



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO FACULTAD DE ECONOMÍA

HACIA UN NUEVO MODELO DEL PAPEL DEL TIEMPO EN LAS
DECISIONES DE TRANSPORTE DE LOS INDIVIDUOS Y SU RELACIÓN
CON EL MEDIO AMBIENTE.

CASO DE ESTUDIO: LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN ECONOMÍA

PRESENTA

LUIS EDUARDO CANDAUDAP CAMACHO

ASESOR

DR. LUIS MIGUEL GALINDO PALIZA

MÉXICO, D.F.

AGOSTO 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Para Fernanda, Miranda y Diego, con todo el corazón.

Resumen

La presente tesis busca dotar al lector de una visión general sobre el desarrollo histórico de la economía del transporte, poniendo énfasis particularmente en los diversos elementos que conforman su sustento teórico y los diversos desarrollos tanto teóricos como empíricos que han alimentado la discusión a lo largo del tiempo y hasta nuestros días.

Adicionalmente, el trabajo analiza las diversas herramientas de política económica e identifica los diversos elementos que conforman la estructura de una política de transporte consistente y sustentable en una ciudad.

Con ello, la tesis presentada busca servir de base de referencia para todos aquellos interesados en acercarse, de manera sucinta, a la temática abordada por la economía del transporte y a los principales mecanismos con se cuenta para la conformación de una política eficaz de transporte sustentable. Pero el trabajo no sólo se circunscribe al logro de este objetivo, ya que propone un nuevo modelo teórico de valoración temporal que replantea el papel del tiempo invertido en transporte en el espacio de elección individual al considerarlo como parte de las características hedónicas de las canastas de elección de vivienda y de trabajo de los individuos y al dotarlo de una dinámica de comportamiento, que se expresa como desviación del óptimo físico de traslado o, al menos, del que se percibe como tal por las personas.

Este nuevo enfoque nos permite hacer inferencias teóricas y diseñar herramientas efectivas de política económica a partir de datos más generales, en vez de las tradicionales encuestas origen-destino, cuya existencia es, en la mayor parte de las sociedades, la excepción y no la regla.

La aplicación de esta propuesta y su utilidad se pone de manifiesto en la última mitad del texto, en donde se muestran, además de las diversas medidas de velocidad, fiabilidad y tiempo que caracterizan la dinámica de la Zona Metropolitana del Valle de México, la correlación existente entre el crecimiento económico de la metrópoli y el incremento del parque vehicular, la elasticidad velocidad promedio de circulación respecto al parque vehicular, los retrasos derivados de la situación de la infraestructura, la pendularidad, la disminución



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

de emisiones de NO_x en condiciones cercanas al óptimo de circulación y con cambio tecnológico, el valor del tiempo de viaje, el costo promedio diario del tiempo invertido en transporte y los costos de oportunidad del tiempo de transporte.

Comparando estos datos con la inversión realizada por el gobierno del D.F. en proyectos que afectan la dinámica de transporte de la ciudad, se encuentra que dicho gobierno impulsa por un lado políticas que mejoran la calidad de los servicios públicos y, por el otro, políticas que privilegian el uso del automóvil, lo que limita la efectividad de sus políticas en materia de transporte.

Entonces, los resultados muestran que una política de transporte eficiente requiere desincentivar el uso excesivo de los vehículos privados y optimizar las condiciones de rodamiento en la ciudad, lo que será insuficiente y de hecho cada vez más oneroso, si no se conjunta con medidas que permitan situar el costo social mínimo del tiempo invertido en transporte por los habitantes en un medio de transporte colectivo y público y no en uno privado, como ocurre actualmente.

Índice

Introducción	1
Contexto	1
Hipótesis	2
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Particulares	3
Justificación	3
Estructura del trabajo	4
1. Fundamentos de la construcción de una nueva Microeconomía del Transporte	7
1.1. Introducción	7
1.2. El Sistema de Transporte y su relación con el sistema económico	11
1.3. El papel del tiempo en las decisiones de producción y consumo de transporte	16
1.3.1. Producción	18
1.3.2. Demanda	31
1.4. Oferta, demanda e infraestructura: En la búsqueda del equilibrio del sistema de transporte.	48
2. Transporte y Medio Ambiente	61
2.1. Estímulos vía ingreso	63
2.1.1. Impuestos y subsidios sobre el precio de los combustibles	63
2.1.2. Impuestos y subsidios sobre el valor de los vehículos	65
2.1.3. Impuestos y subsidios sobre el precio de los servicios	67
2.1.4. Los “impuestos Verdes” y la hipótesis del doble-dividendo	68
2.2. Estímulos mediante cambios en el mapa de indiferencia individual	71
2.2.1. Construcción de nueva infraestructura	71
2.2.2. Optimización de la infraestructura existente	80
2.3. Hacia el reconocimiento de una nueva política integral de transporte	81
3. El Sistema de Transporte en la ZMVM	85
3.1. Características principales de la ZMVM	85
3.2. Principales fuentes bibliográficas	89



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

3.3. Naturaleza de los Datos Usados y Evidencia Empírica	92
4. Estimaciones para la ZMVM	97
4.1. Dinámica de comportamiento del transporte	99
4.2. Efectos cualitativos de la infraestructura del transporte	103
4.3. Efectos de las ineficiencias encontradas en el nivel de emisiones de NO_x	105
4.4. Valor del tiempo de viaje y costo de oportunidad del transporte	110
Conclusiones	119
A. Figuras de evidencia empírica	125
B. Mapas	137
Bibliografía	139
Índice Alfabético	149

Índice de figuras

1.1. Flujos de transporte y de transacciones en una economía	13
1.2. Construcción de la curva de utilidad de las familias	36
1.3. Deducción de las curvas de oferta y demanda de x_i y su equilibrio	49
1.4. La función de producción con factores variables y fijos en el corto y largo plazos	50
1.5. La función de producción considerando al tiempo y con factores fijos. Corto Plazo	53
1.6. La función de producción considerando al tiempo y con factores fijos. Largo Plazo	54
1.7. Curvas de oferta de servicios de transporte en el corto y el largo plazo	56
1.8. Curvas de demanda de servicios de transporte en el corto y el largo plazo	57
1.9. Equilibrios característicos de los servicios de transporte en el corto y el largo plazo	58
1.10. Flujos, equilibrios y transacciones en la estructura de transporte de una ciudad	59
2.1. Aproximaciones de Estudios de Área usando elasticidades proxy y parciales.	79
3.1. Delimitación de la Zona Metropolitana del Valle de México.	86
3.2. Ruta de expansión de la Zona Metropolitana del Valle de México.	88
4.1. Crecimiento del Parque Vehicular en la ZMVM	100
4.2. PIB del Distrito Federal y del Estado de México	101
4.3. Distancia de las Emisiones observadas del NO_x respecto a las óptimas del TIER 1	107
4.4. Emisiones medias por kilómetro según horario	108
4.5. Emisiones por tipo de vehículo de acuerdo al Estándar de Emisión.	110
A.1. VMP y VCP. Dirección Norte-Sur	126
A.2. VMP y VCP. Dirección Sur-Norte	127
A.3. VMP y VCP. Dirección Poniente-Oriente	128
A.4. VMP y VCP. Dirección Oriente-Poniente	129
A.5. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Dirección Norte-Sur	130
A.6. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Dirección Sur-Norte	131
A.7. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Dirección Poniente-Oriente	132
A.8. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Dirección Oriente-Poniente	133
A.9. Velocidad por tipo y dirección	134
A.10. Desviación Estándar por tipo y dirección	134

A.11. Coeficiente de Variación por tipo y dirección	135
A.12. Tiempo medio por kilómetro recorrido. 7:00 a 9:00	135
A.13. Tiempo medio por kilómetro recorrido. 9:00 a 12:00	136
A.14. Tiempo medio por kilómetro recorrido. 17:00 a 19:00	136
B.1. Mapa de Velocidades	138
B.2. Mapa de influencias	138

Índice de cuadros

2.1. Resumen de los principales estudios de demanda inducida para servicios de transporte específicos	74
2.2. Resumen de los principales estudios de área y simulación con elasticidades estimadas basadas en medidas proxy de beneficio por el lado de la oferta	77
4.1. Emisiones Medias Diarias, 2002.	109
4.2. Sistema Actual vs Eficiente.	109
4.3. Valores de tiempo de viaje encontrados en estudios de diversos países.	112
4.4. Costo promedio diario del tiempo de transporte invertido por los usuarios en la ZMVM.	113
4.5. Costo de oportunidad anual de los diversos medios de transporte respecto al automóvil particular.	114
4.6. Costo de oportunidad promedio anual del transporte en la ZMVM v.s. el presupuesto destinado a proyectos que impactan en el sistema de transporte.	116
4.7. Costo de oportunidad promedio anual del transporte en el Distrito Federal v.s. su crecimiento.	117

Introducción

Contexto

El *transporte* es una actividad derivada con importantes efectos sobre la vida del hombre, de ahí la importancia de su estudio y comprensión.

Y aunque históricamente este tópico ha sido tratado como un tema aparte que requiere especial atención, su tratamiento en términos microeconómicos ha sido relegado de la historia económica hasta estos últimos años, en donde ha adquirido importancia como resultado de los enormes problemas que han derivado del crecimiento descontrolado de las urbes.

En efecto, la necesidad de comprender su dinámica de comportamiento ha servido de impulso para la construcción de diversos modelos que sirvan de base elaborar herramientas de política económica para incentivar o desincentivar ciertos comportamientos individuales en aras de la búsqueda del bien común.

Estos modelos se caracterizan por añadir los efectos del tiempo a la función de utilidad individual para comprender, de esta manera, la forma en que los individuos hacen sus elecciones e incidir, de manera efectiva, en las mismas.

Sin embargo, en ellos el tiempo es añadido sólo como una restricción importante de las elecciones individuales, lo que genera fuertes distorsiones en los resultados obtenidos (los valores de costo de oportunidad obtenidos así son irracionalmente elevados) y dificulta el manejo de los modelos de transporte y, por tanto, la toma efectiva de decisiones en materia de política económica.

Esto es especialmente cierto en ciudades como la nuestra en donde no existe información suficiente que sustente suficientemente las diversas medidas de política económica adoptadas.

Por ello, en el presente texto se propone un nuevo modelo de comportamiento individual caracterizado por que en él, el papel del tiempo en la elección de los individuos se expresa no sólo como costo si no también



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

como un bien continuo añadido como cualquier otro a la canasta de elección individual o, en su defecto, como una característica intrínseca de las canastas de elección de vivienda y de trabajo de los individuos y las familias.

Con este nuevo enfoque se pueden elaborar nuevas propuestas en materia de política de transporte que mejoren la eficacia y la eficiencia en el tratamiento de dicha problemática, permitiéndonos usar, como medida de valoración y medición, una gama mayor de productos estadísticos como alternativa a las encuestas que tradicionalmente se usan en el enfoque tradicional de la economía del transporte y que en nuestro país rara vez se realizan.

Adicionalmente, el texto aborda la problemática de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) haciendo uso de este nuevo enfoque, con lo que se obtiene, por primera vez para la Ciudad, una medida de correlación entre el crecimiento económico de la metrópoli y el incremento del parque vehicular, datos de elasticidad velocidad promedio de circulación respecto al parque vehicular, los retrasos derivados de la situación de la infraestructura, una cifra de pendularidad, la disminución de emisiones de NO_x en condiciones cercanas al óptimo de circulación y con cambio tecnológico, una medida del valor del tiempo de viaje, otra del costo promedio diario del tiempo invertido en transporte y, por último, los costos de oportunidad implícitos en el tiempo de transporte.

Todos ellos, datos que sirven de base para la planeación urbana de la Ciudad de México y que sustentan la puesta en marcha de una política económica sustentable en materia de transporte.

Hipótesis

Las desviaciones del tiempo de transporte respecto al tiempo que los agentes tienen planeado invertir en actividades de transporte, influyen de manera determinante en las decisiones tomadas por los individuos.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un nuevo modelo de valoración del tiempo que permita inferir datos que sirvan de base para la instrumentación de una política de transporte sustentable que sea eficaz y eficiente en la mejora del bienestar y el nivel de vida de los habitantes de la ZMVM.

Objetivos Particulares

Los objetivos específicos del trabajo se enlistan a continuación:

- Dotar al lector de una visión general sobre el desarrollo histórico de la economía del transporte, poniendo énfasis particularmente en los diversos elementos que conforman su sustento teórico y los diversos desarrollos empíricos que han alimentado la discusión al interior de la misma.
- Enumerar y explicar las diversas herramientas que sirven de base para la conformación de una estrategia de transporte en materia de política económica, poniendo especial énfasis en sus efectos y relación con el medio ambiente.
- Describir, de manera sucinta, las principales bases de datos y fuentes bibliográficas con que se cuenta en la ciudad para elaborar estudios y proyectos en materia de transporte y que, por tanto, sirven de base para sustentar algunas decisiones en materia de política económica, las cuáles, como se verá, son claramente insuficientes para la consecución de esta meta.
- Proponer un nuevo modelo de valoración del tiempo que describa correctamente las decisiones de los usuarios en materia de transporte y que, a su vez, permita superar las limitaciones estadísticas y bibliográficas que enfrentan las autoridades y los investigadores para proponer e instrumentar medidas para promover de manera sustentable la mejora del sistema vial en la ZMVM.
- Obtener datos y resultados para la ZMVM, con la aplicación del modelo propuesto, que sirvan de sustento para la elaboración de una política de transporte sustentable.
- Elaborar algunas recomendaciones en forma de líneas generales que describan los principales elementos que debe contener una política de transporte sustentable eficaz y eficiente.

Justificación

Los modelos tradicionales de valoración de tiempo, aplicados al transporte, suponen intrínsecamente que uno de los objetivos centrales de los agentes es lograr que el tiempo invertido en transporte se acerque lo mas posible al cero, desconociendo así los efectos físicos de la distancia y poniendo en tela de juicio la racionalidad de las decisiones individuales y de la sociedad en su conjunto.

Si bien es cierto que las personas buscan minimizar hasta el límite, que por cierto no es cero, el tiempo invertido en transporte en el corto plazo, esto no se cumple en un horizonte temporal más amplio, como lo muestran los patrones de expansión de las ciudades a lo largo del tiempo, los cuáles tienden a alejarse del centro de las ciudades, lo que contradice el postulado del "tiempo siempre es un costo" que enarbolan como bandera los defensores del modelo tradicional de transporte.

Sin embargo, reconsiderar el papel del tiempo dentro de la función de utilidad individual conlleva un cambio total de la percepción del mismo, que se sustenta en el hecho de que los consumidores deciden implícitamente el tiempo que desean invertir en transporte cuando deciden realizar alguna actividad o un conjunto de actividades, y cuando deciden en donde habitar.

Así, el funcionamiento del sistema de transporte en una ciudad esta fuertemente determinado por una trasposición de elementos flexibles de corto plazo (decisiones de ruta, de horario y de medio de transporte, entre otros) y elementos rígidos de mediano y largo plazo (lugar de vivienda, posesión o no de automóvil, localización de escuelas, localización de centros de trabajo, etc).

La importancia de lograr conjuntar estos elementos en un modelo microeconómico de comportamiento, es de nodal importancia para instrumentar medidas diversas que sustenten el desarrollo óptimo del sistema de transporte en una ciudad, pero no sólo eso justifica este esfuerzo, ya que la reformulación aquí expuesta permite, también hacer uso de bases de datos generales para hacer inferencias de comportamiento que antes sólo eran posibles de obtener si se contaba con encuestas origen-destino.

Por lo tanto, con este enfoque se disminuye el sesgo de elección que deriva de la falta de información específica, permite inferir resultados que de otra manera sería imposible deducir y, por tanto, sirve de sustento para la toma de decisiones en materia de política de transporte, lo que sería imposible haciendo uso, tan sólo, de las herramientas derivadas del enfoque tradicional de uso del tiempo de transporte.

Estructura del trabajo

La tesis está dividida en cinco capítulos, además de la presente introducción. Así pues, en el primer capítulo se describe el desarrollo histórico y los fundamentos del marco teórico fundamental de la economía del transporte, poniendo especial énfasis en el área microeconómica de la misma y sus ideas sustantivas.

Poner de manifiesto estos elementos es muy importante para discutir y contrastar las ventajas y desventajas del modelo alternativo propuesto, el cual también se expone en este capítulo primero, que concluye

analizando las características de las curvas de oferta y demanda de corto y largo plazo de las personas, tomando en consideración las afectaciones derivadas de las decisiones de distribución del tiempo en las actividades de las mismas.

El segundo capítulo, en cambio, es mucho más descriptivo y práctico y busca relacionar el funcionamiento del sistema de transporte con sus efectos sobre el medio ambiente, poniendo particular énfasis en las principales herramientas de política económica aplicadas al transporte con la finalidad de disminuir las descargas contaminantes al ambiente. En él se describen las principales ventajas y desventajas de los distintos tipos de impuestos y subsidios en la conformación de una política urbana sustentable, además se muestran los efectos del uso de los recursos públicos en la construcción de infraestructura y se explica y discute la *hipótesis del doble dividendo* (Sandmo, 1975) como una posible alternativa para la conformación de una política integral en materia de transporte.

Habiendo conjuntado ya todos los elementos teóricos y las herramientas de política, lo natural es analizar la situación de la entidad, que en este caso es la ZMVM, y la disponibilidad de información. Este ejercicio se lleva a cabo en el tercer capítulo en donde se describen puntualmente las fuentes bibliográficas más importantes de la ZMVM, las bases de datos con que se cuenta para su descripción y los resultados descriptivos derivados de la aplicación del enfoque propuesto en un estudio de velocidades, recorridos y demoras que realizó la SETRAVI en 2003 y que se obtuvo vía transparencia.

En el cuarto y último capítulo se retoman estos resultados y se añade información obtenida de diversas fuentes descritas en el capítulo tercero, con lo que se obtiene una descripción general del comportamiento del transporte en la Ciudad de México a través de medidas de correlación, de elasticidades y de un modelo econométrico que evalúa los efectos puntuales de las condiciones de rodamiento en la misma.

En este último capítulo, también se muestra el costo de oportunidad del uso excesivo de tiempo en transporte en términos de la contaminación aérea y de valor monetario, para concluir con un breve análisis de las políticas llevadas a cabo en los últimos años por el Gobierno del Distrito Federal y con una descripción de las líneas generales que debe incluir una política de transporte integral.

En las conclusiones, se describen los resultados obtenidos en función de los objetivos planteados, las limitaciones del trabajo y las recomendaciones derivadas del mismo.

Capítulo 1

Desviaciones del tiempo medio de transporte: Fundamentos de la construcción de una nueva Microeconomía del Transporte

1.1. Introducción

En términos generales, el *transporte* es un *sistema complejo* cuya función primordial es el desplazamiento de personas y objetos de un espacio físico determinado a otro, con importantes efectos en los distintos ámbitos de la vida del hombre, ya que afecta, entre otras cosas, sus relaciones sociales y económicas, como individuos y sociedad, e, incluso, ha sido fuente de importantes formas de control político y militar a lo largo de la historia (Fair y Williams, 1959).

Esta complejidad intrínseca del sistema en cuestión y de su enorme influencia dentro del desarrollo histórico del hombre¹ requiere que su estudio sea acotado y dividido en distintas partes con la esperanza de que la suma de las mismas nos permita obtener un cuadro más o menos preciso del sistema en su conjunto.

¹En el sentido más general de la palabra



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por ello, en el presente texto, el sistema sólo será analizado desde el punto del vista de las relaciones que éste establece con la vida económica del hombre y de sus sociedades y organizaciones. En este sentido, debemos entender por transporte al *conjunto de actividades* que permite el desplazamiento de personas, objetos y mercancías² de un lugar a otro.

Esta acotación del *Sistema de Transporte*³ nos permite establecer un acuerdo implícito del enfoque con que se analizará el tópico a lo largo del presente trabajo.

Sin embargo, es necesario señalar que ésta es aún muy general para profundizar en temas más específicos, ya que contiene a los dos niveles fundamentales de análisis de la teoría económica, los cuáles tratan el tema poniendo énfasis en distintos aspectos:

- **El nivel Macroeconómico:** Se refiere, fundamentalmente, a la importancia del transporte en el desarrollo económico de los países y a la forma en que influencia sus relaciones y;
- **El nivel Microeconómico:** En donde lo relevante es la forma en que se establecen las relaciones económicas entre los distintos agentes de la producción y del consumo en función de la estructura del transporte prevaeciente y de los distintos componentes de la localización geográfica en que éstos se desenvuelven.

De estos dos niveles, es el aspecto macroeconómico al que más importancia se le ha dado a lo largo de la historia de la ciencia económica.

Adam Smith hablaba ya en su “Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones”, de la importancia del tipo de transporte y sus características⁴ para el desarrollo del *arte* y de la *industria* en todos los países y en la importancia de los precios del mismo para el desarrollo de ciertos sectores productivos⁵

Posteriormente, David Ricardo en sus “Principios de economía política y tributación” en el capítulo referente a la renta señalaba que:

...Por tanto, únicamente porque la tierra no es ilimitada en cantidad ni uniforme en calidad, y porque con el incremento de la población, la tierra de calidad inferior o *menos ventajosamente situada* tiene que ponerse en cultivo, se paga renta por su uso...[Ricardo (1817), p.53]

²Para una discusión más detallada acerca de esta distinción, véase Marx (1867)

³Como desde ahora se le denominará, en este libro, a la esfera estrictamente económica del transporte

⁴En realidad, Adam Smith defiende solamente la importancia del transporte marítimo y fluvial, el cual constituye la forma comercial de comunicación más importante de su época, pero que tiene ventajas indiscutibles sobre los otros medios de transporte disponibles

⁵En particular, sostiene que la falta de transporte barato ocasiona la fundación de manufacturas de lujo [Smith (1776), p. 363]

Entonces, la renta en la tierra de la primera calidad surge porque el progreso económico presiona para que se inicie el cultivo de la tierra de segundo grado de fertilidad o, en su defecto, porque se inicia el cultivo de tierra de igual calidad pero más alejada de los centros de consumo. En el primer caso, entonces, la magnitud de la renta dependerá de la diferencia en la calidad de estas dos porciones de tierra, mientras que en el segundo dependerá de la magnitud de la diferencia en los costos de transporte entre las tierras más cercanas a los centros de consumo y las más alejadas.

Y conforme pasa el tiempo se hace un reconocimiento cada vez más explícito de la importancia y complejidad de este tópico para el desarrollo económico de una nación, por lo que comienzan a surgir textos que tocan esta problemática como un área específica de análisis que requiere ser estudiada con más detenimiento y profundidad, tal es el caso de los textos de Lardner (1850), Cleveland y Powell (1909), Dagget (1941), Bigham (1946), Landon (1951), Wilson (1950), Fair y Williams (1959) y Locklin (1954), entre otros, en los cuáles, de una u otra manera, se resalta la importancia del buen funcionamiento del sistema de transporte para asegurar la disponibilidad de los bienes en una comunidad y la igualación del precio de los bienes y del uso del suelo entre las distintas comunidades y naciones.

De esto se deduce que el *mejoramiento* del sistema de transporte conduce a un abaratamiento general de los precios como resultado de la agudización de la competencia y del decremento de los costos de producción, derivado, en gran medida, del efecto de las economías de escala de las distintas industrias.

Todos estos elementos se traducen en un incremento muy importante del bienestar general de la sociedad al estimular el logro de los objetivos de los distintos agentes económicos, esto es, de un incremento de la utilidad de los consumidores y del beneficio de los productores.

De esto que el papel del sistema de transporte para estimular el crecimiento y el desarrollo en las distintas economías sea indiscutible y que de hecho, haya adquirido mucha más relevancia de la que ya tenía tal y como se puede notar en las diversas referencias que de éste se hacen en diversos textos de Economía Internacional⁶, y en los de Economía Regional.

Pero, aunque el reconocimiento de la importancia del transporte para la economía es tan viejo como ésta misma, tal y como se vio ya, la versión microeconómica del sistema apareció apenas a mediados del siglo pasado. Trabajos como los de Ackoff (1965), Hill y Irwin (1967) Domencich y otros (1968), Beesley (1965), Wohl y Martin (1967) y McFadden y Domencich (1975), entre otros, fueron los primeros en abordar el tema del transporte con este enfoque, apoyados en una gran cantidad de desarrollos microeconómicos aportados

⁶Como ejemplo véase Appleyard y otros (2005)

por gente de la talla de Debreu, Becker, Blackburn, Lancaster, etc⁷, conjuntamente con los nuevos desarrollos econométricos como los elaborados por Goodman, Griliches, Harter, Moore, y McFadden, entre otros⁸.

Estos textos abordan el tema de forma innovadora al considerar, como elemento principal de análisis, la manera en que el sistema de transporte afecta las relaciones económicas establecidas entre los agentes al interior de sus comunidades considerando, como parte fundamental de sus restricciones, la distribución del tiempo.

No es difícil deducir, entonces, la enorme complejidad que conlleva la corroboración empírica de este tipo de modelos, no sólo por la dificultad inherente en la naturaleza de la base de datos requerida para obtener información que alimente el modelo⁹, sino que también, por la especificidad y complejidad del instrumental teórico y matemático requerido en su manejo.

En efecto, el hecho de que los microeconomistas del transporte no pudieran construir su andamio teórico sino hasta mediados del siglo pasado se debió, principalmente, a que la especificidad de la metodología utilizada y la complejidad de los tópicos tratados, los obligó a esperar a contar con las herramientas teóricas y econométricas suficientes como para poder profundizar en su estudio.

Pero una vez superadas estas limitaciones, la dinámica de crecimiento de esta área de estudio ha sido impresionante lo que se debe, en gran medida, a que la necesidad de asegurar el logro de objetivos de política económica que nos permitan obtener óptimos sociales, como consecuencia del gran boom urbano que ha tenido lugar en los últimos años y que ha significado enormes desequilibrios al interior de los distintos países y ciudades, se ha vuelto estratégico en todo el mundo.

Al menos en este sentido, este trabajo no es la excepción, ya que, en él se tratan los principales tópicos de la economía del transporte desde una perspectiva puramente microeconómica, por considerar este enfoque como el más pertinente y relevante para la cabal comprensión de los problemas que aquejan, en esta materia, a los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México y aportar algunos elementos que puedan ser tomados en consideración para la puesta en marcha de un conjunto de medidas de política económica para mejorar el nivel de vida de los habitantes de la metrópoli.

La cabal comprensión de la manera en que operan las relaciones sociales intrínsecas establecidas entre

⁷Veáanse, como ejemplo: Becker (1976), Debreu (1960a), Debreu (1960b), Lancaster (1963), Lancaster (1966) y Blackburn (1969)

⁸Veáanse, como ejemplo, también: Goodman y Kruskal (1959), Goodman (1972a), Goodman (1972b), Griliches (1965), Griliches (1973), Harter y Moore (1967) y McFadden (1973)

⁹Para llevar a cabo este tipo de estudios es necesario elaborar encuestas que nos permitan comprender la conducta de los agentes de acuerdo a su restricción presupuestaria, sus preferencias de distribución del tiempo y su conjunto de posibilidades de elección; con lo que podemos inferir sus decisiones y tratar de influir en ellas para asegurar el logro de ciertos objetivos de política que nos permitan acercarnos a los óptimos de eficiencia y beneficio social.

los habitantes de la metrópolis y sus elecciones en términos de transporte (que dependen fuertemente de las actividades a realizar día con día), nos permitirá comprender la forma en que se agregan las decisiones de los individuos en la Ciudad de México, sus efectos sobre el entorno urbano y, la manera en que se puede incidir en sus decisiones para cambiar su dinámica de comportamiento con la finalidad de inhibir los comportamientos no deseados y reforzar los que se desean¹⁰.

La complejidad del tratamiento de este tópico se debe a que aunque se considera al transporte como un servicio final con características específicas, la relación que guarda respecto al sistema económico es muy diferente a la que guardan la mayoría de los bienes y servicios finales producidos al interior del mismo.

La naturaleza de estas diferencias será el tema central de la primera parte de este capítulo, en donde se describirá de una forma muy general la relación y operación del sistema de transporte en el entorno económico general, acotando, progresivamente el papel del mismo en el ámbito de la microeconómico de la vida del hombre.

En los apartados siguientes se abordarán los principales elementos que componen, modelan y describen el comportamiento de la microeconomía del transporte en la actualidad, esto es, la relación que guarda el valor del tiempo con las esferas microeconómicas de la producción y del consumo.

Pero el ejercicio no se agota en la mera descripción de los diversos componentes de la microeconomía del transporte moderno si no que busca aportar un nuevo enfoque en el tratamiento del tiempo al interior de la misma, en donde el tiempo deja de tener un valor absoluto y adquiere una proporción relativa.

Con ello se busca cambiar la forma de ver y abordar los diversos problemas que, en esta materia, deben afrontar las urbes, a la vez que busca poder maniobrar con un margen más amplio de datos que los que tradicionalmente se utilizan con la intención de sustentar la toma de decisiones en materia de política de transporte, a pesar de que no se cuente con las encuestas que tradicionalmente han sido requeridas y que están disponibles sólo en pocos lugares.

1.2. El Sistema de Transporte y su relación con el sistema económico

De la definición económica del transporte (transcrita en la primera parte del presente capítulo) se deduce su función *especial* dentro del sistema de producción, en donde juega un papel importante como bien

¹⁰Los mecanismos de regulación también tienen este objetivo, ya que mediante reglas definidas a las cuáles se les asigna un castigo por su incumplimiento se induce el comportamiento deseado, sin embargo, dichas reglas deben ser acompañadas por estímulos que refuercen los objetivos de la regulación e, incluso, que permitan y garanticen su cumplimiento. Para ello se requiere comprender la lógica de comportamiento con que los individuos maximizan su utilidad

intermedio (véanse a de Rus y otros (2003), Fair y Williams (1959), entre otros).

En efecto, el Sistema de Transporte juega un importante rol como insumo productivo ya sea entendido en términos del sistema de distribución y de aprovisionamiento de las empresas o dentro de la esfera del consumo (necesario para la realización de las mercancías de acuerdo a lo establecido por Marx (1885)).

En ese sentido, las actividades del transporte son esenciales para la reproducción del sistema en su conjunto, ya que sin éstas sería imposible realizar cualquier actividad dentro del mismo, tal y como se observa en la Figura 1.1.

En esta figura se representa, de forma simplificada, la relación que guardan entre sí los distintos agentes económicos y la forma en que influye el transporte en sus relaciones, que, como vemos, abarca los dos mercados fundamentales del sistema económico.

En el esquema, derivado del flujo circular, vemos que las empresas productoras de bienes finales deben aprovisionarse de insumos para llevar a cabo el proceso de transformación de los mismos y convertirlos en bienes finales; las familias, en cambio, proveen a las empresas y al gobierno de trabajo, para lo cual requieren de un Sistema de Transporte que les permita llegar a sus fuentes de empleo.

De igual manera, las empresas productoras de insumos y de servicios deberán usar dicho sistema para movilizar los bienes intermedios que deberán ser transformados y para proveer cierto tipo de servicios¹¹.

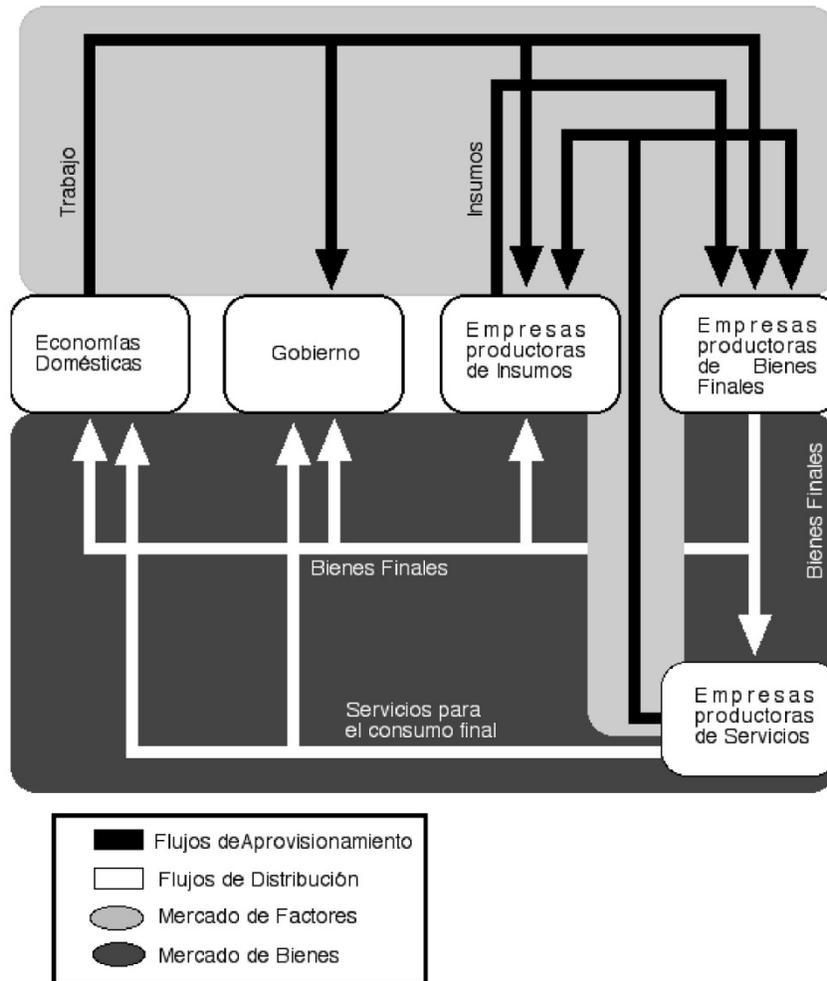
Esto afecta los precios que las empresas productoras de bienes finales y el gobierno deben pagar a los factores, ya que, en el caso del factor trabajo, los empresarios deben de cubrir el mínimo de ingreso requerido por las familias para cubrir los gastos de transporte y su nivel mínimo de consumo. En el caso de las empresas proveedoras de insumos y de servicios, sus precios deben incluir sus costos, dentro de los cuales se incluye el costo del transporte, lo que afecta el precio de los bienes y servicios ofertados por las mismas.

En lo que respecta a la distribución de los bienes y servicios de consumo, las empresas productoras deben considerar el precio del transporte para llevar a cabo la distribución de sus productos, al igual que las familias que también deben de tomarlo en cuenta al realizar sus compras. En este sentido, un Sistema de Transporte ineficiente eleva los costos de producción de las empresas, lo que se refleja en un aumento de precios que actúa en detrimento de la competitividad y del nivel de vida de las familias¹², en contraposición con uno

¹¹En este sentido, conforme mejoran los medios de comunicación algunos viajes de esta naturaleza podrán ser evitados, sin embargo, hay servicios que no pueden ser sustituidos y cuya única forma de provisión es que los factores de producción de las empresas de servicios se movilicen hacia el lugar físico en donde se localiza la empresa que está contratando sus servicios. Algunos ejemplos de este tipo de servicios son el reparto a domicilio, los servicios de mantenimiento, el soporte técnico, etc.

¹²No sólo por la vía de los precios de los productos, sino también por la disminución de sus ingresos como resultado del costo del transporte

Figura 1.1: Flujos de transporte y de transacciones en una economía



FUENTE: Elaboración propia

eficiente que actuaría en el sentido contrario al aquí descrito.

Pero el problema del transporte no es sólo de naturaleza monetaria ya que afecta de manera importante las vidas de las personas al condicionar la distribución de sus actividades al tiempo requerido para transportarse, lo que implica un costo derivado sobre el bienestar de los individuos y de la sociedad en su conjunto.

Esto nos permite afirmar que el transporte no es una actividad intermedia sólo en términos de la producción sino que también lo es en términos del consumo y, por lo tanto, el costo del mismo no debe expresarse sólo en términos de su precio monetario directo sino que debe considerar también el valor del tiempo de los usuarios.

Esta es una característica diferencial muy importante del sector debido a que, según los principales autores de esta temática (véanse; Becker (1976), Becker (1997), Becker (1965), Arrow y Hahn (1977)) aunque las decisiones de distribución del tiempo afectan a todas las actividades de los agentes, éstas no son siempre un costo (aunque siempre hay un costo de oportunidad implícito) lo que contrasta con el caso del sector transporte en donde *siempre* lo es.

Para ejemplificar, digamos que decido ir al cine en vez de ir a trabajar, el tiempo que paso viendo la película sería una utilidad y no tendría ningún costo, sin embargo, sí hay un costo de oportunidad derivado del uso de ese tiempo y sería igual al monto del salario perdido si en vez de ir al cine hubiese usado el tiempo en una actividad que reportase un ingreso.

En términos de una actividad no remunerada, si voy al cine en vez de estar haciendo este texto el tiempo utilizado en dicha actividad igual me proporcionaría una utilidad y no habría ningún costo intrínseco, sin embargo el costo de oportunidad sería igual a las horas de sueño perdidas para recuperar el tiempo en que vi la película, en vez de hacer el texto.

Sin embargo, en el caso del transporte, el tiempo utilizado siempre es un costo como tal, ya que aunque haya personas que lo aprovechen, por ejemplo leyendo o escuchando música, la misma actividad podría realizarse de mejor manera en otro lugar, por lo que el tiempo utilizado en transportarse siempre es un valor negativo en el corto plazo (lo que implica que el cero es cota superior del conjunto, más no supremo) y, por tanto, un costo.¹³

Esta característica, particular del transporte se expresa de manera más precisa en el concepto de precio o costo generalizado, definido como:

¹³Incluso cuando los individuos van de paseo, la utilidad de los mismos, según este enfoque, se encuentra en maximizar el tiempo que se está en el destino y no el tiempo que tardan éstos en llegar ahí.

La suma del valor monetario de todos los determinantes de la demanda de transporte para un individuo [de Rus y otros (2003), p. 132]

La expresión matemática mas simple de esta definición sería, entonces:

$$p_g = p + v\tau + \theta \quad (1.1)$$

Que es una combinación lineal de los siguientes tres elementos:

- El precio (p);
- El valor del tiempo empleado en el mismo ($v\tau$) y
- La valoración monetaria del resto de los elementos cualitativos que intervienen en la decisión (θ).

Definición que se torna en un problema de minimización similar tanto para las empresas como para los individuos y las familias. La diferencia consiste, en todo caso, en que las primeras buscan minimizar el valor de la función con la finalidad de lograr la maximización de sus beneficios, mientras que el objetivo de los segundos es el de maximizar su utilidad.

Entonces, el *problema general* de los agentes económicos en su conjunto consiste en *minimizar el costo o precio generalizado* del transporte, cuyo comportamiento funcional se encuentra fuertemente determinado por la localización geográfica de cada uno de éstos y por la cantidad y rentabilidad de sus actividades.

Esto indica que el problema de maximización de costos y de utilidades con respecto a la distribución del tiempo de los distintos agentes en el *corto plazo* se encuentra fuertemente influenciada por sus decisiones de mediano y largo plazo (localización de habitación, compra de vehículo, actividad laboral, etc).

Es importante insistir en este punto, ya que, derivado de la propuesta aquí esbozada, se demuestra que en el mediano y largo plazos los individuos no buscan, forzosamente, minimizar el tiempo de transporte sino que este elemento entra como una característica que forma parte de una canasta de elección en decisiones individuales de mediano y largo plazos en el sentido descrito por Lancaster (1966) y Lancaster (1971). Así, la elección del lugar de residencia, de la escuela de los niños o de la compra de un auto, por ejemplo, añaden el tiempo de transporte como una característica más al interior de la canastas de elección competitivas, por lo que no es forzoso que los agentes busquen su minimización como objetivo fundamental (pueden buscar su comodidad, la cercanía de ciertos servicios o de la familia, entre muchos otros ejemplos).

La función de precio generalizado, entonces, es de gran utilidad para comprender el problema de la oferta de transporte y el de la demanda en el corto plazo, pero es de poca utilidad para la toma de decisiones en un horizonte de tiempo mayor, ya que los determinantes de los agentes económicos son diferentes.

El modelo clásico de transporte, sin embargo, opera en sentido contrario al afirmar que el tiempo utilizado en transportarse es *siempre* un costo, lo que contradice claramente la conformación estructural de algunas ciudades que tienden a expandirse cada vez más (Ciudad de México en México, Lima en Perú, Rio de Janeiro en Brasil, entre muchas otras) y en donde con tan sólo el valor del uso del suelo es insuficiente para explicar la totalidad del fenómeno observado.

Es importante reconocer que la propuesta que se expondrá es sólo una aproximación al problema ya que se debe de reconocer que algunos de los determinantes de las decisiones de largo plazo se toman en el corto plazo (Cervero, 2001), por lo que se intuye un problema de causalidad que será tratado de manera explícita y más concreta un poco más adelante, cuando tengamos mayores elementos para explicar sus causas.

Por lo pronto adentrémonos, por fin, en los fundamentos microeconómicos del transporte que nos permitirán sustentar y construir el nuevo modelo aquí propuesto.

1.3. El papel del tiempo en las decisiones de producción y consumo de transporte

Hasta ahora se ha puesto énfasis en la importancia del sector como actividad intermedia que permite que se lleven a cabo las actividades económicas requeridas para la producción y el consumo, sin entrar en detalle acerca de los mecanismos económicos internos que regulan y ordenan su funcionamiento.

Para dar cabal cumplimiento a dicha tarea, es muy importante poner de manifiesto sus rasgos característicos:

1. Para que el transporte, desde el punto de vista económico, pueda llevar a buen fin su objetivo primordial requiere de la confluencia de distintos tipos de actividades:
 - Empresas productoras de infraestructura, que doten al sistema de las condiciones que determinan el espacio físico en el que se lleva a cabo la actividad de transporte (por lo que determinan las condiciones de operación del sistema). Algunos ejemplos de infraestructura son las vías férreas, los aeropuertos, las calles, las carreteras y los puertos, entre otras cosas;

- Empresas productoras de servicios, las cuales requieren de equipo móvil (automóviles, ferrocarriles, aviones, barcos, etc.) y de personal capacitado en el manejo, reparación y mantenimiento de las mismas.

Además, el sector es muy heterogéneo en su funcionamiento dependiendo de la naturaleza del servicio o de la infraestructura de la que se esté tratando. Es muy diferente el funcionamiento del transporte por aire que el del transporte por agua o por tierra, ya que requiere de inversiones, medios de transporte e infraestructura que son muy distintas entre sí.

2. Como ya se indicó, es un sector cuyo valor utilitario para los individuos depende, en gran medida, de la minimización del tiempo de viaje, al menos en el corto plazo.¹⁴
3. El transporte como servicio no es almacenable ya que es un flujo, pero como infraestructura sí, ya que ésta es acumulable (es un stock) y requiere de un costo de mantenimiento constante.
4. El transporte no es divisible, es decir, en términos del servicio un vehículo no puede dividirse, por lo que para los productores es importante considerar este hecho a la hora de decidir su capital de trabajo en función de las necesidades del mercado que va a atender. En el caso de la infraestructura, esta afirmación puede resultar mucho menos clara porque ésta sí puede ser parcialmente segmentada. Por ejemplo, las salidas en algunas vías o la aparición y desaparición de carriles en determinadas calles. Pero aún en este ejemplo, las vías aparecen y desaparecen en unidades discretas y no en continuas.
5. Los servicios de transporte son *Bienes de Club*¹⁵, ya que los usuarios de la infraestructura deben compartir su utilización y, pasando cierto nivel óptimo de uso, cada usuario adicional afectará de manera cada vez más importante la utilidad de los demás usuarios.
6. Las externalidades negativas del mismo afectan fuertemente al conjunto de la sociedad, ya que actúa en detrimento de la salud de los habitantes, no sólo por sus emisiones contaminantes sino también por el ruido e incluso, por los accidentes. La infraestructura presenta también este tipo de efectos, aunque con distinta naturaleza, ya que su construcción daña hábitats naturales, desvía el curso de los ríos y deteriora el paisaje, entre otros muchos efectos de notable importancia.

¹⁴Como se indicó en el apartado anterior, en el mediano y largo plazo hay consideraciones de otra naturaleza que afectan la distribución del tiempo de los usuarios

¹⁵Para una exposición más amplia del tema revítese Cornes y Sandler (1986)

18 **Capítulo 1. Fundamentos de la construcción de una nueva Microeconomía del Transporte**

Una vez señalados estos elementos para su consideración, se abordará en el siguiente apartado el problema de la producción y de la maximización del beneficio en las actividades de transporte, para concluir la exposición del capítulo con el problema del consumo dentro del mismo mercado.

1.3.1. Producción

Para que una empresa pueda producir requiere de una cierta cantidad de factores que combinados le permitan obtener una cierta cantidad de productos. En esta sección se explicarán los elementos considerados por el productor para tomar dichas decisiones.

Antes de comenzar, es necesario tener en cuenta que, dada la heterogeneidad del sector (ya explicada con antelación), los productores de transporte son muy diversos, ya que el sector aglomera desde empresas que producen infraestructura y bienes de capital (como automóviles o camiones), así como a los productores de servicios, como es el caso de los camioneros que transportan carga y pasaje, los pilotos e, incluso, a las unidades familiares que producen sus propios servicios de transporte (poseedores de un automóvil que producen sus propios viajes).

Tomando estos señalamientos en consideración, definamos la *producción neta* de una empresa, de la siguiente manera:

$$y_j = y_j^o - y_j^i$$

En donde se supone que la empresa tienen n bienes que pueden servir de factores y que, a su vez, son los productos. Entonces la diferencia entre los o productos j que hace una empresa y los i que usa como insumos es la *producción neta* de la empresa para el bien j . Si el signo de la diferencia es positivo, esto indica que la empresa produce más de lo que utiliza para producir y cuando el signo de la diferencia es negativo se encuentra el caso inverso.¹⁶

Con estos valores se puede obtener un vector de producciones netas de distintos bienes, al cual denominaremos *plan de producción*. Esto es:

$$y = (y_1 \dots y_n)$$

¹⁶El ejemplo presentado es un caso simplificado elaborado sólo para remarcar la lógica intrínseca del concepto, sin embargo, los factores son, comúnmente, diferentes de los productos obtenidos por los productores.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El conjunto de todos los *planes de producción* tecnológicamente posibles de un productor se denomina *conjunto de posibilidades de producción* de la empresa, el cual usualmente se denota con la mayúscula del nombre asignado al plan de producción:

$$Y \subset \mathbb{R}^n$$

Entonces, cualquier $y \in Y$ es posible y cualquier $y \notin Y$ no lo es.

Una vez establecidas estas convenciones, podemos describir tecnológicamente al sector transporte y dentro de éste, comenzaremos con los *productores de infraestructura*. Entonces:

$$Y_{ii} = \{(y_{ii}, -K, -L, -N, -\tau) \in \mathbb{R}^5 : y_{ii} \leq f(K, L, N, \tau)\} \quad (1.2a)$$

$$V(y_{ii}) = \{(K, L, N, \tau) \in \mathbb{R}_+^4 : y_{ii} \leq f(K, L, N, \tau)\} \quad (1.2b)$$

$$Q(y_{ii}) = \{(K, L, N, \tau) \in \mathbb{R}_+^4 : y_{ii} = f(K, L, N, \tau)\} \quad (1.2c)$$

$$Y_{ii}(\bar{K}) = \{(y_{ii}, -K, -L, -N, -\tau) \in \mathbb{R}^5 : y_{ii} \leq f(K, L, N, \tau), K = \bar{K}\} \quad (1.2d)$$

Con lo que obtenemos la *función de transformación* de la empresa, que es el análogo n -dimensional de la *función de producción*.

$$T(y_{ii}, K, L, N, \tau) = y_{ii} - f(K, L, N, \tau) \quad (1.3)$$

Así, de la misma manera que la *función de producción* selecciona el máximo nivel escalar en función de las cantidades de factores, la *función de transformación* selecciona los vectores máximos de producción neta (esto es, producción menos insumos).

En el sistema anterior, Y_{ii} representa el *conjunto de posibilidades* de producción de los productores de infraestructura, mientras que y_{ii} es la producción de infraestructura de transporte que puede producir la empresa en función de la cantidad de capital (K), la cantidad de mano de obra (L), la cantidad de insumos provenientes de la naturaleza (N)¹⁷ y el tiempo medio requerido para producir una unidad de producto (τ)¹⁸

La ecuaciones (1.2a) y (1.2d) describen el conjunto de posibilidades de los productores en el largo y

¹⁷Para el mejor entendimiento de las implicaciones de añadir esta variable en la función de producción, véase Candaudap (2004)

¹⁸Algo muy similar al *tiempo de trabajo socialmente necesario* explicado por Marx en *El Capital*

en el corto plazo, respectivamente. Dichas ecuaciones describen todas las combinaciones de producciones netas viables del productor. La diferencia fundamental consiste en suponer que en el corto plazo, el capital se encuentra fijo y, por ende, que restringe las combinaciones posibles obtenidas.

Ahora bien, la ecuación (1.2b) expresa cuál es el *conjunto de cantidades necesarias de factores*, que se define como el conjunto de todas las combinaciones de factores que generan al menos y_{it} unidades de infraestructura de transporte.

Y la ecuación (1.2c) expresa el conjunto de combinaciones de factores que generan, exactamente y_{it} unidades de producción, comúnmente llamadas *isocuantas*.

Ahora se describirá tecnológicamente a los productores de servicios del transporte, los cuales difieren de los productores de infraestructura de transporte y de la mayoría de los productores de los demás sectores en dos cuestiones fundamentales:

1. *Existe una fuerte proporción de autoconsumo*. Esto quiere decir que el sistema no sólo está compuesto de empresas sino que también incluye a las familias, por lo que el objetivo de maximización del beneficio vía disminución de costes conlleva intrínsecamente a la maximización de la utilidad de dichas unidades.

El problema es que los objetivos de ambos tipos de agentes, familias y empresas, son diferentes, lo que tiene fuertes implicaciones en términos del análisis, como se verá más adelante¹⁹.

2. En este caso, *la restricción de corto plazo que el capital (la infraestructura) implica es mucho más fuerte* que la que se presenta en otros sectores, debido a que, al menos, en una parte de éste *los agentes no pueden incidir* de manera individual, ya que el que se incremente o deteriore no depende de ellos sino de un agente externo, el gobierno, y por lo tanto las decisiones de largo plazo sólo pueden tomarse con base en expectativas.

En una empresa, los tomadores de decisión pueden planear las compras de largo plazo en función de un plan de expansión, lo que contrasta con la situación de los productores de servicios de transporte que no pueden planear el incremento o decremento de la infraestructura.

Esto implica que si dichos productores decidiesen comprar más vehículos con la finalidad de incrementar sus ingresos (monetarios o no monetarios) y por ende su bienestar o utilidad (depende el tipo

¹⁹La producción de bienes y servicios por parte de las familias y sus implicaciones ha sido extensamente tratado por los teóricos del "Household Economics". Para mayores referencias véanse: Ironmonger (2000) y Tran (2005), entre otros.

de productor), pero la infraestructura se mantiene fija, la decisión tomada actuaría en su contra debido a los problemas de congestión generados, lo que elevaría sus costos en vez de hacerlos caer tal y como se esperaba.

Por ende, dado que las decisiones de este tipo de productores están fuertemente determinadas por la infraestructura disponible lo lógico sería maximizar la utilidad mediante un cambio en la capacidad vehicular o difiriendo los horarios de servicio, lo que implica que la infraestructura condiciona las decisiones de los agentes y, que por tanto, actúa como inductor de comportamientos.

Es importante notar que existe una diferencia muy importante entre la infraestructura real existente y la efectiva. La infraestructura real es el símil de la capacidad instalada, es decir, en condiciones óptimas, ¿cuántos vehículos pueden ir sobre una vía determinada?; por ejemplo. La infraestructura efectiva es la que en realidad se está utilizando, así una vía que tiene tres carriles y soporta trescientos automóviles en cierto tramo (infraestructura real) sólo soportará 200 si uno de los carriles se utiliza como estacionamiento (infraestructura efectiva). En este sentido, Ian Thompson sostiene que:

En general, tanto la conducta de los motoristas como la condición de la vialidad y la de los vehículos hacen que una calle o una red urbana en América Latina seguramente tenga una capacidad inferior que otra de dimensiones geométricas iguales ubicada en Europa o Norteamérica. Mediciones realizadas en Caracas a principios del decenio de 1970 establecieron que una autopista en ese lugar tenía sólo 67 % de la capacidad de otra norteamericana de dimensiones semejantes. Esta diferencia porcentual debe variar de una ciudad a otra, aunque no cabe duda de que la propensión a congestionarse de los sistemas viales de las ciudades latinoamericanas es, en general, relativamente grande. [Thompson y Bull (2002b), pp. 113].

Dadas estas condiciones, la restricción tecnológica del sector de servicios de transporte se expresará de la siguiente manera:

$$Y_{st} = \{ (y_{st}, -K_{it}, -K_{st}, -L, -N, -\tau) \in \mathbb{R}^6 : y_{st} \leq f(K_{it}, K_{st}, L, N, \tau) \} \quad (1.4)$$

$$V(y_{st}) = \{ (K_{it}, K_{st}, L, N, \tau) \in \mathbb{R}_+^5 : y_{st} \leq f(K_{it}, K_{st}, L, N, \tau) \} \quad (1.5)$$

$$Q(y_{st}) = \{ (K_{it}, K_{st}, L, N, \tau) \in \mathbb{R}_+^5 : y_{st} = f(K_{it}, K_{st}, L, N, \tau) \} \quad (1.6)$$

$$Y_{st}(\overline{K}_{it}, \overline{K}_{st}) = \{(y_{st}, -K_{it}, -K_{st}, -L, -N, -\tau) \in \mathbb{R}^5 : \quad (1.7)$$

$$y_{st} \leq f(K_{it}, K_{st}, L, N, -\tau), K_{it} = \overline{K}_{it}; K_{st} = \overline{K}_{st}\}$$

$$T(y_{st}, K_{it}, K_{st}, L, N, \tau) = y_{st} - f(K_{it}, K_{st}, L, N, \tau) \quad (1.8)$$

En este sistema hay dos diferencias fundamentales con respecto al de los productores de infraestructura y con respecto a lo que establece la teoría microeconómica convencional del transporte.

En primer lugar, en este caso el capital total se divide entre la infraestructura, K_{it} y el capital sobre el que sí pueden influir los productores K_{st} , al que denominaremos propio del sector, para distinguirlo del otro. Esta variable conjunta conceptos como el de equipo móvil, paraderos, terminales, puertos, etc.

La segunda diferencia consiste en que la infraestructura en la función de largo plazo puede utilizarse para elaborar distintos tipos de experimentos teóricos que nos permitan inferir la vía que seguirá el cambio de la misma con base en la experiencia pasada o en las expectativas que se formen los productores. Esta segunda forma de uso se emplearía para comprender cómo influyen las expectativas en la planeación de los productores. Otra manera de aprovechar esta especificación es estimar la función de largo plazo considerando como K_{it} a la infraestructura real y, conjuntamente, estimar la función de corto plazo considerando a K_{it} como la infraestructura efectiva. De esta manera se podrían resolver cuestiones acerca de la dinámica de la oferta de servicios en condiciones de mejora o empeoramiento de las condiciones de uso de la infraestructura.

La posibilidad de realizar este experimento parte del hecho de que la naturaleza de los dos capitales que actúan como restricción difieren en el grado de dependencia exógena o endógena de cada uno de ellos, lo que permite usar fácilmente a uno de ellos (comúnmente la infraestructura), como variable de control basada en la evidencia empírica observada.

Ahora bien, aunque no se ha hecho explícita la forma funcional específica de la función de producción de los sectores analizados, es intuitivamente cierto que debe de existir cierta relación técnica de sustitución entre los factores para mantener constante el nivel de producción cuando uno de ellos varía²⁰

Por ejemplo, para el caso del capital propio de las empresas de servicio del transporte y de su mano de obra, dicha relación técnica de sustitución puede expresarse de la siguiente manera:

²⁰Intuitivamente, se podría suponer, por principio, que este sector tiene funciones de producción tipo Leontieff, ya que para operar un vehículo de 30 o de 60 plazas se necesita igual un chofer, lo único que cambiaría sería la pendiente de la función de producción. Lo mismo pasaría con un cambio tecnológico ya que ante una disminución del consumo de gasolina derivado de éste sólo habría también un cambio de pendiente en la relación. Sin embargo, las empresas del sector no son homogéneas y, por ende, de manera agregada es muy probable que sí haya un cierto nivel de sustitución, aunque sea muy limitado por las fuertes restricciones que los productores deben enfrentar en este sector (Véase Candaudap (2004)).

$$\frac{\delta K_{st}}{\delta L} = \frac{\frac{\delta f(K_{st}, K_{st}, L, N, \tau)}{\delta L}}{\frac{\delta f(K_{st}, K_{st}, L, N, \tau)}{\delta K_{st}}} \quad (1.9)$$

La cual mide la pendiente de las isocuantas, dadas las variaciones discretas entre capital propio y trabajo, de tal manera que cada punto nos indica la cantidad de trabajo adicional requerido para producir y_{st} cuando disminuimos una unidad de capital propio y viceversa.

Cuando lo que nos interesa saber es la curvatura de la isocuanta, lo que debemos de obtener es su elasticidad de sustitución (σ), la cual, para este mismo ejemplo se definiría como:

$$\sigma = \frac{\frac{\frac{\Delta K_{st}}{K_{st}}}{\frac{\Delta L}{L}}}{\frac{\Delta RTS}{RTS}} \quad (1.10)$$

Esta medida es la variación porcentual del cociente entre los factores con respecto a la variación de la RTS, por lo que si una pequeña variación de la pendiente, medida por la variación de la RTS, se traduce en una gran variación del cociente de los factores, eso indica que la elasticidad de sustitución es grande (lo que significa que nos encontramos en un segmento casi horizontal de la isocuanta) y viceversa.

Esperaríamos entonces que, para este caso, el indicador sea pequeño ya que tal y como se indicó unos párrafos arriba aunque la sustitución pueda existir ésta se encuentra fuertemente limitada por las rigideces del sistema que no permiten mucho margen de acción.

Con este sistema de ecuaciones se determinan e identifican soluciones diversas para cada nivel de producto, los cuales multiplicados por el precio de mercado,²¹ permiten obtener el ingreso monetario de cada solución encontrada.

Y si a éstas se le restan los costos de producción, lo que se obtiene es el beneficio del productor, que en términos matemáticos se expresaría de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \pi(p_{st}) &= p_{st} y_{st} \\ \text{sujeto a: } & y_{st} \in Y_{st} \end{aligned} \quad (1.11)$$

En donde, el ingreso y, por ende, el beneficio del productor queda fuertemente ligado a la función de producción y a su conjunto de posibilidades.

²¹Como se indicó anteriormente, el precio de mercado monetario se utiliza sólo para el caso del productor, mientras que las familias tendrán un precio no monetario al producir el servicio que puede asimilarse al precio de mercado de producir el servicio

Cabe señalar que ésta es la función de beneficios para una empresa de servicios de transporte, sin embargo, ésta también se aplica a las empresas productoras de infraestructura, ya que, en todo caso lo que varía, es la función de transformación para cada una de éstas.

Adicionalmente, es importante notar que la función también carece de restricciones, por lo que es claro que especifica la situación observada en el largo plazo. La ecuación para el corto plazo se transcribe a continuación:

$$\begin{aligned} \pi(p_{st}, \overline{K_{it}}, \overline{K_{st}}) &= p_{st} y_{st} \\ \text{sujeto a: } y_{st} &\in Y_{st}(\overline{K_{it}}, \overline{K_{st}}) \end{aligned} \quad (1.12)$$

Se observa que la única diferencia entre ambas son las restricciones que deben enfrentar los agentes en cada uno de los horizontes temporales del análisis. Así, la especificación de largo plazo esta sujeta a la ecuación (1.3), mientras que la de corto plazo a la (1.8).

Ahora bien, si suponemos, para simplificar, que la empresa produce un sólo bien, entonces la función puede ser expresada de la siguiente manera:

$$\pi(p_{st}, \kappa) = \max_{p_{st}}: p_{st} f(K_{it}, K_{st}, L, N, \tau) - \kappa \phi \quad (1.13)$$

En donde ϕ son las cantidades utilizadas de factores, en este caso concreto, de K_{it} , K_{st} , L , N y τ , mientras que κ es el costo de cada uno de éstos.

De donde se deduce el problema del productor respecto a la función de costos, que es una variante de la de beneficios, ya definida:

$$\begin{aligned} c(\kappa, y_{st}) &= \min \quad \kappa \phi \\ \text{sujeta a: } \kappa &\in V(y_{st}) \end{aligned} \quad (1.14)$$

Que en el corto plazo se expresaría como sigue:

$$\begin{aligned} c(\kappa, y_{st}) &= \min \quad \kappa \phi \\ \text{sujeta a: } (y_{st}, -\kappa) &\in Y_{st}(\overline{K_{it}}, \overline{K_{st}}) \end{aligned} \quad (1.15)$$

Esta función nos indica que la búsqueda de la maximización del beneficio por parte del productor puede asumir, como solución alternativa, la búsqueda del coste mínimo de producir cierta cantidad de servicios de transporte, dado un vector κ de precios.

Para lo que se reescribe la expresión en función *del valor de las demandas condicionadas de factores*, las cuales en el corto plazo, usualmente, se encuentran fuertemente limitadas por los costos fijos.

Y dado que los costos fijos en nuestro modelo de servicios de transporte son los derivados de la infraestructura (K_{it}) y de la inversión realizada por el productor al interior del sector (K_{st}), podemos, entonces, agruparlos en una variable genérica a la que denominaremos κ_f .

Por ende, los restante son los costos variables, que en concreto son los derivados del trabajo (L), los de la naturaleza (N) y los del tiempo (τ), haciendo una distinción importante, entre los dos primeros a los que denominaremos y englobaremos dentro de κ_v y el costo del tiempo al que llamaremos κ_τ .

La distinción se debe a que los dos primeros factores tienen una expresión monetaria directa, mientras que el tercero debe derivar su valor monetario mediante un pequeño artificio, ya que estrictamente, este es un valor o ingreso no monetario tal y como se verá más adelante.

Partiendo de estas nuevas definiciones reexpresamos la función de costos totales de corto plazo, de la siguiente manera:

$$c_{TCP} = c(\kappa, y_{st} | \kappa_f) = \kappa_v \phi_v(\kappa, y_{st} | \kappa_f) + \kappa_\tau \phi_\tau(\kappa, y_{st} | \kappa_f) + \kappa_f \phi_f$$

En donde ϕ representa los vectores de cantidades de los insumos del subíndice que los acompaña; variables, tiempo y fijos, respectivamente.

Reordenando términos, obtenemos:

$$c_{TCP} = c(\kappa, y_{st} | \kappa_f) = \underbrace{\kappa_v \phi_v(\kappa, y_{st} | \kappa_f)}_{p \quad \delta \quad c} + \underbrace{\kappa_f \phi_f + \kappa_\tau \phi_\tau(\kappa, y_{st} | \kappa_f)}_{v\tau} + \theta \quad (1.16)$$

Que nos indica que la función de costo total de corto plazo obtenida es idéntica a la expresión del costo o precio generalizado, definida anteriormente (eq. (1.1)), lo que implica que la definición usada es consistente con el objetivo maximizador (ya sea del beneficio o de la utilidad) de los agentes productores de servicios de transporte.

En este punto es importante señalar que la adición de θ a la ecuación es de carácter estadístico ya que

dicha variable sólo sirve como expresión de la valoración monetaria del resto de los elementos cualitativos que intervienen en la función de producción (es el error de la estimación puesto de manera explícita).

Haciendo uso de esta definición, derivamos diversas ecuaciones de corto plazo, comenzando por la de costo medio:

$$c_{MeCP} = \frac{c(\kappa, y_{st} | \kappa_f)}{y_{st}} = \frac{c_{TCP}}{y_{st}} \quad (1.17)$$

La de costo medio variable:

$$c_{VMeCP} = \frac{\kappa_v \phi_v(\kappa, y_{st} | \kappa_f)}{y_{st}} \quad (1.18)$$

La de costo fijo medio:

$$c_{FMeCP} = \frac{\kappa_f \phi_f}{y_{st}} \quad (1.19)$$

La de costo marginal total:

$$c_{MeCP} = \frac{\delta c(\kappa, y_{st} | \kappa_f)}{\delta y_{st}} = \frac{\delta c_{TCP}}{\delta y_{st}} \quad (1.20)$$

Y, por último, la de costo medio del tiempo:

$$c_{\tau MeCP} = \frac{\kappa_{\tau} \phi_{\tau}(\kappa, y_{st} | \kappa_f)}{y_{st}} \quad (1.21)$$

Con lo que sólo restaría señalar que las funciones correspondientes de largo plazo, se obtendrían de idéntica manera pero relajando el supuesto sobre las restricciones del capital fijo sobre el variable, lo que implica que lo único que cambiaría sería la condicional de los factores fijos que no debe estar presente en ninguna de estas ecuaciones.

El problema de fondo a estas alturas es que todos estos valores pueden obtenerse fácilmente con excepción del tiempo, cuyo valor desconocemos.

Para encontrar dicho valor, usualmente, se utilizan encuestas de origen-destino, sin embargo, como no se cuenta con una encuesta reciente de esta naturaleza, se propone hacer uso de un método alternativo que nos permita aproximar dicho valor.

Para sustentar la propuesta, es importante comenzar estableciendo que para producir cualquier bien se requiere tiempo ya que en nuestro plano dimensional sería imposible hacer cualquier cosa sin él, lo que implica la existencia de un límite físico mínimo para transportarnos de un lugar a otro.

A este límite físico mínimo para recorrer una distancia dada (que por definición debe ser en condiciones óptimas) se le denominará *tiempo mínimo de viaje*²² y será notado como, τ_{min} .

dado que es una variable óptima de naturaleza puramente física, lo lógico es que se defina de la siguiente manera:

$$V = \frac{D}{t}$$

Que indica que la velocidad de un cuerpo (V) está en función de la distancia (D) recorrida y del tiempo (t) que tarda en recorrer dicha distancia.

Esto implica que el tiempo de transporte a lo largo de una distancia determinada (t) se puede obtener derivándola de la ecuación anterior, con lo que se obtiene:

$$t = \frac{D}{V} = \tau_{min} \quad (1.22)$$

De la definición anterior se desprende que dado que existe un tiempo físico mínimo de viaje (óptimo) debe de existir, entonces, también un *tiempo máximo de viaje* (τ_{max}), que se define como el tiempo máximo *real* en que un agente recorre una distancia dada (un tiempo no óptimo en extremo).

La afirmación de que la existencia de un óptimo implica la existencia de no óptimos, incluso hasta el extremo, lleva a pensar que el tiempo máximo de recorrido de una distancia dada (en cualquier vía y sobre cualquier camino) podría llegar a ser infinito. En el caso del sistema de transporte, que es el tema que nos ocupa, bien podríamos pensar en un paro o una marcha que hacen imposible que el usuario pueda llegar a su destino, sin embargo estos son casos extremos aún si pensamos en cantidades de tiempo muy grandes que podrían llegar a ser de hasta dos o tres veces el óptimo, por lo que estos valores sólo representarían puntos frontera de utilidad muy limitada para comprender la dinámica común del sistema.

Por ello, lo conveniente sería redefinir el tiempo máximo de recorrido (τ_{max}) en función de la experiencia de los usuarios, lo que implica que su valor debe ser entendido como el valor medio de los tiempos máximos esperados de recorrido de los agentes sobre una cierta vía.

²²Si lo estimamos para una infraestructura sería el tiempo mínimo de uso de la misma de un cierto punto a otro

Esta magnitud de valor así definida representa el tiempo máximo de transporte que un usuario esta dispuesto a invertir para ir de un lado a otro. Es el tiempo máximo que que una persona o familia toma en consideración para realizar la totalidad de sus actividades en condiciones de presión extremas cuando, por ejemplo, decide aceptar un trabajo nuevo o cambiar de casa.

De tal manera que entre el tiempo óptimo de recorrido (τ_{min}) y el tiempo máximo (τ_{max}) existe una brecha entre la que se espera situar, en algún punto, el tiempo medio de transporte (τ_{μ}).

En este contexto, el tiempo medio de transporte debe de entenderse como la media de los tiempos invertidos en transportarse sobre cierta vía durante un periodo de tiempo determinado, por lo que la variables es una aproximación al tiempo real invertido en dicha actividad.

Por ello, la variable debe ser definida como:

$$\tau_{\mu} = \frac{D}{V} + \bar{\tau}_{\tau} = \tau_{min} + \bar{\tau}_{\tau} \quad (1.23)$$

En donde $\bar{\tau}_{\tau}$ es un vector de desviaciones que depende de una gran cantidad de factores determinísticos, como las condiciones de la infraestructura²³, el marco legal e institucional y la educación²⁴ y de otra gran cantidad de factores aleatorios como las marchas, los accidentes y las descomposturas, entre otros.

Y dado que el valor de τ_{min} es la media de una distribución normal²⁵, entonces la diferencia entre éste y τ_{μ} es $\bar{\tau}_{\tau}$, tal y como se observa en la siguiente expresión matemática derivada de (1.23)²⁶:

$$\bar{\tau}_{\tau} = \tau_{\mu} - \tau_{min} \quad (1.24)$$

Donde $\bar{\tau}_{\tau}$ tiene la característica de ser cada vez más grande ya que, como se indicó, tiene componentes “determinísticos” que se van acumulando a lo largo del tiempo²⁷.

La diferencia, entonces, entre el tiempo real y el óptimo tiende a incrementarse siendo ésta un indicador de desviación del óptimo de operación o, en términos subjetivos, del óptimo esperado por el usuario.

²³El desempeño de los vehículos se verá afectado si la infraestructura presenta daño físico como baches, topes, coladeras destapadas, etc.

²⁴Como estacionarse en doble fila, no respetar a las autoridades, hacer caso omiso de los semáforos, etc. (Véase Thompson y Bull (2002a) Thompson y Bull (2001) Thompson y Bull (2002b))

²⁵Ya que se obtiene mediante experimentos repetidos y repetibles en condiciones controladas

²⁶Visto de otra manera, τ_{μ} no es mas que τ_{min} desplazada en una magnitud ϵ , que es la media de las desviaciones del óptimo. Por lo tanto, $\bar{\tau}_{\tau}$ también tiene una distribución normal

²⁷Los rezagos en infraestructura tienden a acumularse a lo largo del tiempo como resultado del deterioro que su uso implica, lo que explica esta tendencia acumulativa en los rezagos definidos. Además, debido a que el componente determinístico de la distribución de los errores guarda una relación clara con su pasado, el valor de $\bar{\tau}_{\tau}$ puede obtenerse utilizando *Filtros de Kalman*.

De ahí que, tomando en consideración que el tiempo óptimo es el que un agente debiera de invertir en sus viajes y que no es un costo sino un componente de su canasta de consumo, que cualquier desviación del mismo sí es un costo y que el valor de dicha desviación debe ser constante y proporcional a su ingreso²⁸, se enuncia que el valor del tiempo en la función de costos se defina de la siguiente manera:

$$\kappa(\tau) = \left(\frac{p_{sr} y_{sr}}{\tau_w} \right) \bar{\tau}_r \quad (1.25)$$

En donde τ_w es el tiempo medio de trabajo que destina una familia o un individuo para obtener su ingreso monetario o, en su defecto, es el tiempo de trabajo diario de un productor de servicios de transporte.

Por lo tanto, el primer miembro del lado derecho de la ecuación es un indicador del valor monetario por unidad de tiempo, en el caso de las familias, o del ingreso potencial de un productor de servicios operando en condiciones óptimas, mientras que el segundo miembro de la misma ($\bar{\tau}_r$) asigna el monto del costo total de dicha actividad, lo que implica que el costo del tiempo es igual al ingreso perdido por cada minuto que se sobrepasa el tiempo mínimo u óptimo de viaje.

Esto es intuitivamente cierto, ya que los productores saben que hay un tiempo intrínseco en cada viaje ofertado, que depende de su tecnología y de las condiciones de operación (infraestructura), por lo que sería un error considerar dicho tiempo como un costo, debido a que es parte integral del producto mismo.

Con la finalidad de comprender mejor esta afirmación se ejemplificará el razonamiento haciendo uso del problema de la elección de medios de transporte por parte de los individuos. Así, podemos decir que las personas pueden elegir salir de viaje en autobús o en avión, lo que dependerá, en gran medida, del tiempo del que dispongan, ya que cada uno de estos vehículos tiene un tiempo mínimo medio de recorrido diferente. De igual manera, los productores ofertan sus servicios considerando que la producción del viaje requiere de este tiempo mínimo medio de recorrido, por lo que consideran que este tiempo es parte integral del producto mismo, sin embargo, si el tiempo de viaje excede al óptimo, cada minuto de más que dure éste se traduce en un costo adicional para el productor, ya que no sólo significa el incremento del costo del viaje en cuestión sino que también afecta su distribución de viajes a lo largo del día, lo que supone un costo adicional derivado del ingreso perdido por los viajes no llevados a cabo.

En casos extremos, si en cada uno de los viajes que se llevan a cabo a lo largo del día el productor no se

²⁸Incluso Becker (1965) reconoce que el valor del tiempo no es constante sino variable, es decir, que el valor marginal del mismo tiene más valor conforme se acerca a un cierto límite. Sin embargo, el modelar esta situación es muy difícil, ya que existen tantas valoraciones del tiempo como personas hay en el mundo, por lo que con fines de simplificación teórica y de simplicidad matemática se utiliza un monto de valor constante que es proporcional al ingreso monetario de los individuos y las familias.

retrasa un sólo minuto, entonces obtendrá el ingreso máximo posible y no habrá ningún costo derivado del tiempo, sin embargo, si el medio de transporte utilizado se descompone durante todo el día, su costo es igual al ingreso perdido por todo el tiempo en que el mismo no se movió.

Esto mismo acontece con las familias y los individuos (aunque el valor del servicio producido se refleje como valor no monetario) ya que las actividades planeadas por las mismas a lo largo del día dependen, en gran medida, de que se cumplan las expectativas de inversión de tiempo en transporte, de tal manera que un rezago en el tiempo utilizando en transportarse afectará a una o más de las actividades que se debieran de llevar a cabo, lo que resulta en un costo por cada minuto que se sustrae de dicha actividad.

Así, cuando los productores proporcionan un servicio o cuando las familias deciden donde vivir, trabajar o donde estudiarán sus hijos, consideran al tiempo medio mínimo como una característica intrínseca de la producción del servicio de transporte y no como un costo, lo que difiere fuertemente de la concepción clásica del papel del tiempo en el transporte en donde se considera que éste *siempre* es un costo.

Un ejemplo más claro de estos hechos se presenta en las ciudades, en donde la densidad del tráfico y las condiciones de rodamiento retrasan el tiempo de viaje, de tal manera que el tiempo mínimo de recorrido es una excepción, más que una regla, lo que disminuye la proporción de viajes diarios que los productores pueden ofrecer, lo que deriva en una disminución importante de sus beneficios *vía* el incremento de sus costos variables y del tiempo.

Lo mismo ocurre para las familias que lo reflejan en la realización de un menor número de actividades, lo que afecta de manera directa su bienestar.

En estos casos, los viajes siempre presentan un costo derivado del tiempo por lo que el servicio más rentable para los productores y a su vez más deseable para las familias es aquel cuya diferencia entre los tiempos medio de recorrido y los tiempos mínimos sea menor.

Este enfoque refleja el hecho de que los usuarios de los medios de transporte tienen preferencias ordenadas de acuerdo a las desviaciones de cada medio de transporte respecto al óptimo de transporte o, en su defecto, respecto al que muestra el menor diferencial entre el real y el mínimo²⁹.

Por último, es necesario insistir en que se debe valorar la especificación propuesta por el hecho de que es posible obtener valores diferenciados del tiempo para cada tipo de productor haciendo uso de medidas de desviación del mismo por medio de transporte. Esto quiere decir, que se puede obtener el valor del tiempo

²⁹En otras palabras, el mercado cumple la condición de transitividad ordenando sus preferencias de aquellas que muestran menores magnitudes de desviación temporal respecto del óptimo a aquellas que tienen desviaciones mayores.

1.3. El papel del tiempo en las decisiones de producción y consumo de transporte

31

medio de los usuarios y de los productores de servicios de transporte, haciendo uso de estudios de "velocidades, recorridos y demoras", evitando así la utilización de encuestas, que es a lo que nos *obliga* la formulación tradicional de la microeconomía del transporte.

1.3.2. Demanda

Tal y como se indicó en la primera parte del presente capítulo es en esta área de análisis en donde se han llevado a cabo las principales aportaciones de la ciencia económica respecto a la dinámica del sistema de transporte.

Es por ello que se considera que para abordar de manera integral este tópico se debe comenzar haciendo un breve recuento de dichas aportaciones poniendo, énfasis en la evolución del concepto del tiempo y su valor hasta nuestros días.

Las principales fuentes *teóricas*, en este sentido, son Lancaster (1963), Becker (1965), Serpa (1971) y Lancaster (1971) en lo que respecta a los modelos de elección para bienes continuos y McFadden y Train (1978) en los de elección de bienes tanto continuos como discretos.

La piedra angular de los estudios de valoración de tiempo transporte así como de la formación y desarrollo del “Household Economics” (véase Tran (2005) y Ironmonger (2000)), tiene su origen en el texto pionero de Becker (1965), que basado en las aportaciones de Hicks (1932, 1939), Mincer (1962), Dean (1963), Lancaster (1963) y Owen (1964) principalmente, da un paso enorme al considerar al tiempo como un insumo que puede ser añadido dentro de la función de producción de las familias³⁰.

En dicho texto, el autor establece que las familias deben procesar los bienes adquiridos para su consumo para lo que se requiere de una cierta cantidad de tiempo que entra a la función de producción interna como insumo, adicionalmente las familias deben destinar tiempo al trabajo, el cual es la única fuente de ingreso aparte de las rentas y otros ingresos no dependientes de la ocupación. Así, la suma del uso de los tiempos proporciona el tiempo total disponible durante un periodo de tiempo determinado.

Es importante indicar que para Becker (1965) los usos del tiempo se pueden agregar en dos: en el tiempo de trabajo caracterizado por la obtención de ingreso monetario, y el tiempo de ocio, considerado como aquel en donde no se obtiene ingreso monetario a pesar de que pueda usarse para obtener algún bien de consumo interno, lo que sustenta la idea de la existencia de ingresos no monetarios al interior de las sociedades.

³⁰Es precisamente esta concepción lo que hace de este texto una de las piedras de toque que sustentan y conforman la teoría del “Household Economics”, cuyo más renombrado representante sería Ironmonger



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

De esta división del tiempo parte el autor para derivar el valor del mismo, que define como la tasa salarial por unidad de tiempo y que, por tanto, asume un valor constante en cualquier parte del segmento. El autor fundamenta esta igualdad basado en las dos razones siguientes: porque de no ser así la restricción impuesta no tendría una interpretación útil [op.cit. pp 497] y, en segundo lugar, porque es una medida útil de bienestar derivada del hecho de que el tiempo puede convertirse en bienes a través del ingreso monetario³¹ [op.cit. pp. 498].

Partiendo de este modelo, Serpa (1971) realiza un modelo en donde supone que los bienes finales no existen, al menos como Becker los concibe, si no que lo relevante son las actividades. Así, basado en su enfoque actividades supone que el tiempo dedicado a cada una de estas debe ser igual a un mínimo necesario para poder llevarla a cabo.

El autor supone, sobre esta base, que los individuos tienden a asignar un “tiempo mínimo posible” a las actividades desagradables, lo que contrasta con la asignación de más del mínimo tiempo necesario para realizar las actividades agradables, lo que denota que los individuos tienen una mayor disponibilidad a pagar por las actividades agradables que por las desagradables.

En este enfoque es claro que el valor del tiempo deja de ser constante, como lo había supuesto Becker, sin embargo esto es sólo en apariencia ya que la distribución del tiempo en las distintas actividades está fuertemente condicionado por el hecho de que ha de cumplirse que en la última unidad temporal de cada actividad, la disponibilidad a pagar por la misma ha de ser igual al de las demás³².

Adicionalmente, es importante mencionar que el autor incorpora el tiempo de trabajo como argumento en la función de utilidad, dentro del vector de bienes en donde se incluyen algunos de éstos con un precio negativo³³.

Por las mismas fechas, Lancaster (1971) desarrolla un modelo de elección basado en canastas de características (entre las que se cuenta el precio) y no en canastas de bienes dentro de un espacio dimensional manejable, con la intención de comprender la elección de las familias e individuos desde un punto de vista

³¹En esta parte, considero importante señalar que si bien es cierto que con el ingreso monetario se pueden adquirir bienes, éstos no podrían ser consumidos si no se usara tiempo de “ocio” para procesarlos. Esta es una de las diferencias entre lo que plantea Becker y lo que se propone en este texto en donde se considera que para la obtención del ingreso monetario se requiere de una combinación de uso del tiempo monetario con no monetario, lo mismo ocurre para poder consumir un bien cualquiera producido por las familias

³²Lo cual sólo tiene sentido en el marco de la teoría de la utilidad cardinal ya que en ésta el óptimo se sitúa en donde las utilidades marginales de los bienes (en este caso de las actividades) se igualan. Esto se debe a que si uno de los bienes (actividades) proporciona una mayor utilidad al consumidor que los demás, éste incrementará el consumo del mismo haciendo caer dicha utilidad y haciendo subir la de los bienes que deja de consumir o las actividades que deja de realizar hasta que las utilidades marginales de todos se igualen. Para una exposición más detallada de este tópico véase Koutsoyiannis (1997).

³³de acuerdo a la valoración del mismo por parte de los agentes.

en el que bienes similares compiten entre ellos en función de sus particularidades.

En términos de la economía del transporte, esta propuesta es útil para modelar la elección del tipo de transporte de los consumidores en función de ciertas características, entre ellas el tiempo deseado, es decir, nos permite concebir la elección de los medios de transporte como un proceso de selección dinámica de bienes con características similares pero con rasgos diferenciales importantes y no como bienes diferentes³⁴.

Esta aportación es útil, por tanto, no sólo porque permite comprender las elecciones en función de las características intrínsecas de los bienes, sino porque, permitiría, también, inferir las elecciones de dichos individuos si se añadiese un nuevo medio de transporte al sólo considerar sus características diferenciales específicas para situarlo dentro del mapa de elección obtenido.

En lo que respecta a McFadden y Train (1978), estos autores realizan una síntesis entre los modelos de elección discreta, ya conocidos desde los años treinta, y los modelos de asignación de tiempo, antes expuestos, para el período 1965-1972. Los autores suponen que los ingresos son endógenos y obtienen que el valor subjetivo del tiempo de viaje, con independencia de que el motivo sea ocio o trabajo, es igual a la tasa salarial, tal y como sostiene Becker (1965).

En general, estos autores son las principales fuentes teóricas de la microeconomía del transporte actualmente, y sus aportaciones han permanecido como la base central de los trabajos que se realizan aún hasta nuestros días.

Sin embargo, las aportaciones teóricas no han cesado y autores como Gronau (1986), Winston (1987) y Juster (1990) han desarrollado en los últimos años, modelos basados en las aportaciones de Becker pero con un enfoque de actividades más acentuado aún que el de De Serpa.

Otra aportación importante es la que elaboraron Jara-Díaz y Farah (1987) en cuyo trabajo parten del modelo de McFadden y Train (1978), ya citado, introduciendo el supuesto de que los ingresos son exógenos lo que les permite fijar el tiempo de trabajo de las familias e individuos.

Con esta modificación el valor subjetivo del tiempo de viaje ya no es igual a la tasa salarial sino a la tasa de gasto del individuo, definida como el cociente entre los ingresos y la diferencia en horas entre el tiempo total y el tiempo de trabajo (el tiempo de ocio tal y como lo definió Becker (1965)).

El mismo autor no ha cedido en su intento y ha desarrollado otro tipo de modelos teóricos cambiando algunos de los supuestos del modelo citado, proponiendo una explicación teórica para respecto a la localización

³⁴Todos son un bien similar pero con características específicas entre las que se cuenta al tiempo

del lugar de residencia respecto al lugar de trabajo de las personas (Jara-Díaz y otros, 115-128)³⁵.

La revisión elaborada resulta pertinente porque sienta las bases de la propuesta que se expondrá a continuación, revistiendo especial importancia en su formulación, los textos descritos de Becker (1965), Serpa (1971), de Lancaster (1966) y Lancaster (1971), sin olvidar otros que por su extensión y los fines del texto, no fueron mencionados, tal es el caso de Arrow y Hahn (1977) y de Beesley (1965)³⁶.

Se empieza, entonces, planteando la función de utilidad de los individuos, tal y como la describe Becker (1965) en su trabajo:

$$U(x) = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

sujeta a la siguiente restricción presupuestaria:

$$\sum_{i=1}^n p'_i x_i = W + V = M \quad (1.26)$$

En donde, x_i son los bienes comprados en el mercado, p' sus precios, W son los ingresos derivados del trabajo o las ganancias; V se refiere a otro tipo de ingresos y M , representa al total de ingresos monetarios obtenidos en un periodo de tiempo determinado.

A continuación se establece que las familias combinan tiempo y bienes de mercado para transformar los bienes de mercado con la finalidad de que puedan ser introducidos directamente dentro de su función de utilidad, lo que significa que las familias son productoras de los bienes que consumen, debido a que los bienes tal y como se encuentran en el mercado no pueden ser consumidos a menos que las familias ocupen parte de su tiempo disponible para transformarlas para uso propio.

En palabras de Becker:

One such commodity is the seeing of a play, which depends on the inputs of actors, script, theater and the playgoer's time; another is sleeping, which depends on the input of a bed, house (pills?) and time. [Becker (1965), p. 91]

Estos bienes ya procesados por las familias serán notados con z_i y su descripción tecnológica³⁷ sigue la

³⁵Los lectores interesados en profundizar en estos tópicos pueden revisar Jara-Díaz (1998, 2002) y la de Coto y otros (2003) entre otras.

³⁶He de decir que el texto citado de este último autor me llevó a afinar algunas de las ideas concebidas.

³⁷ z_i son los bienes transformados por la familia para su propio consumo usando su propio capital, su propio trabajo no remunerado en el mercado y, por lo tanto, su tiempo. De aquí esta concepción del valor que generan las familias y que no es reconocido por el mercado, lo que sustenta la base teórica de los fundamentos del "Household Economics"

siguiente pauta:

$$Z_i = \{(z_i, -x_i, -\tau_i) \in \mathbb{R}^3 : z_i \leq f(x_i, \tau_i)\} \quad (1.27a)$$

$$V(z_i) = \{(x_i, \tau_i) \in \mathbb{R}_+^2 : z_i \leq f(x_i, \tau_i)\} \quad (1.27b)$$

$$Q(z_i) = \{(x_i, \tau_i) \in \mathbb{R}_+^2 : z_i = f(x_i, \tau_i)\} \quad (1.27c)$$

$$Z_i(r_i) = \{(z_i, -x_i, -\tau_i) \in \mathbb{R}^3 : z_i \leq f(x_i, \tau_i), r_i \subset x_i\} \quad (1.27d)$$

$$T(z_i, x_i, \tau_i) = z_i - f(x_i, \tau_i) \quad (1.28)$$

Donde τ_i es un vector de insumos de tiempo utilizados para producir un bien i -ésimo y r_i es una restricción cualquiera de corto plazo y las variables restantes ya fueron definidas con antelación.

Lo que se desprende de esta especificación es que los individuos y las familias son unidades de producción y maximizadores de utilidad, al mismo tiempo. Ellos combinan tiempo y bienes de mercado mediante funciones de producción (f_i) para producir sus propios bienes (z_i) y eligen la mejor combinación de éstos para maximizar su función de utilidad.³⁸

La figura 1.2 representa esquemáticamente el modelo teórico propuesto, ahí se observan las relaciones existentes entre los bienes de mercado (x_i) y el tiempo utilizado (τ_i) en la elaboración de los productos de consumo (z_i) interno de las familias.

Entonces, el problema de maximización de la utilidad de las familias y los individuos se puede plantear de la siguiente manera:

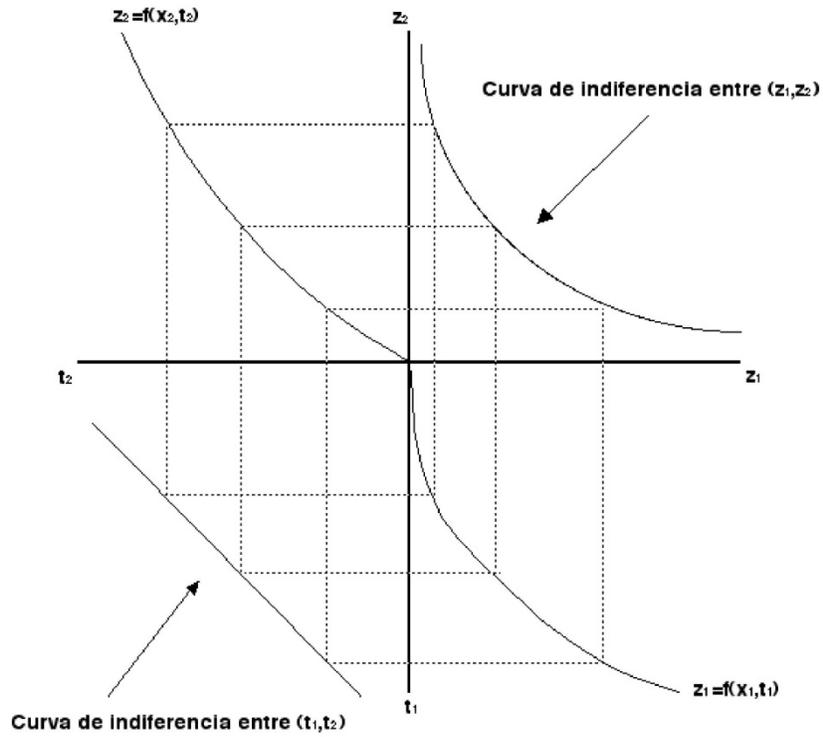
$$U \equiv U(z_1, \dots, z_n) \quad (1.29a)$$

$$\equiv U(f_1, \dots, f_n) \quad (1.29b)$$

$$\equiv U(x_1, \dots, x_n; \tau_1, \dots, \tau_n) \quad (1.29c)$$

³⁸En términos del sector transporte este planteamiento tiene mucho sentido, ya que en esta actividad, en particular, las familias y los individuos producen siempre sus viajes al momento de abordar el vehículo en el que van a transportarse, pero sobre todo cuando manejan sus propios automóviles.

Figura 1.2: Construcción de la curva de utilidad de las familias



FUENTE: Elaboración propia

Sujeto a:

$$Q(z_i) = g(z_1, \dots, z_n) \quad (1.30)$$

En donde g es una restricción presupuestaria de z_i y $Q(z_i)$ el límite superior de los recursos. Entonces, el problema consiste en maximizar la función de utilidad expresada en la ecuación (1.29c) sujetándola a dos restricciones separadas, una derivada del gasto en bienes de mercado (x_i) y la otra de la distribución del tiempo (τ_i), sujetas, ambas, a las funciones de producción derivadas del sistema de ecuaciones 1.27a a 1.28.

Entonces, la restricción derivada del gasto en bienes de mercado es:

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i = W + V = \tau_w \bar{w} + V = M \quad (1.31)$$

En donde p_i es el vector de precios de x_i , τ_w es el vector de horas gastadas en trabajar y \bar{w} es el vector de ingreso monetario por unidad de tiempo trabajado (τ_w).

Mientras que la restricción de tiempo se expresaría como:

$$T_\tau = \sum_{i=1}^n T_i = \tau_w + \tau_r + \tau_R + \tau_c \quad (1.32)$$

En donde T_τ es un vector que indica el tiempo total en un periodo determinado,³⁹ τ_w es el tiempo que un individuo dedica a trabajar, τ_r es el tiempo dedicado al transporte, τ_R es el tiempo destinado a realizar las actividades básicas requeridas para su supervivencia (comer y dormir, por ejemplo) y τ_c es el tiempo que el individuo dedica a actividades de consumo.

Hasta aquí se había seguido la formulación tradicional de Becker, pero con esta última ecuación nos separamos de su planteamiento debido a que esta última cambia su concepción de la distribución del tiempo, ya que en su texto original el autor sólo diferencía entre tiempo de trabajo y tiempo de ocio, refiriéndose con esta última variable a todo el tiempo que no se dedica al trabajo.

Este nuevo planteamiento elimina la concepción de que lo único que tiene valor es el tiempo de trabajo y que, por lo tanto, cualquier actividad que se realice fuera del mismo es indiferente para las personas ya que no aporta valor.

El reconocimiento de las distintas naturalezas de la distribución del tiempo de las personas obliga a hacer

³⁹Si es un día el valor sería igual a 24 horas o a 1440 minutos, dependiendo de la unidad de medida. Si el periodo de estudio es un mes, entonces T_τ puede ser igual a 30 días o a 720 días o a 43200 minutos. Entonces el valor de T_τ depende tanto del periodo del estudio así como de la unidad de medida considerada

explícito el hecho de que la distribución de las actividades de los individuos es muy relevante para la obtención de sus ingresos y, por lo tanto, no es carente de valor, si no que es una proporción del mismo.

La complejidad del planteamiento y la importancia de resolverlo induce a enfrentar el problema de que, aunque se está restringiendo el comportamiento de la distribución del tiempo de las personas, no se hace explícito la forma en que éstas lo asignan.

Para ello habría que establecer que la naturaleza de las actividades condiciona el tiempo y la forma en la que lo valoran los individuos, tal y como lo expresan las siguientes afirmaciones:

- **El tiempo total dedicado al trabajo** no es fijo, de tal manera que existe un mínimo de trabajo diario derivado del horario o, en su defecto, de la naturaleza del trabajo (ventas, conducción, investigación, etc) al que denominaremos τ_{wmin} y un tiempo de trabajo máximo condicionado por la dificultad del trabajo o por las condiciones físicas del individuo, al que llamaremos τ_{wmax} ⁴⁰. Por lo tanto:

$$\tau_w = \tau_{wmin} + \overline{\tau}_w; \quad \tau_w \geq 0 \quad (1.33)$$

En donde:

$$\overline{\tau}_w = \tau_{wmax} - \tau_{wmin} \quad (1.34)$$

y por lo tanto, $\overline{\tau}_w$ será una medida del tiempo extra trabajado por un individuo o, si es negativo, de la insuficiencia del mismo.

- **El tiempo total dedicado al transporte**, el cuál será definido de manera muy similar al de la función de costos. En este sentido, el tiempo de transporte de un individuo será igual al tiempo mínimo físico necesario para transportarse de un lugar a otro $\tau_{\tau min}$ más la diferencia de éste y el tiempo máximo de transporte τ_{μ} , que es la media de los tiempos efectivos realizados por el individuo cuando viaja de un lugar a otro. De tal manera que su definición es prácticamente igual a la anterior:

$$\tau_\tau = \tau_{\tau min} + \overline{\tau}_\tau; \quad \tau_\tau \geq 0 \quad (1.35)$$

En donde:

$$\overline{\tau}_\tau = \tau_{\mu} - \tau_{\tau min} \quad (1.36)$$

⁴⁰Este puede verse, también como una dotación fija intrínseca de los agentes (Véase Arrow y Hahn (1977))

De tal manera que $\overline{\tau_r}$ medirá las desviaciones del tiempo óptimo de transporte.

- **El tiempo total dedicado al consumo**, (τ_c), en este caso, como para el caso del **El tiempo dedicado a la “reposición” física**, (τ_R), no existe un patrón que nos permita entender cuál el mínimo o máximo. De hecho, sobre todo en el segundo caso, se puede encontrar un mínimo físico, pero no existe un máximo definido que nos permita obtener alguna variable de medida de desviación como en los dos casos anteriores.

Entonces, dadas estas nuevas condiciones, podemos reescribir la ecuación (1.32) de la siguiente manera:

$$T_\tau = (\tau_{w_{min}} + \overline{\tau_w}) + (\tau_{\tau_{min}} + \overline{\tau_r}) + \tau_R + \tau_c \quad (1.37)$$

Lo que dada la naturaleza de las actividades, según lo antes descrito:

$$T_\tau = (\tau_{w_{min}} + \overline{\tau_w}) + (\tau_{\tau_{min}} + \overline{\tau_r}) + \eta \quad (1.38)$$

En este punto es necesario poner de manifiesto, una vez más, la diferencia de esta propuesta respecto a la de Becker, ya que en este enfoque se consideran las desviaciones de tiempo como parte integral de la restricción y, por tanto, de la elección, a diferencia del enfoque de Becker en el que el tiempo sólo se divide en dos, trabajo y ocio, y todo aquel tiempo que no se destine al trabajo debe ser entendido como un costo.

En esta nueva formulación η es un vector de ajuste que permite que el tiempo se mueva tal y como se muestra en el tercer cuadrante de la Figura 1.2. En éste se observa que la forma en la que se distribuye el tiempo de las actividades como insumo de la producción de bienes añadidos a la función de utilidad es sustitutiva, lo que explica su pendiente.

Entonces, lo que indica la ecuación 1.38 es que dado cierto número de actividades de distinta naturaleza, los individuos distribuyen el tiempo dejando al consumo y al descanso como un residual que se compensa entre ellos mismos⁴¹.

Esto es, las personas para sobrevivir requieren un tiempo mínimo de trabajo, éste puede aumentar o disminuir según sus circunstancias pero, usualmente, las personas están sujetas a un horario estricto de trabajo o

⁴¹¿En dónde se realiza este ajuste?, pues en el consumo o en las horas destinadas a la reposición ya que las actividades laborales, a no ser por las horas extras, presentan también cierta rigidez. Por lo tanto, los tiempos de ocio y de reposición son comúnmente utilizados como variable de ajuste por los individuos y, por ello, se especifican como residual. Es más, para poder llevar a cabo este ajuste hay personas que no comen o que se quitan horas de sueño y también hay individuos que retrasan sus compras. De hecho, algunos dueños de empresa adinerados suelen usar cosas viejas no porque no les alcance para reponerlas, sino porque no les da tiempo de ir a comprarlas al mercado



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

en su defecto, a un cierto número mínimo de actividades.⁴² También requieren llegar a hacer sus actividades, para ello necesitan transportarse y, tal y como se vio en el apartado de costos, hay un tiempo físico mínimo en condiciones óptimas⁴³.

Pero, aunque esta ecuación nos permite visualizar los ajustes temporales llevados a cabo por los individuos en un periodo de tiempo determinado todavía no nos permite deducir de qué manera lo valoran.

El problema fundamental es que estos elementos tornan el problema de maximización de la utilidad de los individuos en algo muy complejo debido a que, en primer lugar, tenemos dos restricciones y, en segundo, a que la restricción de tiempo no tiene una representación monetaria específica.

Para sortear estas dificultades debemos hacer algunos supuestos adicionales que nos permitan reducir las restricciones a una sola y comprender, al mismo tiempo, cómo valoran el tiempo los individuos y las familias.

- En primer lugar, debemos considerar que, tal y como se indicó arriba, es un error suponer que el ingreso monetario sólo depende del tiempo que un individuo dedica al trabajo, ya que para poderlo llevar a cabo requiere de un tiempo mínimo para realizar cada una de las actividades.

Esto es, el ingreso de un individuo depende de el tiempo dedicado al trabajo (τ_w , tal y como se definió anteriormente), de un tiempo de reposición mínimo que aunque lo desconozcamos debe existir y, en determinado momento lo podríamos obtener a partir del mínimo recomendado por los médicos, de un tiempo mínimo de consumo, el cual es necesario para trabajar⁴⁴, y, por último, del tiempo mínimo de transporte para llevar a cabo todas estas actividades (τ_{min})

En este contexto, el ingreso monetario depende de todas estas actividades “mínimas” lo cual nos lleva redefinir la ecuación 1.31, de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i = W + V = T_w \bar{W} + V \quad (1.39)$$

En donde:

⁴² Aún, los empresarios deben ir a juntas, a reuniones, a firma de acuerdos, etc, ya que a pesar de la flexibilidad inherente de algunas actividades, todas deben ocupar un cierto número mínimo de horas.

⁴³ Creer que los individuos no consideran este elemento a la hora de elegir su lugar de residencia o de trabajo es un error tremendo. De hecho, hay situaciones en las que el ingreso ofrecido en cierto empleo no compensa el tiempo mínimo de recorrido utilizado y, por ello, los agentes lo rechazan.

⁴⁴ Suponer que el tiempo que las personas dedican a comer entre sus horarios de trabajo es puramente hedónico sería una mentira, ya que en gran medida sus elecciones dependen de la hora a la que hay que volver y de la restricción presupuestaria con que se cuenta. En realidad comen porque lo requieren para tener un óptimo rendimiento en las horas subsecuentes de trabajo. De igual manera requieren ir al supermercado y adquirir los bienes para subsistir y poder laborar. Las compras de ropa también se encuentran determinadas, en gran medida, por el tipo de trabajo que realizan los individuos. No debemos olvidar que una parte del consumo de los individuos está determinado por sus necesidades laborales

$$T_W = (\tau_{w_{\min}} + \overline{\tau_w}) + \tau_{\tau_{\min}} + \tau_{R_{\min}} + \tau_{c_{\min}} \quad (1.40)$$

y

$$\overline{W} = \frac{W}{(\tau_{w_{\min}} + \overline{\tau_w}) + \tau_{\tau_{\min}} + \tau_{R_{\min}} + \tau_{c_{\min}}} = \frac{W}{T_W} \quad (1.41)$$

En esta nueva formulación, W es el total del ingreso monetario obtenido en un periodo de tiempo determinado. Entonces, en contraposición con la idea tradicional de que el total de ingreso depende sólo del tiempo de trabajo, en esta formulación, el ingreso monetario de un individuo depende del tiempo de trabajo y de todas las demás actividades complementarias que lleva a cabo para obtenerlo (T_W), ya que sin éstas, sería imposible llevarlo a buen término, por lo que no considerarlas conlleva a una mala especificación del modelo debido a la sobrevaloración de este tiempo de trabajo. Esto confirma lo que se indicó anteriormente, de que cuando un individuo decide dedicarse a una determinada actividad laboral considera todos estos tiempos mínimos como parte de su elección, y esto es lo que se refleja en esta expresión.

- Dadas estas observaciones, podemos reexpresar la restricción temporal, planteada en la ecuación 1.37 de la siguiente manera:

$$T_T = ((\tau_{w_{\min}} + \overline{\tau_w}) + \tau_{\tau_{\min}} + \tau_{R_{\min}} + \tau_{c_{\min}}) + \overline{\tau_r} + \overline{\tau_R} + \overline{\tau_c} \quad (1.42)$$

Y de aquí se deducen formulaciones similares a las del tiempo de trabajo y de transporte, como se definen en las ecuaciones 1.33 a 1.36, para el tiempo de consumo y el de reposición. Esto es:

$$\tau_c = \tau_{c_{\min}} + \overline{\tau_c}; \quad \tau_c \geq 0 \quad (1.43)$$

En donde:

$$\overline{\tau_c} = \tau_{c_{\max}} - \tau_{c_{\min}} \quad (1.44)$$

y

$$\tau_R = \tau_{R_{min}} + \overline{\tau_R}; \quad \tau_R \geq 0 \quad (1.45)$$

En donde:

$$\overline{\tau_R} = \tau_{R_{max}} - \tau_{R_{min}} \quad (1.46)$$

La diferencia entre estas formulaciones y las elaboradas para el trabajo y el transporte es que la manera como se definiría el tiempo mínimo de cada una de estas actividades es, hasta cierto punto arbitraria, de tal manera, que el tiempo mínimo de reposición puede entenderse como el tiempo mínimo de sueño diario recomendado por los médicos, por ejemplo; o el de consumo como el tiempo mínimo para comprar ropa para el trabajo o el tiempo de comida contemplado dentro del horario laboral.

Por ello, la única manera de aproximarnos a estas variables para un estudio empírico es mediante encuestas que nos permitan obtener una media de comportamiento individual, ya que, cada persona tiene distintas necesidades físicas y de consumo.

Por lo tanto, para evitar este problema lo óptimo sería agregar las diferencias entre los máximos y los mínimos de ambas variables, obteniendo su valor como un residual del tiempo, de tal manera, que la ecuación antes descrita puede escribirse como una variación de la ecuación 1.38, haciendo uso de la formulación 1.42, Con lo que obtenemos esta nueva ecuación que se presenta a continuación:

$$T_\tau = ((\tau_{w_{min}} + \overline{\tau_w}) + \tau_{\tau_{min}} + \tau_{R_{min}} + \tau_{c_{min}}) + \overline{\tau_\tau} + \eta \quad (1.47)$$

Que incluye η que se define como una matriz de errores en donde se encuentra el diferencial de tiempo en el que se excede el mínimo de tiempo requerido para llevar a cabo el trabajo. Es el tiempo exclusivo dedicado a realizar actividades de reposición y de consumo. De alguna manera, es el tiempo neto de actividades de ocio, por ejemplo, si un individuo duerme catorce horas (y hay casos) en vez de ocho, esas seis horas extras son de ocio y no de reposición, por otro lado, si esta misma persona tarda en una comida cuatro horas, esas tres horas adicionales dedicadas a la sobremesa son de ocio, definitivamente.

- Por último, deberemos acotar el valor de un día en función del ingreso potencial obtenido de realizar todas las actividades con la finalidad de maximizar el tiempo de trabajo. Esto es, el valor potencial de un día es igual al conjunto mínimo de actividades requeridas para maximizar el ingreso monetario del

mismo. En las formulaciones tradicionales (Becker (1965), Serpa (1971)) se considera que el valor del día es igual al salario por hora de trabajo multiplicado por el total de horas del día (24), sin embargo, en esos enfoques se olvida que el ingreso obtenido del trabajo depende de muchas otras actividades, las cuáles son claramente subestimadas en los mismos.

Es imposible que una persona trabaje 24 horas diarias, sin embargo, sí es factible que los agentes ajusten su tiempo físico para maximizar el tiempo dedicado al trabajo, lo que implica la realización mínima de ciertas de actividades de reposición, consumo y transporte, por lo que el enfoque aquí adoptado se considera mucho más adecuado que el de la microeconomía convencional.

Entonces, el valor potencial de un día, de acuerdo a este enfoque, se obtiene conjuntando las ecuaciones 1.41 y 1.47, de tal manera que éste pueda definirse de la siguiente forma:

$$T_{yr}^* = \bar{w}((\tau_{w_{min}} + \bar{\tau}_w) + \tau_{\tau_{min}} + \tau_{R_{min}} + \tau_{c_{min}}) + \phi \bar{\tau}_r + \gamma \eta \quad (1.48)$$

En donde:

$$\bar{\tau}_r = 0$$

$$\eta = 0$$

Otra forma de escribir esta ecuación es, usando 1.40, y por lo tanto el valor potencial de un día es, de acuerdo a lo aquí expuesto:

$$T_{yr}^* = \bar{w} T_W^* \quad (1.49)$$

En donde el asterisco nos indicará que todas las actividades dirigidas al ingreso agotan el tiempo total disponible del individuo.

Sin embargo, si el individuo decide tener cierto tiempo de ocio, eso disminuye su ingreso monetario, pero no la valoración potencial del día de tal manera que la relación entre el valor potencial del día y la del ingreso monetario observado se debe expresar como sigue⁴⁵:

⁴⁵Es importante considerar que hay una proporción de la población ocupada en empleos con horario fijo en donde no existe elección

$$T_{\nu\tau}^* = \bar{w}((\tau_{w_{min}} + \bar{\tau}_w) + \tau_{\tau_{min}} + \tau_{R_{min}} + \tau_{c_{min}}) + \phi\bar{\tau}_\tau + \gamma\eta \quad (1.50)$$

En donde:

$$T_\tau \geq \bar{\tau}_\tau \geq 0$$

$$T_\tau \geq \eta \geq 0$$

y

$$\gamma \geq 0$$

$$\phi \geq 0$$

De tal manera que:

$$T_{\nu\tau}^* = \bar{w}T_W + \phi\bar{\tau}_\tau + \gamma\eta \quad (1.51)$$

Sujeta a las restricciones antes dichas.

Y dado que:

$$\bar{w}T_W < \bar{w}T_W^*$$

Entonces:

$$\bar{w}T_W^* - \bar{w}T_W > 0$$

y

del tiempo de trabajo, en este caso $\bar{\tau}_w$ será igual a cero.

$$\overline{wT}_W^* - \overline{wT}_W = \phi \overline{\tau}_\tau + \gamma \eta$$

De tal manera que:

$$\overline{wT}_W = \overline{wT}_W^* - \phi \overline{\tau}_\tau - \gamma \eta \quad (1.52)$$

Lo que implica que el valor de cualquier actividad no dirigida a la maximización del ingreso de un día (en otras, palabras, cualquier desviación temporal del óptimo o del mínimo de tiempo requerido) tiene una expresión monetaria determinada, ya sea por ϕ si se refiere al transporte o a γ si se refiere al ocio.

Esto es un indicio de que dicha valoración bien puede ser un costo de oportunidad, como es el caso de algunas actividades que se presentan fuera de la gama de elecciones del individuo, por ejemplo, un incremento del tiempo de transporte como resultado de un congestionamiento.

Este método puede servir también como una forma de valorizar una actividad cuando es una elección individual no dirigida a la maximización del ingreso monetario, tal es el caso del tiempo de la sobremesa.

Entonces, sustituyendo la expresión 1.52 en la 1.39, obtenemos la restricción del mercado de bienes, en función del valor del tiempo y de las decisiones de su distribución, esto es:

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i = W + V = \overline{wT}_W^* - \phi \overline{\tau}_\tau - \gamma \eta + V \quad (1.53)$$

En donde, la restricción del mercado de bienes x_i iguala a la distribución del tiempo de los agentes y al valor de los mismos y, dado que, los bienes añadidos en la función de utilidad de las familias e individuos (z_i) son una combinación de éstos bienes de mercado y del tiempo requerido para consumirlos, tal y como se indica en el sistema explicado por las ecuaciones 1.29 a 1.33, es, entonces, una caracterización indirecta de la función de utilidad óptima de las familias.

Esto implica que a cada elección óptima de x_i sujeta a una determinada restricción presupuestaria derivada del valor del tiempo, le corresponde un τ_i determinado que permite la obtención de la combinación óptima de los bienes z_i que se añaden a la función de utilidad del individuo⁴⁶.

⁴⁶Es absurdo pensar que una persona va a comprar boletos de cine y no va a ir a la función o que va a transportarse instantáneamente de un lugar a otro.

La formulación obtenida contrasta con las tradicionales de la elección del tiempo, ya que éstas últimas consideran que la $\sum_{i=1}^n p_i x_i$ sólo corresponde al consumo, sin embargo, en esta formulación el tiempo dedicado al trabajo, también se encuentra determinado por este gasto.

Para realizar su trabajo, el individuo debe transportarse de ida y vuelta, lo que implica elegir y gastar en un medio de transporte, debe comer, lo que significa gastar en alimento y debe ir vestido apropiadamente, lo que se traduce en la compra de ropa, por lo que generar su ingreso también implica un gasto.

Entonces, al obtener la combinación óptima de x_i en función de la restricción estipulada se estará obteniendo z_i óptima de manera conjunta.

Por tanto, la expresión anterior puede ser reexpresada de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^n p_i f(z_i, \tau_i) = \bar{w} T_W^* - \phi \bar{\tau}_\tau - \gamma \eta + V \tag{1.54}$$

Que es la forma explícita de la restricción presupuestaria que nos permitirá optimizar la función de utilidad de z_i .

Como ejemplo, si el tiempo y los bienes de mercado se relacionaran como una Cobb-Douglas para producir z_i , la restricción se expresaría como:

$$\sum_{i=1}^n p_i \sqrt[n]{\frac{z_i}{A \tau_i^{1-\alpha}}} = \bar{w} T_W^* - \phi \bar{\tau}_\tau - \gamma \eta + V$$

Con esto, el problema de optimización completa se expresaría como:

$$U \equiv U(z_1, \dots, z_n) \tag{1.55}$$

$$\equiv U(f_1 \dots f_n) \tag{1.56}$$

$$\equiv U(x_1 \dots x_n; \tau_1 \dots \tau_n) \tag{1.57}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n p_i f(z_i, \tau_i) \leq \bar{w} T_W^* - \phi \bar{\tau}_\tau - \gamma \eta + V \tag{1.58}$$

ó a:

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq \bar{w} T_W^* - \phi \bar{\tau}_\tau - \gamma \eta + V \tag{1.59}$$

Esta manera de formular el problema presenta la ventaja de que se resuelve con facilidad por lo que obtener las elasticidades y la curva de demanda no debiera ser ningún problema.

Además esta propuesta nos permite entender como se interrelaciona la estructura de tiempo con el bienestar de los individuos en una sociedad, de tal manera que si se incrementa el tiempo en la brecha de transporte, esto se traduce en una disminución ya sea del tiempo de trabajo y por ende del ingreso o, en su defecto, del tiempo de ocio y de reposición. En el primer caso, el cambio se refleja en el bienestar económico del individuo, mientras que en el segundo, el ingreso puede mantenerse fijo pero a costa de hacer caer el tiempo dedicado al ocio y a la reposición, en concreto, menos horas de sueño o no comer, al menos ese día, para reponer el tiempo perdido por el congestionamiento. La forma en que se resuelva este dilema es una decisión personal del individuo, el cuál decidirá sobre la mejor manera de resolver el problema en función de sus costos de oportunidad.

En última instancia, los parámetros ϕ y τ son medidas del costo de oportunidad de las desviaciones del tiempo, de acuerdo a elección óptima hecha por cada individuo.

La diferencia fundamental entre esta especificación y la tradicional, expuesta inicialmente por Becker, es que en ésta los costos de oportunidad sólo recaen en las desviaciones de los tiempos considerados por los individuos, mientras que en la clásica todo lo que no sea trabajo es costo de oportunidad.

Es importante hacer notar que, dada la restricción del tiempo y del valor potencial del mismo, las variables temporales siempre se mueven para compensar el efecto de la otra.

En el caso del ejemplo, si el gasto se mantiene igual, eso implica que el individuo compensó el incremento de $\bar{\tau}_T$ con una disminución de su bienestar físico y de esparcimiento (caída de η). Por otro lado, si, en su defecto, hubo una caída en $\bar{w}T_W$ la implicación es que el individuo compensó el incremento de tiempo de transportación con una disminución del tiempo de trabajo, lo que se tradujo en una caída proporcional del ingreso y, por ende del consumo, lo que afectó su bienestar.

Ahora bien, si lo que cambia es el salario real por hora, entonces hay un incremento generalizado del bienestar porque permite que el individuo acceda a más bienes, sin embargo, el valor asignado al tiempo de transporte también se incrementa, lo que significa que el individuo valorará más el tiempo excedente de transporte, acrecentando su interés por hacerlo caer.

El ocio y el descanso también incrementarán su peso relativo de modo que conforme mayor sea el ingreso de las personas, mayor será el incentivo para reducir este tiempo ya que conforme más se valora el tiempo mayor es el costo de oportunidad del descanso y del ocio. Este enfoque desmiente el ejemplo, ya clásico en

la microeconomía, del trabajo como bien Giffen.

Por último, si observamos con atención, podemos darnos cuenta de que esta es una formulación alternativa del precio generalizado ya que, si reordenamos los elementos de la ecuación 1.59 se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i + \phi \bar{\tau}_\tau + \gamma \eta \leq \bar{w} T_W^* + V \quad (1.60)$$

De tal manera que:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n p_i x_i}_p + \underbrace{\phi \bar{\tau}_\tau}_{\phi \tau} + \gamma \eta = \bar{w} T_W^* \quad (1.61)$$

Entonces, el valor potencial de un día, debe igualar al precio de los bienes de mercado más el valor de las desviaciones del tiempo de transporte y el valor del tiempo en otras actividades.

1.4. Oferta, demanda e infraestructura: En la búsqueda del equilibrio del sistema de transporte.

Con estos elementos en nuestro haber podemos ya construir las curvas de oferta y demanda correspondientes a cada x_i consumida por las familias y producida por los productores⁴⁷.

Así, la curva de oferta se deduce de la estructura tecnológica de producción y de los costos relativos de los factores, mientras que la curva de demanda se deriva haciendo uso de las curvas de indiferencia de los individuos y de su restricción presupuestaria.

El punto de intersección entre ambas curvas es el punto de equilibrio del mercado del bien x_i , en donde la cantidad ofertada coincide con la demandada a un nivel común de precios.

La figura 1.3 muestra cómo se deducen ambas curvas y de qué manera se relacionan para establecer el punto de equilibrio del mercado para el bien x_i .

La curva de oferta se construye considerando al tiempo como un factor de producción que se agrega separadamente a los restantes factores para obtener el bien en cuestión, de acuerdo a lo establecido en las ecuaciones (1.4) a (1.8).

⁴⁷Esto se debe a que estamos analizando el mercado de servicios de transporte, en donde los consumidores deben decidir si se suben a un microbús o a un taxi (cualquiera de estas opciones es x_i), por ejemplo o si toman su propio coche (z_i).



Universidad Nacional
Autónoma de México



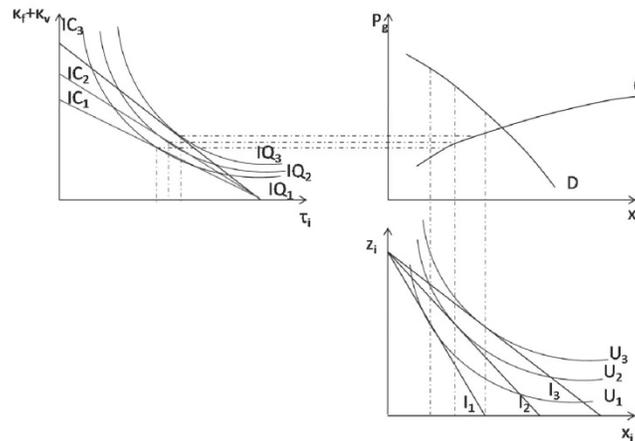
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Figura 1.3: Dedución de las curvas de oferta y demanda de x_i y su equilibrio



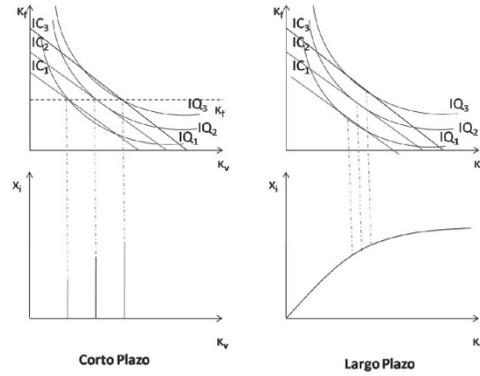
La curva de demanda se deduce considerando que el consumidor debe elegir entre dos bienes posibles, uno de manufactura interna (z_i) y otro externo (x_i), que se relacionan mediante una tasa marginal de sustitución variable.

En este punto es conveniente recordar, de acuerdo a lo hasta aquí planteado, que x_i es un insumo usado por las familias para elaborar sus propios productos de tal manera que éste todavía deberá ser transformado por éstas para ser consumido, mientras que z_i se utiliza para notar un bien que ya ha sido transformado internamente para uso.

Por ejemplo, un viaje de cierta distancia en taxi puede ser sustituido por un viaje en automóvil en el mismo tramo, sin embargo, el primero se elabora en el mercado mientras que el segundo es producido al interior del núcleo familiar. Ambos requieren además, insumos fijos y variables similares, pero difieren en el tiempo de producción (si se considera que hay que caminar en el primer caso hasta la calle para tomarlo, por ejemplo) y en sus características hedónicas (seguridad, limpieza, uso del tiempo, etc.)

De esa manera, el esquema 1.3 muestra la forma en que se interrelacionan los bienes producidos en el mercado con los de producción interna de acuerdo a las preferencias de las familias y a las restricciones técnicas de producción.

Figura 1.4: La función de producción con factores variables y fijos en el corto y largo plazos



Sin embargo, debido a su naturaleza, el sistema de transporte es algo más complicado y va más allá de lo que este esquema simplificado muestra, lo que requiere que se analice con más detenimiento su comportamiento en el corto y el largo plazo.

Para ello, se hará uso de lo planteado en los apartados anteriores en donde se definieron las formas funcionales específicas que dan origen a las distintas funciones de oferta y demanda del mercado de acuerdo al horizonte temporal tratado.

Así, de acuerdo a lo estipulado en las ecuaciones 1.3 y 1.4 del presente texto, las restricciones de corto plazo en la producción de servicios de transporte se derivan de las rigideces inherentes a la infraestructura de transporte, (las cuáles, además, no dependen de las decisiones de inversión de los mismos), supuesto que se relaja cuando se observa el comportamiento del sector en el largo plazo. Adicionalmente, encontramos que ambas especificaciones consideran al tiempo como un factor de producción con un valor monetario implícito.

La figura 1.4 muestra la dinámica de corto y largo plazos de la función de producción de un servicio de transporte x_i considerando, solamente, los factores variables y los constantes.

Lo que se observa es que en el corto plazo, dada la restricción impuesta por el capital fijo (infraestructura) los agentes deben elegir cantidades de insumos que *no son óptimas*, ya que los agentes no pueden llevar su Tasa Marginal de Sustitución a términos de igualdad con la razón de precios de los mismos.

Además, tal y como se observa en la parte inferior izquierda del esquema, la función de producción no es

continua en el corto plazo, lo que se debe a que en este horizonte temporal, los productores de servicios sólo pueden añadir insumos discretos para incrementar su producción.

En efecto, los productores sólo pueden incrementar su capital variable añadiendo unidades con capacidades fijas, un avión para x pasajeros, un autobús para y personas o un tractocamión para z toneladas. De igual manera se añaden pilotos, choferes o cargadores en cantidades discretas y nunca continuas.

Esto contrasta con el comportamiento observado en el largo plazo, en donde tanto la cantidad de infraestructura como las unidades de capital variable se pueden considerar continuas, por lo es muy posible que los niveles de producción elegidos se encuentren en puntos de solución óptimos (Véase figura 1.4).

Pero estos elementos no son los únicos que difieren en el largo plazo respecto al corto, ya que el tiempo como factor presenta comportamientos sustancialmente diferentes a los que se presentan entre ambos horizontes y, en particular, en el largo plazo difiere del que tienen los insumos restantes.

La figura 1.5 muestra el comportamiento del tiempo como factor de producción en el corto plazo. se observa que esta variable guarda una relación del tipo Leontieff con las otras, en respuesta a las restricciones del capital fijo. En efecto, cuando la infraestructura se encuentra dada, cada unidad de producto obtenida se sujeta fuertemente a dicha restricción de tal manera que la producción de un viaje de ciertas características se genera en proporciones temporales, prácticamente fijas.

En el esquema en cuestión se dibuja de manera extrema esta situación con la intención de ilustrar el comportamiento de la función de producción de viajes considerando al tiempo como factor. Esto implica que, en términos reales, debe existir cierto margen de tiempo por unidad de producto elaborada, sin embargo, esta desviación, en general, debe ser pequeña y por ende, ser muy cercana a la media, lo que nos permite dibujar de esta manera la isocuanta correspondiente.

De aquí se deduce que, en el corto plazo, la infraestructura y el tiempo de transporte son, hasta cierto punto complementos perfectos. Esta afirmación muestra qué tan importantes son las restricciones derivadas de la infraestructura en el corto plazo.

Así, cuando las familias deciden producir un viaje de ciertas características hacen un cálculo de tiempo basado en la distancia, en las condiciones imperantes del tráfico (que es función de la infraestructura existente y del momento en el que se va a llevar a cabo) y en el costo para cada medio de transporte que puedan usar como insumo (automóvil particular, taxi, autobús, etc.). Con esos datos en mente deciden como van a llevar a cabo el viaje planeado.

Lo que es importante resaltar aquí es que a cada medio de transporte competitivo le corresponde una rela-

ción única de tiempo, que es un tiempo medio estimado por las familias para tomar su decisión. Este tiempo, es utilizado como un estimador característico del viaje, no es un dato aleatorio, sino que está fuertemente fundamentado en la experiencia diaria de los agentes, lo que corrobora la relación complementaria casi perfecta entre tiempo e infraestructura.

Adicionalmente se debe indicar que, al igual que en el caso de los factores variables, en el corto plazo la mayor parte de las soluciones son subóptimas, pero, dada la relación tiempo-capital fijo, la restricción, para este caso, opera de manera mucho más fuerte. De hecho las soluciones a la izquierda del punto de saturación (entendido como el máximo uso de la infraestructura, por lo que puede ser traducido como un punto óptimo de utilización de corto plazo) muestran variaciones en el producto prácticamente nulas, mientras que las soluciones hacia la izquierda de dicho punto, son inalcanzables, lo que es un indicio de que, dada una cierta cantidad de infraestructura, es imposible expandirse más allá de sus límites ya que no existe sustitución posible entre ésta y el tiempo.

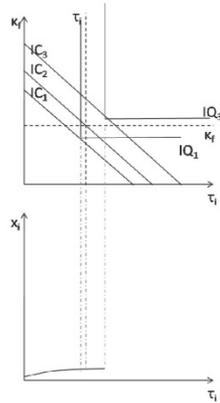
Cuando una familia decide establecerse en cierto lugar calcula los tiempos de viaje para realizar sus actividades y, posteriormente los ajusta de acuerdo a la experiencia, hasta un punto tal en que sabe, en la mayoría de los casos, el tiempo medio correspondiente a cada viaje realizado o que desea realizar. Es como en el clásico ejemplo del pastel, en donde el cocinero sabe cuánta harina necesita por pastel y no se puede sustituir por azúcar.

Ahora bien, en el esquema 1.6 se muestra el comportamiento del tiempo como factor en el largo plazo.

Se observa que a medida que se incrementa la cantidad de tiempo utilizado en la producción, el producto disminuye, lo que es consistente con lo establecido en la ecuación (1.53) y en el sistema que va de la ecuación (1.55) a la (1.59), en el apartado anterior.

De tal manera que cuando se elabora un producto cualquiera y se le añaden más insumos, podemos, entonces, hacer una mayor cantidad de producto, ya sea en cantidades proporcionales a los insumos añadidos o menos que proporcionales e, incluso, más que proporcionales. Sin embargo, en la medida en que se le añade tiempo al producto, en esa medida se reduce la cantidad de productos que se pueden obtener. Por ejemplo, si un empresario produce viajes de un punto x a uno y que tardan, en promedio, una hora, en un día podrá producir 24 viajes, sin embargo, si a cada viaje el empresario le añade una hora sólo podrá realizar 12 en un día, ¡la mitad de los que podía hacer!. De igual manera que en el caso de los otros insumos esta disminución puede ser proporcional o menos que proporcional o más que proporcional, eso depende de la tasa marginal de sustitución de los insumos con respecto al tiempo para el producto en cuestión.

Figura 1.5: La función de producción considerando al tiempo y con factores fijos. Corto Plazo



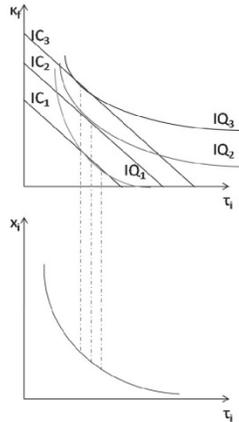
Este resultado es radicalmente diferente al de la microeconomía del transporte tradicional y la diferencia no es trivial ya que mientras en el enfoque tradicional el tiempo se considera un insumo como cualquier otro cuya utilización depende solamente de su precio relativo (valor asignado) con respecto a los otros insumos, en el que aquí se presenta se plantea como un insumo sujeto a una restricción de uso con un precio expresado en forma de costo de oportunidad. (Véase ecuación (1.53)).

Ahora bien, mientras el enfoque económico tradicional concluye que sólo el tiempo de trabajo incrementa el bienestar de las familias por el binomio tiempo=bienes, en el enfoque aquí presentado se matiza este resultado y se señala que el tiempo es una restricción y que su ahorro sólo tiene sentido en un contexto de acrecentamiento del bienestar de los individuos sea cual sea la definición personal de éste, lo que implica que no sólo el tiempo dedicado estrictamente al trabajo incrementa el bienestar familiar.

Las implicaciones de que la función de producción de largo plazo, sujeta a los insumos tradicionales, sea creciente y de que la que se encuentra sujeta al tiempo sea decreciente corrobora la validez de este nuevo planteamiento.

Estos comportamientos, tomados de manera conjunta, indican que una vez formulada la ecuación completa que describe las restricciones tecnológicas correspondientes, puede llevarnos a establecer un sistema que carece de soluciones únicas.

Figura 1.6: La función de producción considerando al tiempo y con factores fijos. Largo Plazo



De hecho lo más probable es que una vez planteado el sistema completo, isocuantas e isocostos, no existan mínimos globales, aunque, existirán, al menos 2 mínimos locales:

- Uno que minimice el tiempo más no los costos.
- Otro que minimice los costos más no el tiempo.

Es importante señalar que en caso de que exista un mínimo global éste se caracterizará por ser una solución que minimiza tanto los costos como el tiempo.

Las soluciones posibles del sistema planteado son consistentes con lo que se ha encontrado empíricamente, tal y como lo muestra, en su trabajo, Beesley (1965) que presenta un trabajo empírico, llevado a cabo en Gran Bretaña, que muestra que las elecciones de transporte de los individuos están divididas en tres conjuntos básicos:

1. Las personas que minimizan el costo y el tiempo conjuntamente y que son la mayoría de los casos que él encontró;
2. Las personas que minimizan el tiempo a pesar de que este esfuerzo incrementa sus costos. En el estudio se muestra que la mayor parte de éstas son mujeres que están casadas y que reciben ingresos más o

menos elevados, lo que las lleva a valorar más el tiempo dedicado a sus actividades como amas de casa o en el trabajo por encima del costo que implica desplazarse de manera más rápida.

3. Las personas que minimizan sus costos a costa de un incremento en su tiempo de transporte. El autor encuentra que estos son individuos de bajos ingresos, que por lo general, no se preocupan demasiado por llegar tarde ya que como ganan poco valoran en relativamente menor medida que los demás su trabajo y, por ende, no están dispuestos a sacrificar una parte de sus ingresos para llegar a tiempo.

A pesar de que el estudio de M. E. Beesley data de la década de los sesenta, sus aportaciones aún son vigentes y su metodología es simple e intuitiva, por lo que llama la atención que este trabajo haya sido, prácticamente, ignorado durante tanto tiempo.

Ahora bien, aunque las isocuantas se comporten de ésta manera, la oferta agregada total de servicios de transporte presenta un comportamiento creciente, tal y como lo estipula la teoría económica convencional.

El hecho de que el tiempo restrinja la cantidad de producto que se puede obtener, su naturaleza de insumo y la compensación de su valor vía precio determina este comportamiento y asegura la existencia de un equilibrio estable en el mercado (Véase Krauss y Johnson (1974)).

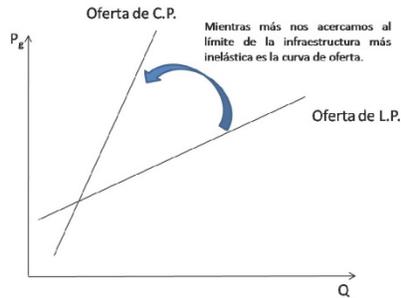
En lo que respecta a la curva de demanda, las preferencias de las familias se delinean una vez obtenidas las funciones de producción internas correspondientes, con las que se obtendrá el mapa de indiferencia con sus respectivas restricciones, lo que nos permitirá deducir el mapa de indiferencia social (mediante la solución de un sistema vectorial (Krauss y Johnson, 1974)) y, por ende, la curva de demanda agregada, cuya pendiente, también, estará acorde con lo planteado por la teoría microeconómica convencional⁴⁸.

Es importante notar que, a pesar de que las curvas de oferta y demanda agregadas no se ven afectadas en sus pendientes generales (crecientes o decrecientes) por éstas características si lo son en el valor medio de las mismas, sobre todo por efecto de la infraestructura.

Así, la curva de oferta de corto plazo debe ser, por fuerza, más inelástica que la de largo plazo debido a los limitantes de infraestructura que debe enfrentar. De tal manera que en la medida en que el uso de la misma se acerque al punto de saturación (véase figura 1.5) la curva será más inelástica.

⁴⁸Un método alternativo para obtener la función de demanda sería el propuesto por Lancaster (1971), en donde, tal y como se señaló anteriormente, el mapa de indiferencia no sería trazado tomando como ejes a los productos sino a sus características y como magnitud vectorial al precio. Aunque, este enfoque nos sería de más utilidad si lo que quisiésemos saber es el peso específico que las familias dan a las distintas características de los productos lo que nos sirve para introducir productos nuevos. Por ejemplo, un estudio de este tipo hubiera sido de gran utilidad para entender el efecto del "Segundo piso del Periférico" del "Metrobús" en las elecciones de los individuos y de las familias en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Figura 1.7: Curvas de oferta de servicios de transporte en el corto y el largo plazo



Además hay que considerar que cuanto más cerca se encuentren los productores de servicios de transporte al límite de la infraestructura, mayores serán sus costos marginales lo que es una explicación adicional que sustenta el porqué la curva será más inelástica. Esto se debe a que aumentar su servicios será para ellos cada vez más costoso y menos eficiente afectando, de manera importante, su relación de precios.

En el caso extremo del agotamiento total de la infraestructura, la curva se volverá totalmente inelástica y la capacidad de las empresas para incrementar la cantidad de productos generada será nula, por lo que la demanda será la determinante única de los precios.

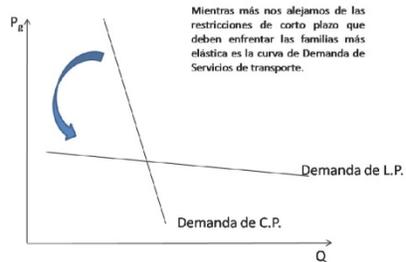
Estas observaciones se muestran en el esquema 1.7, en donde se dibujan las curvas de oferta de corto y largo plazo de manera lineal para simplificar la explicación, aunque no es difícil deducir que deben tener una curvatura que agrave aún más la inelasticidad en los segmentos menos flexibles.

Ahora bien, en lo que respecta a la curva de demanda agregada, el hecho de que en el corto plazo ésta se encuentre determinada, fundamentalmente, por las preferencias de las familias y los individuos sujetas a su condición inicial, determinan que ésta sea menos elástica que la curva de demanda de largo plazo.

Por otro lado, derivado del hecho de que a largo plazo las familias pueden tomar decisiones (de localización, horarios, compra y uso de medios de transporte, entre otras decisiones) que en el corto plazo están fijas, determina que la curva de demanda agregada de largo plazo tienda a ser elástica y sea siempre más elástica que la de corto plazo, tal y como se observa en el esquema 1.8.

Entonces, de esto se deduce que en el corto plazo las restricciones del sistema afectan mucho más a la oferta de una actividad de transporte que a su demanda, lo que determina la estructura de precios del sector

Figura 1.8: Curvas de demanda de servicios de transporte en el corto y el largo plazo



y las cantidades vendidas del mismo. Por lo tanto, las afecciones que sobre la curva de oferta tienen las restricciones determina fuertemente el comportamiento del sistema.

En lo que respecta al largo plazo, las decisiones individuales adquieren una importancia singular por sobre la estructura de la oferta sujetando, de manera importante, la estructura de precios del mercado en una economía.

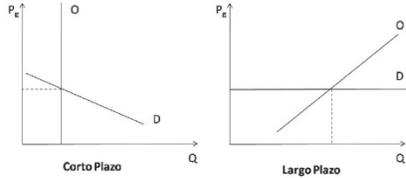
Entonces, *en el corto plazo, la cantidad de servicios de transporte se impone, en gran medida, por la cantidad de infraestructura que limita la oferta, por lo que el precio varía con la demanda; en cambio, en el largo plazo, los productores son mucho más capaces de decidir las cantidades ofertadas dado un precio fijo determinado por la estructura de demanda de la economía.*

Además, dado que los equilibrios de largo plazo son la suma de los de corto plazo, no es difícil deducir la importante relación existente entre las decisiones que toman las agentes en el corto plazo y sus resultados en el largo.

A pesar de estas observaciones estilizadas, es importante mencionar que, dichas relaciones se antojan muy complejas, ya que las interacciones que se llevan a cabo entre los distintos agentes que componen al sistema, la divergencia de sus decisiones temporales y la diversidad de las mismas (localización, medio de transporte, hora de viaje, etc.) son muy dinámicas y heterogéneas, lo que conlleva un arduo proceso de negociación entre los mismos, afectando a la totalidad del sistema y desplazando los desequilibrios y equilibrios temporales de un lugar a otro.

En efecto, las decisiones de consumo tomadas por las familias afectan las decisiones de producción de los empresarios y de ellas mismas y las decisiones de construcción de infraestructura por parte del gobierno.

Figura 1.9: Equilibrios característicos de los servicios de transporte en el corto y el largo plazo



De igual manera, la construcción de infraestructura afecta las decisiones de los demás agentes al igual que las decisiones de producción tomadas por los empresarios.

Por ende, la puesta en marcha de políticas de corte regulatorio o la construcción de infraestructura debe tomar en consideración estos elementos, ya que en una ciudad el sistema de transporte se encuentra compuesto por pequeños subsistemas que se interrelacionan estrechamente y que comparten características comunes. Por lo que cualquier decisión, en este sentido, debe considerar los efectos globales de corto y largo plazo de la misma y no sólo los locales, evitando con ello el tomar decisiones de inversión muy onerosas para la sociedad en su conjunto.

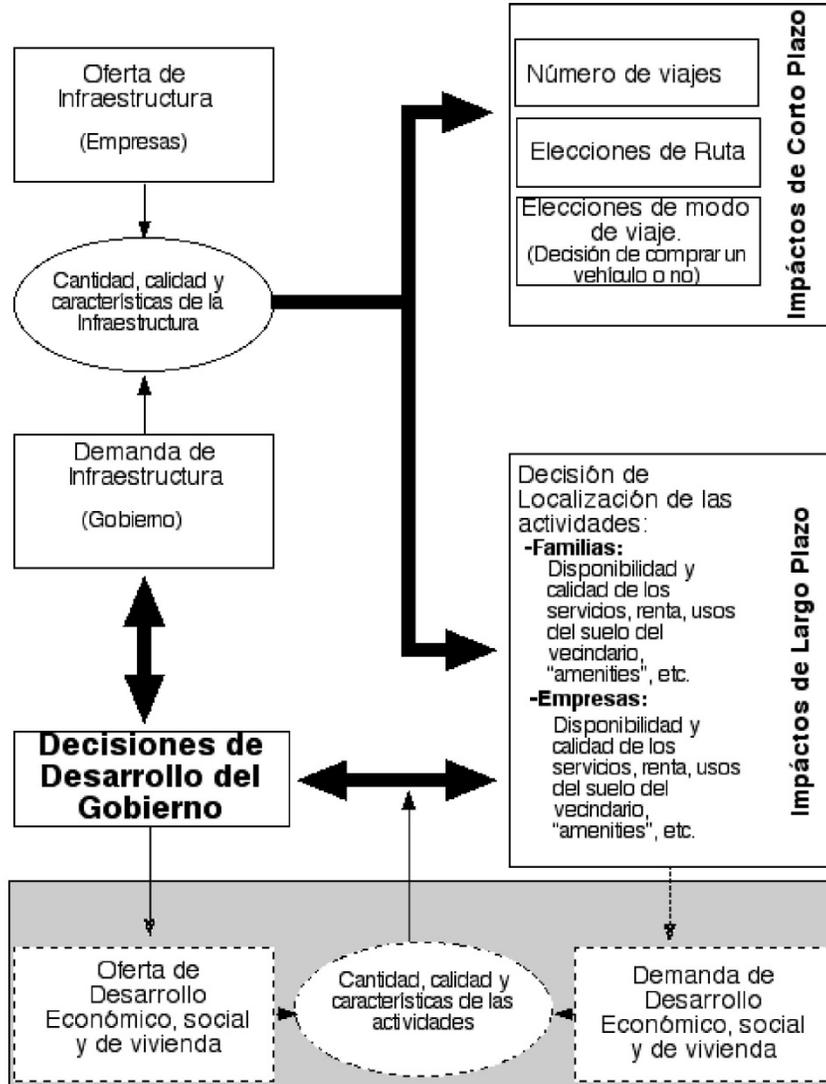
Esta estructura se muestra de manera esquemática en la figura 1.10, en donde se observan las interacciones entre los distintos agentes del sistema en horizontes temporales traslapados. Así, el esquema muestra, partiendo de la parte superior derecha que las empresas y las familias solicitan mayor infraestructura al gobierno que es el que satisface esta demanda, lo que determina la cantidad, calidad y características de la misma.

Esto determina a su vez, el número de viajes que se llevan a cabo en el corto plazo al interior de una economía, así como las elecciones de ruta de los agentes y del modo de viaje, entre otras cosas. De igual manera, las condiciones generales de la infraestructura determinan, a largo plazo, el uso del suelo en la ciudad (decisiones de localización) lo que se traduce en más demandas de desarrollo económico, social y de vivienda, afectando una vez la infraestructura de la ciudad.

Observamos, entonces, en la figura descrita cómo todos los agentes interactúan y cómo las decisiones de cada uno de estos se encuentra fuertemente determinada por la de los demás.

En conclusión, la búsqueda del equilibrio en el sistema de transporte de una ciudad es un proceso dinámico altamente complejo que debe considerar de manera conjunta las diferencias en los determinantes, tanto de corto como de largo plazo, del comportamiento de los habitantes de una ciudad, en función de metas

Figura 1.10: Flujos, equilibrios y transacciones en la estructura de transporte de una ciudad



FUENTE: Elaboración propia basado en lo establecido por [Hansen et al., 1993]

específicas que indiquen inequívocamente la dirección del camino a tomar.

Para ello, deben ponerse en marcha diversas medidas que generen incentivos adecuados que se traduzcan en una mejora de la calidad de vida de los habitantes de una ciudad, lo que no pasa, seguramente, por la construcción indefinida de infraestructura sino por la inducción y refuerzo de comportamientos de los habitantes de dicha ciudad.

El siguiente capítulo entra en esta materia y analiza los principales mecanismos utilizados para minimizar el tiempo de viaje de los usuarios y para inducir decisiones eficientes en el comportamiento de los usuarios con la finalidad de lograr las metas de bienestar derivadas de la disminución del tiempo promedio de viaje y del uso de medios alternativos de transporte.

Mientras que el presente capítulo aportó los elementos para comprender la dinámica del sector en el corto y largo plazos en función de las decisiones de los agentes del mercado, el siguiente nos dotará de los instrumentos en materia de política pública para la consecución de las metas de salud y bienestar poblacional deseadas.

Así pues, el siguiente capítulo es una pieza fundamental de nuestro estudio en la medida que nos permitirá aterrizar las ideas propuestas en éste y comprender los efectos de la puesta en marcha de una serie de disposiciones en la materia que aquí nos ocupa.

Capítulo 2

Transporte y Medio Ambiente: Calidad del aire y uso de suelo

La importancia de reducir las desviaciones de tiempo derivadas de los desequilibrios del sistema como resultado de la permanencia de comportamientos no deseados por parte de los habitantes de una ciudad y de las restricciones inherentes de infraestructura, encuentra sentido en la necesidad de aminorar los efectos negativos de éstas.

No sólo son los importantes efectos en la calidad de vida de los habitantes al ver su vida desperdiciada en actividades de transporte son, también, los efectos en la calidad del aire de la ciudad y, por tanto en la salud de sus habitantes, en la flora y la fauna de dichos entornos y en el uso del suelo de la misma, lo que nos lleva a considerar al sistema de transporte como uno de los hilos centrales para destejer la madeja de los problemas que aquejan a las ciudades en la actualidad.

Pero esto tan sólo se refiere al ámbito local, en lo que respecta al ámbito regional debemos considerar efectos adversos importantes como los que derivan de la “lluvia ácida” y, en el global, el cambio climático cuya expresión más conocida es el llamado “efecto invernadero” (véase de Rus y otros (2003)), en donde se localiza una de las preocupaciones más importantes de la sociedad global actual, tal y como lo muestra la importancia que se ha dado en los últimos tiempos a los acuerdos recogidos en el “Protocolo de Kyoto” hasta el punto de su profundización y aceleración (véase Quadri (2007)). Vemos, entonces, que el largo de los hilos de la madeja es considerable ya que se estiran ampliamente lo que condiciona y afecta a todos los habitantes



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

del planeta.

Y es que las desviaciones de tiempo derivadas de los grandes congestionamientos que se observan actualmente en gran parte de las ciudades del mundo, provocan que los vehículos operen en condiciones subóptimas al circular a bajas velocidades con frecuentes aceleraciones y desaceleraciones. Esto provoca que las emisiones de Hidrocarburos (*HC*), de Monóxido de Carbono (*CO*), de Dióxido de Carbono (*CO₂*) y de Óxidos Nitrosos (*NO_x*) principalmente, se incrementen de manera proporcional al aumento del consumo de combustible.

Las soluciones pasan, entonces, ya sea por incrementar la velocidad promedio a la que se mueven los vehículos con la intención de que éstos tiendan a operar en su nivel óptimo o, en su defecto, por desincentivar el uso de los mismos.

Para ello, en las distintas ciudades del Orbe se han puesto en marcha distintos mecanismos que operan en cualquiera de los sentidos descritos, sin embargo, por sí mismos, ninguno de ellos es suficiente para evitar los desequilibrios inerciales y casi permanentes de los distintos sistemas de transporte, por lo que se requiere de políticas que los combinen de acuerdo a las necesidades particulares de la ciudad en donde van a ponerse en marcha.

Además, la naturaleza adaptativa del ser humano, implica que el diseño de política en materia de transporte debe considerar los comportamientos ex-post de los usuarios para obtener los resultados deseados y no despilfarrar recursos de manera onerosa e ineficiente.

El presente capítulo parte de una descripción general de los principales mecanismos utilizados en el mundo con la finalidad de minimizar el tiempo de viaje o, en su defecto, para desincentivar o incentivar el uso de los distintos medios de transporte. Sus efectos y alcances en función de las respuestas adaptativas de los agentes a cada uno de ellos y la combinación general idónea de acuerdo a los distintos estudios llevados a cabo en ésta materia.

Al final se elabora una breve disertación acerca de las diferencias intrínsecas de los resultados esperados de dichas políticas de acuerdo a la teoría convencional y con respecto a la aquí propuesta.

2.1. Mecanismos principales para desincentivar o incentivar el uso de medios de transporte: Estímulos vía ingreso.

Algunos mecanismos para estimular o desestimular el uso de medios de transporte parten de la puesta en marcha de “premios” o “castigos” sobre el ingreso de las familias o de los individuos.

Las herramientas idóneas para echar a andar estos mecanismos son los impuestos y los subsidios, ya sea sobre los insumos, sobre el producto (servicio) o sobre el comportamiento de los usuarios.

En el presente apartado se reseñan, brevemente, las herramientas más importantes utilizadas con esta finalidad y sus efectos y consecuencias, además, se explica de manera breve los fundamentos teóricos para lograr una política fiscal equilibrada que persiga el óptimo del bienestar social en materia de transporte, entendido como la minimización de las distorsiones derivadas de la política fiscal junto con la mejora del medio ambiente.

2.1.1. Impuestos y subsidios sobre el precio de los combustibles

El primer tipo de incentivos a analizar es la carga de un impuesto o un subsidio para el caso de los combustibles.

Cuando es un impuesto, la intención es que el precio así determinado refleje el costo marginal real de los agentes al realizar una actividad que tiene consecuencias sociales determinadas, mejor conocidas como “externalidades”.

Los impuestos que buscan afectar las decisiones de los agentes enfrentándolos de esta manera a sus precios de implícitos, se les conoce comúnmente como “impuestos pigouvianos” en honor del Profesor Pigou, que los definió en su obra “The Economics of Welfare”, publicada en 1920.

En este texto, Pigou (1920), sostiene la existencia de una divergencia entre el producto privado marginal y el producto social marginal al cual denomina externalidad. Las externalidades se presentan cuando una actividad determinada genera costos sociales por encima de los beneficios generados por la actividad que los provoca¹.

Así que la solución, desde el enfoque Pigouviano, consiste en hacer que los agentes se enfrenten al precio real de sus actividades, esto es al precio de mercado de la misma más el impuesto, el cual debe igualar al

¹Este es el caso del uso de la atmósfera para descargar la contaminación provocada por la quema de combustible en la producción de un servicio de transporte.

valor del Costo Marginal Social generado por la actividad en cuestión.

De no ser así los agentes seguirán haciendo uso de este recurso de manera excesiva, ya que su precio se encuentra por debajo del que debiera de tener, lo cual actúa como un incentivo perverso (Cropper y Oates, 1991).

Sin embargo esta propuesta dista mucho de acercarse a la solución de los problemas de contaminación derivados de la producción de servicios de transporte.

De hecho, ya Buchanan y Thirlby (1969) habían planteado el argumento del “óptimo condicionado” que sostiene que el impuesto pigouviano sólo puede aplicarse de manera correcta en condiciones óptimas, lo que implica la inexistencia o existencia de mínimas imperfecciones en el mercado, en caso contrario, cuando las imperfecciones son sustanciales, un impuesto de este tipo muy probablemente incentivará a los agentes para moverse en una dirección errada.

En esta tónica Pearce (1974) sostiene que lejos de que este impuesto desincentive un comportamiento bien podría inducir a un cambio tecnológico importante, con efectos distintos a los buscados originalmente con la imposición del mismo.

Y de hecho esto es lo que acontece, un incremento del precio de los combustibles va usualmente acompañado de la sustitución vehicular y/o, en su defecto, del cambio de intensidad de uso entre los medios de transporte.

En particular, un incremento del precio de la gasolina se acompaña de una sustitución vehicular por automóviles de menor consumo por parte de los agentes y de un mayor esfuerzo de los productores para producir tecnologías que ahorren combustible. El efecto inmediato será una disminución en el total de emisiones contaminantes vertidas en la atmósfera, tal y como lo muestran Hansen y otros (1993). Sin embargo, como lo muestran Galindo y Salinas (1997) para el caso mexicano, el aumento en el precio de la gasolina tiene efectos regresivos sobre la distribución del ingreso lo que acentúa los problemas de desigualdad social, haciendo caso omiso de quien realmente recibe los beneficios de la disminución de las emisiones.

Ahora bien, un cambio del precio relativo de los combustibles puede inducir cambios en las elecciones de medios de transporte a utilizar por los agentes, sin embargo, los autores muestran que existe un escaso nivel de sustitución entre los vehículos privados y el transporte público, donde existe. Esto es consistente con los resultados derivados por Beesley (1965) para el caso inglés, en donde lo que se observa, como ya se mencionó, es que el objetivo de los agentes no siempre es minimizar el precio del transporte ya que éstos tienen incentivos diversos que los llevan a tomar decisiones de muy distinta naturaleza. Entonces, un impuesto

sobre los combustibles para incentivar este tipo de comportamientos amén de tener efectos limitados generará, de igual manera, distorsiones en la distribución del ingreso de los agentes en una sociedad.

Así pues, la puesta en marcha de este tipo de mecanismos genera resultados indirectos no deseados, ya que de alguna manera refuerza la idea de Coase (1960) de que “el que contamina paga”, pero al mismo tiempo la distorsiona, porque en el contexto prevaleciente la afirmación debiera de leerse como el que puede pagar puede contaminar, mientras que el que no puede pagar no tiene permiso de hacerlo.

Ahora bien, en el caso de los subsidios a los combustibles los efectos regresivos del impuesto no se presentan y de hecho, sus efectos sobre la distribución podrían ser, hasta cierto punto, progresivos². El problema de este tipo de mecanismos es que incentivan el uso de combustibles en los servicios subsidiados incentivando, además, el uso excesivo de los mismos, lo que eleva de manera importante el costo económico de la manutención del mismo. Esto retrasaría la sustitución tecnológica e incentivaría el uso subóptimo de las unidades de servicio, lo que se traduciría en un incremento de las emisiones del sector, más que en una disminución.

2.1.2. Impuestos y subsidios sobre el valor de los vehículos

En algunos países se han puesto en marcha políticas fiscales para tasar la venta de vehículos, aunque, cabe decir, que no siempre con la intención de aminorar las externalidades negativas derivadas del uso de los mismos sino más bien con motivos recaudatorios.

Aún así, este tipo de instrumentos tiene efectos reales sobre la estructura de transporte existente en una ciudad determinada ya que al tasar el valor de un vehículo se desincentiva su venta y por ende su uso promoviendo la compra y uso de bienes sustitutos.

Cuando lo que se aplica es un subsidio, el efecto es perfectamente inverso, ya que, en este caso la imposición de este instrumento se traduce en un incentivo para la compra y uso del vehículo en cuestión y el de sus complementos.

Sin embargo, ambos elementos están, fuertemente limitados por sus efectos sobre la distribución del ingreso y por el contexto regional en donde se impone. Así, un impuesto sobre la venta de vehículos de uso privado es claramente regresivo ya que discrimina vía ingreso entre quien puede y quien no puede acceder al servicio afectado.

En el caso de este tipo de subsidio, el efecto es muy similar al acontecido con el subsidio a los combus-

²Recordemos que la elasticidad de sustitución entre medios de transporte es muy pequeña como para garantizar un efecto progresivo real de dicha política o, incluso, su existencia.

tibles ya que estimula el uso excesivo del medio de transporte tasado causando los efectos antes descritos.

Aún y cuando el instrumento se aplica al mismo mercado vehicular de manera segmentada, los efectos se mantienen e incluso se profundizan. Por ejemplo, si se aplica un impuesto a la compra de automóviles nuevos esto afectará de manera importante la distribución del ingreso favoreciendo a las personas de altos ingresos por sobre los de medianos y bajos que tendrán que conformarse con usar medios alternativos o, en su defecto, vehículos usados. En este ejemplo, los agentes de medios y bajos recursos serán los más afectados si, adicionalmente, se impone un impuesto sobre las gasolinas ya que, en principio no podrían acceder a un vehículo nuevo de alta tecnología y tendrían que hacer uso de un vehículo más viejo, con mayor consumo de combustible y, por tanto, la parte proporcional de su ingreso dirigida a pagar el impuesto aplicado sobre este bien será mayor que el de las personas que pueden acceder a vehículos nuevos.

Por otro lado, sí lo que se pretende es disminuir las emisiones mediante el subsidio de unidades nuevas, para con ello disminuir el consumo energético y la cantidad de emisiones, el resultado podría ser catastrófico ya que induciría a los poseedores de autos viejos y a los usuarios de otros servicios a comprar estos vehículos subsidiados, con lo que se incrementaría el número de unidades en circulación con la consiguiente baja en la velocidad media de circulación. Los efectos, entonces sobre el nivel de emisiones dependerá de la magnitud del cambio tecnológico operado y de la magnitud de la sustitución inducida por el subsidio, ya que ambas actúan en sentidos contrarios. Sin embargo, el efecto sobre el tiempo es eminentemente perjudicial.

E incluso cuando se impone un impuesto en un vehículo y un subsidio en otro para compensar las consecuencias de cada uno de éstos, los efectos perversos sobre la distribución del ingreso prevalecen, en este caso, como resultado de los efectos precio e ingreso de esta política sobre las personas. Para corroborar esta afirmación no se necesita más que hacer uso de la "Ecuación de Slutsky" en donde lo que podremos observar es que una variación en el precio de un bien, aunque sea compensada por un subsidio hasta el punto que no afecte al ingreso de los individuos, induce a la disminución del consumo del mismo, lo que mantiene la estructura discriminante de este tipo de políticas.

En lo que respecta al contexto regional, este tipo de impuestos no pueden cambiar las preferencias intrínsecas de los agentes ya que al ser el transporte un bien derivado, por los motivos explicados en el capítulo anterior, la necesidad de su uso depende de las actividades de los agentes y del contexto geográfico en donde se desarrollen. Así, en el caso de la Ciudad de México, los agentes en su mayoría preferirían hacer uso del automóvil, y si por ahora no pueden tenerlo esperarán hasta que puedan conseguirlo ya que la estruc-

tura interna de la ciudad favorece esta elección. En cambio la forma en que se estructuran y operan ciudades como Nueva York, Madrid o Dinamarca inducen a sus habitantes a preferir medios alternativos como el tren subterráneo o las bicicletas.

En conclusión, el uso de este tipo de herramientas no induce comportamientos en los agentes sino que los fuerza temporalmente, al igual que en el caso anterior, afectando la distribución del ingreso de sus habitantes (lo cuál actúa como restricción para su uso) y promoviendo resultados perversos como consecuencia de las imperfecciones existentes en el mercado.

2.1.3. Impuestos y subsidios sobre el precio de los servicios

En los apartados anteriores se revisaron los efectos derivados de la aplicación de impuestos y/o subsidios sobre los insumos requeridos para la producción de un servicio de transporte determinado. Ese tipo de impuestos afectan la función de costos de los productores y familias (en el caso de la producción propia del servicio) afectando así, de manera directa, el precio de los servicios elaborados, lo que resulta en cambios importantes sobre el ingreso de los individuos y sobre la distribución del mismo en una sociedad.

Sin embargo, cuando el impuesto o el subsidio se aplica sobre el uso de un servicio, los efectos regresivos pueden aminorarse de manera importante e, incluso, pueden ser progresivos.

En efecto, dado que el tipo de servicios elegidos por los agentes son un reflejo del nivel de ingreso, este tipo de instrumentos pueden discriminar directamente vía ingreso y no sobre el costo de los insumos y el capital que tienden a favorecer al segmento de mayores ingresos.

Entonces, este tipo de impuestos son los más eficientes de los hasta ahora reseñados ya que condicionan el comportamiento de los usuarios a su ingreso en función del medio de transporte elegido.

Aún así son insuficientes para mejorar sustancialmente las condiciones de rodamiento en una ciudad debido a que, al final, la disposición a pagar de los usuarios por un servicio determinado puede ser muy elevada lo que limita su efectividad y, al final, será fuertemente discriminante.

En lo que respecta a los subsidios de esta naturaleza su efecto sobre la distribución del ingreso es, de igual manera, progresivo, ya que, su aplicación también se encuentra condicionada por el ingreso medio de los usuarios del servicio. Al final, el objetivo es inducir el uso de un determinado medio de transporte que cumpla con las características requeridas³.

³Cuando los subsidios son sobre los insumos o el capital se puede afectar a distintos sectores con su modificación, en cambio cuando el subsidio se aplica a un caso específico su modificación afecta directamente a este servicio y, obviamente a sus servicios complementarios y sustitutos.

Por tanto, los subsidios sobre el uso de un servicio son los más eficientes, en términos de inducir comportamientos deseados en los usuarios, afectando en menor medida los ingresos de las personas.

2.1.4. Los “impuestos Verdes” y la hipótesis del doble-dividendo

Por último, se debe analizar la relación que guardan los impuestos verdes y los recaudatorios en una sociedad determinada. Para ello, debemos comenzar indicando que los “impuestos verdes” se caracterizan porque su aplicación está enfocada a generar un incentivo para lograr un cambio de comportamiento de los agentes, en un sentido determinado por la política ambiental (véase Martínez-Alier y Roca-Jusmet (2001)).

Entonces, los impuestos estándares persiguen los objetivos de la política fiscal prevaleciente en una determinada economía mientras que los impuestos verdes buscan apoyar e incentivar la consecución de los fines establecidos por la política ambiental.

Y aunque en la mayor parte de los casos los impuestos y subsidios sobre los combustibles persiguen objetivos ambientales y los que se aplican sobre el precio de los vehículos y de los servicios de transporte buscan concretar fines recaudatorios, bien pueden aplicarse políticas fiscales complementarias con la finalidad de reducir el efecto distorsionante neto que causan cada una de éstas usadas de manera aislada.

En efecto, dado que las políticas recaudatorias impositivas y las ecológicas sólo difieren en sus objetivos, Sandmo (1975) demostró que la combinación de ambas pueden reducir, de manera importante, las distorsiones generadas por el sistema impositivo de una economía.

Esto es lo que se conoce como la hipótesis del doble-dividendo (double-dividend hypothesis) que sostiene que una reforma impositiva verde, en donde existen impuestos sobre los bienes no contaminantes (limpios) y son reemplazados (en parte) por impuestos sobre los bienes contaminantes (sucios), mejorará el medio ambiente y reducirá las distorsiones existentes en el sistema impositivo acercándonos, de esa manera, al óptimo impositivo.

Y de hecho autores de la talla de Goulder (1995), Bovenberg y Goulder (1995) y de Repetto (1994) han demostrado que el dividendo medioambiental derivado de una política impositiva verde complementaria al sistema impositivo existente es siempre positiva.

Sin embargo, es importante matizar estas afirmaciones, ya que la evidencia empírica muestra que la elección de la política impositiva ambiental es sumamente importante para el logro de los objetivos de bienestar social consistentes con el óptimo recaudatorio buscado por Sandmo (1975), de tal manera que, contrario a lo

que sostienen estos autores, pueden alejarnos del óptimo en vez de acercarnos a él.

En este sentido, Schöb (1996) sostiene que:

1. En un mundo con un sistema impositivo distorsionante, una reforma impositiva verde reduce (incrementa) las emisiones por el consumo de un bien contaminante, si y sólo si:
 - a) El bien contaminante es un sustituto de, o esta no correlacionado con, el bien no contaminante cuya tasa impositiva se reduce.
 - b) El bien contaminante es un complemento del bien no contaminante cuya tasa impositiva se reduce y la razón del efecto de precios cruzados en el bien no contaminante respecto a la elasticidad precio del bien contaminante es más pequeña (más grande) que la razón asociada a las ganancias marginales derivadas de los impuestos.
2. (Valor crítico del daño marginal al medio ambiente). Si el segundo dividendo del impuesto verde⁴ es negativo, un incremento (decremento) marginal del impuesto verde incrementa (decrementa) el bienestar si el dividendo medioambiental es positivo y el daño marginal en el medio ambiente es más grande (más pequeño) que el valor crítico del daño marginal al medio ambiente⁵.

Así, la combinación de políticas fiscales recaudatorias, bajo los criterios antes señalados, muestran un camino viable para la estructuración una política fiscal consistente con el bienestar y el medio ambiente.

En los términos del tema que nos ocupa, las distintas políticas de “comando y control” impuestas sobre las distintas facetas del sistema de transporte en una economía, deben buscar el equilibrio recaudatorio y medioambiental para maximizar el bienestar social.

Esto implica la puesta en marcha de mejoras distributivas en la política impositiva aplicada al consumo de energéticos a través de la optimización del sistema recaudatorio y la localización de incentivos fiscales verdes para incentivar la sustitución de combustibles más contaminantes por otros menos contaminantes.

De igual manera, en lo que respecta a las políticas de “comando y control” aplicadas sobre el precio de los vehículos es importante incentivar la sustitución de vehículos de mayor consumo energético por otros más eficientes mediante políticas impositivas discriminantes que incentiven este comportamiento. Es decir,

⁴N.T. El efecto de la reforma impositiva verde en la eficiencia del sistema impositivo general.

⁵N.T. Éste debe ser entendido como el consenso de la localización del límite (la cota) inferior tolerado de daño marginal al medio ambiente.

Por lo tanto, esta segunda aproximación al problema muestra la sensibilidad del bienestar de diferentes reformas impositivas respecto al daño marginal estimado del medio ambiente

se requiere de la redefinición de los objetivos del impuesto para encontrar el óptimo recaudatorio de acuerdo a las condiciones establecidas por Schöb (1996) en el primer apartado, reseñado anteriormente.

Los incentivos fiscales dirigidos al precio de los servicios deben, de igual manera, seguir esta tónica, aunque el efecto fiscal es menos distorsionante debido a que los segmentos de la población se encuentran cautivos, por su ingreso, al uso de ciertos medios de transporte. Por ello, se deben buscar incentivos fiscales que logren el equilibrio intrínseco de la región entre los distintos medios de transporte y que no obstaculicen las mejoras tecnológicas que minimicen las descargas contaminantes en la atmósfera.

Y aquí es importante recalcar que el instrumento fiscal idóneo para el logro del equilibrio se construye, fundamentalmente, a través de impuestos y no de subsidios, ya que, como se explicó en los apartados anteriores, los primeros desincentivan el uso de los medios de transporte tasados e incentivan el cambio tecnológico, mientras que en el caso del subsidio incentivan su uso y desincentivan el cambio tecnológico por su efecto en los costos. Entonces, mientras que los impuestos generan incentivos en el mismo sentido (mejora del medio ambiente), los subsidios generan fuerzas que actúan en sentido contrario ya que inducen el uso del bien o servicio subsidiado, que aunque mejora la calidad medioambiental, retrasan e impiden al mismo tiempo el cambio tecnológico, lo que actúa en detrimento de éste (Martínez-Alier y Roca-Jusmet, 2001).

Sin embargo, aunque el uso de instrumentos fiscales es de gran ayuda no es suficiente para asegurar el buen funcionamiento de una ciudad en términos del sistema de transporte. Aunque los logros derivados de los incentivos fiscales pueden ser muy alentadores, el contexto regional en el que se desenvuelven los agentes determina el espacio de elección de los agentes en el largo plazo.

Esto es, tal y como se indicó en una parte anterior, la forma en que se organiza una ciudad está determinada tanto por el giro de sus actividades así como por la infraestructura y la regulación entre otras cosas, si ésta no se modifica para inducir comportamientos deseados sostenibles, los incentivos fiscales serán rebasados⁶ en el largo plazo y el comportamiento no deseado se impondrá sin remedio.

Por tanto, ahora conviene reseñar, de manera breve, los mecanismos diseñados y utilizados para minimizar el tiempo de viaje y, dado que consideramos en este análisis la estructura de actividades de una región como dada al igual que la regulación, el estudio de estos instrumentos se centrará en las posibles modificaciones a la infraestructura.

⁶No se pueden elevar los impuestos infinitamente.

2.2. Mecanismos principales para minimizar el tiempo de viaje: Estímulos mediante cambios en el mapa de indiferencia individual

Minimizar el tiempo de viaje implica minimizar las condiciones subóptimas de rodamiento de los vehículos en una ciudad determinada, lo que se expresa en menores cantidades de descargas contaminantes a la atmósfera por kilómetro recorrido.

Esta es la lógica implícita en la gran cantidad de esfuerzos que se han llevado a cabo alrededor del mundo para lograr este objetivo, y dado que se considera al tiempo gastado en transporte como un costo neto para los usuarios la minimización del mismo se ha considerado, incluso, como un fin en sí mismo.

Para ello se han diseñado un sinnúmero de estrategias de corte urbano con la finalidad de ampliar la gama de productos y servicios de transporte entre los cuáles pueden elegir los usuarios.

Las principales estrategias, en este sentido son la ampliación de la infraestructura y, en particular de la superficie de rodamiento y la búsqueda de la optimización de la misma por distintas vías.

En el presente apartado se reseñarán, de manera concisa, las consecuencias de la puesta en marcha de ambas estrategias, la teoría que las sustenta y la metodología utilizada por cada una de éstas para el logro de sus objetivos. Se concluye con una breve recomendación acerca de cómo operar conjuntamente ambas tácticas para buscar el óptimo social correspondiente a cierta región.

2.2.1. Construcción de nueva infraestructura

Dado que, tal y como se mostró en el primer capítulo del texto, la infraestructura actúa como una restricción importante para el desarrollo y crecimiento de los servicios de transporte, la construcción de ésta ha sido, históricamente, una de las formas más importantes para tratar de aminorar la media de tiempo de viaje en una ciudad.

Desde el punto de vista del usuario particular la construcción de más infraestructura añade posibilidades de elección a su mapa de indiferencia y, dado que, su objetivo de corto plazo, tal y como se mostró en la primera parte del escrito, es minimizar el costo de oportunidad derivado de las desviaciones del tiempo de viaje, lo lógico es suponer un cambio en las preferencias de los mismos hacia el uso de ésta nueva infraestructura. Aún cuando los usuarios sufren de las restricciones impuestas por sus decisiones de mediano y largo plazo, la búsqueda del óptimo que se refleja en un ahorro en el costo de oportunidad del tiempo de viaje actúa en

ese mismo sentido.

Por ello no es de extrañar que ya desde la década de los setenta se cuestione el uso de esta estrategia como un medio eficiente para mejorar las condiciones medioambientales en una ciudad. La razón central de esta crítica se deriva del hecho de que las vías por sí mismas generan tráfico y, de hecho, los críticos más feroces de esta política, entre los que se cuentan a la Stanford Environmental Law Society (SELS, 1972), el Council on Environmental Quality (CEQ, 1976), Mogridge (1989), Jones (1989) y Hansen y otros (1993), sostenían que la contaminación del aire es resultado de la excesiva construcción de vías de rodamiento en el pasado, por lo que más construcción de calles generará más contaminación.

En particular, la Stanford Environmental Law Society escribió, refiriéndose a California, que:

The problem is that Californians are really trapped in a closed circle of tax and expenditure and construction that will continue to build roads endlessly... The circular trap is roughly as follows. Cars use gasoline and taxes are collected. The taxes must be spent for new roads, there is no choice. New roads are built. As these roads are built, they encourage more and more people to drive more and more miles. More miles mean more gas, more tax, more revenue, more roads and on and on. SELS (1972).

Entonces, la construcción de infraestructura afecta el mapa de indiferencia de los usuarios, que serán atraídos por la nueva opción hasta que los tiempos de viaje realizados al utilizar dicha infraestructura se igualen con los de las restantes (Mogridge, 1989; Litman, 2004). Esto se debe, fundamentalmente, a tres fenómenos que se presentan de manera conjunta al incremento de la infraestructura y que se deben, precisamente, a los efectos distorsionantes de la construcción de la misma en el espacio de posibilidades de elección de los usuarios:

1. **Tráfico generado:** Con este nombre se hace referencia a los viajes *adicionales* generados por la mejora de la infraestructura. Con él se señalan los cambios que genera la nueva infraestructura, en el tiempo, la ruta, el destino, el modo y la frecuencia de los viajes. Es un concepto que abarca la mayor parte de las distorsiones provocadas por esta inversión.
2. **Tráfico inducido:** Se refiere únicamente a los cambios de modo de transporte que provoca la nueva infraestructura. Se incluyen aquí también los viajes más largos.

3. **Demanda latente** Con este concepto se denotan aquellos viajes adicionales que se realizan, una vez puesta en marcha la infraestructura, y que antes se evitaban.

En lo que respecta a la segunda parte de la afirmación recogida en el punto 2, es importante hacer notar que, como resultado de que los efectos de saturación en la nueva infraestructura tardan en aparecer, el efecto inmediato de la expansión de la misma se expresa en el aumento de la media del tiempo de viaje, como resultado del incremento en la longitud de éstos. De hecho, Altshuler (1979) encontró, a principios de los ochenta, que a pesar de que los ciudadanos de Los Ángeles tenían mayor longitud de vías y menos congestión en las mismas que los Bostonianos, los primeros gastaban 20 % más tiempo en transporte que éstos últimos.

Así, un incremento de la infraestructura incentiva a los agentes a tomar decisiones de mediano y largo plazo (tales como la localización de sus viviendas) que prevalecen a pesar de que las condiciones óptimas existentes al inicio empeoren. Es importante puntualizar y señalar este hecho porque las distorsiones generadas por este tipo de políticas se mantienen y comienzan a formar parte de la estructura interna de funcionamiento de la ciudad conformando núcleos urbanos que se extienden permanentemente, tal es el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México que esta conformando de manera cada vez más intensa “ciudades dormitorio” en los márgenes de la misma, similar a lo que acontece en Lima o en el “Gran Santiago” (Thompson y Bull, 2002b,a, 2001).

Si a esta problemática le añadimos que existe un problema de causalidad intrínseco al sistema nos encontraremos con que amén de los efectos distorsionantes generados por la construcción de nueva infraestructura tendremos elecciones erróneas de los proyectos que se deben construir.

Si observamos con detenimiento la figura 1.10 nos encontraremos que las decisiones de expansión de infraestructura dependen, en gran medida, de las decisiones de localización de las personas o, en otras palabras, de las necesidades de comunicación de la región. Aquí se muestra, claramente, que estamos frente a un problema de causalidad que nos dificulta saber si es la infraestructura la que genera estas distorsiones o si las distorsiones existentes obligan a la construcción de ésta.

Este problema ya ha sido puesto en la mesa de discusión en textos de gran relevancia como los de, sólo por mencionar algunos, Cervero (2001, 2000); Cervero y Hansen (2000), el de Noland y Cowart (2000), el de Hansen y Huang (1998) y el de Fulton y otros (2000).

Las consecuencias de esta problemática se expresan en el sesgo que generan en los estimadores de los modelos elaborados, afectando así la toma de decisiones de los “policymakers” ya que los resultados obte-



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

nidos son distorsiones del valor social real de los proyectos de infraestructura posibles y que se encuentran en permanente disputa por los recursos. Estos valores no óptimos obstaculizan el análisis comparativo de los proyectos, haciendo que se tomen decisiones ineficientes que agudizan las distorsiones descritas.

Prueba de ello son las enormes diferencias en los parámetros estimados por los distintos estudios de transporte elaborados en el mundo.

En el Cuadro 2.1 se muestran los resultados obtenidos en distintos estudios de demanda inducida para servicios de transporte específicos, en él se muestra cómo, incluso, estudios similares realizados en las mismas zonas, dan valores de elasticidad radicalmente distintos.

Cuadro 2.1: Resumen de los principales estudios de demanda inducida para servicios de transporte específicos

Estudio	Lugar	Datos	Método	Tipo de servicio/instalación	Variables		% de Crecimiento atribuido a la Demanda Inducida		
					Demanda	Oferta	CP	MP	LP
Jorgensen (1947)	Nueva York-Colorado	ST	CC	Nueva carretera ajardinada	TPD	Nuevo servicio	25-30		
Lynch (1955)	Islas Marshall	ST	CC	Autopista de peaje	TPD	Nuevo servicio			30
Mortimer (1955)	Chicago	ST	CC	Vía Rápida	TPD	Nuevo servicio		3-33	
Frye (1964)	Chicago	ST	PE	Vía Rápida	TPD	Nuevo servicio			11*
Frye (1964)	Chicago	ST	PE	Vía Rápida	TPD	Nuevo servicio			7*
Holder, Stover (1972)	Texas	ST	CC	Autopista	TPD	Nuevo servicio	0-21*		
Peils (1989)	Londres	ST	PE	Autopista	TPD	Ampliación			27*
Peils (1989)	Londres	ST	PE	Autopista	TPD	Ampliación		25	56
Peils (1989)	Londres	ST	PE	Autopista	TPD	Mejora			80
Peils (1989)	Londres	ST	PE	Vía Rápida	TPD	Nuevo servicio			77*
Peils (1989)	Londres	ST	PE	Túnel	TPD	Nuevo servicio			89*
Hansen et al (1993)	California	ST/SC	GC/Reg	Autopista	TPD	Ampliación	...*	...*	...*
Kroes et al. (1996)	Amsterdam	ST	PE	Túnel	TPD	Nuevo servicio		4.5	
Luk, Chung (1997)	Melbourne	ST	PE	Enlace de autopista sin peaje	TPD	Nuevo servicio	0		
Mokhtarian, et al. (2000)	California	ST/SC	PE	Autopista	TPD	Ampliación	0	0	

Claves:
ST = Series de Tiempo
SC = Sección Cruzada
CC = Comparaciones de Crecimiento
PE = Pares Emparejados
Reg = Regresión
TPD = Tráfico Promedio Diario
CP = Corto Plazo (< 1 año)
MP = Mediano Plazo (1-5 años)
LP = Largo Plazo (> 5 años)
Fuente: Cervero (2001)

Notas:
* Pensado para incluir montos significativos de viajes diferidos.
** Se presentan como elasticidades:
0.2-0.3 para el corto y mediano plazos
0.3 a 0.6 para el largo plazo

Estos estudios muestran elasticidades parciales que nos indican el incremento porcentual de viajes adicionales generados dada la realización de la obra indicada. Son estudios que prueban la existencia de las relaciones entre el incremento de la infraestructura y el aumento del nivel de tráfico atribuido solamente a la demanda inducida a un nivel desagregado intra-metropolitano.

Las enormes diferencias en los valores de las elasticidades obtenidas se explican, en gran medida, por las fortalezas y debilidades de las distintas metodologías adoptadas por cada uno de los autores y por el problema de causalidad antes descrito.

Así, el método de “*Comparaciones de crecimiento*” es la aproximación más simple de las aquí reseñadas y consiste en indexar las tendencias observadas de tráfico a otro factor significativo como el número de vehículos registrados y la estimación se elabora calculando cuál sería el nivel de tráfico si no se realizara la obra como un factor del número de vehículos registrados. Las diferencias entre los volúmenes esperados y registrados son considerados como el nuevo tráfico generado por la obra evaluada. Además con la esperanza de aminorar el efecto de los viajes diferidos (internalizar su efecto en el modelo) este tipo de estudios se elaboran, también, sobre rutas alternativas.

Este tipo de modelos son de uso común, sobre todo en Estados Unidos y en el Reino Unido para medir los efectos de incluir o eliminar un carril sobre una vía, expandirla por tramos, hacer distribuidores, etc.

La debilidad fundamental de este tipo de modelos es que no pueden contabilizar el crecimiento del tráfico migrado de rutas más lejanas al límite en donde se elaboró la estimación y, mucho menos, consideran los efectos de reordenamiento que la obra provoca sobre la estructura urbana, por lo que requieren de variables de control para evitar problemas de sesgo en los estimadores obtenidos.

De hecho, Holder y Stover (1972) hicieron un estudio de este tipo para 8 vías urbanas en Texas y encontraron estimados de “tráfico inducido aparente” en un rango desde 0 hasta 21; y Henk (1993) encontró resultados similares en un estudio que elaboró para 37 corredores en el mismo estado.

Por ello, se ha sugerido, como mejor alternativa, el método de “*Pares Emparejados*” en donde se consideran dos corredores, uno en donde se hace la mejora y otro que permanecerá igual, en dos momentos del tiempo, antes de la obra y después de la misma. Así el tráfico inducido en este tipo de modelos se define como:

$$TI = (Q_{m_d} - Q_{m_a}) - (Q_{c_d} - Q_{c_a}) \quad (2.1)$$

En donde TI es el tráfico inducido; Q se refiere a la cantidad de tráfico; d es una referencia temporal a “después de realizar la obra”; a es una referencia del mismo tipo al tiempo anterior de la realización de la obra; m señala la obra mejorada y; c a la “obra de control”.

El problema es elegir obras, en particular, corredores que sean similares en algunos aspectos para garantizar una comparación óptima. De hecho, es ésta la forma en que se incluyen las variables de control en el modelo, ya que usualmente se eligen corredores simultáneos con condiciones similares en términos geográficos, en la cantidad de servicios existentes (que en ambos haya, por ejemplo, microbuses y carros, solamente

y que el metro esté alejado) y en las condiciones de la obra (que tengan, por ejemplo, el mismo número de carriles, que tengan o no camellón, que sean de uno o dos sentidos, etc). Además, se deben elegir, al igual que con el método anterior, un área de influencia.

Como consecuencia, con este método se han encontrado efectos no medibles de demanda inducida que distorsionan, de manera importante, los resultados obtenidos.

Para controlar estas influencias de factores confusos se ha sugerido el uso de "*Modelos de Regresión Múltiples*" debido a que se considera que los factores que explican el crecimiento del tráfico inducido difícilmente se encuentran al nivel de una obra en específico.

Este tipo de modelos utilizan como variable fundamental la variable denominada *Millas-Vehículo Recorridas* (VMT, por sus siglas en inglés) con la cuál se corre una regresión en donde se estima una función log-lin que predice los volúmenes de tráfico como función de las capacidades de la infraestructura y de variables de control que dan cuenta de las tendencias medias de crecimiento del número de viajes por vía. Con estos datos se corren dos simulaciones, una en un escenario de expansión de infraestructura y la otra en uno en donde no hay expansión de la misma. La diferencia en el volumen de tráfico de ambos escenarios se considera tráfico inducido.

Es importante hacer notar que este tipo de modelos pueden considerar gran cantidad de variables de control, pero aún así, los resultados obtenidos aún están muy dispersos en su distribución. Esto se debe a los problemas de causalidad, antes reseñados, ya que en éstos se asume que las vías son las que generan el tráfico y nada más, en otras palabras, se sigue considerando al tráfico inducido como un problema estático.

Lo mismo ocurre con los otros dos métodos alternativos restantes, los "*Modelos de Pronóstico*" y los "*Modelos de Simulación*".

El primero de ellos, utiliza modelos de pronóstico de demanda de gran escala para derivar los estimados de tráfico. Las diferencias entre los resultados pronosticados y los observados son una medida de demanda latente. Con ello se mide parte del efecto de cambios de infraestructura en el tráfico inducido, pero es imposible medirlo todo, ya que omite los cambios en los medios de transporte, la longitud de los viajes, los comportamientos en vías alternas, etc. En realidad, son modelos utilizados ampliamente para medir el número de viajes generados por una obra determinada y esto es, como vimos, sólo una medida parcial del tráfico inducido.

En lo que respecta a los modelos de simulación, son enfoques de equilibrio parcial que consideran una gran gama de variables, como cambios modales, rutas y distribuciones de los viajes a lo largo del día, esta-

bleciendo posibles escenarios de acuerdo al tipo de obra y al lugar en donde se realice.

Por otro lado, algunos otros autores se han enfocado a la verificación empírica de éstas relaciones a un nivel agregado e inter-metropolitano. Los resultados obtenidos por los mismos se muestran en el Cuadro 2.2, en donde podemos ver que las elasticidades de corto y largo plazo obtenidas por los principales “estudios de área” son, igual que en el caso anterior, muy dispersas.

Cuadro 2.2: Resumen de los principales estudios de área y simulación con elasticidades estimadas basadas en medidas proxy de beneficio por el lado de la oferta

Estudio	Lugar	Datos	Método	Variables		Elasticidad Estimada	
				Demanda	Oferta	CP	LP
Kassoff, Gendell (1972)	Áreas Urbanas E.U.	SC	AG	VMT/capita	Índice de Capacidad	<0.58	-
Koppelman (1972)	20 Ciudades de E.U.	SC	Reg: MCO	VMT	Millas por carril	0.13	-
Rutler et al. (1979)	Corredores de California	ST	SM	VMT	Nuevo servicio	-	0.38
Rutler et al. (1980)	Corredores de California	ST	SM	VMT	Ampliación	-	0
Payne-Maxie et al. (1980)	54 áreas metropolitanas de E.U.	SC	Reg: MCO	VMT/capita	Millas por carril	0.22	-
Hansen et al. (1993)	30 Condados Californianos	ST/SC	Reg: MCO, RD, EF	VMT	Millas por carril	0.46-0.50	-
	Áreas Metropolitanas de California	ST/SC	Reg: MCO, RD, EF	VMT	Millas por carril	0.54-0.61	-
Hansen, Huang (1997)	32 Condados Urbanos de California	ST/SC	Reg: AR/RD, EF	VMT	Millas por carril	0.30	0.68
	Áreas Metropolitanas de California	ST/SC	Reg: AR/RD, EF	VMT	Millas por carril	0.50	0.94
Noland, Cowart (2000)	70 áreas metropolitanas de E.U.	ST/SC	Reg: VI, RD, EF	VMT/capita	Millas por carril per cápita	0.66	0.81-1.00
Fulton et al. (2000)	220 Condados: MD, NC, VA, DC	ST/SC	Reg: VI, RD, EF	VMT	Millas por carril	-3.-6 (OLS) .13-.43 (AR)	0.47-0.89
Strathman et al. (2000)	48 áreas urbanas de E.U.	SC	Reg: VI	VMT/HH	Millas por carril per cápita	0.29	-
Cervero, Hansen (2001)	34 Condados de California	ST	Reg: 2SLS, RD, EF	VMT	Millas por carril	0.56	0.78-0.84
Rodier et al. (2001)	Corredores de California	ST	SM	VMT	Nuevo servicio	-	0.6-1.0

Claves:
 ST = Series de Tiempo
 SC = Sección Cruzada
 SM = Simulación de Modelo
 AG=Análisis Gráfico
 Reg = Regresión
 MCO=Mínimos Cuadrados Ordinarios
 RD=Rezagos Distribuidos
 EF=Efectos Fijos
 AR= Modelos Autoregresivos
 VI=Variables Instrumentales
 2SLS= Estimación en dos pasos con VI
 Fuente: Cervero (2001)

Este tipo de estudios utilizan dos aproximaciones distintas para su estimación, la primera de ellas utiliza *medidas proxy*, mientras que la segunda usa *medidas parciales*.

En el caso de los estudios de área que utilizan medidas proxy, usualmente se estiman mediante modelos de corte transversal en múltiples puntos del tiempo para relacionar así los distintos modelos a través de los cambios en la infraestructura (como medida proxy de la reducción de costos, ya que la infraestructura de transporte nunca decrece). Las capacidades de las vías son medidas, usualmente, considerando las grandes vías y caminos de jurisdicción estatal.

Como resultado de éste análisis agregado, la covariación de la VMT entre ciudades o áreas metropolitanas es capturada y comparada en distintos puntos del tiempo. Con ello se da cuenta de la elasticidad de la demanda inducida respecto al crecimiento de la infraestructura como medida relativa de sensibilidad de los VMT al

crecimiento de la infraestructura.

De igual manera, se pueden elaborar modelos de panel considerando las mismas variables y con resultados similares. De los más famosos estudios de ésta naturaleza son los elaborados por Hansen y otros (1993) y por Hansen y Huang (1998) que utilizan un modelo común, que se puede expresar de la siguiente manera:

$$\log(VMT_{it}) = \alpha_i + \beta_t + S_k \log(x_{it}^k) + e_{it} \quad (2.2)$$

En donde:

$\log(VMT_{it})$ =Millas-Vehículo Recorridas en el área i en el tiempo t ;

α_i =Ajuste del efecto fijo para el área i ;

β_t =Ajuste del efecto fijo para el tiempo t ;

x_{it}^k =Valor de la variable explicatoria k en el área i y el tiempo t ;

S_k =Coeficiente ponderado para capturar los efectos de los rezagos distribuidos; y

e_{it} =Término de distribución aleatoria del área i en el tiempo t .

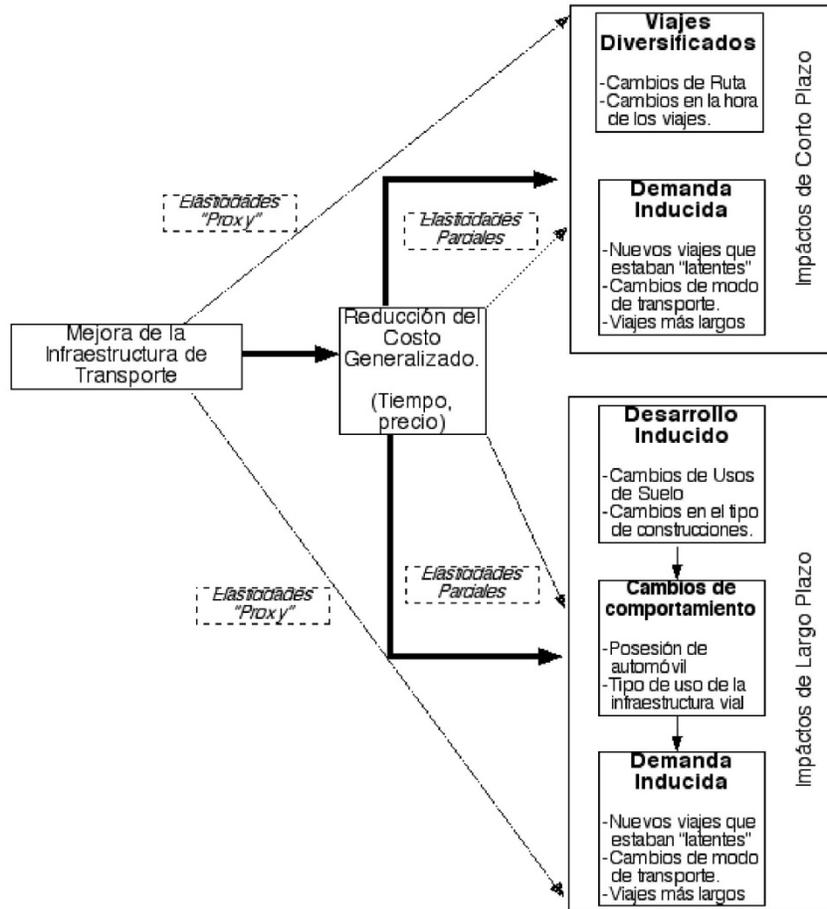
Este modelo, propuesto por Hansen y Huang (1998) utiliza a la población, el ingreso per capita, la densidad poblacional y el precio promedio de la gasolina como variables de control, además la inclusión de variables de efectos fijos ayuda a absorber la influencia de las variables relevantes omitidas, que son trascendentales en un modelo de demanda inducida (Noland y Lem, 2000).

En lo que respecta a los estudios de área con medidas parciales, éstos consideran que los incrementos en el tráfico se encuentran relacionados con el ahorro de tiempo, por lo tanto, las elasticidades asumen signo negativo en contraste con los modelos que sólo consideran como inductor a la infraestructura ya que la elasticidad obtenida para esta variable es siempre positiva.

La ventaja de considerar el volumen de tráfico como dependiente del tiempo y no de la expansión de la infraestructura es la estabilidad del modelo que nos permite obtener elasticidades fijas más cercanas a lo que sería un modelo de corte normativo.

En efecto, los modelos que consideran como variable explicatoria esencial a la infraestructura presentan enormes varianzas de acuerdo a la hora del día, la vía considerada y el día de la semana o temporada; sin embargo si damos un pequeño giro y consideramos la “microeconomía de la restricción temporal” (ya explicada en el capítulo anterior), es fácil ver la relación entre las variaciones de infraestructura y su relación con el efecto en los tiempos colectivos de viaje.

Figura 2.1: Aproximaciones de Estudios de Área usando elasticidades proxy y parciales.



FUENTE: ICervero, 2001

Este tipo de modelos suponen que la gente va a intentar llevar su restricción temporal lo más cercano posible al cero lo que los impulsa a buscar la solución óptima de viaje y hacer inferencias más generales pero, al mismo tiempo, más precisas sobre los posibles resultados de un cambio en la infraestructura.

Por ejemplo, cuando se incrementa la superficie de rodamiento en una vía determinada, este tipo de modelos predice un incremento en la velocidad de la misma y por tanto un aumento de las VMT lo que permite modelar la vía de expansión suburbana, es decir, la expansión de los asentamientos y del uso del suelo en una ciudad determinada.

Estos modelos tocan el punto neurálgico de la tesis central de este texto, sin embargo, al suponer que los agentes tienden a buscar una restricción temporal de valor nulo omiten las preferencias individuales de los mismos y las restricciones de mediano y largo plazo, lo que resulta en una sobrestimación del valor del tiempo y, conjuntamente, en una subestimación de las elasticidades de mediano y largo plazos para la demanda inducida⁷

Lo que resulta de este análisis es que sea cual sea el mecanismo de estimación, los problemas inherentes a la medición de los efectos del incremento de la infraestructura se traducen en valores estimados distorsionados que dificultan la toma de decisión y, seguramente, agravan los problemas relacionados con dicho incremento.

Por lo tanto, el incremento de infraestructura para reducir la congestión del tráfico es una estrategia fútil y peligrosa por sí misma, ya que solo agrava los problemas como resultado del desplazamiento de los desequilibrios en el tiempo; sin embargo, la estrategia de incrementar la infraestructura en medios alternativos de transporte reforzada con incentivos de optimización en la infraestructura de tránsito vial y con incentivos económicos puede resultar un arma poderosa para solucionar los problemas viales en una ciudad.

2.2.2. Optimización de la infraestructura existente

Este mecanismo también considera que la infraestructura es una restricción importante que afecta la calidad de los servicios de transporte. La diferencia fundamental entre este mecanismo y el anterior es que éste considera que no se debe de construir más infraestructura sino optimizar la existente.

En efecto, Thompson y Bull (2002b,a, 2001) constantemente se refieren al problema de tráfico en las ciudades latinoamericanas como un problema, esencialmente, de subutilización de las vías de rodamiento.

⁷Si consideramos que las personas desean que su restricción temporal se acerque al cero, en cuanto el valor de esta se aleje suficientemente de este punto, ellas desearan acercarse de nuevo al mismo a como de lugar moviendo, por ejemplo, su domicilio o su lugar de trabajo; sin embargo, las personas deciden dónde vivir o dónde laborar de acuerdo a un óptimo personal que esta sujeto a un tiempo físico de transporte (véase capítulo anterior) y a otras características hedónicas, lo que evita que se muevan tan fácilmente como el modelo considerado supone.

Por lo tanto, una forma de incrementar la velocidad media de desplazamiento en las mismas y, por ende, de disminuir la contaminación atmosférica, pasa por lograr una óptima utilización de ellas.

Sin embargo, es importante señalar que la mejora de las condiciones de rodamiento sobre una vía determinada también es un inductor de tráfico importante (aunque mucho más barato que la construcción de más infraestructura), por lo que se debe considerar que el alivio es sólo temporal.

Además, dado que la mejora permite una mayor densidad vehicular por metro cuadrado el punto de saturación será mayor que antes de la mejoría en cuestión (Litman, 2004), lo mismo que acontecería con un incremento de infraestructura.

Ahora bien, cuando esta vía se sature, los efectos de derrame sobre las vías alternas será inminente hasta el punto en que éstos de todas las vías se igualen ⁸ Litman (2004) y Mogridge (1989).

Pero, entonces, ¿cuál es la ventaja de optimizar las condiciones de rodamiento de una vía sobre la construcción de otra, si los efectos resultantes son muy similares?.

La respuesta se intuye, de manera inmediata, de las líneas anteriores: realizar mejoras es, con mucho, más barato que construir infraestructura vial, por lo que esos recursos quedarán liberados para construir infraestructura de transporte alternativa para redirigir las preferencias de los individuos hacia medios de transporte competitivos.

Adicionalmente, es importante notar la diferencia ideológica de los enfoques ya que mientras los defensores del incremento de la infraestructura priorizan el transporte privado, los detractores de esta filosofía parten del reconocimiento de la saturación de las vías como un estado permanente que sólo puede ser resuelto con medios alternativos de transporte.

Por lo tanto, la solución no pasa por el aumento de la velocidad media de circulación de los medios de transporte privado si no por la inducción de comportamientos óptimos en los individuos expresados en la búsqueda de medios móviles alternativos.

2.3. Hacia el reconocimiento de una nueva política integral de transporte como solución medioambiental de mediano y largo plazos.

Lo que se deduce de estos intentos permanentes para incrementar la velocidad promedio a la que se desplazan los vehículos o, en su defecto, para desincentivar su uso es un complejo aparato de soluciones

⁸Es como un efecto dominó, cuyo epicentro es la vía optimizada

incompletas y, en la mayor parte de los casos, que resultan contraproducentes.

Sin embargo, la conjunción de este tipo de instrumentos y mecanismos puede llevar a soluciones óptimas para las ciudades en los distintos horizontes temporales.

Así, los efectos perversos de un subsidio o de un impuesto recaudatorio pueden aminorarse con un política fiscal "verde" de acuerdo a lo expuesto por Sandmo (1975), y reforzarse con la construcción u optimización de infraestructura selecta.

La ventaja de este enfoque es que se puede partir de una política fiscal distorsionante, en cualquier punto del tiempo, y, dados ciertos objetivos medioambientales y la naturaleza de los bienes tasados (sustitutos o complementarios), definir una batería de instrumentos impositivos para mejorar la calidad del aire junto con la de vida de los habitantes de una ciudad determinada.

Una vez definidos estos comportamientos es importante asegurar su permanencia mediante la construcción de infraestructura y la optimización de la ya existente, con la finalidad de generar elecciones racionales que permitan relajar progresivamente, hasta su eliminación, esta política impositiva.

En el fondo lo que se busca es que en el largo plazo los agentes tomen decisiones óptimas de acuerdo a las restricciones y posibilidades trazadas (e inducidas) en su mapa de indiferencia personal, para lo cual el tomador de decisiones deberá buscar soluciones alternativas suficientes para asegurar este objetivo.

Por lo tanto, en condiciones dadas, una política impositiva "verde" en el sentido de Sandmo (1975) es la herramienta más efectiva para acercarnos al óptimo de corto plazo, pero la única forma de garantizar el logro de estos objetivos es mediante la existencia de infraestructura acorde con los mismos.

Ahora bien, la optimización de la infraestructura siempre debe de ir acompañada de la construcción de más infraestructura, el problema consiste en elegir cuál y de qué manera construirla.

Para ello, se debe tener claro que la infraestructura construida debe de ser siempre sustituta del transporte privado y nunca complementaria del mismo, de lo contrario, los problemas se agudizarán y complejizarán cada vez más.

De esta manera, la optimización de las vías de rodamiento inducirá tráfico en las mismas, pero mientras esto sucede se debe construir infraestructura de transporte sustituta, para que cuando el sistema llegue a su punto de saturación haya alternativas que permitan a los agentes llevar a cabo sus actividades de manera óptima usando otros medios de transporte.

Sin embargo, como hemos visto, la elección de obras de infraestructura óptimas es muy complejo en un contexto de incertidumbre provocado por el sesgo inherente de los modelos usados para evaluar sus efectos.

Esto se debe a las distorsiones que provoca en el tiempo de vida de la obra y en el valor presente neto de la misma.

Por ello, es recomendable considerar variables de control como la población, el ingreso per capita, la densidad poblacional, la densidad del empleo y los precios de la gasolina, entre otras variables, ya que su inclusión, sea cual sea el método de estimación elegido, reduce el sesgo de las variables obtenidas, como lo demuestran los trabajos de Hansen y otros (1993), Hansen y Huang (1997), Fulton y otros (2000), Noland y Cowart (2000) y Cervero y Hansen (2000).

Con esta recomendación, el sesgo se reduce de manera importante, lo que da elementos adicionales de juicio para tomar una decisión correcta.

Pero existe otro elemento de distorsión que afecta, fuertemente, las estimaciones obtenidas, y por lo tanto, las elecciones del tomador de decisiones, y que se refiere a la consideración del tiempo de manera absoluta y no relativa lo que ha llevado a subestimar los efectos de la infraestructura de transporte en las decisiones de los individuos en el mediano y largo plazos.

Suponer que el objetivo central de los agentes es llevar su restricción temporal a cero es desconocer los efectos físicos de la distancia y poner en tela de juicio la racionalidad de la sociedad en su conjunto.

Si bien es cierto que las personas buscan minimizar hasta el límite su tiempo de transporte en el corto plazo, esta afirmación no se puede justificar en un horizonte temporal más amplio, ya que esto equivale a afirmar que los agentes buscan siempre vivir lo más cerca de sus actividades, lo que se desmiente *ipso facto* al observar los patrones de expansión de las ciudades a lo largo del tiempo.

De acuerdo a lo mostrado en capítulo primero del texto, los individuos no consideran al tiempo sólo como una restricción sino que lo añaden como característica a su canasta de elección (de acuerdo a lo planteado por Lancaster (1971)), por lo que sus decisiones se encuentran fuertemente afectadas por una cantidad de tiempo de transporte que desean consumir y que compiten con una gran gama de características de elección que compiten con el mismo.

Esto implica que, en el mediano y largo plazos existen consideraciones hedónicas y de ingreso que tornan inelásticas las decisiones de los individuos, al menos en este aspecto.

Este cambio de enfoque modifica, enormemente, la percepción de los efectos esperados por la construcción de una obra de infraestructura determinada, por lo que su consideración es de trascendental importancia en dichos estudios.

Para considerarla de manera adecuada se sugiere incluir preguntas específicas de naturaleza temporal

relativa en las encuestas elaboradas, con ello se obtiene información adicional para comprender la sensibilidad de las elecciones de mediano y largo plazos de las familias. Veámoslo de la siguiente manera, si en una encuesta se preguntase a las familias si su tiempo de transporte al trabajo en condiciones óptimas es cero, la respuesta siempre será negativa ya que es una pregunta absurda, sin embargo, si se les pregunta cuánto es el tiempo que ellos consideran óptimo para transportarse y realizar cierta actividad la respuesta adquiere un valor determinado. Si, adicionalmente, se les pregunta cuánto es el máximo de tiempo que están dispuestos a invertir en transporte para realizar esta misma actividad obtenemos un límite que nos permite inferir hasta que punto las familias están dispuestas a soportar su situación geográfica o a realizar cierta actividad a costa de su tiempo de transporte.

En el caso de México y en la mayor parte de los países del mundo, no existen, sin embargo, encuestas de ningún tipo o están muy atrasadas, por lo que las elecciones de construcción de infraestructura se toman echándolas, prácticamente, a la suerte con estudios de factibilidad muy limitados.

Por ello, otra ventaja del enfoque aquí propuesto es que permite disminuir la incertidumbre de las decisiones usando medidas alternativas que no derivan de encuestas si no de otro tipo de estudios menos costosos y que, incluso, pueden hacerse de manera personal como los estudios de velocidades, recorridos y demoras.

Aunque los resultados no son tan certeros como los que derivarían de una encuesta, este enfoque disminuye el sesgo de elección y permite inferir resultados que de otra manera sería imposible deducir.

En efecto, con este tipo de estudios podríamos obtener el valor medio del tiempo de viaje en una ciudad o, incluso, dada la estrecha relación del tiempo de transporte con la infraestructura y la contaminación, inferir variables de corte ambiental y medidas de sensibilidad entre las condiciones de rodamiento y su nivel de utilización.

En los siguientes capítulos se realiza este esfuerzo para la Zona Metropolitana del Valle de México con la intención de comprender un poco más los efectos del sistema de transporte en los habitantes de la misma.

Esto nos dará un poco más de certeza en la elaboración de políticas de comando y control para el logro de la sustentabilidad de la ciudad, al igual que en la toma de decisiones para la construcción de infraestructura de transporte que refuerce este objetivo en horizontes temporales más largos.

Capítulo 3

El Sistema de Transporte en la Zona Metropolitana del Valle de México

La importancia del espacio físico en la comprensión de los problemas de transporte que aquejan a una metrópoli es, tal y como se ha mostrado ya, esencial para desentrañar la dinámica de comportamiento del sistema de transporte de las ciudades a la luz de este nuevo enfoque teórico.

Por ello, con la intención de comprender el sistema de transporte de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la problemática que enfrenta y las herramientas con que se cuenta para solucionarla, se debe comenzar por describir, brevemente, las características centrales de esta metrópoli.

Adicionalmente se revisan las bases de datos que sustentan las tomas de decisión en la ciudad y los distintos estudios y análisis llevados a cabo a fin de entender su comportamiento.

Por último, en este capítulo se da cuenta del comportamiento general del sistema de transporte megalopolitano, sustentado en datos que se estimaron haciendo uso de los estudios de “velocidades, recorridos y demoras” con que cuenta la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal (SETRAVI).

3.1. Características principales de la ZMVM

En principio es importante señalar que la Zona Metropolitana de Valle de México (ZMVM) es el principal centro político, económico, social y cultural de México, lo que genera enormes presiones urbanas en su



Universidad Nacional
Autónoma de México



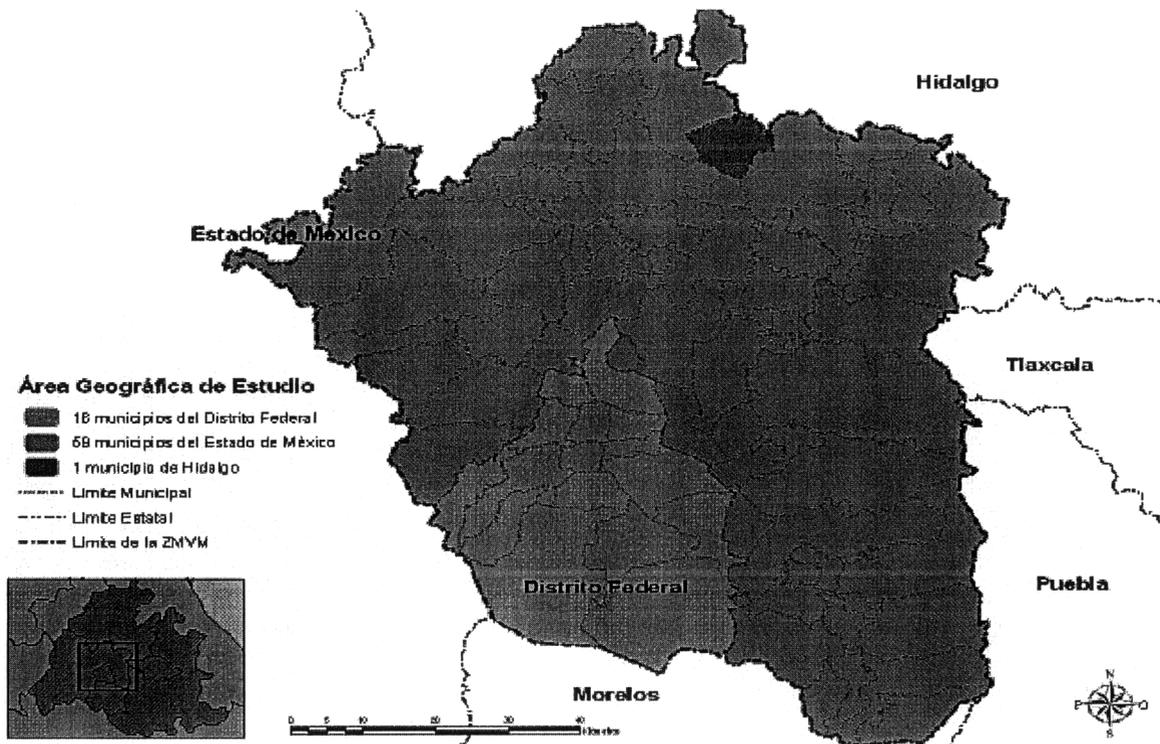
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Figura 3.1: Delimitación de la Zona Metropolitana del Valle de México.



entorno.

En efecto, este papel central en la vida nacional afecta de manera importante el nivel de vida de su población, resultado, que en gran medida, se debe a la concentración de la mayor parte de las actividades en un espacio geográfico tan reducido.

Su territorio ocupa una superficie de más de 741 mil hectáreas, lo que representa, apenas el 0.37 % de la superficie total del país.

En esta superficie tan reducida se asientan, según datos del INEGI (2006), 19,239,910 habitantes, distribuidos en 59 municipios del Estado de México, 16 delegaciones del Distrito Federal y un municipio de Hidalgo (figura 3.1¹).

Adicionalmente, su situación geográfica no ayuda ya que se encuentra localizada sobre una cuenca (y no en un valle, como se piensa comúnmente) rodeada de montañas de tipo volcánico, con zonas boscosas al oeste, sur y este y vientos dominantes del noreste, a una altura de 2,240 metros sobre el nivel del mar.

¹Mapa obtenido de Heibenschutz y otros (2007)

Es importante indicar la trascendencia de esta situación ya que el hecho de que esta zona se encuentre en una cuenca semi cerrada que permite vientos de esta naturaleza, dificulta la adecuada ventilación de la atmósfera, la libre circulación del viento y, por lo tanto, la dispersión de los contaminantes.

Además, la altura a la que se encuentra ocasiona que el contenido de oxígeno sea 23 % menor al del nivel del mar lo que provoca que el proceso de combustión en los vehículos automotores sea menos eficiente, ocasionando que las emisiones vertidas a la atmósfera sean mayores que las que se presentan en lugares de menor altura.

Esta fuerte concentración poblacional y los problemas generados por la situación geográfica del territorio se traducen en fuertes presiones sobre la demanda de servicios de salud, de educación, de agua, de obra pública y de transporte, entre otras cosas, lo que presiona fuertemente sobre su entorno (Heibenschutz y otros, 2007; SETRAVI, 2000d).

Esta situación se agrava aún más por la dinámica de sus asentamientos, caracterizada por la expulsión poblacional del centro del Distrito Federal hacia los municipios metropolitanos del Estado de México y de Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala.

Lo que significa una transferencia de las presiones derivadas del crecimiento, del centro hacia la periferia, además de que incrementa las presiones sobre el sistema de transporte al aumentar, de manera importante, la longitud de los viajes y, por tanto, el tiempo medio de los mismos.

En efecto, la distribución tan desordenada del uso del suelo, amén de las condiciones subóptimas en que se presenta (Heibenschutz y otros, 2007; SETRAVI, 2000d), genera zonas habitacionales cada vez más alejadas de las zonas de actividad y empleo.

Además, este comportamiento se refuerza por el encarecimiento de la vivienda cerca de dichos centros de actividad y por la construcción de zonas habitacionales económicas en las zonas marginales de la ciudad, lo que implicará que las personas se alejen cada vez más de sus trabajos debiendo recorrer una distancia cada vez más grande para llegar a ellos, lo que genera un círculo vicioso que complica cada vez más la vida de los habitantes en la Zona Metropolitana del Valle de México y sus alrededores.

Y, es que, los incentivos generados por los gobiernos involucrados en la dinámica de la ciudad refuerzan estos comportamientos indeseados mediante incentivos perversos que premian el uso del automóvil particular, permiten el desorden del transporte público, no garantizan ni la seguridad ni la integridad física de los usuarios de dichos medios de transporte y promueven la expulsión de población del centro de la ciudad no sólo a las zonas marginales de la metrópoli si no incluso fuera de ella a lugares como Cuernavaca, Morelos,

Figura 3.2: Ruta de expansión de la Zona Metropolitana del Valle de México.



Metepc, Estado de México e incluso hasta Pachuca, Hidalgo.

Por lo tanto, es responsabilidad de todos los actores involucrados generar los incentivos adecuados para moderar y refrenar estos comportamientos irracionales (desde el punto de vista social y ambiental) mediante el uso de mecanismos fiscales “verdes” que aminoren las distorsiones distributivas que generan los impuestos sobre gasolina, tenencia y sobre algunas vías, la optimización de la infraestructura de rodamiento existente, la construcción de medios alternativos de transporte eficaz y eficiente y, por último, a través de la regulación coordinada y responsable del uso del suelo y del precio de los mismos.

Adicionalmente es importante contar con herramientas adecuadas para la toma de decisiones que permitan discriminar entre opciones alternativas para elegir aquellas que ayuden a corregir las tendencias perversas encontradas en esta urbe con un costo económico mínimo.

3.2. Principales fuentes bibliográficas para la toma de decisiones en la ZMVM

El problema consiste, como se verá en este apartado, en que el desarrollo de las herramientas teóricas adecuadas para sustentar las tomas de decisión en la ZMVM se encuentra, todavía en pañales, debido a que la información en que se basa su desarrollo, usualmente, está muy fraccionada o es contradictoria o ya es obsoleta (como la que se encuentra sustentada en la Encuesta Origen-Destino realizada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en 1994).

En México es difícil (por no decir imposible) localizar bases de datos ordenadas de variables de transporte a nivel ciudad. Lo único que existe de estas características es la información que maneja INEGI en su banco de Información Económica, en donde se pueden localizar datos ordenados sobre el número de vehículos registrados en circulación, la forma cuantitativa de operar del transporte público de pasajeros en la entidad de estudio y la utilización del Sistema Colectivo Metro.

Fuera de esta información no hay nada similar a bases de datos ordenadas, a menos claro que se considere la Encuesta Origen-Destino de 1994, lo que es un indicio de la dificultad de contar con información suficiente y confiable para el diseño de políticas de transporte adecuadas.

En efecto, las bases de datos descritas no son suficientes para elaborar un diagnóstico correcto que sustente la toma de decisiones en esta materia para la ZMVM y, aunque lo fueran, existen fuertes dudas sobre la calidad

de dicha información.

De ahí, que para la obtención de cualquier dictamen que sustente la elaboración de un paquete de políticas que incentiven comportamientos racionales adecuados de los usuarios del sistema metropolitano de transporte, debamos de hacer uso de las diversas fuentes bibliográficas que se encuentran en las páginas de las instituciones involucradas con el desempeño de la megalopolis, en este aspecto.

El problema de hacer uso de este tipo de información es, de nuevo, su fragmentación, su falta de continuidad y su calidad, lo que dificulta mucho el trabajo de investigación. Y como muestra basta un botón, la media de viajes diarios en la Ciudad de México reportada por SEMARNAT (2006), con la que reporta la misma fuente en SEMARNAT (2004) y la que reportaba la SETRAVI en su página, hasta hace poco, en su sección numeralia son totalmente inconsistentes y no tienen nada que ver los unos con los otros.

Adicionalmente, gran parte de los estudios de diagnóstico para sustentar acciones concretas, ya no sólo la publicación oficial de datos, están plagados de información y afirmaciones distorsionantes que pretenden sustentar las acciones recomendadas en el documento, a pesar de la obvia falsedad de las mismas.

Como ejemplo, se deben considerar algunos estudios como los que se muestran a continuación: SETRAVI (2000d) y GDF (2002), en los cuáles se analiza la situación de la ZMVM a la luz de la situación prevaleciente en la ciudad en ese entonces y se recomienda la construcción de infraestructura como la solución de los problemas que aquejan a la metrópoli.

Es tal la confusión existente en estos estudios y tan distorsionada la información en que se sustentan los resultados de los análisis que, en particular, en la parte final de GDF (2002) se sostiene que, el tráfico inducido como resultado de la construcción del segundo piso del periférico es una de sus principales ventajas.

En lo que respecta al estudio de SETRAVI (2000d) se sugiere la construcción de una gran cantidad de vías y circuitos derivado del hecho de que la motorización en la Ciudad de México se ha acrecentado de manera importante y a que las distancias de los viajes también lo han hecho por el proceso de expulsión de las zonas habitacionales.

En ambos casos, tal y como se mostró en el capítulo anterior, la solución de la enfermedad que aqueja a la Ciudad es la misma que la que la provocó, ¡más vías que permitan viajes más largos!

Pero este tipo de afirmaciones no sólo se circunscriben a este tipo de análisis, ya que se repiten en estudios de índole urbana aunque de distinta naturaleza como es el caso del Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México publicado por la Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos (COMETAH, 2001) en donde se encuentra la siguiente afirmación:

Los flujos transmetropolitanos que necesariamente cruzan la ZMVM hacen prioritaria la construcción de vialidades troncales en la periferia metropolitana que además, darán accesibilidad a las nuevas zonas de desarrollo.[p. 111]

Párrafo que es muestra clara de la miopía de los enfoques vertidos respecto al sistema de transporte en la ZMVM y que se encuentra claramente alineado con los objetivos políticos del gobierno del Distrito Federal en turno.

En contraposición a estos estudios, algunas instituciones del sector privado, académicos y universidades han aportado elementos para desmentir las afirmaciones hechas en estos.

En este sentido, destaca en primer lugar, el estudio elaborado por el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) en el que se critican abierta y directamente las conclusiones de los textos anteriores. Sin embargo este estudio (CESPEDES, 2003) no es más que una mera exposición teórica de elementos que sustentan la posición contraria de las afirmaciones vertidas en los estudios institucionales, además de ser un resumen de las ideas vertidas por Cervero (2001, 2000); Cervero y Hansen (2000) y Litman (2004).

Es de reconocer, también, el esfuerzo compilatorio que se lleva a cabo en el texto de Islas (2000) y el mosaico temático presentado en el texto de Garza (2000).

Ambos textos, elaborados por investigadores nacionalmente reconocidos en esta área, destacan por el enorme trabajo que en ellos se contiene. Así, la obra de Islas (2000) muestra una gran cantidad de datos urbanos de toda índole para la ZMVM, aunque principalmente referidos al transporte, que fueron recopilados y ordenados partiendo de muy diversas fuentes, lo que supone un enorme esfuerzo.

Por otro lado, el texto de Garza (2000) es un mosaico diverso de temas sobre la megalopolis así como de académicos e investigadores que los tratan, lo que nos da una visión muy completa y llena de riqueza sobre la ZMVM. Por ejemplo, en el capítulo séptimo del texto el autor colocó un trabajo de Boris Gritzbold, en donde el autor hace un intento para modelar la dinámica de los viajes por delegación en el Distrito Federal, lo que hace que el texto sea de un gran interés; sin embargo, los resultados obtenidos son cuestionados inmediatamente por el hecho de que las fuentes de información usadas son INEGI (1995) y el comportamiento de la dinámica poblacional estimada por CONAPO.

Aquí, es importante reiterar esta limitación, ya que a pesar de que el trabajo es muy interesante e incluso excepcional, los datos usados para la estimación (INEGI, 1995) ya se encuentran obsoletos, debido a que la ciudad ha cambiado, en este periodo, su estructura radicalmente, de tal manera que la información reportada



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

en éste ha dejado de ser consistente con la realidad que viven los habitantes de la ZMVM. Como ejemplo, tomemos el caso de la delegación Cuauhtémoc, que era la mayor atractora de viajes de trabajo en 1994 y que ahora ha perdido ese papel, como resultado de la creación de nuevos asentamientos atractores de actividad, como es el caso de Santa Fe en Cuajimalpa, que ha sido objeto de profundas transformaciones urbanas durante los últimos años.

Adicionalmente a estos trabajos, se encuentran algunos de corte institucional, elaborados para la ZMVM o parte de ella, como los de Dodder y Mijares (2004), Noland (2004) y Petersen (2004) cuya intención es evaluar el efecto de las reformas institucionales en el sistema de transporte de la ZMVM y obtener lecciones de las mismas.

En general, la batería de estudios en materia de transporte para la metrópoli en cuestión es bastante limitada y muy poco confiable, debido a la debilidad inherente de las bases de datos con que se cuenta, su complejidad para el manejo y su obsolescencia.

Se puede, entonces concluir que, cualquier estudio serio a este respecto, en términos de planeación o evaluación, está condenado al fracaso como resultado de las limitaciones y debilidades del sistema de información de la ZMVM.

Sin embargo, esta situación no es excepcional y de hecho es el común denominador en la la mayor parte de los países del orbe, y de hecho, tan sólo podríamos exceptuar, quizá, a los Estados Unidos, al Reino Unido y a algunos países europeos como Alemania.

3.3. Naturaleza de los Datos Usados y Evidencia Empírica

La complejidad inherente al manejo de datos en la ZMVM derivó en la necesidad de construir variables alternativas que permitiesen obtener datos relevantes para comprender la dinámica de comportamiento del sistema de transporte local y sus características centrales.

Para ello se recurrió directamente a la SETRAVI y se solicitaron todos los estudios existentes, encontrando que sólo se habían hecho tres estudios formales (de aforos radar, de velocidades recorridos y demoras, de tránsito vehicular, etc) para estimar las condiciones de tráfico en la Ciudad de México: SETRAVI (2003b, 2000b), SETRAVI (2003c, 2000c) y SETRAVI (2003a, 2000a), todos en CD.

Adicionalmente se me entregó impreso un estudio de volúmenes de tránsito (SETRAVI, 1998), el cuál sólo contiene aforos direccionales que sirven para medir el volumen de tráfico por tipo de vehículo, éstos son

de bastante utilidad para estimar modelos de transporte fundamentados en física de fluidos del tipo EMME/2 que son modelos de optimización basados en principios y teoremas físicos como el principio de Wardrop, que afirma que:

Los tiempos de viaje en todas las rutas realmente utilizadas son menores o iguales que los que requeriría un usuario en cualquier ruta no utilizada.

Lo cual significa que las rutas utilizadas por los usuarios son las más cortas en tiempo bajo las condiciones de tráfico prevalecientes.

Este modelo asume que cada usuario busca minimizar su tiempo de viaje, asignando usuarios a las rutas hasta encontrar un flujo de equilibrio, el cual se logra cuando la asignación de flujos a los arcos es tal que cada usuario asignado a la red no puede cambiar su ruta sin incrementar su costo de viaje (algo así como un equilibrio de Pareto para el transporte).

El modelo de optimización del sistema tiene como objetivo la minimización del tiempo total de viaje dentro del mismo. Este modelo obtiene una asignación de flujo que minimiza el tiempo total de viaje en toda la red. En esta asignación, ningún usuario puede cambiar de ruta sin incrementar el tiempo total de viaje del sistema, aunque sí puede disminuir su propio tiempo de viaje. Por lo tanto, si con base en este modelo se asigna una ruta a cada usuario y éste la respeta, la congestión se minimiza ².

Por lo tanto, no es de sorprender que los datos sean tan densos y difíciles de manejar ya que cada medición debe conllevar al menos tres tipos de vehículos (carga, particular y pasajeros) subdivididos cada uno en cuatro (de acuerdo al segmento de cada tipo de vehículo) y cada uno de estos cuatro presenta mediciones para las 8 direcciones posibles (norte, sur, este, oeste, noreste, noroeste, sureste y suroeste). Estos datos se miden, además, en intervalos de 15 minutos.

Ahora bien, en lo que respecta a los datos de 2000 y de 2003, en ambos años se proporcionaron estudios de aforos vehiculares, de aforos radar y de velocidades, recorridos y demoras, sin embargo, la confiabilidad de los datos y la metodología utilizada en cada uno de estos estudios difieren enormemente, lo que dificulta su manejo.

En el caso de 2000 los datos de velocidades, recorridos y demoras se hicieron un día cualquiera de noviembre, a cualquier hora de la mañana y sólo para autos particulares, mientras que en 2003 se hicieron en tres horarios definidos (7:00 a 9:00, 9:00-12:00 y 17:00-19:00) y para distintos medios de transporte (carga,

²Para comprender de mejor manera el funcionamiento de este tipo de modelos y cómo incluir a la demanda inducida en los mismos, es recomendable revisar Al-Azzawi (2001).

particular, autobús, autobús concesionado, autobús suburbano, microbús, combi y trolebús). Además algunos de éstos se obtuvieron en distintas vías y cuando se hicieron en las mismas, se tomaron tramos diferentes, por lo que se debe considerar la distancia de cada una de las mediciones para así evitar los problemas de inconsistencia previstos.

Por otro lado, en los estudios proporcionados por la Secretaría se presentan las cédulas llenadas en el estudio por los operadores. En éstas se mide y se calcula la *velocidad de marcha promedio* y la *velocidad comercial promedio*.

La primera de estas definiciones es el promedio simple de las velocidades por tramo, mientras que la segunda es el promedio de las velocidades por tramo ponderada por el tiempo en cada tramo, lo que debe ser igual a la velocidad real de un vehículo sobre una vía si fuera a una velocidad constante y sin demoras, esto significa que el resultado debe ser compatible con el concepto físico de velocidad, el cuál se definió en el primer capítulo del texto. Además, debido a que el tiempo utiliza unidades diferentes se debe estandarizar a un modo decimal que nos permita trabajar homogéneamente con él.

Para evitar el sesgo temporal que conllevan las distintas metodologías de estas dos bases de datos se revisaron cada una de las cédulas, las cuáles reportan los tiempos de recorrido en cada vía por tramo, haciendo señalamientos explícitos a la existencia o no de demoras y su origen. Adicionalmente, se localizaron las fechas específicas de la elaboración del recorrido y la hora en que se había comenzado el mismo para así establecer un patrón de comparabilidad entre las vías compartidas entre los estudios de 2000 y de 2003.

Con este método se lograron obtener matrices unificadas de datos de aproximadamente 84x100 en donde se encuentran contenidos la distancia de cada medición, la VCP y la VMP, al igual que el sentido de cada vía, para 2000 y 2003.

Del mismo modo se obtuvieron matrices de igual magnitud en donde se presentan las varianzas, las desviaciones estándar y el coeficiente de variación con respecto a la VMP y a la VCP.

El coeficiente de variación es una medida relativa de dispersión, en donde la dispersión esta dada como proporción de la media, por tanto mientras mayor es el índice mayor es la dispersión. En términos algebraicos el coeficiente de variación se define:

$$CV = \frac{s}{\bar{X}}$$

En donde CV es el coeficiente de variación que iguala a la razón de la desviación estándar muestral(s)

entra la media muestral (\bar{X}).

Algunos autores llaman a este indicador “fiabilidad” ya que mientras mayor sea este menor es la fiabilidad o la confianza de que uno llegue a la hora planeada al lugar de destino, por que la varianza en una vía esta correlacionada directamente con la incertidumbre de la misma.

Por último se obtuvo un indicador al que se denominó tiempo por kilómetro, que se refiere al tiempo promedio en que un cierto vehículo o medio recorre un kilómetro, lo cuál es un indicador del costo por kilómetro implícito en la decisión de un agente para tomar cierto medio. Este indicador sólo puede ser estimado con la VCP ya que es un concepto físico, que se desprende de la definición física de velocidad, por lo que, si:

$$V = \frac{D}{t}$$

entonces:

$$\frac{1}{V} = \frac{t}{D}$$

Si la estimación de este indicador es correcta nos indicará la preferencia implícita de los agentes por cierto medio de transporte sujeto a la minimización del tiempo del mismo y por ende a la búsqueda de una caída en sus costos tanto económicos como no económicos.

Todos estos resultados se presentan gráficamente en las figuras mostradas en el apéndice A , en donde se observa, sobre todo en éste último indicador una gran consistencia con lo que acontece en la ZMVM.

Cabe decir, que la mayor parte de los datos se presentan en boxplots en donde vemos qué tan dispersas se encuentran las observaciones y dónde se centran los datos (mediana), junto con la situación de la observación más grande y la más pequeña y de los cuartiles superior e inferior.

Sin embargo, me gustaría centrar la atención en las gráficas de barra que se presentan casi al final y que representan el tiempo promedio por kilómetro de acuerdo al tipo de medio. El resultado es bastante sugerente, las preferencias, de los agentes en la ciudad de México están fuertemente sesgados hacia el medio al que menos tiempo le lleva recorrer un kilómetro, claro haciendo abstracción de las preferencias hedónicas de los usuarios.

Lo que se encuentra es que no existe un solo medio de transporte que pueda sustituir, en términos de tiempo, al automóvil particular, ya que los diferenciales de tiempo entre éste y los demás son considerables y ahora con las nuevas vías (segundo piso) esta tendencia se debió de agudizar.

La pregunta entonces sería ¿cómo minimizar los diferenciales de tiempo para inducir cierta demanda hacia medios alternativos al automóvil particular? ¿Estos datos nos indican que los medios públicos de transporte con que se cuenta en la ciudad son ineficientes o que simple y sencillamente ya no son funcionales?

Las respuestas a estas preguntas dependen del costo marginal de disminuir las brechas de tiempo entre el automóvil particular y los restantes tiempos de transporte, de su rentabilidad y de los beneficios sociales reportados por este hecho.

El modelo propuesto en este texto, permite, precisamente, estimar estas variables, ya que aunque se cuenta con las mediciones respectivas de Aforo Radar y de Volúmenes de tráfico, la debilidad inherente de la muestra obtenida y las enormes variaciones, producto de las condiciones intrínsecas del sistema de transporte (Véase capítulo 2), impiden obtener datos confiables de las mismas.

Sin embargo, la metodología propuesta, que se explicará en el capítulo siguiente, permite resolver los cuestionamientos planteados evitando hacer uso de dichas fuentes de información y de encuestas de origen-destino, lo que la hace una metodología muy valiosa para la toma de decisiones en materia de política económica de transporte.

Capítulo 4

Estimaciones para la ZMVM

Para comenzar a explicar los resultados obtenidos con la aplicación del modelo propuesto, es importante recordar que a lo largo del texto se ha mostrado que los agentes distribuyen su tiempo sujetos a distintas restricciones tanto de corto como de largo plazo, lo que implica que cualquier desviación de tiempo sobre dicha distribución *óptima* genera un costo para el agente en cuestión, en particular en el corto plazo.

Esta observación nos permitió derivar el concepto de tiempo mínimo¹ en contraposición con el de tiempo *real*.

La diferencia de ambas medidas, de acuerdo a lo hasta aquí expuesto, representa el costo o beneficio individual y social, derivado de unas condiciones subóptimas de rodamiento en la ZMVM. Y sobre este punto versan los tres primeros apartados del presente capítulo, ya que en el primero de ellos se dará cuenta de la dinámica de comportamiento del transporte en la Ciudad de México, en donde la dinámica de crecimiento de la misma y el modelo de bienestar seguido ha impulsado el incremento excesivo del parque vehicular en tan sólo tres años, generando efectos adversos sobre el nivel de tráfico de la ciudad y el tiempo medio de transporte de sus habitantes, lo que afecta directamente la calidad de vida de los habitantes de la urbe.

En efecto, los resultados del primer apartado indican que el crecimiento excesivo del parque vehicular ha sido el responsable, en gran medida, del enorme incremento del tiempo medio de viaje de los habitantes de la metrópoli, sin embargo, la forma en que se organiza la infraestructura de la ciudad afecta también de manera importante el desempeño del transporte en la misma, tal y como se mostró en el primer capítulo del

¹Ya sea en condiciones óptimas de circulación, es decir, cuando el agente considera las condiciones de tráfico medias, para el cual utilizamos el concepto de *velocidad media* o, en condiciones físicas óptimas.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

texto. Sobre esto último versa el segundo apartado del capítulo, en donde se observan los efectos que sobre la desviación del tiempo de los usuarios tienen los distintos elementos que conforman la infraestructura de una vía determinada, lo cual depende en gran medida de factores logísticos, así como legales.

Todas estas ineficiencias, tanto el incremento irracional del parque vehicular así como las condiciones subóptimas de rodamiento, tienen importantes costos sociales, ya que afectan a la salud de los habitantes debido a sus importantes efectos sobre los niveles de emisiones a los que se exponen. Para realizar esta estimación, en el tercer apartado del presente capítulo, se utilizó el Inventario de Emisiones, 2002 (SEMARNAT, 2006) y las tablas de la EPA que se presentan en el documento de la *Texas Commission on Environmental Quality* (TECQ, 2006), con los que se obtuvo el costo de las ineficiencias, en términos de emisiones de NO_x , y se realizó una primera estimación de pendularidad en la metrópoli.

El contenido de estos tres apartados muestra que con tan sólo desincentivar el uso excesivo de los vehículos privados y optimizar las condiciones de rodamiento en la ciudad, mediante mejoras en la infraestructura y en la legislación y su aplicación, se puede aminorar el costo social del transporte, no sólo en términos de tiempo sino que también en términos medioambientales y de salud.

Pero esto no es suficiente, ya que la existencia de condiciones de rodamiento óptimas, implica el crecimiento cada vez más acelerado del parque vehicular, si dicha mejora no se acompaña de una política de incentivos que induzca a los ciudadanos a hacer uso de medios públicos y masivos de transporte.

Para delinear una política de transporte eficiente que induzca este comportamiento, se deben conocer los costos económicos sociales del tiempo invertido en medios de transporte menos efectivos con la intención de seleccionar proyectos de infraestructura que generen beneficios sociales o, en su defecto, diseñar estructuras de subsidio o impositivas de compensación del costo social.

Estos cálculos se muestran en el cuarto y último apartado de este capítulo, en donde se observa un comparativo del valor del tiempo en la Ciudad de México, respecto al obtenido por otros autores para otras ciudades, el costo promedio diario del tiempo usado en transporte por los habitantes de la metrópoli, así como el costo de oportunidad del uso de medios de transporte público en la ciudad con respecto al automóvil particular.

Por último se hace un comparativo entre la variación del costo de oportunidad en la ZMVM y los presupuestos del Gobierno del D.F. destinados a mejorar el medio ambiente en la ciudad y la infraestructura de la misma durante los años del estudio. De igual manera se hace un comparativo entre el costo de oportunidad y el PIB de la Ciudad. De ambos cuadros se concluye que los esfuerzos del Gobierno del Distrito Federal han sido insuficientes e, incluso, explican en gran medida el rezago que en este aspecto muestra la Ciudad de

México.

4.1. Dinámica de comportamiento del transporte

Se comienza este apartado llamando la atención sobre el comportamiento del parque vehicular en la ZMVM, el cuál, tal y como se observa en la Figura 4.1, ha crecido de manera casi constante, al menos desde 1996 a la fecha.

Es importante notar que los pequeños decrecimientos en la dinámica de la variable estudiada están fuertemente correlacionados con episodios de desaceleración económica, como el que tuvo lugar en 1995 y el pequeño descenso de 2003. Esto indica que los habitantes de la Ciudad de México tienden a gastar sus excedentes económicos de los años de bonanza en vehículos, ya sea por una cuestión de estatus o porque el ahorro de tiempo derivado de la posesión de un coche es considerable.

Sea como sea, lo importante es que a una variación en la tasa de crecimiento de la urbe, le corresponde una variación proporcional en el mismo sentido de la cantidad de vehículos que se añade al parque automotor de la ciudad.

La correlación de ambas variables se verifica fácilmente si se observa la dinámica del nivel de actividad que tuvo lugar tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México² y que se muestra en la Figura 4.2.

Estos elementos, junto con el hecho de que la población se incrementó durante el periodo analizado y que hubo un crecimiento relativo de la infraestructura vial muy pequeño, se ha traducido en aumento importante del número de viajes diarios, como resultado de la naturaleza derivada del transporte, tal y como lo muestra el hecho de que la tasa media de crecimiento del volumen de tránsito que circulaba en las principales vías de la ciudad en 2003 era de 0.3 %, ya que se pasó de 2.060 millones de vehículos diarios a 2.065 millones, lo que implica que el promedio de circulación por vía pasó de 11,453 a 11,487 vehículos promedio diario.

Estos datos sustentan los resultados mostrados en el capítulo anterior, cuya agregación nos indica que la velocidad media de los autos particulares disminuyó en 15 km por hora, al pasar de 39.7 km por hora en el año 2000 a 24.6 km por hora para 2003, de igual manera, la disminución en la velocidad comercial promedio³ pasó de 29.7 km por hora en 2000 a 18 km por hora en 2003, un diferencial de 11.7 km por hora.

En lo que se refiere a los diferenciales entre las velocidades medias y las ponderadas, éstos disminu-

²se utiliza el PIB de ambas entidades como un proxy del nivel de actividad de la metrópoli, ya que no se encontró la medición de crecimiento sólo para la ZMVM.

³Que, recordemos, es la media ponderada de la velocidad por el tiempo en cada segmento de vía

Crecimiento del Parque Vehicular en la Zona Metropolitana del Valle de México
(Por tipo de Vehículo)
1990-2003

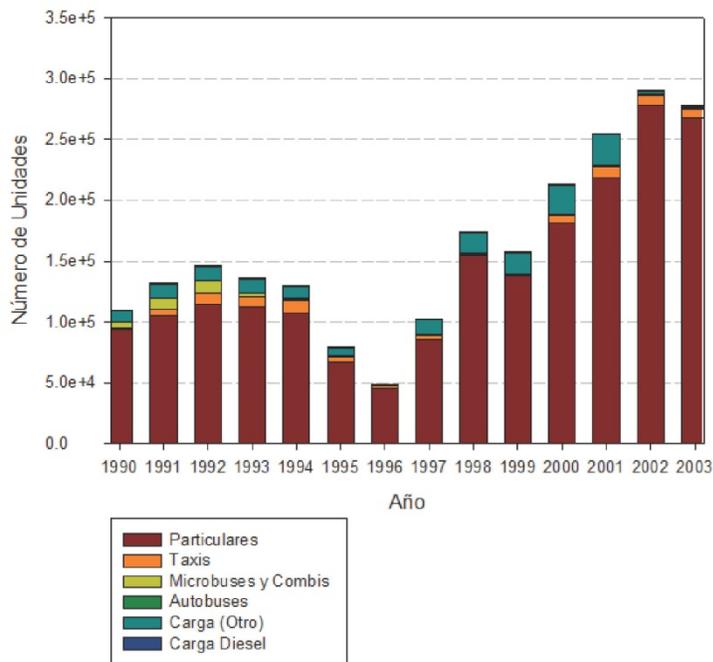


Figura 4.1: Fuente: SEMARNAT (2004)

Producto Interno Bruto del Distrito Federal y del Estado de México
(1993-2004)
Precios Constantes de 1993



Figura 4.2: Fuente: INEGI (Varios años)

yeron para cada año, ya que, mientras que para 2000 fueron de 10 km. por hora, en 2003 sólo fueron de, aproximadamente, 6.6 km. por hora.

En términos de tiempo, estas diferencias implican que en el año 2000 cada kilómetro se recorría en, aproximadamente, 1 minuto 30 segundos mientras que para 2003 la misma distancia se recorría en 2 minutos 26 segundos, un diferencial de 56 segundos. En lo que respecta al tiempo de recorrido de un kilómetro derivado de la velocidad comercial, en 2000 un kilómetro se recorría en 2 minutos 1 segundo mientras que en 2003 se hacía lo mismo en 3 minutos 33 segundos. Con estos resultados es fácil calcular los diferenciales entre 2000 y 2003, los cuales ascendieron a 56 segundos para la velocidad media y a 1 minuto 32 segundos para la velocidad comercial promedio.

De hecho, la entre el parque vehicular estimado y la velocidad media de circulación es de -0.715 más lenta por cada unidad móvil añadida. Esto implica que si se incrementa en 1% el parque vehicular, la velocidad media de circulación entre el "óptimo" al que los individuos consideran que debieran circular dadas las condiciones de rodamiento de la ciudad y al que realmente circulan decrece en 0.7%.

Si se realizara el ejercicio usando el óptimo físico se obtendría el costo de este factor como elasticidad de distancia y tiempo, lo que sería un indicador mucho más eficiente del costo neto total de las condiciones de rodamiento de la ciudad. Aún así, el dato es muy sugerente y nos permite visualizar el costo de esta decisión en el horizonte de valoración de las familias que habitan en la ZMVM.

Entonces, tanto las medidas de velocidad como las de tiempo, nos indican un fuerte deterioro de las condiciones de tráfico en la Ciudad de México, porque, aunque los diferenciales entre las medidas de media simple y comercial disminuyeron, al menos para los vehículos particulares, ambas se alejaron del óptimo físico deseado⁴.

La implicación es que la velocidad media de circulación se aleja cada vez más del óptimo físico de traslado acercándose cada vez más a la medición de velocidad comercial promedio. Esto significa que el transporte en la ZMVM es cada vez más ineficiente debido al incremento irracional del parque vehicular y que de seguir así pronto se alcanzará un nivel muy elevado de saturación en vías, lo que significa una presión muy importante sobre el bienestar de los habitantes de la zona.

Sin embargo, no se debe olvidar que otro elemento muy importante que sustenta la forma en que se organiza el sistema de transporte en la ciudad es la infraestructura, tal y como se mostró en el primer capítulo del texto, lo que será abordado en el capítulo siguiente en donde se pondrá de manifiesto la importancia de

⁴Las equivalencias de tiempo para velocidad son importantes debido a la estimación de la valoración del tiempo de los usuarios.

estos elementos.

4.2. Efectos cualitativos de la infraestructura del transporte

Para comprender los efectos que sobre la desviación del tiempo de los usuarios tienen los distintos elementos que conforman la infraestructura de una vía determinada, se procesó, una vez más, la matriz de tiempos obtenida en el capítulo anterior y se le añadió una matriz que recoge las condiciones principales de rodamiento por vía.

Con estos datos se estimó un modelo acorde a lo sugerido por Washington y otros (2003), con el que se obtuvo el efecto específico de los principales factores cualitativos que explican los diferenciales de tiempo que se verifican entre las principales vías que conforman la dinámica de transporte en la Ciudad de México.

Los modelos obtenidos se presentan a continuación comenzando por el modelo que explica los elementos cualitativos de la infraestructura que afectaron significativamente a la velocidad comercial promedio a la que circularon los vehículos durante el año 2000:

$$\widehat{VCP}_{2000} = 244,891 - 21,0579 \text{DECARR} - 15,0949 \text{MEDTRANS} - 1,45565 \text{D2000}$$

$(5,700) \quad (-2,332) \quad (-1,885) \quad (-2,886)$

$$T = 50 \quad \bar{R}^2 = 0,1528 \quad F(3, 46) = 3,9454 \quad \hat{\sigma} = 39,413$$

(entre paréntesis, los estadísticos *t*)

Y para el caso del tiempo medio derivado de la velocidad comercial promedio en el año 2003, se encontró que:

$$\widehat{VCP}_{2003} = 261,160 - 62,3666 \text{DECARR} + 112,449 \text{CARRLAT} + 202,395 \text{SEM}$$

$(3,571) \quad (-3,633) \quad (2,768) \quad (4,350)$

$$- 40,5748 \text{MEDTRANS}$$

$(-3,055)$

$$T = 79 \quad \bar{R}^2 = 0,3083 \quad F(4, 74) = 9,6915 \quad \hat{\sigma} = 90,427$$

(entre paréntesis, los estadísticos *t*)

Con estas ecuaciones se explica el origen de las diferencias cualitativas entre los tiempos medios por kilómetro en las distintas vías estudiadas. Cabe decir que, aunque en el modelo se añadieron más de 20 variables diversas, sólo fueron significativas las variables arriba presentadas, que son la desviación estándar de los carriles (DECARR), la existencia o no existencia de carriles laterales en las vías (CARRLAT), la existencia o no de semáforos (SEM), la cantidad de medios de transporte que circulan en cada vía (MEDTRANS) y la distancia de las vías analizadas para cada año (D2000 y D2003 (aunque esta no fue significativa)).

Los parámetros del modelo indican el incremento o decremento en segundos del tiempo *comercial* por kilómetro de acuerdo a la existencia o no existencia de los elementos que componen la vía. Por ejemplo, el tiempo comercial promedio en la ciudad es de, aproximadamente, 261 segundos por kilómetro para 2003, sin embargo, si la vía posee semáforos, el tiempo comercial promedio de la misma se incrementa en 202 segundos por kilómetro.

Es interesante notar que, de acuerdo al modelo, para el tiempo comercial promedio de la ciudad en ambos años, la dirección y el sentido no fueron relevantes, lo que puede corroborarse fácilmente en los gráficos mostrados en el capítulo anterior, en donde se observa que las velocidades en cierta dirección en la mañana son aproximadamente las mismas que las de los horarios medios y vespertinos en el sentido contrario.

Por desgracia, los modelos en sí mismos presentan algunos problemas de especificación que podrían eliminarse si se les añadiera alguna variable proxy del comportamiento de algún inductor de vía, sin embargo, para la ZMVM no se encontraron variables que nos pudiesen servir para capturar de manera aproximada estos comportamientos.

Como ejemplo de lo antes dicho se cita el trabajo de Washington y otros (2003) en donde los autores utilizan, en su modelo, a la cantidad de población como variable proxy de inducción de tráfico para las vías principales de distintas ciudades de los Estados Unidos. En el caso de la Ciudad de México, para construir una variable proxy similar se requeriría algo así como la población asentada alrededor de cada vía en un radio determinado, lo cual se antoja difícil de encontrar, dados los datos con que se cuenta.

Aún así, el resultado del presente modelo es de gran utilidad ya que nos ayuda a comprender como afectan las condiciones de rodamiento y la infraestructura al tiempo medio de circulación en la ZMVM.

Es importante insistir en que parte de las decisiones que sobre la infraestructura hay que realizar para mejorar las condiciones de circulación de vehículos en la metrópoli van mas allá de meras decisiones de ingeniería y logística, ya que deben considerar cambios en el marco legal que incentiven el uso eficiente de la infraestructura y que, conjuntamente, aminoren los niveles de corrupción en que puedan incurrir las

autoridades que son las que vigilan precisamente, el cumplimiento de la ley.

Por ello, con el conocimiento de estos valores, se pueden tomar decisiones relevantes que sirvan para disminuir los diferenciales del tiempo medio y comercial y, por ende, que disminuyan el costo social y las emisiones contaminantes que afectan la salud de los pobladores, vía disminución del tiempo de viaje.

El costo de estas ineficiencias y sus efectos en términos medioambientales son los objetivos fundamentales del siguiente apartado.

4.3. Efectos de las ineficiencias encontradas en el nivel de emisiones de NO_x

Todas estas ineficiencias, tanto el incremento irracional del parque vehicular así como las condiciones subóptimas de rodamiento, explican, en buena medida, la variación de las emisiones contaminantes que se encuentran en la atmósfera de la Ciudad de México, sin embargo, no las explica en su totalidad, ya que la dinámica de las mismas depende, también, de:

- El nivel de tecnología de las unidades en circulación, esto se refiere tanto a la edad del parque vehicular así como a la introducción de nuevas tecnologías;
- La distancia de los viajes; y
- Las elecciones de los medios de transporte por parte de los usuarios.

En el presente apartado se centrará la atención en los dos primeros puntos enlistados, dejando el último punto para el cuarto y último apartado del presente capítulo.

Para estimar los efectos tecnológicos derivados del uso de ciertas tecnologías de emisión, *TIER1* o *TIER2* de acuerdo a los estándares definidos por la *Environmental Protection Agency (EPA)*, se partirá de las estimaciones de tiempo promedio obtenidas anteriormente, del Inventario de Emisiones, 2002 (SEMARNAT, 2006) y de las tablas de la EPA que se presentan en el documento de la *Texas Commission on Environmental Quality (TECQ, 2006)*, con lo que se obtendrán las emisiones medias por vía, por tipo de vehículo⁵ y por horario.

⁵Aunque el Tier define un cierto nivel de emisión por tipo de vehículo, éste se encuentra determinado de acuerdo a ciertas condiciones de control

El problema de esta metodología se encuentra en la obtención de las emisiones óptimas por segundo, ya que la tabla del *TIER*, que provee la *EPA* está en gramos por milla y para obtenerla en términos de tiempo es necesario conocer el caballaje de las máquinas⁶.

Aún con estas consideraciones, la media por milla se obtuvo, para el caso de los distintos vehículos automotores, haciendo pruebas a distintas velocidades, lo que nos permitiría definir una cierta velocidad media, de la cual se podría deducir la media de las emisiones. Haciendo una revisión exhaustiva de la metodología usada en dichas estimaciones se encontró que la velocidad media utilizada fue, aproximadamente de 60 km. por hora, dato que se utilizó para estimar nuestro modelo.

Además se pasaron las medidas de los estándares de gramos por milla a gramos por kilómetro y con la velocidad media óptima encontrada se calcularon las emisiones óptimas por segundo para los estándares tecnológicos descritos. Después se calculó la diferencia con respecto a las condiciones de rodamiento en la ZMVM, y, posteriormente, se hizo un estimado de las emisiones complementando los datos con el volumen vehicular del estudio obtenido de SETRAVI.

Con ello se obtiene la estimación mostrada en el gráfico de radar, en donde se observan los diferenciales entre las emisiones vehiculares de la ZMVM y las que teóricamente debieran de ocurrir, de acuerdo a la norma de emisiones que prevalezca en la ciudad.

Este diferencial es producto, en gran medida, de las condiciones subóptimas de rodamiento de la metrópoli, que es resultado del diferencial entre el óptimo físico de movilidad y la movilidad observada⁷.

La idea central detrás de esta especificación es que dadas las condiciones de la urbe, debe existir una cierta cantidad de emisiones “óptimas”, sin embargo, los rezagos del sistema hacen que nos apartemos permanentemente de éstas, elevando así el nivel efectivo muy por encima del que debiera de presentarse cuando el sistema opera correctamente.

La figura 4.4 corrobora estas observaciones, en ella se observan barras de dispersión que muestran que las mayores emisiones se presentan de manera diferenciada, de acuerdo al horario. En particular, se observa que mientras mas grandes sean las desviaciones existentes entre el tiempo óptimo y el efectivo, mayores serán las emisiones y más se alejarán del “óptimo” tecnológico (raya azul)

Además, la dispersión se hará más grande conforme la velocidad disminuya, elevando consecuentemente, los niveles de emisión de acuerdo al nivel de saturación en la red vial.

⁶Esto se revisó en distintos textos de ingeniería que lidian con el problema en cuestión

⁷Si supusiéramos, en cambio, que lo relevante es el tiempo absoluto, entonces no podríamos hacer este cálculo, ya que las emisiones óptimas de acuerdo al modelo tradicional serían igual a cero y su diferencial tendería a infinito

Distancia de las Emisiones Observadas de NO_x
con respecto a las teóricas del TIER 1
(2000 y 2003)

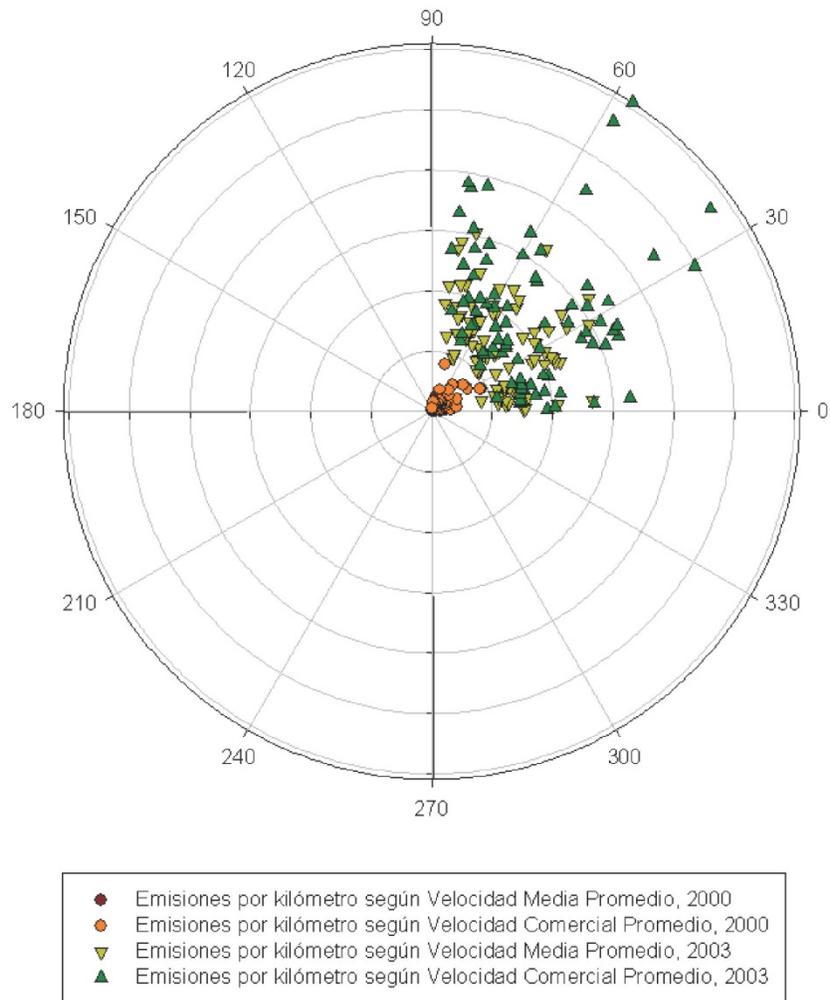


Figura 4.3: Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT (2006)

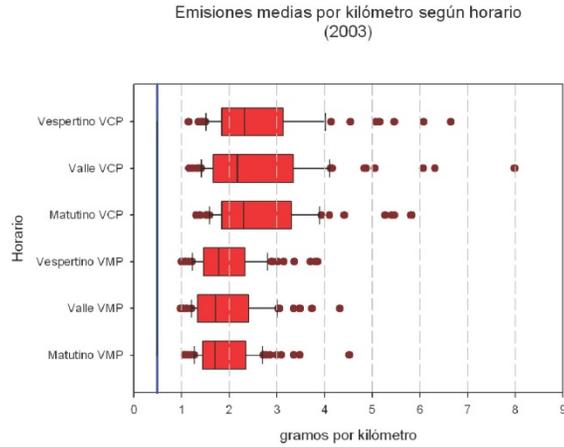


Figura 4.4: Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT (2006)

Con estas estimaciones se obtienen, entonces las emisiones diarias medias por unidad y por kilómetro recorrido. Este resultado es de suma importancia, ya que nos indica cuál es la emisión media de NO_x por cada kilómetro recorrido por vehículo, dadas las condiciones de rodamiento de la Ciudad de México.

De hecho, si nos remitimos a los resultados obtenidos vemos que, dada la tecnología existente en el parque vehicular de la ZMVM, el volumen de tráfico y las condiciones de rodamiento en la misma, por cada kilómetro recorrido se arrojaron 5,469,033 gramos de NO_x al aire de la Ciudad para el año 2002.

Ahora bien, si consideramos los diferenciales de tiempo y distancias para 2003 podemos deducir que el costo de los rezagos en el sistema para ese año, en términos de descargas de NO_x ascendió a 32,055,806.8 gramos por día. Esto es, que el 11 % de las emisiones diarias registradas en ese año fueron resultado de las ineficiencias del sistema.

Además, como producto derivado de esta estimación, se obtiene un dato de *pendularidad*, que se refiere a la media de la distancia media diaria recorrida en automóvil en la ZMVM, la cual asciende a 53 km diarios, lo que implica que el habitante medio en esta ciudad vive a, aproximadamente, 26.5 kilómetros de donde trabaja. Este resultado derivado es muy importante, ya que hasta la fecha no se había calculado este dato para la Ciudad de México.

Cuadro 4.1: Emisiones Medias Diarias, 2002.

Concepto	No de Unidades	Emisiones NO_x Medias por unidad* (g/km)	Emisiones Totales por Km.*	Emisiones NO_x Totales** (g/día)	Pendularidad* (km/día)	Emisiones Totales Diarias (g/día)	Emisiones Totales Diarias (ton/día)
Tráfico Diario Estimado	2,065,804	2.6	5,469,033	291,416,438.356	53.3	291,416,438.36	291.4
Tráfico Diario en Vías Seleccionadas	804,829		745,558		53.3	39,726,913.65	39.73

*Estimación propia

**Inventario de Emisiones, 2002

Los resultados del cuadro nos indican, entonces, cuál es el valor potencial de un kilómetro adicional recorrido como resultado de las ineficiencias del sistema vial en la ZMVM y, por tanto, es una medida del costo de oportunidad de dichas ineficiencias en términos de emisiones, en particular, en términos de NO_x .

Además, es una medida del potencial de contaminación que se puede aminorar elevando la eficiencia del sistema en cuestión, mediante desincentivos al incremento del parque vehicular y de decisiones óptimas en materia de infraestructura. Y aún se puede lograr más, ya que el cambio sería mucho más profundo, si se considera, un cambio tecnológico que estimulase la adopción de tecnología menos contaminante.

Estos resultados, se muestran en las figuras siguientes, en donde se observa que el cambio sería mucho mayor cuando se profundiza en el cambio tecnológico. Sin embargo, es importante indicar que un cambio de esta naturaleza es muy complejo y tiene implicaciones muy profundas por lo que sólo puede instaurarse en el largo plazo

Por lo tanto la búsqueda de eficiencia en el sistema de transporte, mediante las estrategias descritas, se afianza como el mecanismo más importante de corto plazo para la disminución de la contaminación en la megalópolis.

Cuadro 4.2: Sistema Actual vs Eficiente.

Estándar de Emisión	Por km. (gramos)	Mejora por km. (gramos)	Emisiones Totales Diarias (ton/día)	Mejora por día. (ton/día)	Sistema Eficiente/Actual (%)
Emisiones Totales	5.47		291.42		
Emisiones Físicas Óptimas (TIER1)	0.99	4.47	53.12	238.29	18 %
Emisiones Físicas Óptimas (TIER2)	0.14	5.32	7.75	283.66	3 %

Fuente: Estimación propia

Sin embargo, conjuntamente a estas estrategias se debe buscar incentivar el cambio tecnológico en el parque vehicular de la ZMVM y de poner en marcha políticas de corte urbano que disminuyan la pendularidad encontrada en la ciudad.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Emisiones por Tipo de Vehículo de acuerdo a Estándar de Emisión
(Estado del Sistema de Transporte de la ZMVM=2003)

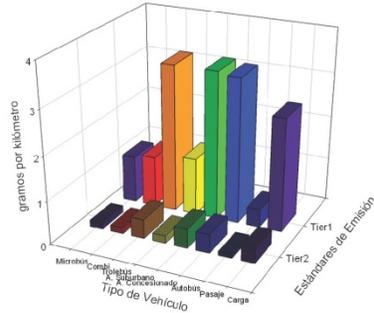


Figura 4.5: Elaboración propia

Lo que se deduce hasta esta parte es que con tan sólo desincentivar el uso excesivo de los vehículos privados y optimizar las condiciones de rodamiento en la ciudad, se puede aminorar el costo social del transporte, pero esto no es suficiente, ya que la existencia de condiciones de rodamiento óptimas, implica el crecimiento cada vez más acelerado del parque vehicular, por lo que si dicha mejora no se acompaña de una política de incentivos que induzca a los ciudadanos a hacer uso de medios públicos y masivos de transporte, sus efectos serán muy limitados y, francamente, desalentadores.

Por ello, en el siguiente apartado se estiman los costos económicos sociales del tiempo invertido en los medios de transporte públicos, con la intención de que dichas estimaciones sirvan de base para evaluar los costos y beneficios sociales de diversos proyectos de infraestructura o de instrumentos fiscales (subsidios o impuestos) de compensación del costo social, para inducir así a la combinación deseada de uso de medios de transporte en la ZMVM.

4.4. Valor del tiempo de viaje y costo de oportunidad del transporte

Conocer los costos económicos sociales del tiempo invertido en transporte en una ciudad es de importancia capital para el diseño de diversos instrumentos de política pública que sirvan de base para mejorar el nivel de vida de sus habitantes.

Esto se debe a que el conocer estos valores dota a los diseñadores de política pública de un indicador costo-eficiencia que es directamente comparable con los costos-efectivos de diversos proyectos alternativos, que compiten en términos de recursos⁸.

Así, la obtención del valor del tiempo de transporte en la metrópoli es esencial para sustentar las diversas medidas que se lleven a cabo con la intención de mejorar el nivel de vida de los habitantes de la misma, al aminorar los efectos perversos que los costos de viaje tienen en su bienestar.

La obtención de este indicador se llevó a cabo haciendo uso de la *Encuesta de Ingresos y Gastos de los Hogares*, elaborada para los años del estudio, por el INEGI (2004, 2002), en donde se muestra el ingreso monetario y no monetario promedio de las familias en el país.

Debido a que la estimación del valor del tiempo de viaje debe reflejar el costo de oportunidad de las familias respecto a otras actividades productivas competitivas en términos de tiempo (véase capítulo primero), su valoración sólo consideró el ingreso monetario de las mismas.

Este enfoque es consistente con el de diversos trabajos realizados para distintas ciudades del orbe, como son los de Bonifaz (2000), Batista-Filho (2002), Cavalcante (2002), Mackie y otros (2003), Jara-Díaz y Guevara (2003) y Lyons y Urry (2004), entre otros.

Sin embargo, el hacer uso del ingreso monetario y no monetario también es práctica común, como lo muestra el trabajo de Lam y Small (2001) en donde se obtienen diversas medidas del valor del tiempo de viaje en Orange County, California en los Estados Unidos, entre las que se cuenta el método indicado.

El cuadro 4.3 muestra los resultados obtenidos por los autores de los diversos trabajos de valoración de tiempo, en él se muestran, los países y las ciudades para las que fue realizado cada estudio, los autores y el año en que lo llevaron a cabo y, en la última columna, el valor estimado del tiempo de transporte a precios de 2003, ya que debido a que los estudios fueron hechos en diversos años y en moneda local, los valores obtenidos se homologaron para el año 2003 haciendo uso de las tasas de inflación de cada uno de ellos y del tipo de cambio del último día del año de la base de datos usado en los mismos.

Se debe notar que el valor del tiempo en la ZMVM es ligeramente inferior al de Santiago de Chile y marginalmente superior al de Rio de Janeiro en Brasil, lo que es un indicio de la calidad del dato obtenido, ya que se sitúa muy de cerca a ciudades grandes con ingresos per cápita similares, lo que contrasta con el dato del Reino Unido que es de prácticamente el doble con respecto a las ciudades mencionadas y con el de Perú,

⁸Es muy importante comprender la importancia que tiene la obtención de este indicador para la resolución de diversos problemas y para la planeación de una ciudad. Para profundizar en estos tópicos, se recomienda hacer una revisión de Calfee y Winston (1998), Mackie y otros (2000) y Coto y otros (2003).

Cuadro 4.3: Valores de tiempo de viaje encontrados en estudios de diversos países.

(Datos a 2003)

País	Ciudad	Estudio	Valor del tiempo US\$/hr
Estados Unidos	Orange County, California	Lam et al. (2001)	5.53
Reino Unido	Todo el país	Mackie et al. (2003)	2.46
Chile	Santiago	Jara-Díaz (2003)	1.27
México	ZMVM	Candaudap (2009)	1.15
Brasil	Rio de Janeiro	Goldner et al. (1994)	1.13
Brasil	Fortaleza	ETTUSA (2002)	0.62
Brasil	Caucaia y Fortaleza	Cavalcante (2002)	0.57
Brasil	Fortaleza	Batista (2002)	0.32
Perú	Lima	Bonifaz (2000)	0.41

Fuente: Elaboración propia usando las diversas referencias citadas y World Development Indicators (2006), Banco Mundial, CD-ROM; SETRAVI, Estudio de velocidades, recorridos y demoras, varios años; SEMARNAT (2002), Inventario de emisiones; y INEGI, Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares, varios años.

que es de menos de la mitad.

El resultado obtenido por Lam y Small (2001) para los Estados Unidos se muestra sólo para contrastar los resultados ya que no es comparable con los demás datos, debido a que, como se indicó anteriormente, en el resultado estimado por estos autores se incluye el ingreso no monetario de las familias, lo que eleva considerablemente el monto del valor estimado.

Es muy importante hacer hincapié en que los resultados obtenidos reflejan el valor medio del tiempo invertido en transporte por los habitantes de una determinada ciudad, haciendo caso omiso de los diversos valores que puede asumir para cada uno de ellos, los cuáles son muy diferentes debido a que dicho valor no sólo depende del ingreso de las personas sino que también está fuertemente determinado por el sexo, las actividades diarias, el estado civil, etc. tal y como se observa en el trabajo de Beesley (1965) o en el de Whitney (2004) en donde se considera el propósito de los viajes e incluso, en el de Lam y Small (2001) en el que se utilizan otros métodos, adicionales al ya indicado, para valorar el tiempo.

A pesar de esta limitación, esta estimación media de valoración por ciudad es de gran utilidad para comprender el costo que para cada usuario implica hacer uso de los diversos medios de transporte disponibles en

una ciudad.

Para ello no sólo se requiere conocer este dato sino que habrá que echar mano de los valores de velocidad promedio obtenidos mediante el estudio de velocidades recorridos y demoras, proporcionado por la SETRAVI (2003c), y cuyos resultados se mostraron en el capítulo anterior, junto con la pendularidad estimada en el apartado anterior.

Con estos datos, se obtuvieron los resultados del cuadro 4.4, que muestra el costo del tiempo invertido por los usuarios de la ZMVM en los diversos medios de transporte disponibles.

Cuadro 4.4: Costo promedio diario del tiempo de transporte invertido por los usuarios en la ZMVM.

(2001 y 2003)					
Medio de Transporte	Año	Tiempo Promedio Total en recorrer un km por medio de transporte	Tiempo Total Medio Diario Gastado en Transporte	Costo Total Medio Diario Gastado en Transporte	Diferencia en Costos entre los Diversos Medios y el Automóvil Particular
Particular	2000	0:02:01	1:47:07	21.4	-12.3
Carga	2003	0:03:39	3:14:43	39.0	5.2
Particular	2003	0:03:10	2:48:46	33.8	
Autobús	2003	0:04:28	3:58:25	65.7	32.0
Trolebús	2003	0:04:43	4:11:23	50.3	16.5
Microbús	2003	0:04:24	3:54:25	46.9	13.1

Fuente: Elaboración propia con datos de SETRAVI, estudio de velocidades, recorridos y demoras, varios años; SEMARNAT (2002), Inventario de emisiones; e INEGI, Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares, varios años.

La tabla indica que el costo diario de transportarse en la Ciudad de México, sin contar el costo monetario directo de uso del mismo, oscila entre los 33.8 y los 65.7 pesos⁹, con excepción del costo de usar automóvil particular en 2000, cuyo costo es claramente menor que el de su uso tres años más tarde.

Adicionalmente, proporciona información sobre el costo adicional que implica usar, en la ZMVM, medios alternativos de transporte al vehículo particular¹⁰, siendo este monto un indicador del ordenamiento de las preferencias de los usuarios. Así, de acuerdo a los resultados, el medio menos preferido de uso es el autobús, ya que el costo diferencial entre el uso de este y el particular es el más grande, mientras que el vehículo particular es el medio de transporte más deseado debido a que es el que menor costo diario, en términos de uso de tiempo, representa para los habitantes de esta metrópoli, por lo que se utiliza como base de comparación.

El cuadro 4.5 muestra el costo de oportunidad del uso de los diversos medios de transporte público

⁹Monto que ya se encuentra por encima del mínimo vigente de ese año.

¹⁰Se utiliza el vehículo particular como base de comparación debido a que es el que implica un gasto diario menor de tiempo, de acuerdo a lo mostrado en los gráficos del capítulo anterior.

respecto al automóvil, para ello se anualizaron los datos de desviación obtenidos del cuadro 4.4 y se obtuvo su proporción respecto al monto anual del ingreso que obtendría una persona si esta ganara un salario mínimo general de la región A.

Cuadro 4.5: Costo de oportunidad anual de los diversos medios de transporte respecto al automóvil particular.

(2003)

Medio de Transporte	Por usuario (pesos)	Proporción respecto Salario Mínimo Vigente (Porcentaje)
Carga	1,896.0	12.5
Autobús	11,664.5	77.0
Trolebús	6,036.2	39.8
Microbús	4,796.6	31.6

Fuente: Elaboración propia con datos de:
 SETRAVI, estudio de velocidades, recorridos y demoras, varios años;
 SEMARNAT (2002), Inventario de emisiones;
 INEGI, Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares, varios años; y
 CONASAMI, información en línea, varios años.

El resultado es sorprendente, ya que lo que indica es que el costo anual del tiempo que un habitante invierte¹¹ en transportarse en autobús *en vez de* en automóvil en la ZMVM, equivale al 77 % del ingreso anual de un persona que gana el salario mínimo, para el trolebús la proporción asciende al 39.8 % y para el microbús sería del 31.6 %.

En esta parte del análisis es importante llamar la atención sobre los resultados obtenidos con el enfoque por desviaciones aquí propuesto, los cuáles se caracterizan por ser de una magnitud razonable. En efecto, los resultados mostrados en los cuadros nos indican que las personas intentarán hacerse de un automóvil debido al ahorro potencial que esto significa en términos de tiempo, sin embargo este ahorro no asciende a magnitudes absurdas como ocurriría en el caso de que se usaran los valores absolutos.

Por ejemplo, en el caso del autobús, el costo anual de su utilización, si se usara el enfoque de valores absolutos sería aproximadamente 119 % superior al salario mínimo vigente anual de una persona. Sin embargo, si este valor fuera el que consideran las personas para decidir sobre la distribución de sus actividades, las

¹¹Ya no se si decir invierte o desperdicia.

personas que ganaran un salario mínimo difícilmente se decidirían a salir de sus casas a trabajar, dado el alto costo que implica.

Lo que sucede es que, tal y como se indicó en el primer capítulo del texto, las personas deciden tanto su domicilio así como sus actividades en función de tiempos estimados de transporte que añaden como característica de las distintas canastas de consumo disponible. Así, las personas no consideran un costo el hecho de que realicen sus actividades tal y como lo tienen planeado, lo que implica que las desviaciones sobre el tiempo estimado en su función de elección son cero.

Cuando el tiempo invertido en transporte supera las expectativas consideradas en la función de elección de los usuarios, éste se traduce en un costo que tiende a incrementarse conforme más se desvía de la función de elección original, por lo que los agentes intentarán disminuirlo a toda costa.

En esta interpretación del modelo, se considera el medio de transporte con el menor costo de tiempo implícito y se consideran como costos a todas aquellas desviaciones que se encuentren por encima del mismo, lo que parte del supuesto de que las personas consideran que dicho medio de transporte es el deseado debido a que implica un costo menor que el de los otros medios de transporte y, por lo tanto, usarlo significa, en la mayor parte de los casos, hacer uso del menor tiempo de transporte posible.

Así, la gente en la ZMVM preferirá transportarse en automóvil, dado que el costo implícito del tiempo de uso del mismo es el menor, por lo que en la primera oportunidad intentarán conseguir uno para moverse por la ciudad. Esto es una muestra de que el modelo urbano de desarrollo actual en la Ciudad prioriza el uso del automóvil por sobre el de los medios de transporte públicos disponibles en la misma.

Entonces, aunque el uso de medios alternativos de transporte se percibe como oneroso, en términos de tiempo para las personas de la metrópoli, los límites percibidos son todavía tolerables, como lo muestra el dato de 77 % del ingreso de una persona que gana un salario mínimo, en contraposición del 119 % que se obtiene de costo en el enfoque tradicional.

Estas mismas observaciones son válidas para evaluar la variación intertemporal del costo del tiempo de transporte, la cuál se muestra en el cuadro 4.4 en donde se puede notar que de 2000 a 2003 el costo implícito del tiempo de transporte se incrementó en más del 54 %, ya que pasó de costar 21.4 a 33.8 pesos diarios, un incremento de 12.3 pesos.

Este es un indicador del aumento de los niveles de saturación en el sistema de transporte de la ZMVM como resultado de la inversión insuficiente, por parte del gobierno de la Ciudad, en materia de infraestructura y de regulación y prevención de la contaminación del aire.

El cuadro 4.6 sustenta esta afirmación ya que tal y como en él se muestra, mientras el costo de oportunidad promedio anual de tiempo invertido en transporte por la totalidad de los habitantes de la ZMVM se incrementó en 64.4 % de 2000 a 2003, el monto de los recursos destinados, por parte del Gobierno del Distrito Federal, al desarrollo de mecanismos e incentivos para la regulación y la prevención de la contaminación aérea se contrajo en 39.9 % junto con el monto destinado a proyectos de infraestructura urbana que también cayó en 14.2 %.

Cuadro 4.6: Costo de oportunidad promedio anual del transporte en la ZMVM v.s. el presupuesto destinado a proyectos que impactan en el sistema de transporte.

Clave	Programa	2000	2003	Variación
		(Miles de pesos)		(%)
65	Regulación y Prevención de la contaminación del aire	130,994.7	78,669.1	-39.9
58	Infraestructura Urbana	3,167,185.9	2,717,416.0	-14.2
	Costo de oportunidad promedio anual del transporte en la ZMVM*	143,454,791.4	235,883,295.3	64.4

* Este valor se obtuvo sólo para automóvil particular y para la población de la ZMVM

Fuente: Elaboración propia con datos de:

Proyecto del Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 2001;

Cuenta Pública del Gobierno del Distrito Federal, Avance Programático-Presupuestal, 2001 y 2003;

SETRAVI, estudio de velocidades, recorridos y demoras, varios años;

SEMARNAT (2002), Inventario de emisiones;

INEGI, Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares, varios años; y

CONASAMI, información en línea, varios años.

Los resultados de esta combinación son los rezagos que en materia de infraestructura de transporte debe enfrentar la metrópoli y, que actualmente ya está enfrentando a través de proyectos de movilidad urbana (como el metrobús) y de inversión en infraestructura (tal es el caso del segundo piso del periférico y de otras muchas obras que se han estado realizando en toda la ciudad), pero que aún se encuentran lejos de alcanzar el objetivo de bienestar deseado.

Esto se debe no sólo a los rezagos acumulados en el sistema de transporte de la ciudad, sino también a su dinámica de crecimiento, que a pesar de ser considerable no es suficiente para resarcir el costo de oportunidad del tiempo de sus habitantes.

El cuadro 4.7 contrasta la dinámica del costo de oportunidad promedio anual del transporte para los habitantes del Distrito Federal con el Producto Interno Bruto generado durante los años de estudio.

Se encuentra que, en términos nominales, durante dicho periodo, el PIB creció, tan sólo la mitad de lo que se incrementó el costo de oportunidad de los habitantes, lo que implica que dicha variable aumentó su participación en el producto en 1.5 puntos porcentuales, al pasar de 6.15 % en 2000 a 7.65 % para 2003.

Cuadro 4.7: Costo de oportunidad promedio anual del transporte en el Distrito Federal v.s. su crecimiento.

Programa	2000	2003	Variación
	(Miles de pesos)		(%)
Costo de oportunidad promedio anual del transporte*	68,973,666.3	108,672,482.3	57.6
Producto Interno Bruto	1,121,855,818.0	1,419,881,811.0	26.6

* Este valor se obtuvo sólo para automóvil particular y para la población del Distrito Federal

Fuente: Elaboración propia con datos de:

CONAPO, información en línea, varios años;

SETRAVI, estudio de velocidades, recorridos y demoras, varios años;

SEMARNAT (2002), Inventario de emisiones;

INEGI, Banco de Información Económica (BIE), información en línea, varios años;

INEGI, Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares, varios años; y

CONASAMI, información en línea, varios años.

Estas cifras son un indicio del enorme esfuerzo que el Gobierno de la Ciudad debiera de hacer año con año para poder compensar los efectos de la saturación del tránsito urbano en el bienestar y la salud de sus habitantes.

Sin embargo, como se mostró en el primer capítulo del trabajo, además de que el esfuerzo requerido en términos financiero sería enorme como se indica en el párrafo anterior, éste sería inútil debido a que la construcción de infraestructura para aliviar los efectos del tráfico generan más tráfico y agravan la situación, comprometiendo cada vez más recursos futuros para mantener el "equilibrio" en el sistema¹².

Por ello, el Gobierno de la Ciudad no puede apelar únicamente a sus recursos financieros para construir infraestructura vial con la intención de atender esta situación, sino que debe hacer un esfuerzo importante para desarrollar medios públicos de transporte que garanticen la seguridad e integridad de los usuarios, la limpieza, la calidad, la fiabilidad y la eficiencia.

Esto implica que no sólo cuentan las características hedónicas de los medios de transporte alternativas, sino que deben garantizar que las personas llegaran a su destino en el tiempo estimado (fiabilidad) y que dicho tiempo tenderá a cero o, incluso podría ser menor, que el que se lleva a cabo en automóvil como medio de transporte base de comparación (eficiencia).

Adicionalmente, el gobierno debe echar mano de herramientas micro y macroeconómicas para inducir al uso de los bienes de transporte públicos alternativos, esto es de estrategias publicitarias, reformas legales y subsidios e impuestos verdes que generen transferencias de los usuarios de medios de transporte privado

¹²Véase en el capítulo 2, la cita de SELS (1972).

hacia los de medios de transporte público y que eliminen las distorsiones del sistema fiscal actual¹³.

Entonces, el gobierno debe echar mano de una batería de recursos de corte fiscal, legal, financiero e, incluso, mercadológico, para impulsar una política de transporte que promueva, en medida de lo posible, el bienestar de los habitantes de la ZMVM.

El metrobús, al igual que las recientes reformas en materia legal (modificaciones al reglamento de tránsito de la Ciudad) y el combate a la corrupción son algunas medidas que avanzan en el sentido correcto.

Sin embargo, la construcción del segundo piso y las recientes modificaciones y mejoras de infraestructura no, ya que, junto con la percepción que prevalece en México de que la riqueza está fuertemente correlacionada con la posesión y el tipo de automóvil de las personas, se incentiva el uso de los medios privados de transporte.

Por ello, las políticas que mejoran los servicios públicos y, conjuntamente, privilegian las condiciones de rodamiento de los vehículos privados¹⁴, sólo tienen un éxito parcial de corto plazo con costos de largo plazo¹⁵, considerablemente altos.

Las señales confusas, derivadas de la implementación de mecanismos como los antes descritos, deben ser evitadas para asegurar el logro de los objetivos buscados, mediante un análisis costo beneficio que permita confrontar los costos sociales que se enfrentan con los beneficios obtenidos con diversos proyectos competitivos.

Así, el modelo desarrollado y las estimaciones elaboradas en el presente texto establecen, como corolario, que la única forma de lograr la minimización de largo plazo del costo social es mediante el establecimiento de los medios públicos de transporte como base comparativa de análisis. Esto es, que el costo social mínimo del tiempo invertido en transporte por los habitantes de la ZMVM pertenezca a un medio de transporte colectivo y público y no a uno privado¹⁶.

¹³Todas estas recomendaciones se sustentan plenamente en los desarrollos mostrados en los capítulos 1 y 2 del presente trabajo.

¹⁴Que es lo que acontece actualmente con las políticas del Gobierno del Distrito Federal.

¹⁵Tanto monetarios como en términos del bienestar

¹⁶Es importante decir, que a pesar del corolario enunciado, las características hedónicas, que garanticen la integridad de los usuarios y su dignidad, y la fiabilidad del medio de transporte son tan importantes como la minimización del costo del tiempo.

Conclusiones

A lo largo del texto se indicó que a pesar de la importancia del *sistema de transporte* en la vida del hombre, en términos microeconómicos su tratamiento ha adquirido importancia en los últimos años, como resultado de los enormes problemas que han derivado del crecimiento descontrolado de las urbes.

Fue Becker, en su artículo seminal de 1965, el primero en aportar un modelo microeconómico que se caracterizó por considerar al tiempo como una restricción importante que afectaba las elecciones individuales.

En ese modelo, que se vuelve el sustento teórico central de la microeconomía del transporte contemporánea y del nuevo planteamiento conocido como “Household Economics”, el tiempo es considerado como un costo que restringe las elecciones individuales conjuntamente con el ingreso de los individuos, los cuáles, por cierto, se encuentran íntimamente relacionados ¹⁷.

Por lo tanto, la maximización del ingreso es el resultado de la minimización del tiempo no dedicado al trabajo, lo que a final de cuentas se traduce en un desplazamiento de la curva de restricción de costos hacia la derecha, lo que significa una mejora de la utilidad de las personas. Esto implica que el tiempo que no se invierte en trabajar es un costo que debe tender a cero, si lo que se quiere es lograr una mejora en el bienestar de los individuos.

Debido a lo irracional de la propuesta, en el presente texto se replanteó la teoría tradicional sustentada en el trabajo de Becker, a través de la modificación del papel del tiempo en el modelo, estableciendo que éste juega dos papeles en la elección de los individuos, y no uno como sostiene la teoría clásica, la de formar parte de la función de utilidad (ya sea como bien o como característica intrínseca de la canasta de elección) y fungir, a su vez, como costo en la función de isocostos del individuo.

En este sentido, el modelo seminal de Becker sería un caso particular del modelo aquí sustentado, caracterizado por el hecho de que los tiempos no laborables serían valorados en cero por el individuo, que

¹⁷En una parte del texto, Becker sostiene que el tiempo tiene un equivalente en dinero, lo que permite su valoración.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

seguramente sería mucho más que un "workahólico" empedernido.

En el documento se muestra que además de este nuevo enfoque, el modelo propuesto permite usar una gama mayor de productos estadísticos para realizar estudios y obtener herramientas útiles para la toma de decisiones en materia de planeación urbana, lo cuál, dada la información con que se cuenta en la metrópoli, sería imposible.

El modelo es, además, particularmente útil para relacionar el funcionamiento del sistema de transporte con sus efectos sobre el medio ambiente, lo que permite sustentar de manera más efectiva el uso de las principales herramientas de política económica al transporte con la finalidad de disminuir las descargas contaminantes al ambiente.

Por desgracia, el modelo planteado sólo se circunscribe al ámbito de la elección, lo que limita sus conclusiones, recomendaciones y campo de acción al ámbito de la demanda en general y de la oferta sólo cuando es producida por el agente que hace uso del servicio (véase capítulo 1).

Otra limitación, que puede ser subsanada en trabajos posteriores es que el modelo debiera ser extendido con la intención de considerar los efectos de la política fiscal y de la construcción de infraestructura, esto es, añadir variables de impuesto o de subsidio sobre el precio o sobre el valor del tiempo (en caso de infraestructura se pueden añadir variables de desviación sobre la distribución del tiempo individual), con la intención de valorar efectivamente el costo de las posibles medidas que se pueden llevar a cabo.

Por último, esta el problema de la "dualidad", que se refiere al problema de la multicolinealidad entre el crecimiento urbano (infraestructura) y la cantidad de tráfico, el cual escapa a los objetivos del presente trabajo y se deja para un ejercicio posterior.

A pesar de ello, el poder del modelo se pone de manifiesto al hacer uso del mismo para explicar, de manera general, el sistema de transporte en la ZMVM, su dinámica, sus características estructurales, el valor del tiempo, el perfil de la política de transporte impulsado por el Gobierno del Distrito Federal y los efectos de la situación actual del sistema en el medio ambiente de la ciudad, en particular, en lo que se refiere a las emisiones de NO_x .

En este sentido, los resultados principales del trabajo son:

- La relación entre la cantidad de vehículos en circulación y las desviaciones del tiempo están íntimamente relacionados, encontrándose una elasticidad -0.715, lo que implica que si se incrementa en 1 % el parque vehicular, la velocidad media de circulación entre el "óptimo" al que los individuos conside-

ran que debieran circular dadas las condiciones de rodamiento de la ciudad y al que realmente circulan decrece en 0.7 %.

El valor de la elasticidad encontrada es alarmante ya que es un indicador no sólo del efecto de añadir más vehículos a las vías sino de que éstas están llegando a su límite de saturación, como lo muestra el hecho de que los diferenciales entre la VMP y la VCP se estrechen de manera importante, como se mostró en el capítulo cuatro, en tan sólo tres años.

- Pero el incremento del volumen vehicular explica sólo en parte este fenómeno. Así, para ahondar en su explicación y tomar medidas relevantes de mejoramiento vía optimización de la infraestructura existente es importante comprender los efectos de las condiciones de rodamiento en la ciudad.

Con esta intención, se elaboró un estudio que relaciona las condiciones de rodamiento con las velocidades obtenidas, encontrándose que el tiempo comercial promedio en la ciudad es de, aproximadamente, 261 segundos por kilómetro para 2003, sin embargo, si la vía posee semáforos, el tiempo comercial promedio de la misma se incrementa en 202 segundos por kilómetro, dando un total de 463 segundos por kilómetro recorrido.

De igual manera se encontró que el sentido de las vías es irrelevante para explicar las variaciones del tiempo por vía.

Por lo tanto, una forma de mejorar las condiciones de rodamiento de la ZMVM es sincronizando los semáforos de manera eficiente, lo que se traducirá en ahorro de tiempo considerable para los usuarios de la vía y en un menor costo social derivado de la disminución de las emisiones.

Este resultado nos indica, también, que las personas preferirán usar vías sin semáforos, por lo que la existencia de semáforos ineficientes es un inductor de tráfico para las vías que no cuentan con ellos y, por lo tanto, la sincronización correcta de los mismos se traducirá en desahogo de vías aledañas.

La misma reflexión es utilizada para la desviación estándar de los carriles que incrementa el tiempo por kilómetro en 62.3 segundos y para la existencia de carriles laterales que lo incrementa en 112.5 segundos por kilómetro recorrido.

Es importante mencionar, también, que las mejoras regulatorias pueden también tener efectos muy importantes sobre la eficiencia de las vías. Por ejemplo, en México se tiene la costumbre de pasarse el alto aunque la luz ya esté en preventiva, lo que en horas "pico" ocasiona que los vehículos se queden

atravesados sobre la vía perpendicular a su ruta, lo que genera afectaciones importantes en el tráfico de la ciudad. Una ley que penalice este comportamiento puede traducirse en una mejora sustancial de los tiempos de viaje.

- Considerando estos datos, el estudio se enfocó en la búsqueda de los costos ambientales derivados como resultado del incremento vehicular así como de las ineficiencias inherentes a la infraestructura.

Se encontró que, dada la tecnología existente en el parque vehicular de la ZMVM, el volumen de tráfico y las condiciones de rodamiento en la misma, por cada kilómetro recorrido se arrojaron 5,469,033 gramos de NO_x al aire de la Ciudad para el año 2003.

Si consideramos los diferenciales de tiempo y distancias para 2003, mostrados en el último capítulo del trabajo, podemos deducir que el costo de los rezagos en el sistema para ese año, en términos de descargas de NO_x ascendió a 32,055,806.8 gramos por día. Esto es, que el 11 % de las emisiones diarias registradas en ese año fueron resultado de las ineficiencias del sistema.

- Además, como producto derivado de esta estimación, se obtuvo la pendularidad de los habitantes de la ZMVM, la cual asciende a 53 km diarios, lo que implica que el habitante medio en esta Ciudad vive a, aproximadamente, 26.5 km. del lugar en donde labora.

Cabe decir, que nunca se ha calculado este dato para la metrópoli en cuestión, por lo que su obtención se considera de gran relevancia.

- Con estos elementos y con la ayuda de la Encuesta de Ingresos y Gastos de los Hogares se encontró que el valor del tiempo por hora en la ZMVM es de 1.15 dólares, cifra que se encuentra por debajo de lo reportado en Santiago de Chile (1.27 dólares) y por encima de lo estimado para Rio de Janeiro (1.13 dólares). Este valor además es un poco menos de la mitad del valor del tiempo encontrado para Reino Unido y más del doble de lo que se estimó para Lima, Perú.
- Se estimó, adicionalmente, el costo diario del tiempo que los usuarios usan para transportarse en la ZMVM, encontrándose que el costo mínimo del tiempo lo representan los vehículos particulares (33.8 pesos), mientras que el máximo costo se realiza cuando se utiliza el autobús como medio de transporte (65.7 pesos).
- Con estos resultados se obtuvieron las desviaciones de tiempo de cada medio de transporte con el vehículo particular (cuyo costo fue el mínimo encontrado), obteniéndose una medida del ordenamiento

de las preferencias de medios de transporte en la ZMVM. De más a menos preferidos, las elecciones se ordenarían: 1) automóvil particular, 2) microbús, 3) trolebús y 4) autobús.

- Además se corroboró que los costos obtenidos por este método eran consistentes con la evidencia empírica ya que ninguno de ellos se situó por encima del ingreso que obtendría en un año una persona que ganase el salario mínimo. Así el costo anual de usar autobús ascendió al 77 % de dicho ingreso, mientras que el de usar microbús fue de 31.6 % y el del trolebús ascendió a 39.8 %.

Con estos resultados se elaboraron comparativos entre el costo de oportunidad del tiempo y el presupuesto destinado a programas relacionados con el transporte por el Gobierno del Distrito Federal y con el crecimiento de la ciudad, encontrándose un rezago en la política de transporte respecto a la dinámica seguida por la ciudad. Este rezago es producto del bajo esfuerzo que las autoridades dedicaron, comparativamente, a resolver los problemas de transporte de la ciudad durante los años de estudio, y al costo creciente que implica su tratamiento.

Por ello, es importante hacer uso de elementos cualitativos que aminoren los costos del transporte sobre el tiempo de los individuos y no sólo a través de inversiones en infraestructura. El problema es que la política actual seguida por el Gobierno del D.F. si bien es cierto que busca mejorar la calidad del transporte público, también lo es el hecho de que alienta, conjuntamente, el uso del automóvil particular.

La emisión de estas señales confusas, deben ser evitadas para asegurar la efectividad de la política de transporte, para lo cual se requiere, no sólo de asegurar que los servicios públicos y colectivos de transporte garanticen la integridad de los usuarios, su dignidad y su fiabilidad, si no que adicionalmente, se conviertan en los medios de transporte que minimizan el costo del valor del tiempo de transporte en la ciudad.

Hay que pasar de imaginar una ciudad llena de puentes y grandes calles a otra cuyos actores centrales sean las personas, con medios de transporte públicos de calidad y con vías alternativas de primera para las personas que deseen transportarse en bicicletas.

Se requiere, además de una campaña de concientización que haga que las personas dejen de concebir al automóvil como un bien de estatus, reforzando su mensaje dejando de construir cada vez más vías que generen la ilusión de que el problema está resuelto y que por ello se puede seguir usando el automóvil indiscriminadamente.

Finalmente, se debe reiterar que es importante mejorar las vías de circulación (no construir más, al menos para uso exclusivo de los autos), replantear la regulación en materia de tránsito, combatir la corrupción,

generar incentivos para el cambio tecnológico, dotar a los ciudadanos de medios de transporte públicos con calidad, seguridad, fiabilidad y de costo de tiempo mínimo. Sin embargo, es más importante concientizar a las personas y a las autoridades de los riesgos implícitos de su modelo de ciudad futura, mientras no nos demos cuenta del riesgo y alto costo en que incurre ese modelo seguiremos dando palos de ciego.

Apéndice A

Figuras de evidencia empírica



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Figura A.1: VMP y VCP. Dirección Norte-Sur

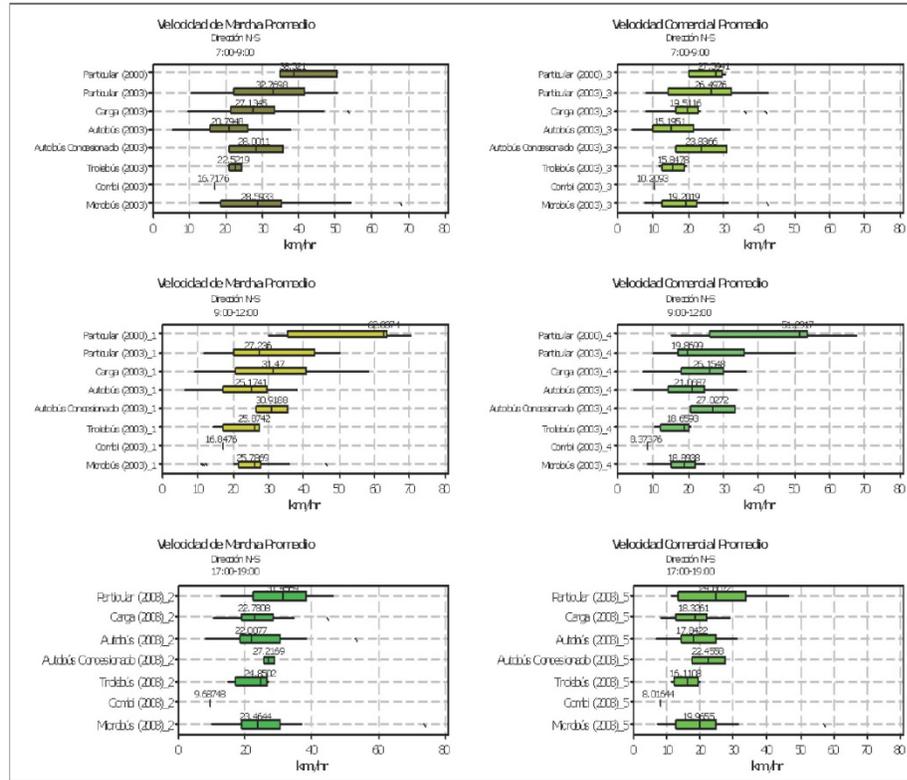


Figura A.2: VMP y VCP. Dirección Sur-Norte

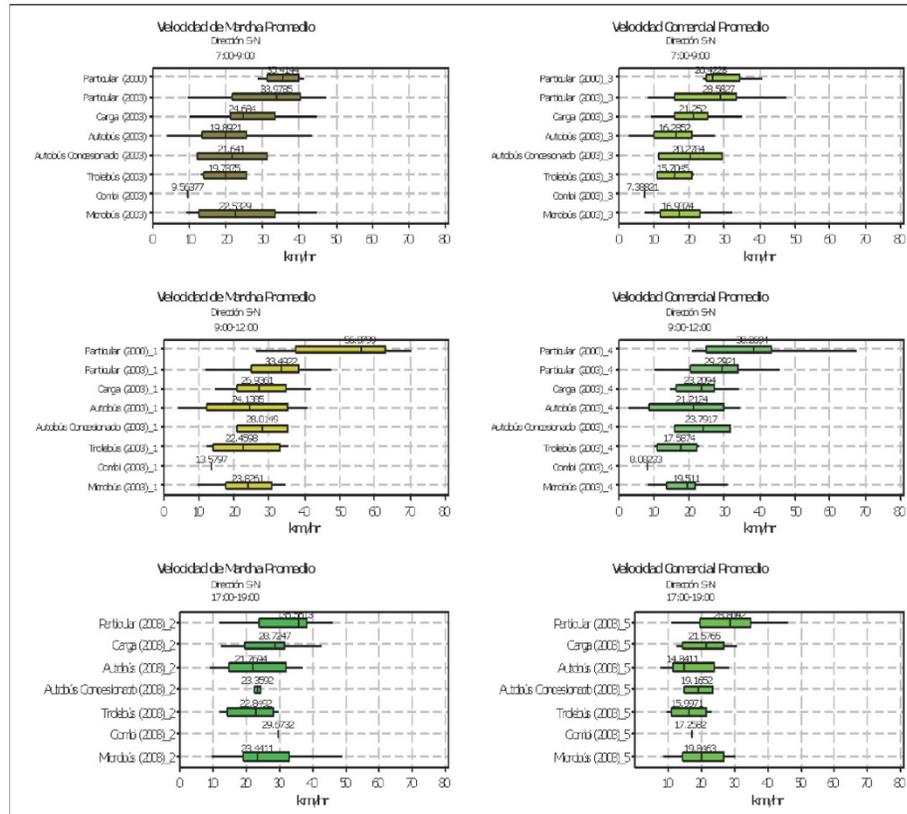


Figura A.3: VMP y VCP. Dirección Poniente-Oriente

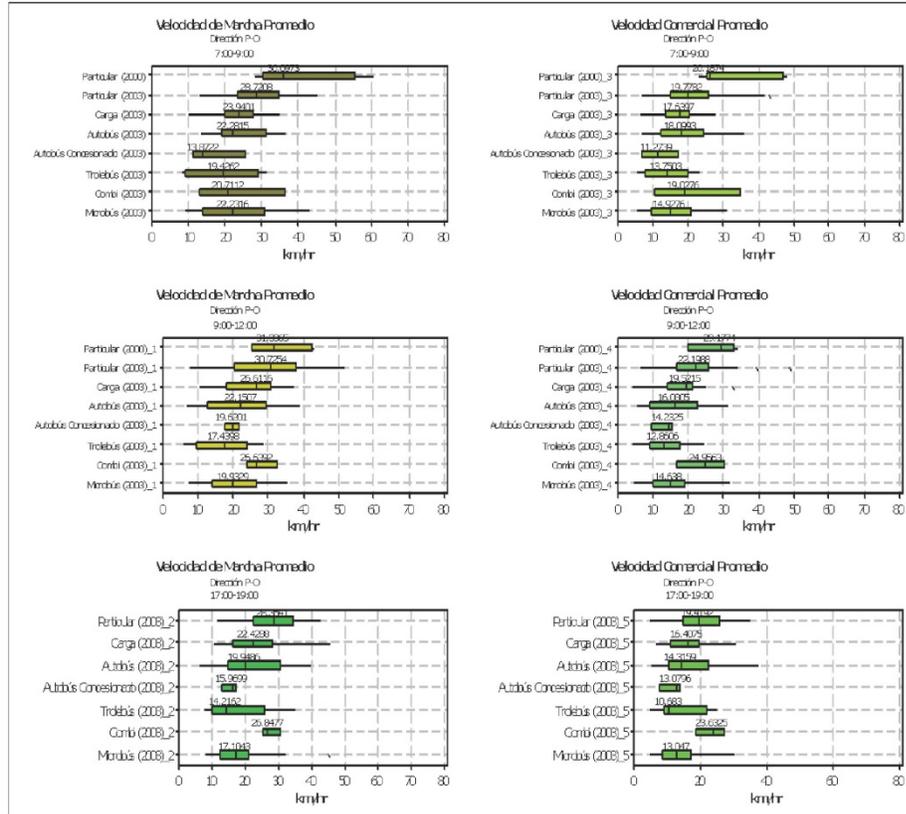


Figura A.4: VMP y VCP. Dirección Oriente-Poniente

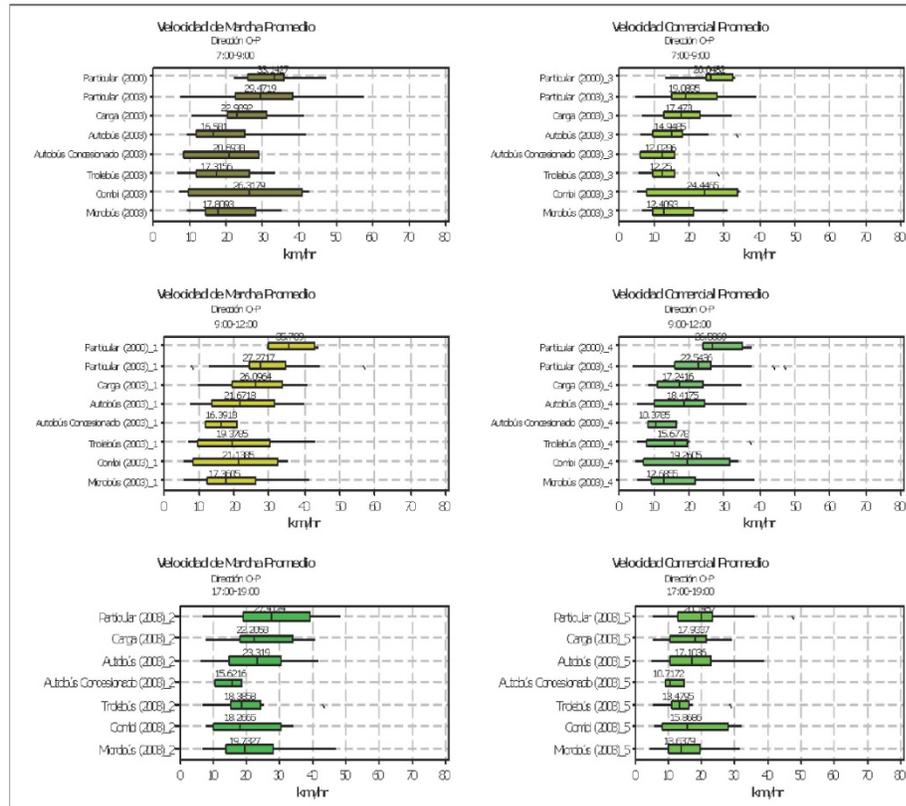


Figura A.5: Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Dirección Norte-Sur

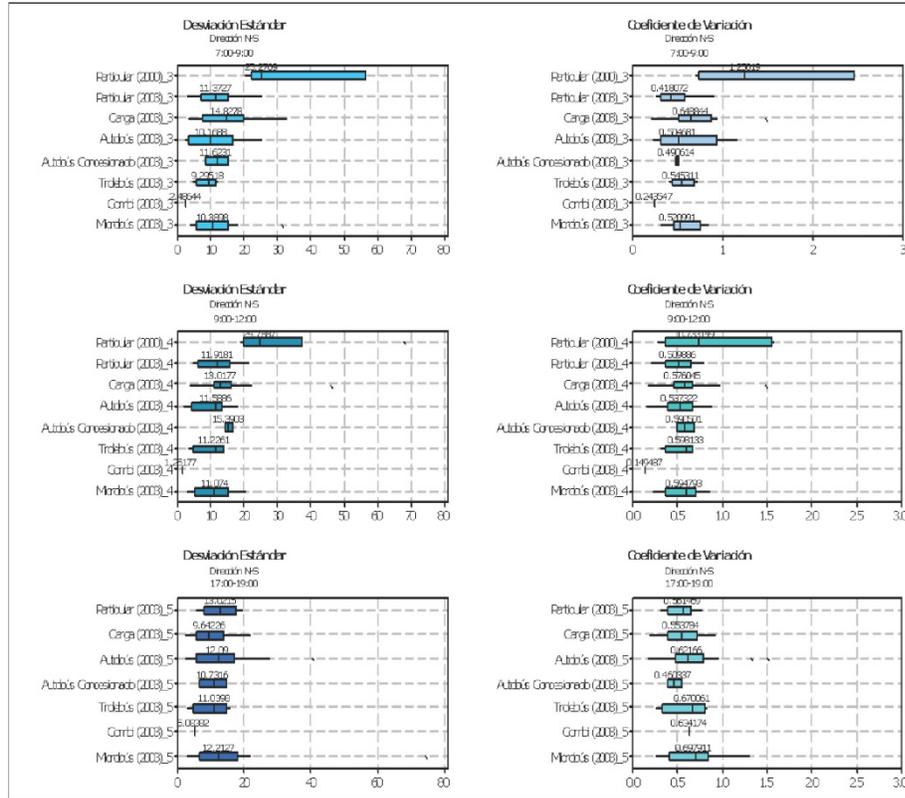


Figura A.6: Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Dirección Sur-Norte

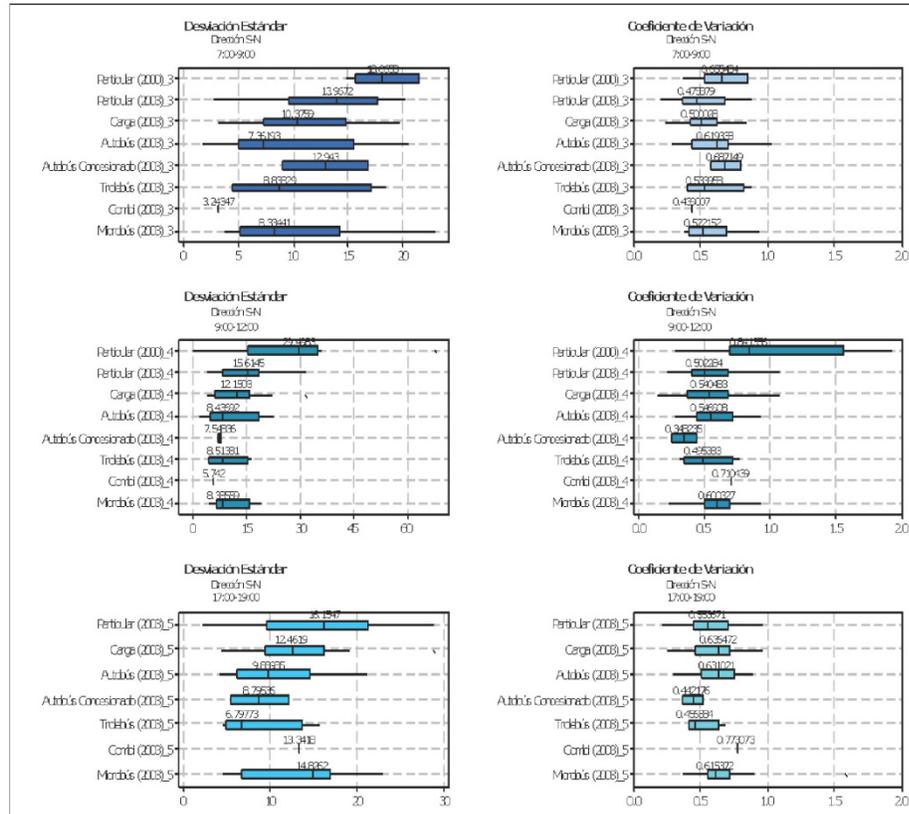


Figura A.7: Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Dirección Poniente-Oriente

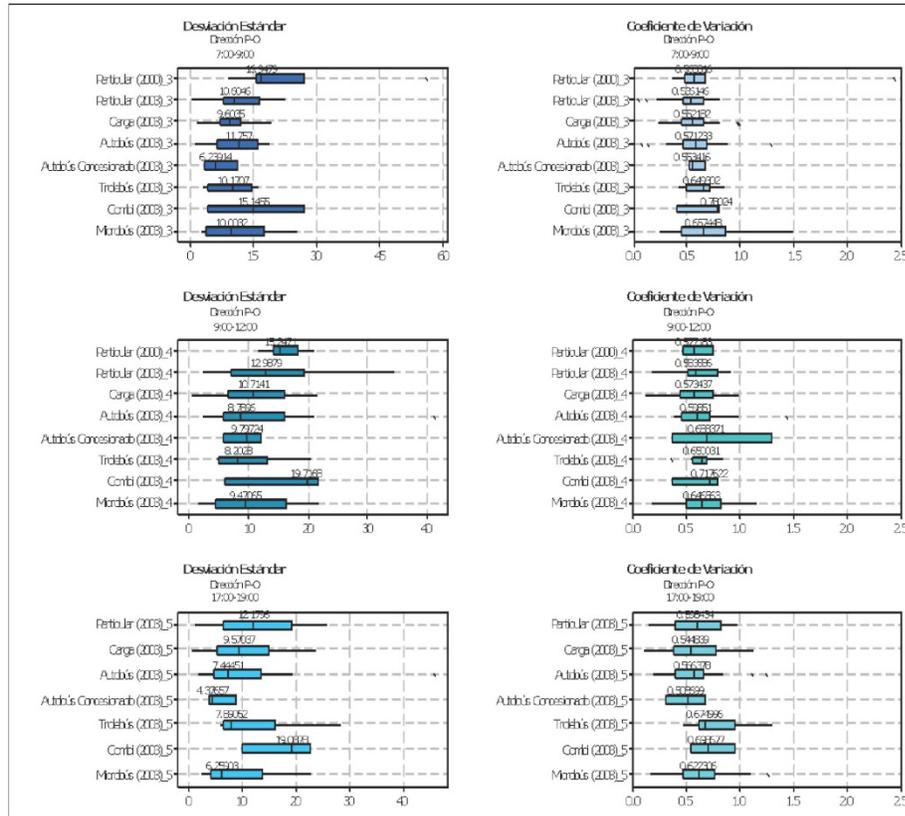
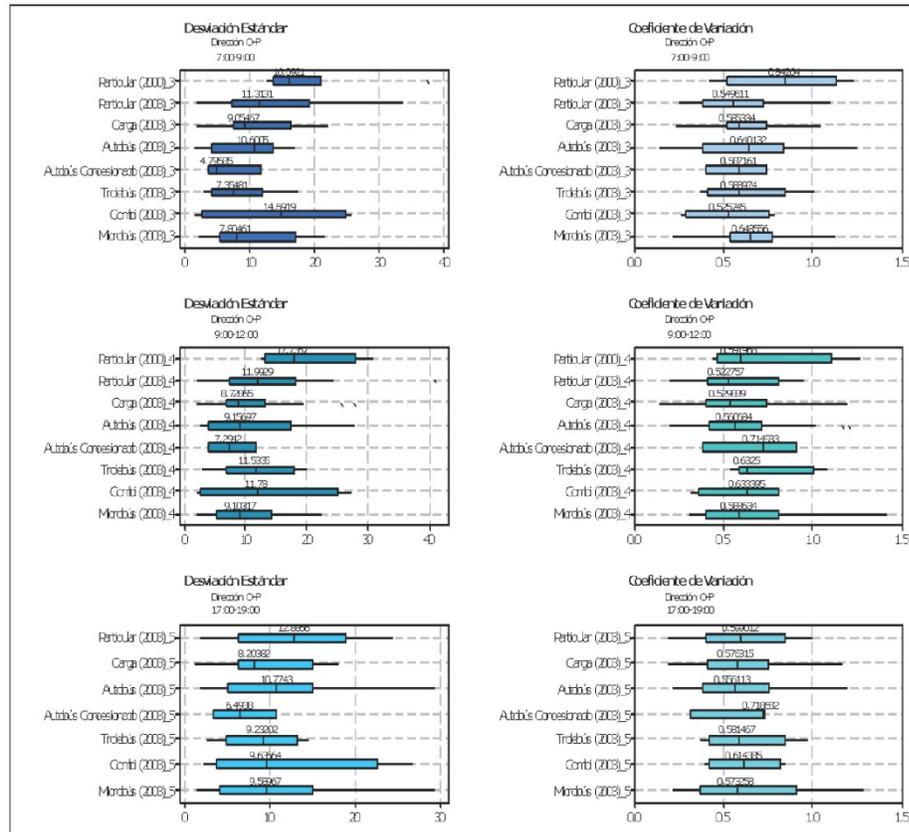


Figura A.8: Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. Dirección Oriente-Poniente



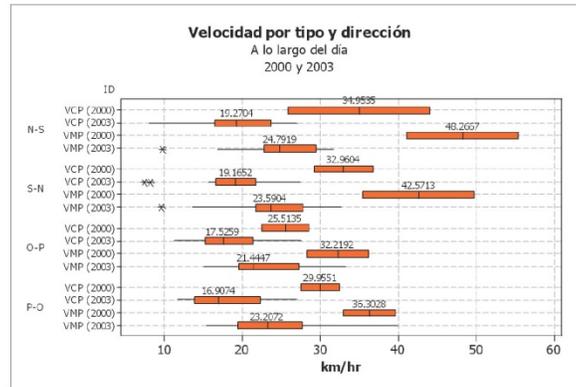


Figura A.9: Elaboración propia con información de SETRAVI (2003c, 2000c)

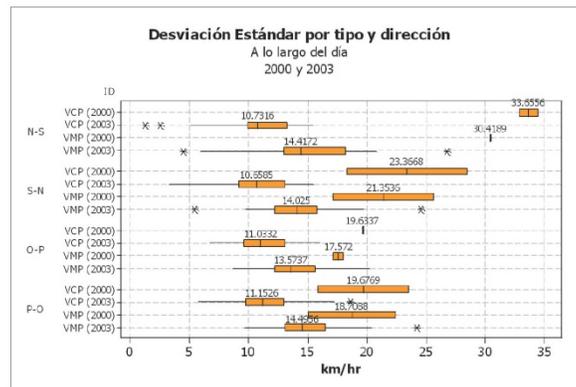


Figura A.10: Elaboración propia con información de SETRAVI (2003c, 2000c)

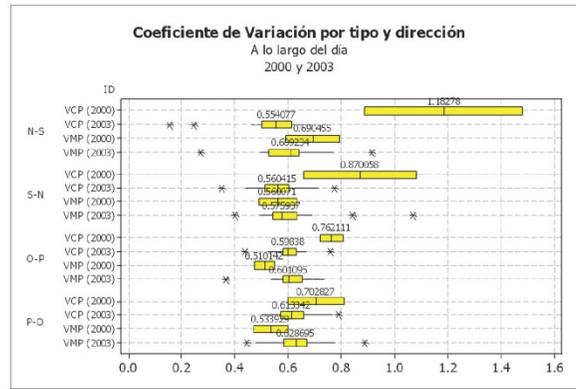


Figura A.11: Elaboración propia con información de SETRAVI (2003c, 2000c)

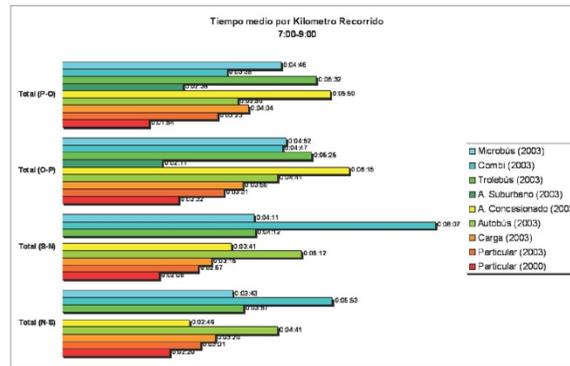


Figura A.12: Elaboración propia con información de SETRAVI (2003c, 2000c)

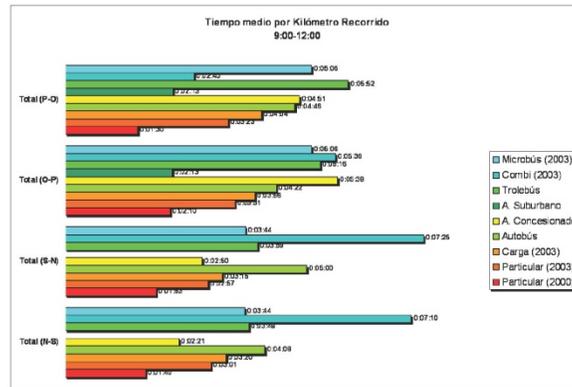


Figura A.13: Elaboración propia con información de SETRAVI (2003c, 2000c)

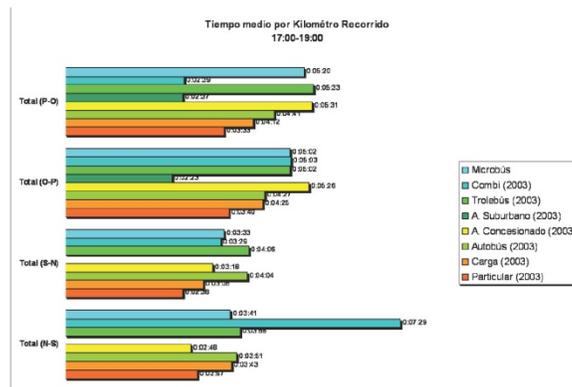


Figura A.14: Elaboración propia con información de SETRAVI (2003c, 2000c)

Apéndice B

Mapas



Figura B.1: Elaboración propia con información de SETRAVI (2003c, 2000c)



Figura B.2: Elaboración propia con información de SETRAVI (2003c, 2000c)

Bibliografía

- ACKOFF, R. (1965). *Individual preferences for various means of transportation*. University of Pennsylvania.
- AL-AZZAWI, MARWAN (2001). «Generated Trips and their Implications for Transport Modelling using EMME/2». Ed: *10th European EMME/2 User's Group Conference*, .
- ALTSHULER, ALAN (1979). *The urban transport system*. MIT Press.
- APPLEYARD, DENNIS R.; FIELD, ALFRED J. y COBB, STEVEN (2005). *International Economics*. McGraw-Hill.
- ARROW, KENNETH J. y HAHN, F. H. (1977). *Análisis General Competitivo*.
- BATISTA-FILHO, JOVANO (2002). *Alternativas de redes multimodais para o transporte público na zona oeste da região metropolitana de Fortaleza*. Tesina o Proyecto, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidades Federal do Ceará.
- BECKER, GARY (1965). «A Theory of Allocation of Time». *Economic Journal*, (75), pp. 493–517.
- (1976). *The Economic Approach to Human Behaviour*. The University Chicago Press.
- (1997). «The Endogenous Determination of Time Preference». *Quarterly Journal of Economics*, 112.
- BEESLEY, M. E. (1965). «The value of time spent in traveling: Some new evidence». *Economica*, 32, pp. 174–185.
- BIGHAM, TRUMAN C. (1946). *Transportation: Principles and problems*. McGraw-Hill.
- BLACKBURN, A. (1969). «Estimation of the behavioural model». *Studies in Travel Demand, U.S. Departmente Transportation*, 5.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

- BONIFAZ, JOSÉ LUIS (2000). «Cálculo de precios sociales: El valor social del tiempo». *Centro de Investigación, Universidad del Pacífico*.
- BOVENBERG, LANS y GOULDER, LAWRENCE (1995). «Cost of Environmentally Motivated Taxes in the Presence of other Taxes: General Equilibrium Analyses.» *national Bureau of Economic Research, Working Paper No. 1517*.
- BUCHANAN, JAMES y THIRLBY, G. (1969). *Cost and Choice: An Inquiry in Economic Theory*. volumen 6. Markham Publishing Co..
- CALFEE, J. y WINSTON, C. (1998). «The value of automobile travel time: implications for congestion policy». *Journal of Public Economics*, **69**, pp. 83–102.
- CANDAUDAP, LUIS EDUARDO (2004). *Repercusiones de la Calidad Ambiental en el crecimiento económico. Formulación y obtención de un índice de calidad ambiental y sus efectos en la función de producción para el caso de México*. Tesis doctoral, Facultad de Economía, UNAM.
- CAVALCANTE, R.A. (2002). «Estimativa das Penalidades Associadas com os Transbordos em Sistemas Integrados de Transporte Público.» *Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro..*
- CEQ (1976). *The growth shapers*. Council on Environmental Quality.
- CERVERO, ROBERT (2000). «Meeting Mobility Challenges in an Increasingly Mobile World: An American Perspective». En: *Paper prepared for Institute pour la ville en mouvement. Conferenco on Cities on the Move*, .
- (2001). «Induced Demand: An Urban and Metropolitan Perspective». En: *Policy Forum: Working Together to Address Induced Demand*, U.S. Environmental Protection Agency.
- CERVERO, ROBERT y HANSEN, MARK (2000). *Road Supply-Demand Relationships*. Institute of Transportation Studies.
- CESPEDES (2003). *Un segundo piso a Vialidades Troncales en la Ciudad de México*. <http://www.cce.org.mx/cespedes>.
- CLEVELAND, FREDERICK A. y POWELL, F. W. (1909). *Railroad Promotion and Capitalization*. Longmans.

- COASE, RONALD (1960). «The Problem of Social Cost». *Journal of Law and Economics*, **3**, pp. 1–44.
- COMETAH (2001). *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México*.
- CORNES, RICHARD y SANDLER, TODD (1986). *The theory of externalities, public goods and club goods*. Cambridge University Press.
- COTO, PABLO; SAINZ, RUBÉN y SÁNCHEZ, NURIA (2003). «Nuevas tecnologías y valor del tiempo en el transporte de viajeros». *Economía Industrial*, **353**, pp. 21–24.
- CROPPER, M. y OATES, W. (1991). «Environmental economics: a survey». *Journal of Economic Literature*, **30**, pp. 675–740.
- DAGGET, STUART (1941). *Principles of Inland Transportation*. Harper, 3ª edición.
- DE RUS, GINÉS; CAMPOS, JAVIER y NOMBELA, GUSTAVO (2003). *Economía del Transporte*. Antoni Bosch, España.
- DEAN, E. (1963). *Economic Analysis and African Response to Price*. Tesis doctoral, Columbia University.
- DEBREU, G. (1960a). «Review of R. Luce, Individual Choice behaviour». *American Economic Review*, **50**, pp. 186–188.
- (1960b). *Topological Methods in cardinal utility theory*. Stanford University Press.
- DODDER, REBECCA y MIJARES, TANIA (2004). *Estrategia para realizar una reforma legislativa en materia de transporte y calidad del aire en el Distrito Federal*. <http://www.itdp.org/pub.html>.
- DOMENCICH, T.; KRAFT, G. y VALETTE, J. (1968). «Estimation of urban passenger travel behaviour: An Economic demand model». *Highway Research Board*, **238**, pp. 64–78.
- FAIR, MARVIN L. y WILLIAMS, ERNEST W. (1959). *Economics of Transportation*. HARPER & BROTHERS, New York, revisedª edición.
- FULTON, L.; NOLAND, R. y THOMAS, J. (2000). «A Statical Analysis of Induced Travel Effects in the U.S. Mid-Atlantic Region». *Journal of Transportation and Statistics*, **3**, **1**, pp. 1–14.
- GALINDO, L.M. y SALINAS, E. (1997). «La demanda de gasolina y los instrumentos económicos en México». *gaceta Ecológica*, **41**, pp. 61–68.

- GARZA, GUSTAVO (2000). *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*. El Colegio de México.
- GDF (2002). *Del nudo a la red. Problemas de Movilidad en la Ciudad de México*. Gobierno del Distrito Federal.
- GOODMAN, L. (1972a). «A general modelo for the analysis of surveys». *American Journal of Sociology*, **77**, pp. 1035–1086.
- (1972b). «A modified multiple regression approach to the analysis of dichotomous variables». *American Sociological Review*, **37**, pp. 28–46.
- GOODMAN, L. y KRUSKAL, W. (1959). «Measures of association for cross-classifications, II, Fhurter discussion and references». *Journal of the American Statical Association*, **54**, pp. 123–163.
- GOULDER, L.H. (1995). «Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide». *International Tax and Public Finance*, **2**, pp. 157–184.
- GRILICHES, L. (1973). *Errors in variables and other unobservables*. (unpublished) Department of Economics, Harvard University, Cambridge.
- GRILICHES, Z. (1965). *The analysis of specification errors*. University of Chicago.
- GRONAU, R. (1986). *Handbook of Labor Economics*. capítulo Home Production, a Survey, pp. 273–304. North-Holland.
- HANSEN, M. y HUANG, Y. (1997). «Road Supply and Taffic in California Urban Areas.» *Transportation Research*, **A 31**, pp. 205–218.
- (1998). «Road Supply and Traffic in Californian Urban Areas». *Transportatio Research*, **A 31**, pp. 7–15.
- HANSEN, MARK; GILLEN, DAVID; DOBBINS, ALLISON; HUANG, YUANLIN y MOHNISHPUVATHINGAL (1993). *The Air Quality Impacts of Urban Highway Capacity Expansion: Traffic Generationand Land Use Change*. Número 398 en UCTC. The University of California Transportation Center..
- HARTER, J. y MOORE, A. (1967). «Maximum likelihood estimation, from censored samples, of the parameters of the logistic distribution». *Journal of the American Statical Association*, **62**, pp. 675–683.

- HEIBENSCHUTZ, ROBERTO; IRACHETA, ALFONSO; NEGRETE, EUGENIA; GUERRERO, GUILLERMO y LUISELLI, CASIO (2007). *Habitabilidad. Segundo libro complementario al Documento Una Visión para la ZMVM*. <http://www.metropoli.org.mx/>.
- HENK, R. (1993). «Quantification of Latent Travel Demand on New Urban Facilities in the State of Texas.» *ITS Journal*, **59:12**, pp. 24–28.
- HICKS, J. (1932). *The Theory of Wages*.
- (1939). *Value and Capital*.
- HILL, D. M. y IRWIN, N. A. (1967). *Modal split models for interurban travel*, in: *Approaches to the modal split: Intercity transportation*. U.S. Department of Commerce.
- HOLDER, R. y STOVER, V. (1972). *An Evaluation of Induced Traffic on New Highway Facilities*. College Park: Texas Transportation Institute, Texas A&M University..
- INEGI (1995). *Encuesta Origen-Destino 1994*.
- (2002). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares*.
- (2004). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares*.
- (2006). *Conteo de Población y Vivienda 2005*. <http://www.inegi.gob.mx>.
- (Varios años). *Banco de Información Económica*. <http://www.inegi.gob.mx>.
- IRONMONGER, DUNCAN (2000). *Household Production and the Household Economy*. Department of Economics Research Paper, University of Melbourne, <http://eprints.unimelb.edu.au/archive/00000059/>.
- ISLAS, VICTOR (2000). *Llegando tarde al compromiso: la crisis del transporte en la ciudad de México*. El Colegio de México.
- JARA-DÍAZ, S. R. (1998). *Theoretical Foundations of Travel Choice Modelling*. capítulo Time and Income in Travel Demand: towards a Microeconomic Activity Framework. Elsevier.
- (2002). *In Perpetual Motion: Travel Behaviour Research Opportunities and Application Challenges*. capítulo The Goods/Activities Framework for Discrete Travel Choices: Indirect Utility and Value of Time, pp. 415–430. Pergamon.

- JARA-DÍAZ, S. R. y FARAH, M. (1987). «Transport Demand and User's Benefit with Fixed Income: The Goods/Leisure Trade-Off Revisited». *Transportation Research*, **21B**, pp. 165–170.
- JARA-DÍAZ, S. R.; MARTÍNEZ, F. y ZURITA, I. (115-128). «A Microeconomic Framework to Understand Residential Location». En: *2nd European Transport Forum, Proceedings Seminar H.*, .
- JARA-DÍAZ, R. y GUEVARA, C.A. (2003). «Behind the Subjective Value of Travel Time Savings. The Perception of Work, Leisure and Travel from a Joint Mode Choice Activity Model.» *Journal of Transport Economics and Policy*, **37**, pp. 29–46.
- JONES, DAVID (1989). *California's freeway era in historical perspective*. Institute for Transportation Studies.
- JUSTER, F. T. (1990). «Rethinking Utility Theory». *Journal of Behavioural Economics*, **19**, pp. 155–179.
- KOUTSOYIANNIS, A. (1997). *Modern Microeconomics*. Palgrave MacMillan.
- KRAUSS, MELVYN B. y JOHNSON, HARRY G. (1974). *General Equilibrium Analysis. Micro-Economic Text*.
- LAM, TERENCE C. y SMALL, KENNETH A. (2001). «The Value of Time and Reliability. Measurement From a Value Pricing Experiment». *University of California Transportation Center*, **677**.
- LANCASTER, KELVIN (1963). «An Axiomatic Theory of Consumer Time Preference». *International Economics Review*, **4**, pp. 221–231.
- (1966). «A New Approach to consumer Theory». *The Journal of Political Economy*, **74**, pp. 132–157.
- (1971). *Consumer Demand: A New Approach*. New York: Columbia University Press.
- LONDON, CHARLES E. (1951). *Transportation: Principles, Practices, Problems*. Wm. Sloane Associates.
- LARDNER, DIONYSIUS (1850). *Railway Economy*.
- LITMAN, TODD (2004). *Generated Traffic and Induced Travel*. Victoria Transport Policy Institute.
- LOCKLIN, DAVID P. (1954). *Economics of Transportation*. BUSSINES PUBLICATIONS.INC, Homewood, Illinois, fourth^a edición.
- LYONS, G. y URRY, J. (2004). «The use and value of travel time». *Unpublished paper*.
- MACKIE, P.J.; JARA-DÍAZ, S. y FOWKES, A.S. (2000). «The Value of Travel Time Savings in Evaluation».

- MACKIE, P.J.; WADMAN, M.; FOWKES, A.S.; WHELAN, G.; NELLTHORP, J. y BATES, J. (2003). «Values of Travel Time Savings UK». *Institute of Transporte Studies, University of Leeds*, **Working Paper 567**.
- MARTÍNEZ-ALIER, JOAN y ROCA-JUSMET, JORDI (2001). *Economía ecológica y política ambiental*. Fondo de Cultura Económica.
- MARX, KARL (1867). *El Capital*. volumen I. Fondo de Cultura Económica, 23ª edición.
- (1885). *El Capital*. volumen II. Fondo de Cultura Económica.
- McFADDEN y TRAIN, K. (1978). «The Goods/Leisure Trade-Off and Disaggregate Work Trip Mode Choice Models». *Transportation Research*, **12**, pp. 349–353.
- McFADDEN, DANIEL (1973). *Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour*. Academic Press.
- McFADDEN, DANIEL y DOMENCICH, THOMAS (1975). *Urban Travel Demand*. North-Holland Publishing Company, Estados Unidos.
- MINCER, J. (1962). «Market Prices, Opportunity Cost and Income Effect». En: *Measurements in Economics: Studies in Mathematical Economics and Econometrics in Memory of Yehuda Grunfeld*, Stanford University Press.
- MOGRIDGE, M.J.H. (1989). *User response to new road capacity: a review of published evidence*. capítulo Jam yesterday, jam today, jam tomorrow? Institute for Transport Studies, University of Leeds, Working Paper 283.
- NOLAND, R. y LEM, L. (2000). «Induced Travel: A Review of Recent Literature and the Implications for Transportation and Environmental Policy.» En: *Paper presented at the Annual Conference of the American Collegiate Schools of Planning, Atlanta, Georgia.*, .
- NOLAND, ROBERT (2004). *Transport Policy and Assessment Procedures in the United Kingdom: Lessons for the Federal District of Mexico City*. <http://www.itdp.org/pub.html>.
- NOLAND, ROBERT y COWART, WILLIAM (2000). «Analysis of Metropolitan Highway and the growth in vehicles miles of travel». *Transportation*, **27,4**, pp. 363–390.
- OWEN, J. (1964). *The Supply of Labor and the Demand of Recreation*. Tesis doctoral, Columbia University.

- PEARCE, DAVID (1974). *Economía Ambiental*. Fondo de Cultura Económica.
- PETERSEN, RUDOLPH (2004). *Legislative Reform for Transport and Air Quality in Mexico. Case Study Germany*.
<http://www.itdp.org/pub.html>.
- PIGOU, ARTHUR (1920). *The Economics of Welfare*. Macmillan and Co..
- QUADRI, GABRIEL (2007). «Calentamiento global, bienes públicos y mercado de carbono». *Foreign Affairs en Español*, 7-3, pp. 109–131.
- REPETTO, R. (1994). «The Potencial Economic Gains from a Tax Shift». En: *Paper presented on the 50th Congress of the International Institute of Public Finance*, .
- RICARDO, DAVID (1817). *Principios de Economía y Tributación*. Fondo de Cultura Económica.
- SANDMO, A. (1975). «Optimal Taxation in the Presense of the Externalities». *Swedish Journal of Economics*, 77, pp. 86–98.
- SCHÖB, RONNIE (1996). «Evaluating Tax Reforms in the presence of Externalities». *Oxford Economics Papers*, 48, pp. 537–555.
- SELS (1972). *The environmental and California Highways*. Stanford University Press.
- SEMARNAT (2004). *Actualización del Programa Hoy no Circula*.
- (2006). *Inventario de Emisiones 2002*.
- SERPA, A. DE (1971). «Theory of the Economics of Time». *Economic Journal*, 81, pp. 233–246.
- SETRAVI (1998). *Volúmenes de Tránsito en el Distrito Federal. Estaciones Maestras*. GDF.
- (2000a). *Aforos Direccionales*. GDF.
- (2000b). *Aforos Radar*. GDF.
- (2000c). *Estudio de Velocidades Recorridos y Demoras*. GDF.
- (2000d). *Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006 (Anexos)*. Gobierno del Distrito Federal.

- (2003a). *Aforos Direccionales*. GDF.
- (2003b). *Aforos Radar*. GDF.
- (2003c). *Estudio de Velocidades Recorridos y Demoras*. GDF.
- SMITH, ADAM (1776). *Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones*. Fondo de Cultura Económica, 11a^a edición.
- TECQ (2006). «Texas Emmision Reduction Plan». *www.tepgrants.org*, **2**.
- THOMPSON, IAN y BULL, ROBERTO (2001). «La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales». *Recursos Naturales e Infraestructura*, (**25**).
- (2002a). «Impacto de las tendencias sociales, económicas y tecnológicas sobre el transporte público: una investigación preliminar en ciudades de América Latina». *Recursos Naturales e Infraestructura*, (**41**).
- (2002b). «La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales». *Revista de la CEPAL*, (**76**), pp. 109–121.
- TRAN, VAN HOA (2005). *Advances in Household Economics, Consumer Behaviour and Economic Policy*. ASHGATE.
- WASHINGTON, SIMON P.; KARLAFTIS, MATTHEW G. y MANNERING, FRED L. (2003). *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis*. CHAPMAN & HALL/CRC.
- WHITNEY, DENISE (2004). «The Value of Travel-Time: Estimates of the Hourly Value of Time for Vehicles in Oregon 2003». *Oregon Department of Transportation. Policy and Economic Analysis Unit*.
- WILSON, G. LLOYD (1950). *The Elements of Transportation Economics*. Simmons-Boardman.
- WINSTON, G. C. (1987). «Activity Choice: A New Approach to Economic Behaviour». *Journal of Economic Behaviour and Organisation*, **8**, pp. 567–585.
- WOHL, M. y MARTIN, B. V. (1967). *Traffic system analysis*. McGraw-Hill.

Índice alfabético

- Coase, 65
- Costo
 - generalizado, 14, 25
- Demanda latente, 73
- elasticidad, 102
- Equilibrio, 48
 - corto plazo, 58
- Demanda, 48
 - corto plazo, 56
 - largo plazo, 56
- largo plazo, 58
- Oferta, 48
 - corto plazo, 55
 - largo plazo, 55
- Gasolina
 - impuesto, 64
 - subsidio, 65
- hipótesis del doble-dividendo, 68
- Impuesto Pigouviano, 64
- Infraestructura
 - datos usados, 92, 93
 - nueva, 71
 - optimización de, 80
- Marx, Karl, 8
- Microeconomía, 9
- Microeconometría, 10
- Precio
 - generalizado, 14, 25
- Protocolo de Kyoto, 61
- Ricardo, David, 8
- Servicios
 - impuesto, 67
 - subsidijs, 67
- Smith, Adam, 8
- Tiempo
 - distribución de, 38
 - efectos, del
 - cambio climático, 61
 - efecto invernadero, 61
 - lluvia ácida, 61
 - máximo de viaje, 27
 - mínimo de viaje, 27
 - restricción de, 37
 - valor monetario, 43

- valor potencial, 43
- Tráfico generado, 72
- Tráfico inducido, 72
- Métodos
 - Comparaciones de Crecimiento, 75
 - Estudios de Área, 77
 - Medidas Parciales, 77, 78
 - Medidas Proxy, 77
 - Modelos de Pronóstico, 76
 - Modelos de Regresión Múltiples, 76
 - Modelos de Simulación, 76
 - Pares Emparejados, 75
 - Tipo de Servicio, 74
- Transporte
 - bien intermedio, 12
 - características, 16
 - costo del tiempo de, 14
 - definición económica, 8
 - definición general, 7
 - macroeconomía del, 8
 - microeconomía del, 8, 9
 - producción
 - conjunto de posibilidades de, 19
 - infraestructura, conjunto de cantidades necesarias de factores, 20
 - infraestructura, función de producción, 19
 - infraestructura, función de transformación, 19
 - infraestructura, isocuantas, 20
 - neta, 18
 - plan, 18
 - productores
 - beneficio, 23
 - elasticidad de sustitución, 23
 - infraestructura, de, 19
 - relación técnica de sustitución, 22
 - servicios, de, 20
 - valor de las demandas condicionadas de factores, 25
 - teoría
 - principales fuentes, 31
- Vehículos
 - impuesto, 65
 - subsidio, 66
- ZMVM
 - características, 86
 - elasticidad estimada, 102
 - Emisiones NO_x
 - estimaciones, 108, 122
 - fuentes bibliográficas, 89
 - Modelo infraestructura
 - estimaciones, 104, 121
 - pendularidad estimada, 108
 - TIER 2, 109
 - VCP, 94, 99
 - VMP, 94, 99
 - volumen de tránsito, 99