

# Tráfico inducido en México: contribuciones al debate e implicaciones de política pública\*

**Luis Miguel Galindo, David Ricardo Heres y Luis Sánchez\*\***

*El principal objetivo de este estudio es identificar la existencia del fenómeno del tráfico inducido en México. Los resultados obtenidos indican que la ampliación de las vialidades en México origina un aumento de los viajes y de los kilómetros recorridos como consecuencia de una disminución del tiempo de traslado. Esto es, la demanda de viajes puede modelarse como una función de demanda tradicional en donde una disminución de los costos por transporte, que incluyen tanto costos monetarios directos como de tiempo, se traduce en un aumento de la cantidad o longitud de los viajes. Las estimaciones realizadas indican que la elasticidad de las vialidades al consumo de gasolina es de 0.15, confirmando la presencia del tráfico inducido. Asimismo se presentan algunos ejercicios preliminares sobre posibles estimaciones del tráfico inducido para vialidades específicas, aunque debe reconocerse que los valores estimados para el país no necesariamente se aplican al caso de la Ciudad de México. El conjunto de resultados obtenidos indica que la ampliación de la infraestructura vial viene asociada a un aumento menos que proporcional del tráfico, pues se disminuye momentáneamente la razón de uso de las vialidades que, paulatinamente, se va incrementando. De este modo la ampliación vial genera en el corto plazo una mejora en el servicio que tiende a deteriorarse con el tiempo. Esta mejora en el servicio debe sin embargo evaluarse con referencia a los costos que implica en el largo plazo una opción de desarrollo urbano que privilegia el uso del automóvil como medio de transporte en contraposición a otras alternativas.*

Palabras clave: tráfico inducido, kilómetros recorridos, consumo de gasolina.

Fecha de recepción: 18 de agosto de 2004.

Fecha de aceptación: 14 de marzo de 2005.

## Induced Traffic in Mexico: Contributions to the Debate and Public Policy Implications

*The main purpose of this study is to identify the existence of the phenomenon of induced traffic in Mexico. The results obtained indicate that the expansion of roads in Mexico*

\* Los autores agradecen los comentarios de Mario y Luisa Molina y Horacio Catalán. Desde luego se aplica el descargo usual de los errores. Este proyecto fue financiado por el Programa MIT-Integral Program on Urban, Regional, and Global Air Pollution con fondos de la Comisión Ambiental Metropolitana. Correo electrónico: gapaliza@servidor.unam.mx.

\*\* Profesor de la Facultad de Economía, UNAM e investigadores asociados al proyecto coordinado por Mario y Luisa Molina.

*leads to an increase in the number of trips made and kilometers traveled as a result of a reduction in the time taken to move from one place to another. In other words, the demand for trips can be modeled as a function of traditional demand, where a reduction of transport costs, which includes both monetary and time costs, translates into an increase in the number and length of trips. The estimates made indicate that the elasticity of roads to gasoline consumption is 0.15, which confirms the presence of induced traffic. Certain preliminary exercises have also been carried out on possible estimates of induced traffic for specific roads, although it should be recalled that the values estimated for the country as a whole do not necessarily apply to Mexico City. The set of results obtained indicates that the expansion of the road system is associated with a less than proportional increase in traffic, since there is a momentary decrease in the use of the roads that are gradually increased. Thus, in the short term, the expansion of roads leads to an improvement in service that gradually deteriorates over time. This improved service must, however, be evaluated with reference to the long-term costs of a form of urban development that favors the use of the automobile as a means of transport as opposed to other alternatives.*

Key words: induced traffic, kilometers traveled, gasoline consumption.

## **Introducción**

El volumen de tráfico vehicular en las zonas urbanas de México ha llegado a ser un tema de fuerte preocupación e intenso debate en los últimos años. En las dos décadas más recientes se ha observado un crecimiento pronunciado del volumen de tráfico vehicular junto con el desarrollo de la infraestructura vial. La relación entre estas dos variables es ciertamente asunto de intensa discusión como consecuencia de los efectos colaterales del transporte. En efecto, el transporte genera costos sociales importantes<sup>1</sup> como los que afectan la salud y están asociados a la contaminación del aire (McCubbin y Delucchi, 1999; Krupnick, Harrington y Ostro, 1990), los costos en congestionamientos o accidentes (Newbery, 1995; Jones-Lee, 1990), los costos para proveer la infraestructura vial (Newbery, 1988) e incluso los costos ambientales relacionados directamente con el cambio climático (Button, 1990) y con la forma y características del desarrollo urbano (Boarnet y Haughwout, 2000). En este sentido puede argumentarse, como sucede en otros países, que las proyecciones de uso del automóvil a 25 años son inconsistentes con un desarrollo sustentable (Silberston, 1995; New-

<sup>1</sup> Para un resumen de los costos de transporte véase Newbery (1988 y 1995); Silberston (1995) y Delluchi (1997).

bery, 1988) y se plantea entonces la necesidad de diseñar opciones que compatibilicen el crecimiento económico con un transporte moderno, cómodo, seguro y limpio.

En este contexto, el debate<sup>2</sup> sobre la relación entre la infraestructura vial y el tráfico en México ha merecido un renovado interés. Ello se ha intensificado en particular a partir de la decisión del Gobierno del Distrito Federal de construir los corredores viales y los “segundos pisos” del Periférico y el Viaducto en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), pero también por la intención de desarrollar líneas especiales para transporte público. Ambos tipos de proyectos ejercen desde luego importantes impactos sobre el transporte en México, y para evaluarlos se requiere un conjunto de información que incluya la existencia, magnitud y efectos de lo que se conoce como tráfico inducido. Cabe reconocer que la evidencia empírica que presentamos en este trabajo se basa en información anual, necesariamente válida al hacer inferencias para el caso de la Ciudad de México.

En este debate existen dos posiciones extremas de carácter general sobre la relación entre la infraestructura vial y el volumen de tráfico o demanda de transporte. Por un lado se argumenta que la oferta y la demanda de vialidades son dos variables autónomas, o que al menos la calidad de la oferta de vialidades es independiente de la demanda (MacKie, 1996: 103 y 107). En este caso la construcción de la infraestructura vial sólo responde a una demanda preexistente y por tanto el gobierno se limita a proveer la infraestructura requerida. Así, la expansión de la red de vialidades es sólo parte del proceso general de crecimiento. En este contexto el aumento de los kilómetros totales viajados por automóvil (VKT; VMT *Vehicle Miles Traveled* por sus siglas en inglés) es consecuencia del incremento de la población, del aumento del ingreso y de la descentralización de las áreas metropolitanas, y por tanto la demanda de transporte es entendida como una demanda derivada del conjunto de la actividad económica y de las tendencias poblacionales (Heanue, 1998).<sup>3</sup> De este modo un aumento de la cantidad o la calidad de la infraestruc-

<sup>2</sup> Véase por ejemplo CESPEDES (2002).

<sup>3</sup> Una versión sofisticada es aquella que no rechaza la existencia de tráfico inducido pero lo considera estadísticamente no significativo (Mokhtarian, Samaniego, Shumway y Willits, 2002) o asume que la magnitud de los errores de pronóstico de tráfico, que son normalmente de entre 10 y 15%, invalida las estimaciones de los efectos de tráfico inducido en una vialidad específica (Krueckeberg y Silvers, 1994; SACTRA, 1994). En este sentido la discusión no gira sobre la existencia del tráfico inducido sino sobre su relevancia dada su magnitud (Hansen, 1998: 9). Por el contrario, SACTRA (1994) sostiene que incluso un poco de tráfico inducido importa y desde luego resulta más

tura vial reduce los costos de transporte y con ello se impulsa el crecimiento económico. La mejora en la infraestructura vial acarrea además un efecto adicional favorable, pues una mayor velocidad de circulación se traduce en un uso más eficiente de la energía y en una reducción de las emisiones, y por tanto la mejora de la calidad del aire.<sup>4</sup>

En el otro extremo se argumenta que el volumen de tráfico es una función de demanda, de ahí que una reducción en la función general de costos de transporte o mejora en la calidad del servicio se traduzca en un aumento de la demanda y por tanto en el incremento del volumen de tráfico. En este segundo caso las condiciones de oferta inducen un aumento de la demanda y de esta forma las extensiones y mejoras a la infraestructura vial para aliviar los problemas de tráfico tienden a autoderrotarse en el largo plazo.<sup>5</sup>

El concepto de tráfico inducido puede incluso argumentarse haciendo una observación casuística. Así, por ejemplo, es común observar en el transporte urbano dos hechos que apoyan la hipótesis del tráfico inducido: en primer lugar, el tráfico crece más rápido en las calles o avenidas menos congestionadas (Granville y Smeed, 1958; SACTRA, 1994); en segundo lugar se presenta el fenómeno de supresión de tráfico asociado a una limitada infraestructura vial.<sup>6</sup> Así, se observa que los cortes en la circulación programados se traducen en una disminución del volumen de tráfico (Cairns *et al.*, 1998; Cairns, *et al.*, 2002) o la mala calidad de una vialidad reduce su tráfico (Hills, 1996), lo que sugiere que una ampliación de la infraestructura vial ocasionará que el tráfico suprimido aparezca.

El principal objetivo de este trabajo es entonces analizar y cuantificar la evidencia disponible sobre tráfico inducido en la República Mexicana. Para el análisis se utiliza un modelo de vectores autorregresivos (VAR) que permite disminuir el sesgo originado en el problema de la simultaneidad entre las variables de vialidades y el tráfico inducido. Este estudio constituye, desde luego, sólo una aproximación al fenómeno en las zonas urbanas e implica evidencia indicativa más que

---

relevante en condiciones donde la saturación de vías está cerca, existe una elevada elasticidad al costo de viaje, y los efectos sobre el conjunto del tráfico de la nueva vialidad son importantes.

<sup>4</sup> Por ejemplo, esta argumentación es sostenida por las autoridades de transporte de Estados Unidos (Cervero y Hansen, 2002); véase también a este respecto Transportation Research Board (1995).

<sup>5</sup> En el extremo, Roy Kienitz argumenta que la medida de corregir el tráfico inducido con nuevas vialidades es como tratar de resolver la gordura comprando un cinturón más grande (Litman, 2003).

<sup>6</sup> Véase a este respecto, por ejemplo, Williams y Yamashita (1992).

concluyente.<sup>7</sup> Cabe mencionar que las dificultades y limitaciones de la información existente sobre tráfico en México limitan el alcance y las características de este estudio, de ahí que algunas inferencias se realicen sólo como valores indicativos. Como consecuencia de ello la información que presentamos es sólo una aproximación preliminar para el debate sobre las consecuencias de la ampliación de vialidades en zonas urbanas, como son los casos del distribuidor vial y el segundo piso del Periférico. Debe sin embargo reconocerse que para la evaluación puntual de una vialidad específica se requiere el conocimiento de sus condiciones particulares, tales como intensidad de uso o forma urbana. Más aún, debe reconocerse que el uso de datos nacionales dificulta el empleo de esa información para zonas urbanas específicas.

### **Marco teórico general**

La relación entre el volumen de tráfico y las vialidades se circunscribe, a nivel agregado, al desarrollo de una infraestructura que responde a las decisiones de viaje del conjunto de la población.<sup>8</sup> Sin embargo las decisiones de transporte de la población son ciertamente complejas (Hansen, Gillen, Dobbins, Huang y Puvathingal, 1993) e involucran una diversidad de aspectos que sugieren procesos de retroalimentación importantes y que impiden identificar con precisión, desde el punto de vista empírico, el componente de tráfico inducido. Esto es, la demanda de transporte incluye aspectos tales como las decisiones sobre la generación del viaje, el destino que cumple mejor los propósitos del viaje, la hora en que suele realizarse, el modo de transporte, la frecuencia e incluso el número de ocupantes para el viaje (Hills, 1996: 8; Transportation Research Board, 1995; SACTRA, 1994). Debe además considerarse que estas decisiones tienden a repetirse cada día (Sonensson, 2001). En este sentido el tráfico inducido es diferente de la generación de tráfico que proviene de factores como el crecimiento poblacional, el aumento del ingreso per cápita o simplemente el crecimiento económico. Así, el tráfico inducido reúne los aumentos en el volumen debidos a nuevos viajes generados o al incremento de la frecuencia de viajes, viajes más largos y cambios en modos de transpor-

<sup>7</sup> Para una evaluación específica de una vialidad véase, por ejemplo, Decorla-Souza y Cohen (1999).

<sup>8</sup> Generalmente se acepta que el nivel de capacidad de un sistema de transporte debe ser aquel que pueda acomodar todos los viajes en horas pico (Winston, 1985).

te (Cervero y Hansen, 2002; Transportation Research Board, 1995; Noland, 2001). Ello excluye, por ejemplo, el cambio de rutas como consecuencia de mejoras en vías específicas que implique el mismo número de kilómetros recorridos y de tiempo (Bonsall, 1996). En este sentido el tráfico inducido o reprimido se limita a los casos en que se observan movimientos vehiculares asociados con cambios en la accesibilidad a la red vial (Hills, 1996: 7). El tráfico inducido puede definirse entonces como el incremento en viajes que ocurre como resultado de un aumento de la capacidad vial y normalmente se mide como un incremento en los VKT (Noland y Cowart, 2000).<sup>9</sup> En este contexto, se considera tráfico inducido a aquellos viajes que se generan por la nueva vialidad, a los viajes provenientes de una nueva distribución a nuevos destinos, a un cambio en el modo de transporte o a desviaciones para utilizar rutas más rápidas pero más largas en kilómetros.

Ello puede ilustrarse considerando que la oferta y la demanda del transporte tienen un comportamiento similar<sup>10</sup> al de cualquier otro bien y servicio (Varian, 1984; Deaton y Muellbauer, 1980) y donde por tanto la demanda responde a una reducción del precio (véase, por ejemplo, Noland y Lem, 2002). En la gráfica 1 se presentan los cambios en la demanda de viajes como resultado de un incremento de la oferta (S) o capacidad de la red vial, manteniendo una demanda de transporte constante ( $D_1$ ). De este modo un aumento de la oferta al pasar de  $S_1$  a  $S_2$ , manteniendo la misma demanda, se traduce en un movimiento de  $Q_1$  a  $Q_2$  en la cantidad demandada de viajes como consecuencia de la reducción de los costos de viaje. El movimiento de  $Q_1$  a  $Q_2$  representa entonces el efecto del tráfico inducido. Desde luego, un aumento de la demanda asociado a otros factores como el aumento poblacional o el crecimiento económico pueden llevar la cantidad de viajes de  $Q_1$  a  $Q_3$  aunque el desplazamiento de  $Q_2$  a  $Q_3$  no corresponde a lo que se conoce estrictamente como tráfico inducido. La tarea de identificar desde el punto de vista empírico la diferencia entre un movimiento de  $Q_1$  a  $Q_2$ <sup>11</sup> del que corresponde de  $Q_2$  a  $Q_3$  es ciertamente compleja<sup>12</sup> (Noland y Lem, 2002; Transportation Research Board, 1995). En todo

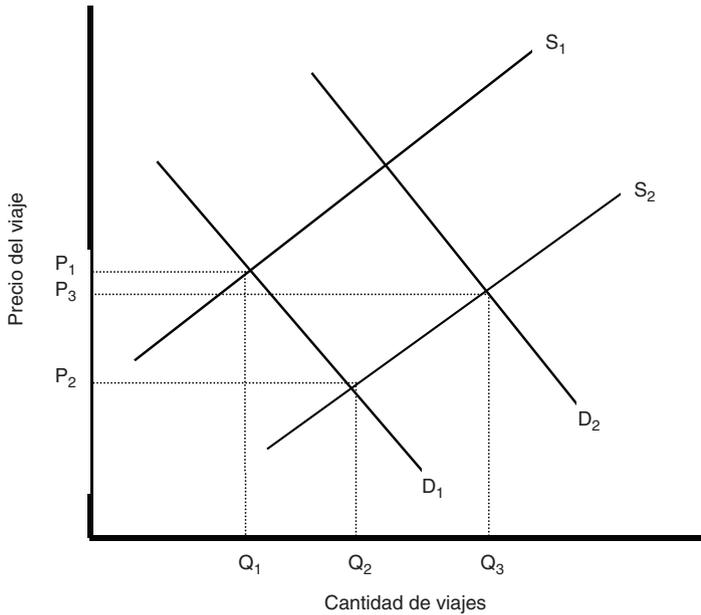
<sup>9</sup> El tráfico inducido se asocia más al VKT que a los kilómetros por persona por sus consecuencias en congestamientos, en salud y en el medio ambiente en general.

<sup>10</sup> Debe reconocerse que existen modelos específicos para modelar el transporte como los modelos gravitacionales (véase por ejemplo Sonesson, 2001).

<sup>11</sup> Heanue (1998) argumenta que este movimiento es relativamente menor respecto al de  $Q_2$  a  $Q_3$ .

<sup>12</sup> Ello es incluso aún más complejo para casos particulares de localización, hora del día o nivel anterior de congestamiento vehicular en las vialidades por analizar.

GRÁFICA 1  
Oferta y demanda de transporte



caso, la inexistencia de tráfico inducido debería corresponder a una demanda inelástica que supone que el total de viajes es independiente del precio del tiempo de transporte (Noland y Lem, 2002; Hansen, 1998). En este sentido, la teoría económica de la oferta y la demanda explica la existencia del tráfico inducido en el caso en que un aumento de la vialidad reduce la función generalizada de costos de viaje disminuyendo el costo del tiempo de transporte<sup>13</sup> (Noland, 2001).

Así, el tráfico inducido que se refleja en un aumento de VMT (Noland y Lem, 2002) se origina en condiciones donde las velocidades mayores de tránsito implican una redistribución de las actividades que incluyen viajes más largos (Gordon y Richardson, 1994).<sup>14</sup> Por ejemplo,

<sup>13</sup> Noland (2001) argumenta que el principal componente de los costos en los vehículos privados es el tiempo de transporte. Véase De Serpa (1971) para una teoría de la economía del tiempo.

<sup>14</sup> Véase por ejemplo Inman (1978) o Fare, Grosskopf y Yoon (1982) para una función generalizada de congestión en vías rápidas que relaciona volumen de tráfico con velocidad. En este contexto debe reconocerse que el flujo de autos y la velocidad son variables que se determinan simultáneamente (Boardman y Lave, 1977).

Heanue (1998) argumenta, con base en las elasticidades de SACTRA (1994), de Hansen (1995) y de Goodwin (1996), que entre 6 y 22% del aumento en los VMT se origina en el tráfico inducido, mientras que Noland (2001) calcula, de acuerdo a sus propias estimaciones, que esta proporción fluctúa entre 21 y 28%. Finalmente Goodwin (1996) estima que hasta 77% del aumento del tráfico puede ser inducido.<sup>15</sup>

La evidencia internacional sobre la existencia de tráfico inducido se fundamenta además en algunas regularidades empíricas que se observan en particular en el transporte urbano. Esto es, la existencia de un tiempo promedio de viaje constante o relativamente estable en términos agregados conduce a que los ahorros de tiempo se traduzcan en viajes adicionales (Zahavi y Ryan, 1980; Zahavi y Talvitie, 1980; Gordon y Richardson, 1994; SACTRA, 1994; Goodwin, 1992). Debe sin embargo reconocerse que la estabilidad de los presupuestos de viaje es relativa y representa más una apreciación empírica, ya que desde el punto de vista de la teoría económica, una reducción de los costos de tiempo de traslado ocasiona un aumento de los viajes (Noland y Cowart, 2000). Asimismo se observa que además existen fuertes relaciones entre los diferentes tipos de viajes (trabajo, recreación, socialización) (Pant y Bullen, 1980) y ajustes distintos de acuerdo con las características y condiciones socioeconómicas, tales como el tamaño de la familia o el ser dueño o no de un auto (Zahavi y Talvitie, 1980). En todo caso puede argumentarse que una reducción del tiempo de transporte se traduce en un aumento de las distancias recorridas, aunque en una proporción menor, lo que implica la presencia de tráfico inducido (Goodwin, 1992). Como regla empírica Goodwin (1996) y SACTRA (1994) sostienen que alrededor de la mitad o más del tiempo ahorrado como consecuencia de la mayor velocidad se destinará a viajes adicionales. En este mismo sentido, algunos estudios (SACTRA, 1994) muestran que las personas ajustan, ante alzas por ejemplo en los precios de la gasolina, la eficiencia de sus autos, su tipo de manejo<sup>16</sup> o la cantidad de viajes, con tal de mantener su movilidad promedio tratando de mantener el mismo gasto en gasolina.

La existencia de tráfico inducido tiene desde luego diversas consecuencias sobre la planeación y el diseño de las políticas públicas para el desarrollo urbano en la medida en que la oferta y la demanda se

<sup>15</sup> Véase el cuadro A.1 en el apéndice, donde se presenta evidencia empírica internacional.

<sup>16</sup> Por ejemplo, se observa que en las vías rápidas los automovilistas ajustan su manejo a la velocidad del carril más rápido, mientras que en el carril más lento dependen del volumen de tráfico.

determinan simultáneamente. Así, el tráfico inducido implica que la construcción o mejoramiento de la infraestructura vial genera una demanda creciente de viajes que eleva el tráfico general, de lo cual se infiere que la política de construir vialidades para resolver el problema del tráfico construye también las bases de su autodestrucción en el largo plazo al generar una demanda adicional.

La existencia de tráfico inducido ocasiona además que los pronósticos estáticos de tráfico generalmente se ubiquen por debajo de los valores reales (Prakash, Oliver y Balcone, 2001). Así, parte de los errores de pronóstico, que en promedio tienden a situarse alrededor de 10%, pueden explicarse por este motivo (Noland y Lem, 2002). En el extremo, puede incluso argumentarse que el tráfico inducido genera una rápida saturación de las nuevas vialidades en horas pico como consecuencia de lo que se conoce como fenómeno de la triple convergencia (Downs, 1992). Esto es, la ampliación de vialidades ocasiona, como consecuencia de la reducción del tiempo de transporte, que los viajeros cambien de rutas alternativas, que reubiquen los viajes a horas pico y que cambien de modo de transporte.<sup>17</sup> Esto se refleja, por ejemplo en las encuestas de tráfico que sugieren que alrededor de 41% de los entrevistados regresaría a realizar viajes en horas pico si disminuyen los congestionamientos (SACTRA, 1994). Así, la existencia de tráfico inducido indica que las evaluaciones económicas de una vialidad específica realizadas conforme al supuesto de independencia entre la oferta y la demanda, y por tanto de una demanda constante, sufren un problema metodológico importante (Mackie, 1996).

La evidencia empírica internacional confirma la presencia del fenómeno de tráfico inducido básicamente mediante la sensibilidad de respuesta de los agentes a la función general de costos de transporte. Así por ejemplo, Goodwin (1992), Dargay y Goodwin (1995), Oum *et al.*, (1992) y Halcrow Fox *et al.*, (1993) reportan una elasticidad precio del consumo de gasolina de entre  $-0.1$  y  $-0.5$ , lo que claramente sugiere que existe un cambio en la conducta de los agentes ante modificaciones de los costos de viaje.<sup>18</sup> Asimismo las estimaciones realizadas generalmente muestran una mayor elasticidad ingreso de las gasolinas que de la venta de autos, lo que permite inferir la existencia del tráfico inducido (Hills, 1996). Asimismo Goodwin (1996), Barr

<sup>17</sup> Para algunos autores la evidencia empírica indica que el cambio de modo de transporte es prácticamente inexistente (Kroes, Daly, Gunn y Van Der Hoorn, 1996).

<sup>18</sup> De Jong y Gunn (2000: 144) estiman unas elasticidades del número de viajes de autos y de kilómetros respecto al precio de la gasolinas de  $-0.2$  y  $-0.3$  respectivamente.

(2000) y Transportation Research Board (1995) estiman que la elasticidad del volumen de tráfico respecto al tiempo de viaje<sup>19</sup> se ubica entre  $-0.3$  y  $-1.0$ , lo que se refleja en una estimación del costo del tiempo para un viajero promedio en auto que por ejemplo para el caso inglés es de 6 centavos de 1993 al minuto (SACTRA, 1994).<sup>20</sup> Estas elasticidades sugieren que un cambio en el tiempo de traslado puede tener incluso un mayor impacto<sup>21</sup> que ese mismo cambio en el costo directo del transporte.<sup>22</sup>

Goodwin (1996) y SACTRA (1994) reportan que la elasticidad de las mejoras viales al volumen de tráfico es de entre 0.1 y 0.2, mientras que Noland (2001), Noland y Cowart (2000) y Fulton *et al.* (2000) dan una elasticidad de un aumento de kilómetros en vialidades per cápita de 10 a 2.9% en VMT. Noland y Cowart (2000), Hansen y Huang (1997), Transportation Research Board (1995) y Noland (2001) encuentran una elasticidad directa de entre 0.6 y 0.9 del VMT respecto a la ampliación de las vialidades, que Noland y Lem (2002) estiman incluso más elevada al afirmar que la elasticidad del VMT a una inversión en vialidades de 1.66 millones de libras ocasiona un aumento de 2.43 millas de recorrido. Rodier *et al.* (2000) y Noland y Lem (2002) calculan unas elasticidades generales de la demanda de viaje de entre  $-1.0$  y  $-1.6$  respecto al total de costos de transporte. Finalmente Oum, Waters y Yong (1990) argumentan una elasticidad precio de transporte de  $-0.1$  a  $-0.5$ .

La evidencia empírica internacional sobre la sensibilidad del transporte a cambios en los precios se sintetiza en conjunto en las siguientes gráficas. Esto es, la media de los estudios indica una elasticidad ingreso mayor que la unidad (entre 1.5 y 1.9) y una elasticidad precio de alrededor de  $-0.7$  de la demanda de gasolinas (gráfica 2). Asimismo la elasticidad ingreso y precio de la cantidad de autos es de 1.40 y  $-1.18$  (gráfica 3) respectivamente, la elasticidad ingreso y precio de los kilómetros recorridos de 1.46 y  $-0.8$  respectivamente (gráfica 4) y la elasticidad de millas recorridas respecto a la expansión urbana de 0.9 (gráfica 5 y cuadro A2).

Estos resultados confirman la existencia de tráfico inducido como

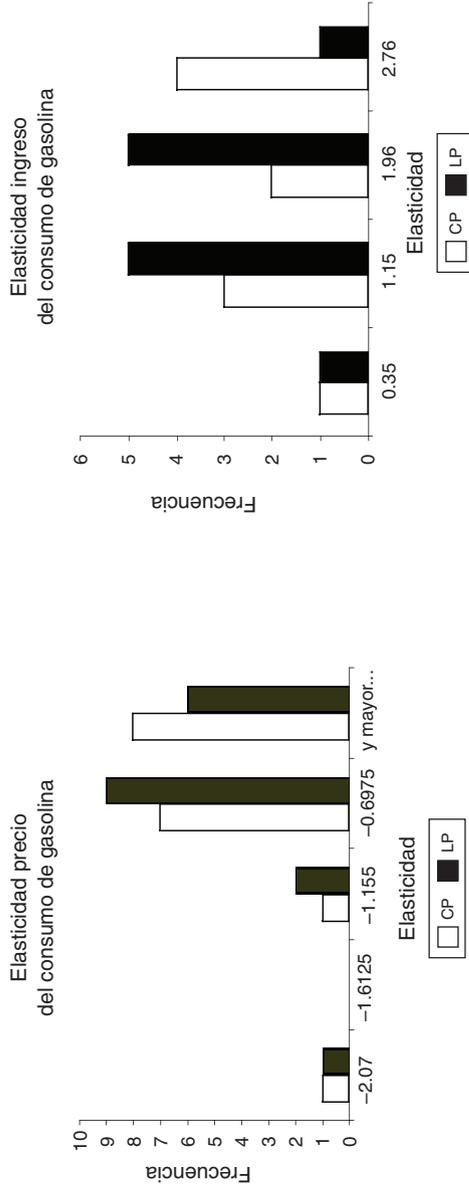
<sup>19</sup> Aunque probablemente sea más alta en algunas zonas urbanas (Barr, 2000; Hansen y Huang, 1997).

<sup>20</sup> Winston (1985) estima el valor del tiempo en auto en 6% del salario.

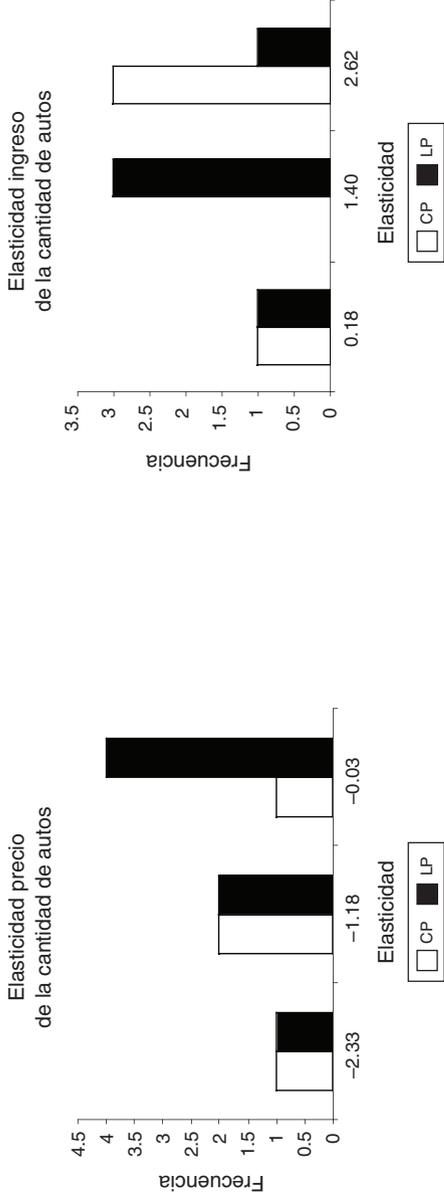
<sup>21</sup> Por ejemplo Hensher (2001) argumenta que para las evaluaciones de transporte el valor de los ahorros de tiempo es crítico.

<sup>22</sup> Winston (1985) argumenta que es necesario incluir en la evaluación todos los tiempos invertidos en transporte, aun las partes caminadas.

**GRÁFICA 2**  
**Elasticidades precio e ingreso del consumo de gasolina**

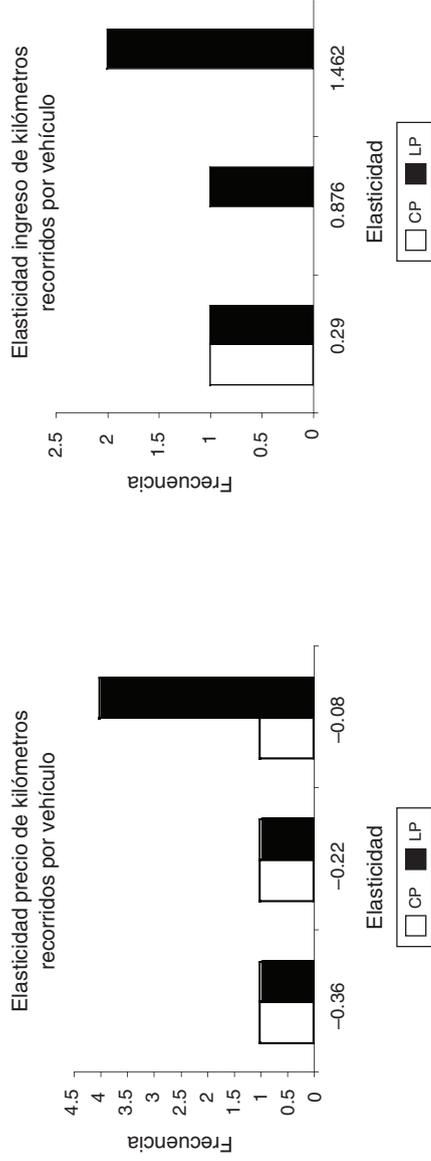


**GRÁFICA 3**  
**Elasticidades precio e ingreso de la cantidad de autos**

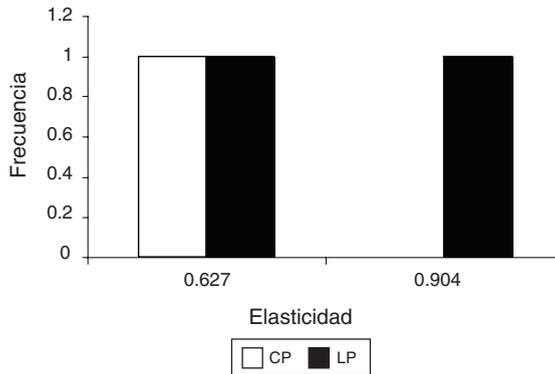


#### GRÁFICA 4

### Elasticidades precio e ingreso de los kilómetros recorridos



GRÁFICA 5

**Elasticidad de millas recorridas por vehículo a la expansión urbana**

resultado de una función generalizada de costos de transporte,<sup>23</sup> sugiriendo que en principio este efecto<sup>24</sup> representa entre 5 y 20% más en VMT (Chu, 2000; Heanue, 1998) lo que puede reducir los beneficios de las nuevas vialidades entre 20 y 40% (Noland y Lem, 2002: 18).

**La evidencia empírica: el caso mexicano**

Puede realizarse una evaluación sobre la existencia y magnitud del tráfico inducido en México considerando los efectos simultáneos entre el volumen del tráfico y las variables que lo determinan, incluyendo la infraestructura vial. En efecto, se considera que el volumen del tráfico o la demanda de transporte dependen de la estructura de preferencias, del ingreso, de los precios relativos respectivos, de la función generalizada de costos de viaje que incluye tanto los costos en dinero como en tiempo, y de la tenencia de autos (Mackie, 1996; Cervero, 2001; Noland y Lem, 2002). Así, este conjunto de variables puede incluirse en un modelo de vectores autoregresivos con cointegración (VECM) (Engle y Granger, 1987). Esta metodología permite considerar la po-

<sup>23</sup> La función generalizada de costos incluye los relacionados con la distancia del viaje, el tiempo, la desutilidad del viaje, los inconvenientes, la incomodidad y los riesgos de accidentes (SACTRA, 1994).

<sup>24</sup> Para Hansen (1998) los efectos del tráfico inducido se observan en un plazo de cinco años.

sibilidad de una determinación simultánea entre las variables seleccionadas.<sup>25</sup> De este modo, el modelo de vectores autorregresivos (VAR) se especificó como (Hamilton, 1994; Cuthbertson, Hall y Taylor, 1992):

$$X_t = \Pi_1 X_{t-1} + \dots + \Pi_k X_{t-k} + \Phi D_t + u_t \quad [1]$$

donde  $X_t$  representa un vector que incluye  $k$  variables endógenas,  $D_t$  es un vector que incluye una constante o tendencia y las variables dicotómicas o *dummy* y  $u_t$  es un vector de errores que son ruido blanco. Las variables incluidas implican que se utiliza básicamente una función de demanda ampliada por la infraestructura vial.

Las estimaciones del modelo VAR se realizaron atendiendo al orden de integración de las series con objeto de evitar la crítica de regresión espuria (Granger y Newbold, 1974). En este sentido, el modelo VAR se especificó de acuerdo al procedimiento de Johansen (1988) buscando obtener un vector de cointegración que permita identificar los coeficientes de largo plazo entre las variables. Reordenando la ecuación [1] en forma de un mecanismo de corrección de errores (Johansen, 1995), se obtiene:

$$\Delta X_t = \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \Gamma_{k+1} \Delta X_{t-k+1} + \Pi X_{t-k} + \Phi D_t + u_t \quad [2]$$

donde:

$$\Pi_1 = -(I - \Pi_1 - \dots - \Pi_k) \quad [2.a]$$

$$\Gamma_1 = -(I - \Pi_1 - \dots - \Pi_i) \quad [2.b]$$

En caso de que las variables incluidas en el vector  $X_t$  sean  $I(1)$  entonces las series en  $\Delta X_t$  serán estacionarias  $I(0)$  y por tanto el sistema sólo estará balanceado cuando  $\Pi X_{t-k}$  sea  $I(0)$ . Esta condición sólo es posible cuando el rango de la matriz  $\Pi$  es menor que el número de variables incluidas en el VAR, lo que permite que exista al menos una combinación lineal de las variables incluidas conocida como vector de cointegración. El rango de  $\Pi$  se estima con el procedimiento de Johansen utilizando el método de máxima verosimilitud y correlaciones canónicas (Johansen, 1995). Asimismo es posible utilizar un análisis

<sup>25</sup> Este procedimiento es considerado por ejemplo en Noland y Cowart (2000) y reconoce el problema que plantean Cervero y Hansen (2002) de simultaneidad entre la oferta y la demanda.

de impulso-respuesta. Ello requiere seleccionar la especificación correcta del VAR, ya sea en niveles, en primeras diferencias o en VECM. En este caso se consideró que un VAR suele ser un modelo sobreparametrizado que se traduce en estimaciones ineficientes pero consistentes (Sims, Stock y Watson, 1990; Ohanian, 1988). En este sentido el VECM tiene la ventaja de representar una versión restringida del VAR cuya mayor eficiencia en las estimaciones puede compensarse como consecuencia del riesgo de imponer restricciones equivocadas en el proceso de cointegración (Favero, 2001). Asimismo cabe reconocer que este efecto sólo incide en el análisis de impulso-respuesta, ya que la descomposición de varianzas está dada en porcentajes y por tanto el uso del VECM no implica una ganancia sustantiva (Naka y Tufte, 1997). Además la evidencia disponible muestra que en horizontes cortos un VAR en niveles proporciona resultados similares a un VECM (Naka y Tufte, 1997; Clements y Hendry, 1995). Así, en este trabajo se utiliza un VAR en niveles.<sup>26</sup>

La información aquí utilizada consiste en series anuales de 1950 a 2001 que incluyen el consumo de gasolina ( $gas_t$ ), los kilómetros de vialidades ( $cpa_t$ ), el producto interno bruto real ( $y_t$ ) y los precios relativos de la gasolina ( $prg_t$ ). La selección de las variables incluidas resulta desde luego discutible, en particular el consumo de gasolina como variable indicativa del tráfico inducido, ya que generalmente se utiliza el número de kilómetros totales recorridos por vehículo (VKT). En el apéndice se presenta una descripción detallada de las series.

El uso del consumo de gasolina para aproximar al VKT se origina, desde luego, en la inexistencia de una serie consistente de ésta. Así, se supone que existe una relación relativamente estable entre el consumo de gasolina y el VKT; Oum, Waters y Yong (1992) argumentan que las elasticidades precio de tráfico son similares a las elasticidades precio de las gasolinas, y Dix y Goodwin (1982) sostienen que las elasticidades entre el tráfico y el consumo de gasolina deben ser iguales en el corto plazo, aunque en el largo se ajuste más el consumo de gasolina que el tráfico.<sup>27</sup> Por ejemplo, Goodwin (1992) y SACTRA (1994) encuentran una elasticidad precio del tráfico de  $-0.16$  y  $-0.33$ , que es la mitad de la elasticidad precio de la gasolina. Esta igualdad de corto plazo se origina en un ajuste lento del consumo de gasolina como resultado de

<sup>26</sup> Para una descripción de los modelos más utilizados en la estimación de los efectos del tráfico inducido véase Hansen, Gillen, Dobbins, Huang y Puvathingal (1993), Cohen (1995) y Cervero (2001).

<sup>27</sup> En este sentido, de existir el efecto de tráfico inducido en las gasolinas se presentará con mayor intensidad en los kilómetros recorridos.

la presencia de hábitos ineficientes y del proceso paulatino de ajuste en la flota vehicular (Graham y Glaister, 2002). Además, Cervero y Hansen (2002) argumentan que los factores que determinan el VMT son similares a los que condicionan el consumo de gasolinas, de modo que existe evidencia de que el VMT crece con el ingreso y disminuye con el aumento de los precios de las gasolinas.

El cuadro 1 sintetiza las pruebas de raíces unitarias de Dickey y Fuller (ADF) (1981), Phillips y Perron (PP) (1988) y Kwiatkowski *et al.* (KPSS) (1992). Estas pruebas indican que en principio el consumo de gasolinas, el producto, los precios relativos y las vialidades son series no estacionarias muy probablemente de orden de integración I(1). Este resultado indica entonces la necesidad de utilizar un modelo VAR incluyendo un procedimiento de cointegración como el de Johansen (1988) para evitar las críticas de regresión espuria.

Los resultados del procedimiento de Johansen (1988), incluyendo el consumo de gasolina, el ingreso, los precios relativos de la gasolina y las vialidades, indican que existe un vector de cointegración entre estas variables que puede interpretarse como una relación estable de largo plazo. Más aún, este vector de cointegración (ecuación [3]) tiene coeficientes relativamente consistentes con la teoría económica. Esto es, el consumo de gasolina responde positivamente al ingreso e inversamente al aumento de los precios relativos de la gasolina. Debe sin embargo reconocerse que si bien la elasticidad ingreso es consistente con otros estudios, éste no es el caso de la elevada elasticidad precio obtenida (véase la gráfica 2). En todo caso puede argumentarse que uno de los factores que explican la elevada elasticidad negativa de los precios es que no se incluye el efecto del aumento de la eficiencia energética de los automóviles (Graham y Glaister, 2002). Por otra parte, un aumento de las vialidades tiene un efecto positivo<sup>28</sup> de aproximadamente 0.15. Este coeficiente estaría entonces asociado al efecto que generan las nuevas vialidades en el tráfico y correspondería al concepto de tráfico inducido.

$$cg_t = 0.14741 * cpa_t + 1.0289 * yr_t - 1.1766 * prg_t \quad [3]$$

El teorema de representación de Engle y Granger (1987) permite utilizar al vector de cointegración como un mecanismo de corrección

<sup>28</sup> Debe reconocerse que la infraestructura vial no sólo es producto de los factores incluidos en el VAR estimado, sino también responde positivamente a factores poblacionales y de localización y negativamente a la densidad del empleo y a la residencial (Cervero y Hansen, 2002; Strathman *et al.*, 2000).

**CUADRO 1**  
**Pruebas de raíces unitarias**

Variable	ADF			PP(4)			KPSS(7)		
	A	B	C	A	B	C	$\eta_{\mu}$	$\eta_{\tau}$	
cg <sub>t</sub>	-1.336(1)	-1.774(1)	2.404(1)	-1.089	-2.717	4.658	0.752	0.186	
$\Delta$ cg <sub>t</sub>	-4.265(3)	-4.074(0)	-2.705(0)	-4.274	-3.990	-2.555	0.497	0.080	
yr <sub>t</sub>	-0.462(0)	-2.981(0)	-3.736(1)	-0.529	-2.721	6.663	0.747	0.190	
$\Delta$ yr <sub>t</sub>	-5.765(0)	-5.126(0)	-1.206(2)	-5.722	-5.246	-2.651	0.456	0.090	
cpa <sub>t</sub>	-1.081(1)	-3.063(1)	1.358(3)	-1.395	-4.729	5.122	0.746	0.199	
$\Delta$ cpa <sub>t</sub>	-5.488(0)	-4.381(0)	-1.424(2)	-5.507	-4.467	-2.347	0.618	0.076	
pr <sub>t</sub>	-4.182(3)	-1.957(1)	0.607(4)	-4.908	-3.146	0.282	0.643	0.140	
$\Delta$ pr <sub>t</sub>	-5.479(4)	-5.441(4)	-5.320(4)	-11.556	-11.645	-11.535	0.204	0.091	

NOTA: Los valores en cursivas representan el rechazo de la hipótesis nula al 5%. Los valores críticos al 5% de significancia para la prueba Dickey-Fuller aumentada y Phillips-Perron para una muestra de T = 100 son -3.45 incluyendo constante y tendencia (modelo A), -2.89 incluyendo constante (modelo B) y -1.95 sin constante y tendencia (modelo C) (Maddala y Kim, 1998: 64).  $\eta_{\mu}$  y  $\eta_{\tau}$  representan los estadísticos de la prueba KPSS donde la hipótesis nula considera que la serie es estacionaria en nivel o alrededor de una tendencia determinística respectivamente. Los valores críticos al 5% de ambas pruebas son 0.463 y 0.146, respectivamente (Kwiatkowski *et al.*, 1992: 166). Los valores entre paréntesis representan el número de rezagos. Las letras en minúsculas representan los valores en logaritmos naturales. Periodo 1950 a 2001.

CUADRO 2

**Estadísticos del procedimiento de Johansen para cointegración**

$$cg_t = \beta_1 * cpa_t + \beta_2 * yr_t + \beta_3 * prg_t$$

<i>Ho</i>	<i>Traza</i>	<i>95 %</i>	<i>λ-max</i>	<i>95 %</i>
<i>r = 0</i>	55.65*	27.1	88.41*	47.2
<i>r ≤ 1</i>	16.81	21.0	32.76*	29.7
<i>r ≤ 2</i>	12.3	14.1	15.95*	15.4
<i>R ≤ 3</i>	3.657	3.8	3.657	3.8

NOTA: \* Indica rechazo de la hipótesis nula al 5% de nivel de significancia; traza = prueba de la traza; λ-max = prueba de la raíz característica máxima; r = número de vectores de cointegración. Número de rezagos en el VAR = 1. Periodo 1950 a 2001.

de error en la ecuación [4]. Dicha ecuación muestra un ajuste satisfactorio atendiendo al coeficiente de determinación y a la forma en que los valores proyectados simulan los valores reales (gráfica 6). Asimismo las pruebas realizadas indican que no puede rechazarse la hipótesis de normalidad en la distribución de los errores y que además no existen problemas de autocorrelación o heteroscedasticidad. En este sentido puede argumentarse que no se cuenta con información adicional sistemática relevante para incluir en el modelo. Destaca lo reducido del error cuadrático medio (aproximadamente 2%), lo que indica las virtudes de pronóstico de este modelo.

$$\Delta cg_t = -0.562 - 0.155 * \Delta cg_{t-1} + 0.570 * \Delta yr_t - 0.096 * \Delta prg_t - 0.057 * \Delta prg_{t-1} \quad [4]$$

(-3.475) (-1.828)                      (4.583)                      (-3.564)                      (-2.026)

$$- 0.048 * \Delta prg_{t-1} - 0.081 * ecm_{t-1} - 0.133 * d83$$

(-2.037)                      (-3.631)                      (-4.054)

Pruebas de diagnóstico:

$$ecm(t) = cg_t - 0.14741 * cpa_t - 1.0289 * yr_t + 1.1766 * prg_t$$

R<sup>2</sup> = 0.797

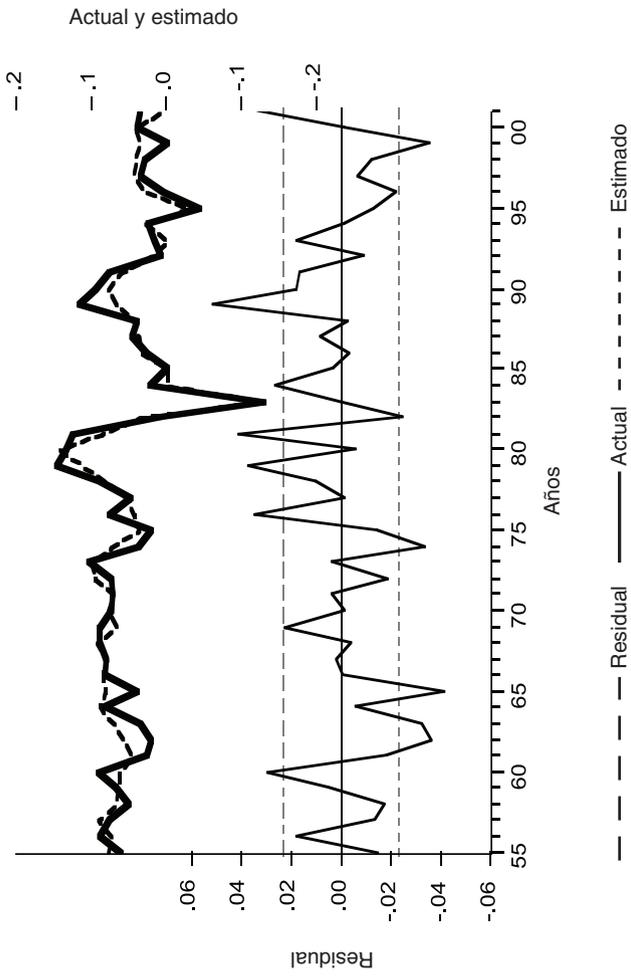
Normalidad J-B = 0.839 (0.657)

Autocorrelación: LM(4) = F: 0.265 (0.897)

Heteroscedasticidad: ARCH(4) = F: 1.511 (0.218)

Error cuadrático medio: = 0.021

GRÁFICA 6  
Valores reales y proyectados por el modelo



El análisis de impulso-respuesta, sintetizado en la gráfica 7, muestra que un *shock* de una desviación estándar en la construcción de vialidades tiene un efecto positivo tanto en el consumo de gasolinas como en el ingreso, mientras que su efecto sobre los precios relativos de la gasolina es prácticamente nulo. Por otro lado se observa también que un *shock* de una desviación estándar en el consumo de gasolinas sólo tiene un efecto positivo en el ingreso. Estos resultados confirman la presencia de tráfico inducido y son consistentes con la evidencia presentada por Fulton *et al.* (2000) y Prakash, Oliver y Balcome (2001), donde el gasto en nuevas vialidades causa, en el sentido de Granger, tráfico pero no a la inversa; asimismo Cervero y Hansen (2000) encuentran una causalidad bidireccional entre el tráfico y las vialidades.

El conjunto de estos resultados confirma entonces la existencia del fenómeno de tráfico inducido en México, aunque sugiere también que su efecto es paulatino en el tiempo. Puede entonces utilizarse la existencia de tráfico inducido para realizar algunos ejercicios ilustrados sobre la magnitud e importancia de este efecto en México. Esto es, utilizando la ecuación propuesta por Goodwin (1996) sobre la elasticidad de la demanda de viajes respecto al tiempo ( $E_t$ ) se obtiene que:

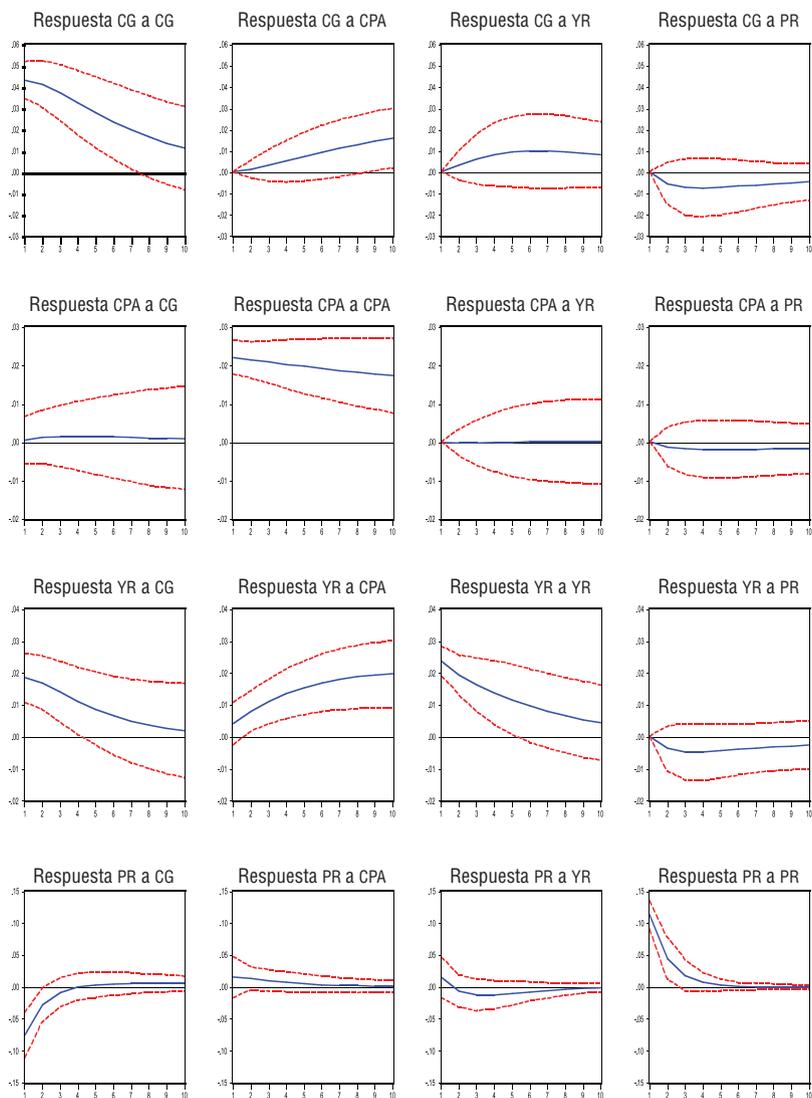
$$\frac{E_m}{E_t} = \frac{M}{V_t} \Rightarrow E_t = E_m * \frac{V_t}{M} \quad [5]$$

$$V_t = vT$$

donde  $v$  es el valor del tiempo promedio por minuto,  $T$  es el tiempo viajado promedio,  $E_m$  es la elasticidad de la demanda de viajes respecto al precio de la gasolina,  $V_t$  es el valor del tiempo promedio viajado al día, y  $M$  el gasto promedio diario en gasolina por persona. De este modo, utilizando por ejemplo<sup>29</sup> datos aproximados para el Distrito Federal y suponiendo: elasticidades de la demanda de gasolinas ( $E_m$ ) respecto al precio de  $-0.40$  y  $-0.20$ ,  $0.48$  pesos por minuto como el valor del tiempo promedio ( $v$ );  $60$ ,  $120$  y  $180$  minutos promedio del tiempo gastado viajando por automóvil al día ( $T$ ), y  $30.50$  como el

<sup>29</sup> Este ejemplo es hipotético, ya que en las estimaciones realizadas se emplean datos nacionales que difícilmente pueden extrapolarse para el caso de una zona urbana específica.

**GRÁFICA 7**  
**Análisis de impulso-respuesta**



gasto por persona al día sobre el costo de la gasolina (M), pueden obtenerse aproximaciones sobre los efectos del tráfico inducido.<sup>30</sup>

Los resultados obtenidos,<sup>31</sup> que se sintetizan en los cuadros 3 y 4, indican que un ahorro diario del tiempo gastado en viajes de 10% provoca un incremento en el volumen de tráfico de 3.8% para un tiempo promedio de 60 minutos de tiempo de viaje por persona, mientras que para un tiempo promedio de 120 minutos el incremento es de 7.6%, y para 180 minutos de 11.3%. Por otra parte, con una elasticidad de la demanda de viajes respecto al dinero de  $-0.2$  se observa que un ahorro de 10% en el tiempo ocupado en viajar al día implica un incremento de tráfico de 1.9% para un tiempo de 60 minutos, de 3.8% para 120 minutos y de 5.7% para 180 minutos. Asimismo debe considerarse que un aumento en la valoración del tiempo de 0.48 pesos por minuto, como consecuencia por ejemplo de un aumento del ingreso, acarrea también un mayor tráfico inducido. Estos resultados indican que la construcción de vialidades en el Distrito Federal ocasiona un aumento del tráfico mayor que el proyectado inicialmente como consecuencia de la presencia del fenómeno del tráfico inducido. Sin embargo debe reconocerse que se manifiesta de manera paulatina y es menos que proporcional al aumento de las vialidades. De este modo la expansión de la infraestructura vial trae consigo una mejora en el servicio, aunque en el largo plazo haga necesario optar por una estrategia que privilegia un tipo de desarrollo del sistema de transporte que en ciertos casos no resulta sustentable, por ejemplo para la ZMCM. Así, se observa que el fenómeno de tráfico inducido en México ocasiona que la construcción de nuevas vialidades genere más tráfico, aunque con una elasticidad menor que la unidad, de modo que la expansión de la capacidad mejora la vialidad aunque no tanto como se esperaba inicialmente (Hansen, Gillen, Dobbins, Huang y Puvathingal, 1993).

<sup>30</sup> El valor del tiempo por minuto es un promedio de las cotizaciones diarias en el IMSS de 234 pesos, y el gasto en gasolinas corresponde a un precio de la gasolina de 6 pesos, y al rendimiento promedio de 6 km por litro y el promedio de recorrido por auto de 33 km diarios.

<sup>31</sup> Estos resultados son relativamente similares a los de Hansen, Gillen, Dobbins, Huang y Puvathingal (1993). Debe reconocerse que buena parte de los estudios realizados ubica el efecto del tráfico inducido en niveles entre 0 y 30% para los primeros 4 años y de 50 y 80% entre 4 y 14 años (Hansen, Gillen, Huang y Puvathingal, 1993).

CUADRO 3

**Estimaciones sobre los efectos del tráfico inducido**

<i>Minutos de viaje</i>	$E_m$	$V_t$	$M$	$E_t$
60	-0.4	28.8	30.50	-0.38
120	-0.4	57.6	30.50	-0.76
180	-0.4	86.4	30.50	-1.13

CUADRO 4

**Estimaciones sobre los efectos del tráfico inducido**

<i>Minutos de viaje</i>	$E_m$	$V_t$	$M$	$E_t$
60	-0.2	28.8	30.50	-0.19
120	-0.2	57.6	30.50	-0.38
180	-0.2	86.4	30.50	-0.57

**Conclusiones y comentarios generales**

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman la existencia del fenómeno de tráfico inducido para el caso de México. Esto significa que los cambios en el tiempo de traslado habrán de traducirse en modificaciones en las rutas, horarios, número de viajes y kilómetros recorridos (Kroes, Daly, Gunn y Van Der Hoorn, 1996). Así, el desarrollo de nuevas capacidades de transporte induce, en general, un incremento de viajes (Noland, 2001). La única forma de que no exista tráfico inducido es que la elasticidad precio respecto al VMT y al valor del tiempo de viaje sea cero (SACTRA, 1994), lo que en la realidad resulta prácticamente imposible. De este modo el ahorro del tiempo generado se traduce, aunque menos que proporcionalmente, en el aumento de viajes y kilómetros recorridos.

Desde luego, el efecto puntual del tráfico inducido sobre una vialidad específica depende del contexto, del tamaño y de la localización de la nueva vialidad (Goodwin, 1996), aunque debe considerarse que el efecto del tráfico inducido es mayor cuando la red vial opera cerca de su capacidad, la elasticidad de demanda es alta y se observan fuertes cambios en los costos de transporte (Noland y Lem, 2002).<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Condiciones existentes en el transporte de la ZMCM. Cabe reconocer que si bien el argumento del tráfico inducido es relevante en el caso de las nuevas vialidades como el segundo piso, debe observarse que es ciertamente difícil medirlo debido al cambio de rutas y ajustes similares (Noland y Lem, 2002).

La construcción de nuevas vialidades para reducir la congestión tendrá beneficios limitados en el tiempo como consecuencia del tráfico inducido. Si bien al proveer mejores condiciones de transporte se otorgan beneficios individuales, ello debe balancearse con los costos sociales que ocasiona. Así, la rápida expansión del uso de los autos responde en alguna medida a que en el precio no se incluyen sus costos sociales (Ostro, 1994) y por tanto no se igualan los beneficios marginales sociales del transporte privado con sus costos sociales. De incluirse en el precio los costos sociales del transporte público y el privado, un transporte público de calidad y seguro sería una opción muy atractiva incluso sin un subsidio directo (Silberston, 1995). Si se reconociera la presencia de estos costos sociales en las políticas de transporte y en la construcción de la infraestructura vial se daría un avance importante hacia un crecimiento económico sustentable (Newbery, 1988). En este sentido debe considerarse que la ampliación de la infraestructura vial se traduce desde luego en una mejora del servicio para algunos sectores de la población; sin embargo tenderá a erosionarse con el tiempo, pues se trata de una opción estratégica de desarrollo urbano no sustentable en el largo plazo. Así, el conjunto de la información obtenida indica que la expansión de la capacidad vial se traducirá en un aumento menos que proporcional en el tráfico (Hansen, Gillen, Dobbins, Huang y Puvathingal, 1993), de modo que la saturación de las nuevas vías será paulatina, de ahí que en algunos casos se confundirá el efecto del tráfico inducido con el crecimiento normal del tráfico.

La reducción en tiempo de transporte o en la función de costos de transporte incrementa el uso de vialidades rápidas y fomenta la descentralización en el desarrollo urbano (Noland y Lem, 2002; Boarnet, 1995; Transportation Research Board, 1995; Chandra y Thompson, 2000). En efecto, cada vez es más reconocido que existe una fuerte relación entre el tráfico y el desarrollo urbano o uso de suelo (Hansen, Gillen, Dobbins, Huang y Puvathingal, 1993; Boarnet y Haughwout, 2000). Así, por ejemplo, se observa que existe una correspondencia entre los precios de las casas, la infraestructura vial, los VMT y la forma urbana (Boarnet y Chalermpong, 2001; Rodier *et al.*, 2000), así como una relación entre la accesibilidad y el precio del suelo (Boarnet y Chalermpong, 2000), de ahí que la construcción de las vialidades deba proponerse abandonar la política de “prever y proveer” sólo con el afán de reducir la congestión, y adoptar una visión más holística para redirigir el crecimiento de las áreas urbanas.

El impacto neto de la construcción de nuevas vialidades sobre la calidad del aire es incierto, en la medida en que si bien se reducen los congestionamientos, aumentan los kilómetros recorridos. Para lograr un efecto real y duradero sobre las emisiones es necesario aumentar significativamente la participación modal del transporte público reduciendo así el uso individual del auto privado; además es preciso incrementar el número de viajes en vehículos no motorizados, integrar los distintos modos de transporte, elevar los costos del transporte privado con impuestos e incluso cargarle los costos directos de tránsito, como pagos por circular (Walters, 1961; Boardman y Lave, 1977) y fomentar el desarrollo urbano centralizado accesible a otras formas de transporte procurando también la redensificación. Debe sin embargo reconocerse que el impacto de las políticas en el transporte es limitado (De Jong y Jun, 2000), ya que sus efectos sobre la frecuencia de los viajes es restringida, aunque puede incidir en el largo plazo en cambios de los lugares de destino. La definición estratégica de un desarrollo urbano sustentable requiere considerar con detenimiento los efectos del tráfico inducido y por tanto reconocer que para que una ciudad sea sustentable será necesario adoptar otras formas de transporte más imaginativas que sólo la expansión de la red vial.

## **Apéndice**

### **Estudios para áreas específicas**

Este tipo de estudios tiene la virtud de capturar la mayor parte de los efectos de una nueva vialidad sobre el tráfico. Se descuentan los cambios ocurridos en horario y ruta, ya que se toma en cuenta el tráfico total de un área metropolitana; así la única parte que pudiera escapar y que suele ser muy poco significativa es el tráfico que sale del área de estudio. La principal crítica de que son objeto es que no se puede determinar la causalidad en las variables para probar si las vialidades generan tráfico o si éste motiva el crecimiento de las vialidades. La segunda crítica es que como las variaciones de un año a otro en las vialidades de un área determinada no son sustanciales, se dificulta separar los resultados de éstas de otros efectos de corto plazo. Asimismo estos modelos carecen de un análisis desagregado de las consecuencias de una ampliación vial, pues sólo la explican en relación con

CUADRO A.1

Resumen metodológico y de elasticidades para estudios en proyectos específicos

Autor (año)	Lugar	Método	Variable de oferta	Porcentaje de crecimiento asociado al tráfico inducido		
				CP	MP	LP
Jorgensen (1947)	Nueva York	CC	NV	25-30	—	—
Lynch (1955)	Maine	CC	NV	—	—	30
Mortimer (1955)	Chicago	CC	NV	—	3-33	—
Frye (1964)	Chicago	CR	NV	—	—	11
Frye (1964)	Chicago	CR	NV	—	—	7
Holder y Stover (1972)	Texas	CC	NV	0-21	—	—
Pells (1989)	Londres	CR	Amp	—	—	27
Pells (1989)	Londres	CR	Amp	—	25	56
Pells (1989)	Londres	CR	Mejora	—	—	80
Pells (1989)	Londres	CR	NV	—	77	—
Pells (1989)	Londres	CR	NV	—	—	89
Hansen <i>et al.</i> (1993)	California	CC/MR	Amp	0,2-0,3	—	0,3-0,6
Goodwin (1996)	Inglaterra	CC	NV	10-16	—	—
Goodwin (1996)	Inglaterra	CR/AD	NV	20	—	77
Kroes <i>et al.</i> (1996)	Ámsterdam	CR	NV	—	4,5	—
Luk y Chung (1997)	Melbourne	CR	NV	0	—	—
Mokhtarian <i>et al.</i> (2000)	California	CR	Amp	0	0	—

NOTAS: CC = comparaciones de crecimiento; CR = comparaciones con rutas controladas; AD = estudio de tráfico antes y después de la obra; CP = corto plazo; NV = n ueva viabilidad; mp = mediano plazo; MR = modelos de regresión; LP = largo plazo; Amp = ampliación; elasticidades en cursivas.

FUENTE: Elaboración propia con datos de Transportation Research Board (1995), Goodwin (1996) y Cervero (2001).

la formación del tráfico total. En el cuadro A.2 tenemos un resumen de elasticidades obtenidas mediante dicho enfoque.

En general puede argumentarse que los estudios donde han participado Hansen o Noland abarcan la mayor parte de los trabajos realizados a partir de la década de los noventa. Desde los resultados de las regresiones obtenidas en los estudios iniciales de Hansen *et al.* (1993), los posteriores de Hansen y Huang (1997), Cervero y Hansen (2000) y en los que participa Noland (Noland y Cowart, 2000; Fulton Meszler, Noland y Thomas, 2000; Noland, 2001) se observa que la elasticidad de corto plazo es de 0.48 mientras en el largo plazo es de 0.80. Todos estos estudios incorporan otras variables explicativas como población, ingreso per cápita y precios de gasolina. Las elasticidades de tales variables son en promedio de 0.65, 0.40, y  $-0.15$ . De estos resultados se concluye que el impulso más fuerte para el incremento de los VTK en ciudades de países desarrollados es la ampliación de la capacidad vial, seguida del crecimiento demográfico, el aumento de los niveles de ingreso y finalmente, el precio de la gasolina con un efecto menor.

### Definición de series estadísticas y fuentes

$y_t$  = Producto interno bruto real en millones de pesos (1993=100), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

$cg_t$  = Venta de gasolina en miles de barriles diarios.

$cpat$  = Carreteras pavimentadas en kilómetros.

$p_t$  = Índice nacional de precios al consumidor (base 2002=100), Banco de México (BANXICO).

$pg_t$  = Índice nacional de precios de la gasolina (base 2002=100), Banco de México (BANXICO).

$prg_t$  = Precio relativo de la gasolina ( $pg_t/p_t$ ).

CUADRO A.2

Resumen metodológico y de elasticidades para estudios de área

Autor (año)	Lugar	Método	Variación de oferta	Elasticidades	
				Corto plazo	Largo plazo
Kassoff, Gendell (1972)	Áreas urbanas de EU	AG	IC	0.58	—
Koppelman (1972)	20 cds. de EU	MCO	LM	0.13	—
Ruiter <i>et al.</i> (1979)	Corredores de Cal.	MS	NV	—	0.38
Ruiter <i>et al.</i> (1979)	Corredores de Cal.	MS	Amp	—	0
Payne-Maxie <i>et al.</i> (1980)	54 a. metrop. de EU	MCO	LM	0.22	—
Hansen <i>et al.</i> (1993)	30 condados de Cal.	MCO, RD, EF	LM	0.46-0.50	—
Hansen <i>et al.</i> (1993)	Áreas metrop. de Cal.	MCO, RD, EF	LM	0.54-0.61	—
Hansen y Huang (1997)	32 condados de Cal.	AR, RD, EF	LM	0.30	0.68
Hansen y Huang (1997)	Áreas metrop. de Cal.	AR, RD, EF	LM	0.50	0.94
Noland y Cowart (2000)	70 a. metrop. de EU	VI, RD, EF	LMpc	0.66	0.81-1.00
Fulton <i>et al.</i> (2000)	220 condados de EU	VI, RD, EF	LM	0.13-0.43	0.47-0.89
Strathman <i>et al.</i> (2000)	48 áreas urbanas EU	VI	LMpc	0.29	—
Noland (2001)	Estados de EU	ES, RD, 2E	LM	0.30-0.60	0.70-0.10
Cervero y Hansen (2000)	34 condados de Cal.	2E, RD, EF	LM	0.56	0.78-0.84
Rodier <i>et al.</i> (2001)	Corredores de Cal.	MS	NV	—	0.6-1.0

NOTAS: AG = análisis gráfico; EF = efectos fijos; IC = índice de capacidad; MCO = mínimos cuadrados ordinarios; AR = autorregresivo; LM = millas de viaduales; MS = modelo de simulación; VI = variables instrumentales; ES = ecuaciones simultáneas; RD = rezagos distribuidos; 2E = MCO en dos etapas; pc = per cápita.

FUENTE: Elaboración propia con datos de Cervero (2001) y Noland (2001).

## Bibliografía

- Barr, L. C. (2000), "Testing for the Significance of Induced Highway Travel Demand in Metropolitan Areas", *Transportation Research Record*, Washington, National Academy of Sciences.
- Boardman, A. E. y L. B. Lave (1977), "Highway Congestion and Congestion Tolls", *Journal of Urban Economics*, núm. 4, pp. 340-359.
- Boarnet, M. G. (1995), "The Economic Effects of Highway Congestion", documento de trabajo, *The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy*, Berkeley, University of California (UCTCU, 292).
- , M. y S. Chalermpong (2000), "New Highways, Urban Development and Induced Travel", documento de trabajo, *The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy*, Berkeley, University of California (UCTCU, 426).
- , M. y S. Chalermpong (2001), "New Highways, House Prices and Urban Development: A case Study of Toll Toads in Orange Country, California", *Housing Policy Debate*, vol. 12, núm. 3, Fannie Mae Foundation.
- , M. G. y A. F. Haughwout (2000), "Do Highways Matter? Evidence and Policy Implications of Highways, Influence on Metropolitan Development", documento de trabajo, *The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy*, Berkeley, University of California (UCTCU, 15).
- Bonsall, P. (1996), "Can Induced Traffic be Measured by Surveys", *Transportation*, núm. 23, pp. 17-34.
- Button, K. (1990), "Environmental Externalities and Transport Policy", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 6, núm. 2, pp. 61-75.
- Cairns, S., S. Atkins y P. Goodwin (2002), "Disappearing Traffic? The Story So Far", *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, núm. 12772, Londres, University College London.
- , H. Carmen y P. Goodwin (1998), *Traffic Impact of Highway Capacity Reductions: Assessment of the Evidence*, Londres, Landor Publishing.
- Cervero, R. (2001), "Induced Demand: An Urban and Metropolitan Perspective", *Institute of Transportation Studies*, Berkeley, University of California (UCTC, 648).
- y M. Hansen (2002), "Induced Travel Demand and Induced Road Investment: A Simultaneous Equation Analysis", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 36, núm. 3, septiembre, pp. 469-490.
- y M. Hansen (2000), "Road Supply-Demand Relationships: Sorting Out Causal Linkages", *Institute of Transportation Studies*, Berkeley, University of California (UCTC, 444).
- CESPEDES (2002), *Un segundo piso a vialidades troncales en la Ciudad de México. Riesgos y conjeturas*, México.
- Clements, M. P. y D. F. Hendry (1995), "Forecasting in Cointegrated Systems", *Journal of Applied Econometrics*, núm. 10, pp. 127-146.
- Cohen, H. (1995), "Review of Empirical Studies of Induced Traffic", apéndice

- B, *Expanding Metropolitan Highways: Implications for Air Quality and Energy Use*, *Transportation Research Board*, Washington, National Academy Press, pp. 295-309 (Special Report, 345).
- Cuthbertson, K., S. Hall y M. Taylor (1992), *Applied Econometric Techniques*, Nueva York, Wiley and Sons.
- Chandra, A. y E. Thompson (2000), "Does Public Infrastructure Affect Economic Activity? Evidence from the Rural Interstate Highway System", *Regional Science and Urban Economics*, núm. 30, pp. 457-490.
- Chu, X. (2000), "Highway Capacity and Area-wide Congestion", *Annual Meeting of the Transport Research Board 2000*, documento 00-1506, CD-ROM, Washington.
- Dargay, J. M. y P. B. Goodwin (1995), "Evaluation of Consumer Surplus with Dynamic Demand Changes", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 29, núm. 2, pp. 179-193.
- Deaton, A. y J. Muellbauer (1980), *Economics and Consumer Behavior*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Decorla-Souza, P. y H. Cohen (1999), "Estimating Induced Travel for Evaluation of Metropolitan Highway Expansion", *Transportation*, núm. 26, pp. 249-262.
- Delucchi, M. (1997), "The Annualized Social Cost of Motor-Vehicle Use in the U.S., 1990-1991: Summary of Theory, Data, Methods, and Results", *Institute of Transportation Studies*, Berkeley, University of California (UCTC, 311).
- Dickey, D. A. y W. A. Fuller (1981), "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, núm. 49, pp. 1057-1072.
- Dix M. C. y P. Goodwin (1982), "Petrol Prices and Car Use: A Synthesis of Conflicting Evidence", *Transport Policy and Decision Making*, vol. 2, núm. 2.
- Downs, A. (1992), *Stuck in Traffic: Coping with Peak-Hour Traffic Congestion*, Washington, Brookings Institution.
- Engle, R. F. y C. W. J. Granger (1987), "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, núm. 55, pp. 251-276.
- Fare, R., P. Grosskopf y B. J. Yoon (1982), "A Theoretical and Empirical Analysis of the Highway Speed-Volume Relationship", *Journal of Urban Economics*, núm. 12, pp. 115-121.
- Favero, C. A. (2001), *Applied Macroeconomics*, Oxford, Oxford University Press.
- Fulton, L. M., D. J. Meszler, R. B. Noland y J. V. Thomas (2000), "A Statistical Analysis of Induced Travel Effects in the US Mid-Atlantic Region", *Journal of Transportation and Statistics*, vol. 3, núm. 1, pp. 1-14.
- Goodwin, P. B. (1996), "Empirical Evidence on Induced Traffic: A Review and Synthesis", *Transportation*, núm. 23, pp. 35-54.

- (1992), “A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes”, *Journal of Transport Economics and Policy*, mayo, pp. 155-169.
- Gordon, P. y H. W. Richardson (1994), “Congestion Trends in Metropolitan Areas”, *Curbing Gridlock*, Washington, National Academy Press.
- Graham, D. J. y S. Glaister (2002), “The Demand for Automobile Fuel”, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 36, núm. 1, enero, pp. 1-26.
- Granger, C. y P. Newbold (1974), “Spurious Regressions in Econometrics”, *Journal of Econometrics*, núm. 2, pp. 111-120.
- Granville, W. H. y R. J. Smeed (1958), “The Basic Requirements for the Roads of the Great Britain”, *ICE Conference on the Highway Needs of Great Britain*, noviembre de 1957, Londres, Institution of Civil Engineers, pp. 13-15.
- Halcrow Fox and Associates, Accent Marketing Research y University of Leeds (1993), *Review and Specification of Model Elasticities*, Londres, Department of Transport.
- Hamilton, J. D. (1994), *Time Series Analysis*, Princeton University Press.
- Hansen, M. (1998), “The Traffic Inducement Effect: its Meaning and Measurement”, *Transportation Research Circular*, febrero, pp. 7-15.
- (1995), “Do Highways Generate Traffic?”, *Access*, otoño, Transportation Center, University of California.
- , D. Gillen, A. Dobbins, Y. Huang y M. Puvathingal (1993), “The Air Quality Impacts of Urban Highway Capacity Expansion: Traffic Generation and Land Use Change”, documento de trabajo, *The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy*, Berkeley, University of California (UCTCU, 398).
- e Y. Huang (1997), “Road Supply and Traffic in California Urban Areas”, *Transportation Research A*, núm. 31, pp. 205-218.
- Heanue, K. (1998), “Highway Capacity and Induced Travel: Issues, Evidence and Implications”, *Transportation Research Circular*, núm. 481, febrero, pp. 32-45.
- Hensher, D. A. (2001), “Measuring of the Valuation of Travel Time Savings”, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 35, núm. 1, enero, pp. 71-98.
- Hills, P. J. (1996), “What is Induced Traffic?”, *Transportation*, pp. 2-16.
- Inman, R. P. (1978), “A Generalized Congestion Function for Highway Travel”, *Journal of Urban Economics*, núm. 5, pp. 21-34.
- Johansen, S. (1988). “Statistical Analysis of Cointegration Vectors”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, núm. 12, pp. 231-254.
- (1995), *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Auto-Regression Models*, Oxford, Oxford University Press.
- Jones-Lee, M. (1990), “The Value of Transport Safety”, *Oxford Review of Economic Policy*, núm. 6, pp. 39-60.
- Jong De, G. y H. Gunn, (2000), “Recent Evidence on Car Cost and Time Elasticities of Travel Demand in Europe”, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 35, núm. 2, abril, pp. 137-160.

- Kroes, E., A. Daly, H. Gunn y Van Der Hoorn (1996), "The Opening of the Amsterdam Ring Road: A Case Study on Short Term-Term Effects of Removing a Bottleneck", *Transportation*, núm. 23, pp. 71-82.
- Krueckeberg, D. A. y A. L. Silvers (1994), *Análisis de planeación urbana. Métodos y modelos*, México, Limusa.
- Krupnick, A., W. Harrington y B. Ostro (1989), "Ambient Ozone and Acute Health Effects: Evidenced from Daily Data", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 18, núm. 1, pp. 1-18.
- Kwiatkowsky, D., P. C. B. Phillips, P. Schmidt e Y. Shin (1992), "Testing the Null Hypothesis of Stationary Against the Alternative of a Unit Root", *Journal of Econometrics*, núm. 1, pp. 159-178.
- Litman, T. (2003), *Generated Traffic and Induced Travel: Implications for Transport Planning*, Victoria, Victoria Transport Policy Institute.
- Mackie, P.J. (1996), "Induced Traffic and Economic Appraisal", *Transportation*, núm. 23, pp. 103-119.
- Maddala, G. S. e I. Kim (1998), *Unit Roots, Cointegration and Structural Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- McCubbin, R. y M. Delucchi (1999), "The Health Costs of Motor-Vehicle-Related Air Pollution", *Journal of Transport Economics and Policy*, núm. 33, pp. 253-86.
- Mokhtarian, P. L., F. J. Samaniego, R. H. Shumway y N. Willits (2002), "Revising the Notion of Induced Traffic through a Matched-Pairs Study", *Transportation*, núm. 29, pp. 193-220.
- Naka, A. y D. Tufte, (1997), "Examining Impulse-Response Functions in Co-integrated Systems", *Applied Economics*, núm. 29, pp. 1593-1603.
- Newbery, D. M. (1995), "Royal Commission Report on Transport and the Environment-Economic Effects of Recommendation", *The Economic Journal*, núm. 105, septiembre, pp. 1258-1272.
- (1988), "Road User Charges in Britain", *The Economic Journal*, núm. 98, pp. 161-176.
- Noland, R. B. (2001), "Relationships between Highway Capacity and Induced Vehicle Travel", *Transportation Research*, vol. 35, núm. 2, pp. 47-72.
- y W. A. Cowart (2000), "Analysis of Metropolitan Highway Capacity and the Growth in Vehicle Miles of Travel", *Transportation*, núm. 27, pp. 363-390.
- y L. L. Lem (2002), "A Review of the Evidence for Induced Travel Demand and Changes in Transportation and Environment Policy in the U.S. and the U.K.", *Transportation Research*, núm. 7(D), pp. 1-26.
- Ohanian, L. E. (1988), "The Spurious Effects of Unit Root on Vector Autoregressions: a Monte Carlo Study", *Journal of Econometrics*, núm. 39, pp. 251-266.
- Ostro, B. (1994), "Estimating the Health Effects of Air Pollution: A Method with Application to Jakarta", *Policy Research*, The World Bank (documento de trabajo, 1301).

- Oum, T. H., W. G. Waters y J. S. Yong (1992), "Concepts of Price Elasticities of Transport Demand and Recent Empirical Estimates", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 26, núm. 2, pp. 139-154.
- , W. G. Waters y J. S. Yong (1990), "A Survey of Recent Estimates of Price Elasticities of Demand for Transport", The World Bank (documento de trabajo, 359).
- Pant, P. D. y G. R. Bullen (1980), "Urban Activities, Travel, and Time: Relationship from National Time-Use Survey in Household Activities, Budget Constraints, and Stability of Travel", *Transportation Research Record*, núm. 750, Washington, National Academy of Sciences, pp. 1-6.
- Phillips, P. C. B. y P. Perron (1988), "Testing for Unit Roots in Time Series Regression", *Biometrika*, núm. 75, pp. 335-346.
- Prakash, A. B., E. H. Oliver y K. Balcone (2001), "Does Building New Roads Really Create Extra Traffic? Some New Evidence", *Applied Economics*, núm. 33, pp. 1579-1585.
- Rodier, C. J., J. E. Abraham y R. A. Johnston (2000), "Anatomy of Induced Travel Using an Integrated Land Use and Transportation Model", en C. J. Rodier, *Uncertainty in Travel and Emissions Models: A Case Study in the Sacramento Region*, capítulo 4, tesis de doctorado, Davis Ecology Graduate Group, University of California.
- Serpa, A. de (1971), "A Theory of the Economics of Time", *The Economic Journal*, diciembre, pp. 827-846.
- Silberston, A. (1995) "In Defence of the Royal Commission Report on Transport and the Environment", *The Economic Journal*, núm. 105, pp. 1237 - 1281.
- Sims, C., J. Stock y M. Watson (1990), "Inference in Linear Time Series Models with some Unit Roots", *Econometrica*, vol. 58, núm. 1, pp. 113-144.
- SACTRA (Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment) (1994), *Trunk Roads and the Generation of Traffic*, Londres, The Department of Transport.
- Strathman, J., J. Dueker, T. Sánchez, J. J. Zhang y A. Riis (2000), "Analysis of Induced Travel in the 1995 NPTS", *U.S. Environmental Protection Agency, Office of Transportation and Air Quality*, Washington, Final Technical Report.
- Sonensson, T. (2001), "Inter-Urban Travel Demand Elasticities with Emphasis on Trip Generation and Destination Substitution", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 35, núm. 2, mayo, pp. 301-326.
- Transportation Research Board (1995), *Expanding Metropolitan Highways: Implications for Air Quality and Energy Use*, Washington, National Research Council/National Academy Press (Special Report, 245).
- Varian, H. R. (1984), *Microeconomic Analysis*, Londres, Norton International Student Edition.
- Walters, A. A. (1961), "The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion", *Econometrica*, núm. 29.

- Williams, H. C. W. L. e Y. Yamashita (1992), "Travel Demand Forecasts and the Evaluation of Highway Schemes under Congested Conditions", *Journal of Transport Economics and Policy*, septiembre, pp. 261-282.
- Winston, C. (1985), "Conceptual Developments in the Economics of Transportation: An Interpretive Survey", *Journal of Economic Literature*, núm. 23, pp. 57-94.
- Zahavi, Y. y J. M. Ryan (1980), "Stability of Travel Components over Time", *Transportation Research Record*, núm. 750, pp. 19-26.
- y A. Talvitie (1980), "Regularities in Travel Time and Money Expenditures", *Transportation Research Record*, núm. 750, Washington, National Academy of Sciences, pp. 13-19.