tiempo de espera	16.85	47%

Fuente: Resultados obtenidos a partir de los valores de la tabla 2.7

Los valores del tiempo de viaje en coche y autobús no difieren mucho, esto puede relacionarse con la muestra utilizada, ya que no incluye a los individuos de rentas mayores que podrían generar valores del tiempo mayores, para el caso del coche. De acuerdo con la evidencia empírica, para el caso del AMM, Kain y El Hifnawi (1994) estimaron el valor del tiempo entre el 22% y 48% del salario por hora, aunque aclaran que dicho valor considera el tiempo total de viaje -tiempo a pie, espera y en el vehículo-, por lo que consideran que se pueden mejorar estos resultados.

Estudios realizados en otras ciudades, muestran que el valor del tiempo de viaje en coche varía desde el 30% al 180% del salario por hora; con respecto al valor del tiempo en autobús, los valores van desde el 29% al 73%, como se muestra en la tabla 3.10.

Con respecto al valor del tiempo a pie, la evidencia internacional muestra una *ratio* entre éste y el tiempo de viaje de entre 1.2 y 4.5; mientras que la *ratio* entre el valor del tiempo de espera y de viaje, va desde 1.5 a 7. En nuestro caso, la *ratio* entre el tiempo a pie y el de viaje es de 1.85, ya que este tiempo se valora en el 81% del salario por hora; este valor se encuentra también entre los rangos obtenidos en otros estudios.

Tabla 3.10 Evidencia empírica de los valores del tiempo para viajes al trabajo como porcentaje del salario por hora

Autor	Lugar	Coche	Bus	A pie	Espera
McFadden (1973)	Pittsburgh	39		138	-
Train (1980)	San Francisco	180	73	327	183
Bates (1987)	Reino Unido	43	29	-	-
Hensher (1989)	Australia	46	32	-	-
Matas (1991)	Barcelona	62		74	223
Kain y El Hifnawi (1994)	Monterrey	22 - 48		-	-
Gwilliam (1997)	Banco Mundial	30		45	45
Asensio (2002)	Barcelona	92	31	-	217

Fuente: Galán (2003).

Para el caso del tiempo de espera, la *ratio* es de 1.07, la cual es baja de acuerdo con la evidencia internacional, la explicación podría estar dada porque, al no existir itinerarios de viaje entre las líneas de autobuses, los usuarios consideran este tiempo como parte del viaje, por lo que su valoración es similar.

#### 4. ESCENARIOS

De acuerdo con las estimaciones del CET, para el año 2020, el número de vehículos en circulación se incrementará un 162% en comparación con el año 2000; como consecuencia de ello, la velocidad promedio disminuiría un 57% para el caso de los viajes en coche, y un 44% para los viajes en autobús. Además de esto, el crecimiento poblacional, hará que el número de desplazamientos diarios se incremente un 48%. Con el fin de disminuir en la medida de lo posible la saturación vial que generaría este escenario, la Subsecretaría del Transporte, planea realizar acciones que permitan incrementar en diez puntos porcentuales el uso del transporte público: pasar del 65% actual, al 75%.

Tabla 4.1 Estimaciones de número de vehículos y viajes, 2000 – 2020

Número de:	2000	2010	2020	Crecimiento		
				00-10	10-20	00-20
Vehículos	740,015	1,311,132	1,940,000	77%	48%	162%
Viajes:						
Total	6,380,052	7,977,248	9,442,878	25%	18%	48%
Bus	4,134,240	5,224,812	6,094,208	26%	17%	47%
Coche	2,245,812	2,752,436	3,348,670	23%	22%	49%

Fuente: Consejo Estatal del Transporte de Nuevo León, 2002.

La idea de este apartado consiste en crear escenarios que muestren los cambios que serían necesarios para incrementar el uso del transporte público; para ello, nos valemos de los resultados obtenidos en el apartado anterior; sólo que en este caso, se considerarán los efectos totales ante cambios en alguna variable, no sólo el efecto directo (elasticidad directa) generado sobre el modo en que afectaría, sino considerando también el efecto que generaría sobre el otro modo (elasticidad cruzada).

Para poder estimar los efectos ante cambios en las variables, es necesario hacer unos supuestos iniciales; en primer lugar, se debe recordar que los valores de las elasticidades, corresponden a viajes al trabajo, los cuales por su naturaleza de poca flexibilidad, los hacen tener menores elasticidades; con esto, partimos del supuesto de que el total de viajes -laborables y no laborables- se comportarán igual que los del trabajo, este supuesto no es tan restrictivo, ya que como se explicó, el hecho de tener bajas elasticidades generará escenarios conservadores. Un segundo supuesto es que sólo se consideran susceptibles a los cambios, aquellos viajes que estén relacionados con usuarios no cautivos del transporte público, de acuerdo con la tabla A.3, equivalen al 50.7% del total de viajes diarios, es decir, 3,234,686, de esta forma se evitaría la sobrestimación de los resultados.

#### 4.1 Incremento del precio del carburante

Una primera política podría ser “encarecer el uso del coche”. De acuerdo con la tabla 3.8, la elasticidad con respecto al precio del coche es  $-0.24$ , mientras que la elasticidad precio cruzada es de  $0.32$ ; de esta forma, un incremento del 10%, implicará una disminución en el uso del coche de 0.8%, pasando de 35.2% a 34.6%, como se observa en la tabla 4.2; sin embargo, si el cambio se hace de manera continuada durante un período determinado, el uso del coche irá disminuyendo como porcentaje del total de viajes, aunque en términos absolutos se incremente, como consecuencia del aumento en el

número de viajes totales. Así, si se adoptara una política que implicara el encarecimiento de los costos del coche –vía costos del carburante, en nuestro caso– de un 5% anual, aplicado a partir del año 2004 y hasta el 2020, el resultado será una disminución gradual en su importancia relativa, pasando del 35.2% del año 2000, al 32.8% en el 2010 para finalmente llegar al 29.4% para el año 2020, tal como lo muestra la tabla 4.3.

Tabla 4.2 Efecto de cambios en el precio del carburante

	Costo del carburante (pesos por litro, a junio del 2002)					
Precio (\$/litro):	4.58	4.84	5.09	5.34	5.60	5.85
Cambio:	-10%	-5%	Actual	+5%	+10%	+15%
Viajes:						
Coche	2,281,511	2,263,715	2,245,778	2,227,698	2,209,472	2,191,100
Autobús	4,100,226	4,118,021	4,135,958	4,154,038	4,172,264	4,190,637
Estructura:						
Coche	35.8%	35.5%	35.2%	34.9%	34.6%	34.3%
Autobús	64.3%	64.5%	64.8%	65.1%	65.4%	65.7%

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo con los resultados obtenidos.

Se debe ser cauteloso con estos resultados, ya que se suponen fijos el resto de los factores, mismos que pueden influir, como puede ser con un cambio en los tiempos de viaje, ya sea del coche o autobús; o algún otro factor relacionado con la movilidad metropolitana. De igual forma, se está suponiendo que los deseos de los usuarios permanecen invariables en el tiempo, cosa que puede no ser tan realista; a pesar de esto, este ejercicio puede servir como un primer intento para ver los efectos que podría generar una política de este tipo.

Tabla 4.3 Escenario 1: Incremento anual del 5% en los costos del uso coche

Año	Número de viajes			Estructura	
	Total	Coche	Bus	Coche	Bus
2000	6,380,052	2,245,778	4,134,274	35.2%	64.8%
2010	7,977,248	2,613,703	5,363,545	32.8%	67.2%
2020	9,442,878	2,772,545	6,670,333	29.4%	70.6%

Fuente: Tabla A.4

#### 4.2 Disminución en los tiempos de viaje, a pie y de espera

Otra posible alternativa, podría consistir en disminuir el diferencial de los tiempos de viaje, ya que según los resultados de la muestra utilizada –tabla 3.3– es 2.4 veces mayor para el caso del transporte público, en comparación

con el coche (45 minutos del bus, contra 19 del coche). Se debe recordar que la elasticidad con respecto al tiempo del autobús, es la más alta de las calculadas, -0.99, por lo que cambios en este sentido, pueden generar efectos de mayor magnitud; además, el valor de la elasticidad del tiempo cruzada, también es alta, lo que implica que incrementos en el tiempo de viaje del autobús, favorecerán notablemente el uso del coche y viceversa.

Con lo anterior, podemos esperar cambios importantes al afectar el tiempo de viaje, para ello, en la tabla 4.4 se observa que pasar de los 18 km/hr actuales, a 14 km/hr -una disminucin del 20%-, generaría una disminucin del 5% en el uso del transporte público, pasando del 64.8% actual al 61.5%.

Tabla 4.4 Efecto de cambios en la velocidad promedio del autobús

	Kilómetros por hora					
Velocidad:	22	20	18	16	14	12
Cambio:	+20%	+10%	Actual	-10%	-20%	-30%
Viajes:						
Coche	2,013,502	2,132,465	2,245,778	2,353,836	2,456,996	2,555,583
autobús	4,368,234	4,249,272	4,135,958	4,027,900	3,924,740	3,826,153
Estructura:						
Coche	31.6%	33.4%	35.2%	36.9%	38.5%	40.1%
autobús	68.5%	66.6%	64.8%	63.1%	61.5%	60.0%

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo con los resultados obtenidos.

De manera inversa, la sensibilidad con respecto al tiempo, hace pensar que una política que favorezca el uso de carriles especiales, puede generar un cambio relativamente importante, en el sentido de una mayor proporción de uso del transporte público. Así, si se creara un corredor exclusivo para el transporte público (como lo que propone la Subsecretaría del Transporte) que pudiera generar una velocidad promedio de 25 km/hr, suponiendo que dicho corredor se iniciara en el año 2004, y que ello implicara un incremento en la velocidad promedio de 2 km/hr por año (hasta llegar a los 25 km/hr en el año 2007), muestra que no sería suficiente para obtener el objetivo del 75% en el uso del transporte público (tabla 4.5). De nueva cuenta, se debe ser cauteloso con el resultado, pero lo anterior permite observar que un cambio en este sentido, sería muy favorable si se pretende incrementar el uso del transporte público, ya que un cambio como el estimado, disminuiría en 13 minutos el tiempo de viaje del transporte público, pasando de los 45 minutos actuales a 32.

Tabla 4.5 Escenario 2: Implementación de un corredor para el transporte público

Año	Velocidad km/hr	Estructura	
		Coche	Bus
2000	18	35.2%	64.8%
2004	20	32.8%	67.2%
2005	22	30.6%	69.4%
2006	24	28.7%	71.3%
2007	25	27.9%	72.1%
2010	25	27.9%	72.1%
2020	25	27.9%	72.1%

Fuente: Tabla A.5

Otra política que se podría aplicar, es la de reducir los tiempos de espera y a pie; la Subsecretaría pretende que en promedio, una persona no tenga que recorrer más de tres cuadras para acceder al transporte público; es decir una disminución del 50% -ya que actualmente se caminan seis cuadra -; esto podría conducir a un incremento del 2.7% en el uso del autobús, al pasar del 64.8% a un 66.6% (tabla 4.6).

Con respecto al tiempo de espera, que actualmente tiene una media de doce minutos, si se disminuyera un 33% -es decir, a una media de 8 minutos-, el uso del autobús pasaría del 64.8% al 67.1% (ver tabla 4.7), esta disminución se podría dar, si las líneas de transporte público realizaran horarios en sus recorridos, lo que actualmente no existe.

Tabla 4.6 Efecto de cambios en el tiempo a pie

Tiempo a pie:	Minutos					
	8	7	6	5	4	3
Cambio:	+33%	+17%	Actual	-17%	-33%	-50%
Viajes:						
Coche	2,314,343	2,280,598	2,245,778	2,209,832	2,172,705	2,134,336
Autobús	4,067,393	4,101,138	4,135,958	4,171,904	4,209,032	4,247,400
Estructura:						
Coche	36.3%	35.7%	35.2%	34.6%	34.1%	33.5%
Autobús	63.8%	64.3%	64.8%	65.4%	66.0%	66.6%

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo con los resultados obtenidos.

Tabla 4.7 Efecto de cambios en el tiempo de espera

	Minutos					
Tiempo espera:	16	14	12	10	8	6
Cambio:	+33%	+17%	Actual	-17%	-33%	-50%
Viajes:						
Coche	2,374,947	2,312,312	2,245,778	2,174,971	2,099,465	2,018,775
Autobús	4,006,790	4,069,425	4,135,958	4,206,765	4,282,272	4,362,961
Estructura:						
Coche	37.2%	36.2%	35.2%	34.1%	32.9%	31.6%
Autobús	62.8%	63.8%	64.8%	65.9%	67.1%	68.4%

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo con los resultados obtenidos.

Si se combinan ambas políticas -disminuir tiempos a pie y de espera-, se podrían tener estructuras de viaje como las observadas en la tabla 4.8, donde se muestran los valores del uso del autobús ante diferentes combinaciones de tiempos, tanto de espera como a pie; si el tiempo a pie disminuyera como espera la Subsecretaría de Transporte -3 cuerdas-, se podrían tener usos del transporte público desde 67.4% a 72.4%, al cambiar los tiempos de espera entre los 6 y 12 minutos, que es el tiempo actual. De esta forma, la combinación más favorable para incrementar el uso del transporte público sería disminuir un 50%, tanto el tiempo a pie -3 minutos-, como el tiempo de espera -6 minutos-; a pesar de que en conjunto, no se obtenga el incremento de diez puntos porcentuales con esta política, si incrementaría el uso del autobús notablemente.

Tabla 4.8 Escenario 3: Uso del transporte público a diferentes combinaciones de tiempos de espera, y a pie

		Tiempo a pie			
		3	4	5	6
Tiempo de espera	6	72.4%	71.5%	70.7%	69.9%
	7	71.5%	70.7%	69.9%	69.0%
	8	70.7%	69.8%	69.0%	68.2%
	9	69.8%	69.0%	68.1%	67.3%
	10	69.0%	68.2%	67.3%	66.5%
	11	68.2%	67.3%	66.5%	65.6%
	12	67.4%	66.5%	65.7%	64.8%

Fuente: Elaboración propia, de acuerdo con los resultados obtenidos.

#### 4.3 Combinación de estrategias

Se puede pensar en una política integral que incluya una combinación de las alternativas vistas hasta ahora; como puede ser la disminución de los tiempos de viaje total -dentro del vehículo, a pie y espera-; así como el “encarecimiento relativo” del coche con respecto al autobús, que en nuestro caso lo analizamos vía un incremento en el carburante, algo que en la realidad no es fácil de aplicar, pero dado que es la única variable con la que se cuenta, puede servir como un *proxy* del comportamiento que se tendría, si se hubieran incluido otros costos como el de estacionamiento, u otros cargos relacionados con el uso del coche.

Los resultados muestran que si se incrementara de manera gradual la velocidad promedio del bus, pasando de los 18 km/hr actuales a 25 km/hr -un incremento del 1.95% anual en la velocidad promedio desde el 2004 al 2020-, además de una disminución en el tiempo de espera de 12 a 10 minutos, aunada a una disminución del tiempo a pie de 6 a 4 minutos, se podría tener una estructura del 75% de viajes realizados en transporte público, para el año 2020 (ver caso 1 de la tabla 4.9). Si además de esto, se incluyera un incremento anual del 5% sobre el precio del coche, se podría incrementar el uso del transporte público hasta el 80% (tabla 4.9, caso 2). Estos resultados son muy optimistas, ya que suponen que el resto de factores permanecen constantes y se sabe que esto no necesariamente se cumple, ya que al menos con los datos de los que se disponen, no se puede saber qué ocurriría con la velocidad promedio de los coches; es decir, el aumento de la velocidad del autobús, ¿será a costa de un menor espacio vial para los viajes



privados?, ¿se construirían nuevas vialidades?, ¿cómo afectaría un incremento en el nivel de renta?

Tabla 4.9 Escenario 4: Cambios en la estructura de los viajes, ante cambios en los precios del coche y tiempos totales de viaje -a pie, espera y viaje-.

Año	Caso 1		Caso 2	
	Coche	Autobús	Coche	Autobús
2000	35.2%	64.8%	35.2%	64.8%
2004	33.1%	66.9%	32.8%	67.2%
2010	28.9%	71.1%	26.6%	73.4%
2020	25.0%	75.0%	19.9%	80.1%

Fuente: Tablas A.6 y A.7

Dado que no se dispone de toda la información, lo que sí se puede concluir aquí, es que incrementar la velocidad promedio del autobús con respecto a la velocidad del coche, generará un aumento en el uso del transporte público; si además se disminuyen los tiempos de espera y a pie, este efecto se reforzaría. Finalmente, si se “encarece” el uso del coche, ya sea por aumentos continuados en el precio del carburante, de los estacionamientos, o alguna otra variable relevante, se podría esperar un aumento mayor en el uso del transporte público.

#### CONCLUSIONES

El rápido crecimiento poblacional experimentado en el AMM, la baja calidad del transporte público, y más recientemente la disminución en los precios de los coches; ha generado un incremento notable en el número de vehículos en circulación, lo cual, de acuerdo con las proyecciones del CET y de no hacer algo al respecto, conducirá a que en los próximos veinte años pueda agravarse aún más, tal situación.

El gobierno estatal, en un afán por disminuir la congestión vehicular, ha realizado importantes obras viales; no obstante, gran parte de ellas se han destinado enteramente a favorecer el uso del coche, por lo que las nuevas vialidades, eventualmente se ven superadas en capacidad. El inconveniente con las políticas dirigidas en este sentido, es que se genera un círculo vicioso: al incrementar la capacidad vial, se incrementa la velocidad promedio, por lo que se genera un incentivo para aumentar el número de coches; lo que a su vez genera más congestión que se trata de resolver incrementando de nuevo la capacidad vial.

Ante esta situación, la opción natural es favorecer el uso del transporte público, en este sentido se han hecho esfuerzos por mejorarlo, pero en la mayor parte de ellos han quedado inconclusos; en particular, hace falta una política integral del transporte, que permita redistribuir las líneas, de tal forma que se complementen y no compitan por nichos de mercado concentrados – como sucede actualmente, por tratarse de un sistema radial –.

Un primer paso hacia este tipo de estrategias debe consistir en conocer el comportamiento de los usuarios, ya que así se pueden dirigir las políticas hacia aspectos que sean valorados por los viajeros. Así, al estimar los determinantes que hacen que un hogar posea o no coche, decida o no utilizar el transporte público, se sabrá en cuánto valora cada uno de los aspectos relevantes en la toma de decisión y se podría influir en ellos.

Para realizar lo anterior, la economía del transporte posee modelos que permiten cuantificar estos determinantes, los cuales se basan en la teoría del comportamiento del consumidor, aplicados a modelos de elección cualitativa. Como se observó en el capítulo tres, existe una gran cantidad de aplicaciones, mismas que se pueden adaptar de acuerdo con la calidad de la información.

Es precisamente este aspecto el que afecta a este estudio, ya que como se expuso en el apartado cuarto, la muestra utilizada corresponde a hogares de un estrato económico en particular -el medio bajo-, el cual representa el 43% de la población del AMM. Si la limitación radica en que puede conducir a resultados inferiores a los reales, en particular para el caso del modelo de posesión de coches. No obstante, como se mostró en el apartado cuarto, las elasticidades estimadas se encuentran dentro de los rangos obtenidos en otros estudios.

Adentrándonos en los resultados, se observa que para el caso del modelo de posesión de coches, la elasticidad con respecto al nivel de renta media es de 0.41; resultado que es similar al obtenido por Kain y El-Hifnawi (1994) para un estudio similar realizado para datos de 1991 y 1993. Al analizar si esta elasticidad puede explicar el incremento registrado en el número de coches en la década del noventa, se observa que existe un factor que no se está considerando en la estimación, y es el efecto del abaratamiento de los coches, ya que al incorporarlo, se podría explicar mejor lo que pasó en estos diez años.

Los resultados obtenidos en el modelo de elección modal son interesantes, ya que a pesar de poseer valores en las elasticidades menores a la unidad, una combinación entre diferentes variables, puede generar resultados interesantes. Por ejemplo, si se incrementara el costo del uso del coche, digamos un 5% anual en términos reales, en comparación con el uso del

autobús; se podría incrementar cinco puntos porcentuales el número de viajes en transporte público. Otra alternativa -tal vez más fácil de implementar que la anterior- puede ser el disminuir los tiempos de viaje del bus; así, si se pudiera incrementar la velocidad promedio de 18 a 25 km/h, entonces aumentaría el número de viajes en bus en siete puntos porcentuales.

Si se afectaran los tiempos a pie y de espera se podría incrementar el uso del transporte público entre uno y tres puntos porcentuales; pero si se combinan, se podría incrementar el uso hasta en siete puntos porcentuales. Este resultado es interesante, ya que implican un esfuerzo relativamente sencillo de aplicación, como puede ser el rediseño de las líneas, en particular en el centro de la ciudad, y la creación de horarios de recorrido que actualmente no existen.

Un último escenario es analizado, y es el que resulta de una combinación de estrategias; es decir, una disminución en los tiempos totales de viaje en autobús: a pie, de espera y dentro del autobús, que podría generar incrementos en su uso de hasta diez puntos porcentuales -cifra que espera obtener la Subsecretaría del Transporte-, y si además se incluyera un “encarecimiento” relativo en el uso del coche, en consecuencia, el incremento podría llegar hasta los quince puntos porcentuales.

Sería ingenuo pensar que los resultados anteriores correspondan enteramente a la realidad, pero lo que sí se puede asegurar, es que reducir el tiempo de viaje total, en particular el tiempo de viaje en autobús, puede ser una política muy efectiva, ya que el valor de la elasticidad en este concepto es prácticamente unitaria y el efecto cruzado, el efecto sobre el uso del coche, es también alto,  $-0.73$ . Este factor puede ser uno de los que expliquen mejor el aumento en el número de viajes que se ha observado en el AMM en la última década, ya que el tiempo total de viaje en el autobús es en promedio de 63 minutos, contra los 19 del coche.

En resumen, se observa que si bien es cierto que afectar los precios de los modos de transportación, puede ayudar a cambiar la estructura de viajes, es el tiempo el que aporta un efecto mayor; por lo que incentivar políticas orientadas a disminuir los tiempos de viaje, a pie y de espera pueden generar resultados favorables, si se pretende incrementar el uso del transporte público.

Los resultados obtenidos en este estudio hacen pensar que si se contara con una base de datos que represente el total de la población, los resultados serían mejores; en particular, se podría estimar un modelo secuencial que permitiera ver el efecto de una política del transporte sobre la posesión y uso del coche; en este último caso, si se contara con información del uso y costos -fijos y variables-, se podría estimar un modelo más adaptado a la realidad,

que permitiera cuantificar el efecto de los cambios en el uso, al incidir sobre los costos.

### **Bibliografía**

Asensio, J., (2002): "Transport Mode Choice by Commuters to Barcelona's CBD", *Urban Studies*, Vol. 39, No. 10, pp. 1881-1895.

\_\_\_\_\_, Matas, A. y Raymond, J.L. (2001): "Petrol consumption and redistributive effects of its taxation in Spain", *Transportation Research*, Part A, 37, pp. 49-69.

\_\_\_\_\_, Matas, A. y Raymond, J.L. (2001): "Efectos redistributivos de las subvenciones al transporte público en áreas urbanas", *Document de Treball*, UAB, 01.08.

Alperovich, G., Deutsch, J. y Machnes, Y. (1999): "The demand for car ownership: Evidence from israeli data", *International Journal of Transport Economics*, vol. XXVI, no. 3, pp. 351-375, octubre, 1999.

*Ben-Akiva, M. y S. Lerman (1985): Discrete Choice Analysis, MIT Press, Cambridge MA.*

\_\_\_\_\_ y Morikawa (2002): "Comparing ridership attraction of rail and bus", *Transport Policy*, Vol. 9, No. 2, pp. 107 -116.

Bjorner, T.B.(1999): "Demand for car ownership and car use in Denmark: A microeconomic model", *International Journal of Transport Economics*, vol. XXVI, no. 3, pp. 377-395, octubre, 1999.

De Jong, G.C. (1990): "An indirect utility model of car ownership and private car use", *European Economic Review*, no. 34, pp. 971-985.

De Palma, A. y Rochat, D. (2000): "Mode choices for trips to work in Geneva: an empirical analysis", *Journal of Transport Geography*, vol. 8, no. 1, pp. 43-51.

Domencich, T.A. y Mc Fadden D. (1975): *Urban Travel Demand*, North-Holland Publishing Company.

De Rus, G. (1992): *Economía y Política del transporte en España y Europa*, Editorial Civitas.

Galán, J. R. (2003): "Los modelos de posesión de coches y distribución modal, un enfoque teórico y empírico", mimeo.

Hensher, D.A., Milthorpe, F.W. y Smith, N. (1990): "The demand for vehicle use in the urban household sector", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 24, no. 2, pp. 119-137.

\_\_\_\_\_, D.A., Button, K. J. (2000): *Handbook of Transport Modelling*, Elsevier.

\_\_\_\_\_, D.A. y Ton, T. (2002) : "TRESIS: A transportation, land use and environmental strategy impact simulator for urban areas", *Transportation*, no. 29, pp. 439-457.

Koshal, M., Koshal, R.K., Gupta, A.K. y Nandola, K.N. (1996): "Demand for public and private passenger transport in the United States", *International Journal of Transport Economics*, vol. XXIII, no. 2, pp. 157-172, junio, 1996.

Manski, C. y D. McFadden (1981): "Alternative Estimators and Sample Designs for Discrete Choice Analysis", *Structural analysis of discrete data with econometric applications*, MIT Press.

Mannering, F. y Winston, C. (1985): "A dynamic empirical analysis of household vehicle ownership and utilization", *Rand Journal of Economics*, vol. 16, no. 2, pp. 215-236.

Matas, A. (1990): "Valoración de las respuestas individuales a cambios en la oferta de transporte, aplicación al Área Metropolitana de Barcelona", *Documentos de Trabajo*, no.68/1990.

\_\_\_\_\_ (1990): "La demanda de transporte urbano: un análisis de elasticidades y valor del tiempo", *Investigaciones Económicas*, vol. XV, no. 2, pp. 249-267.

McFadden, D., A. Talvitie, y Associates (1977): "Demand Model Estimation and Validation", *Urban Travel Demand Forecasting Project, Final Report, Vol. V*, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.

\_\_\_\_\_ (1995): "The Theory and Practice of Disaggregate Demand Forecasting for Various Modes of Urban Transportation", *Transport Economics Selected Reading*, pp. 51-80, Seoul Press.

Nijkamp, P. y Pepping, G. (1998): "Meta-Analysis for Explaining the Variance in Public Transport Demand Elasticities in Europe", *Journal of Transportation and Statistics*, enero, 1998.

Train, K. (1980): "A structured logit model of auto ownership and mode choice", *Review of Economic Studies*, vol. XLVII, pp. 357-370.

\_\_\_\_\_ (1986): *Qualitative Choice Analysis: Theory, Econometrics, and a Application to Automobile Demand*, MIT Press.

\_\_\_\_\_ (2002): *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press.

Victoria Transport Policy Institute, <http://www.vtpi.org>.