
BALANCE DE COSTOS EXTERNOS Y PAGOS IMPOSITIVOS DEL TRANSPORTE VIAL EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Pilar Cruz
Oficina Técnica - CYPICO
pilarcruzc@gmail.com

Mariapaz Osorio
Oficina Técnica - CYPICO
mariapazosorio@gmail.com

Luis Ignacio Rizzi*
Departamento de Transporte y Logística,
Pontificia Universidad Católica de Chile
Casilla 306, Código 105, Santiago 22, Chile.
Fax: (56 2) 553 02 81, E-mail: lir@ing.puc.cl

RESUMEN

El transporte automotor urbano produce varias externalidades negativas; entre otras, la congestión, los accidentes, la contaminación atmosférica y acústica, la segregación espacial y el deterioro de pavimentos. Se procede con un balance de costos externos y pagos impositivos del transporte vial en la región metropolitana a fin de estimar si existe un déficit o superávit de pagos realizados por los automovilistas en relación a los costos externos generados. Para el año 2001, los impuestos pagados por el sector automotor capitalino no guardan relación con la cuantía de los costos marginales externos.

Palabras Clave: externalidades de transporte, impuestos pigouvianos, evaluación social

ABSTRACT

Urban transport generates several externalities like congestion, road crashes, air pollution and noise, among others. According to our calculations, urban road transport in the Santiago Metropolitan Region produces marginal external costs that are not properly internalized by the vehicle tax system.

Keywords: transport externalities, pigouvian taxes, social cost-benefit analysis

* Autor de contacto.

INTRODUCCION

El transporte automotor urbano produce varias externalidades negativas; entre otras, la congestión, los accidentes, la contaminación atmosférica y acústica, la segregación espacial y el deterioro de pavimentos. El problema con estas externalidades es que no existe ningún cobro monetario que traslade a su productor el costo marginal impuesto al resto de la sociedad. Así, la producción de externalidades es superior a su óptimo social. Por otro lado, el transporte automotor urbano está sujeto a una serie de pagos impositivos que constituyen una importante fuente de ingresos gubernamentales. Si bien el diseño de estos cobros no guarda relación alguna con el costo marginal de las externalidades, el total de los impuestos recaudados sí podría de alguna manera compensar parte de los costos externos.

En la literatura, existe un consenso sobre la plausibilidad de monetizar las siguientes cinco externalidades producidas por el transporte automotor urbano¹: contaminación atmosférica, contaminación acústica, congestión, accidentes y deterioro de pavimentos. En el caso del transporte urbano en la Región Metropolitana de Santiago, sólo tenemos datos para monetizar el impacto de las primeras cuatro externalidades, por lo que dejaremos de lado el deterioro de pavimentos. En esta investigación, procedemos con un balance de costos externos y pagos impositivos del transporte vial en la región metropolitana a fin de estimar si existe un déficit o superávit de pagos de los automovilistas en relación a los costos externos. Los cálculos de costos y beneficios se hacen en valores monetarios de 2001, para los niveles de externalidades del año 2001.

1. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En cuanto a los efectos negativos de la contaminación atmosférica, valoraremos los siguientes impactos: daños a la salud, visibilidad reducida, daños agrícolas, daños a las fachadas de los edificios y emisiones de CO₂. La Figura 1 muestra de manera esquemática el análisis económico de las externalidades por contaminación atmosférica. En ausencia de tarificación, el productor de la externalidad generará e^0 externalidades, maximizando así su beneficio privado dado por el área bajo la curva de beneficios marginales, OBe^0 . El costo total de la externalidad está dado por el área bajo la curva de costo marginal social, OAe^0 . Existe una pérdida de bienestar social, representada por el área ADe^0 , ocasionada por el exceso de externalidades en relación al nivel óptimo. Para una producción de externalidades igual a e^0 , el costo marginal social es igual al segmento e^0A . Si se cobrase una impuesto por unidad de externalidades igual a esta cifra, el generador de la externalidad tendría un incentivo a reducir su producción. A fin de alcanzar el nivel óptimo social de externalidades e^* , el impuesto a cobrar por unidad de contaminación asciende a e^*D .

Puesto que sólo disponemos de información para calcular la curva de costos marginales en el entorno del nivel actual de emisiones, podremos estimar el monto del segmento e^0A , es decir, el costo marginal de la externalidad producida a sus niveles correspondientes a 2001. Si multiplicamos este valor por el total de emisiones obtenemos el costo marginal-total externo,

¹ Existe una profusa literatura al respecto. Algunas referencias útiles son Maddison *et al* (1996), Newbery (1988), Small (1992), Delucchi (2003) y Ortúzar y Rizzi (2006).

dado por el área $OB\Delta e^0$. Esta magnitud *no* debe ser confundida con el costo total de la externalidad, dado por el área bajo la curva de costo marginal social. Como no conocemos la curva de costo marginal, el costo total de la externalidad no lo podremos calcular, como así tampoco la tarifa óptima e^*D .

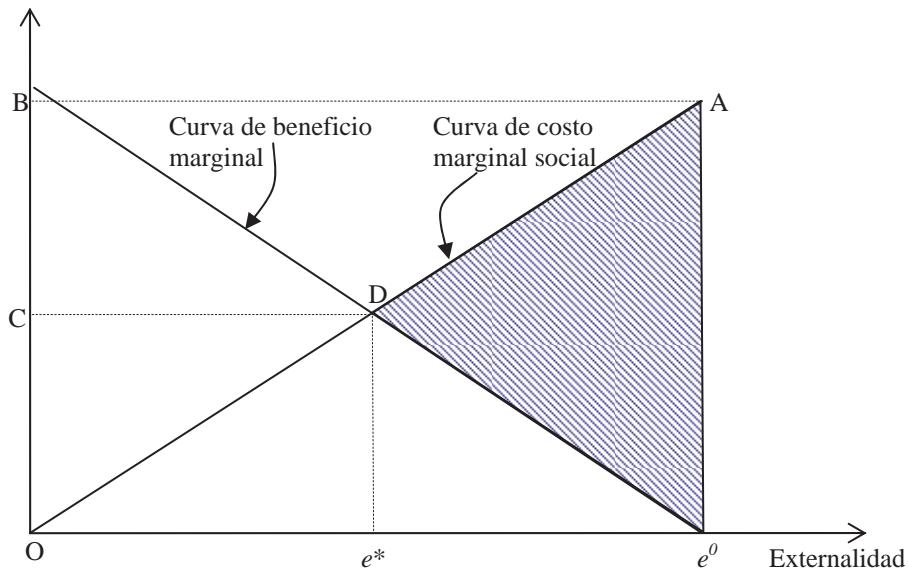


Figura 1: Curvas de beneficio marginal y costo marginal social por externalidad. El óptimo social corresponde a e^* externalidades, pero en ausencia de tarificación se generan e^0 externalidades.

1.1. Efectos a la salud

Esta sección se basa en Cifuentes (2001) y considera la población de la provincia de Santiago. La Tabla 1 muestra los eventos a la salud que evaluaremos y el valor económico por reducir cada uno de estos eventos en una unidad. La Tabla 2 entrega la reducción de eventos a la salud por reducción de un ug/m^3 de PM2,5 y de una unidad anual de ppb de O_3 por concentración máxima de 1 hora y el valor económico de ambos. La Tabla 3 entrega los contaminantes precursores del PM2,5 , la proporción emitida de cada uno de ellos por las fuentes móviles, los factores emisiones-concentraciones y, por último, el costo marginal-total externo a partir de la multiplicación del valor del daño marginal social por el total de las emisiones de contaminantes provenientes de las fuentes móviles. La Tabla 4 entrega la misma información en relación al O_3 . En el caso de esta externalidad, el costo marginal es constante (Cifuentes, 2001); por lo tanto, el costo marginal-externo total coincide con el costo total de la externalidad. Estos valores ascienden a US\$319 millones y US\$90 millones para el PM2,5 y el O_3 respectivamente.

Tabla 1: Efectos a la salud: valor económico unitario

Efectos	Valores unitario US\$ (2001)
Muertes*	149 388
Bronquitis crónica	46 119
Bronquitis aguda	8
Admisiones hospitalaria por enfermedades respiratorias	1 260
Admisiones hospitalaria por enfermedades cardiovasculares	2 710
Visita sala de emergencias	159
Ataques de asma	6
Días de perdida de trabajo	27
Días de actividad restringida menor	6

Todos los valores monetarios corresponden a Cifuentes (2001), excepto * (Escobari, 2000). Todos estos valores fueron actualizados a precio de 2001.

Tabla 2: Beneficios económicos por mejoras a la salud por reducciones unitarias en las concentraciones de PM2,5 y O₃

Efectos	Casos anuales por millón de personas		Beneficio anual US\$ millones (2001)	
	µg/m ³ MP2,5 media anual	Ppb máx 1h O ₃ media anual*	MP2,5	O ₃
Muertes	5,4	0,98	4,36	0,79
Bronquitis crónica	33		8,23	0,00
Bronquitis aguda	57		0,00	0,00
Admisiones hospitalaria por enfermedades respiratorias	22		0,15	0,00
Admisiones hospitalaria por enfermedades cardiovasculares		29	0,00	0,43
Visita sala de emergencias	220	269	0,19	0,23
Ataques de asma	1.214	832	0,04	0,03
Días de perdida de trabajo	10.225		1,48	0,00
Días de actividad restringida menor	34.984	40.941	1,22	1,43
TOTAL			15,67	2,90

Fuente: los casos anuales por efecto corresponden a Cifuentes (2001). Los beneficios monetarios fueron actualizados a 2001. *Se trata del promedio diario anual de la hora de máximo nivel de concentración de O₃.

Tabla 3: Costos económicos de salud por contaminación de MP2,5 de fuentes móviles.

Contaminantes Primario	Emisiones Ton/año		Asignación de concentraciones %	Concentraciones PM2,5 μg/m ³ MP2,5 media anual	Factor Emisión Concentración (ug/m ³ PM2,5)/ton	Costo marginal Por tonelada US\$ millones/ton	Costo marginal-total externo US\$ millones (2001)
	Total	Fuentes móviles					
Polvo Resuspendido	40 330	37 890	22	7,72	1,91E-04	3,00E-03	113,67
SO2	9 990	3 135	15	5,27	5,27E-04	8,26E-03	25,89
NOx	56 921	47 045	19	6,67	1,17E-04	1,84E-03	86,36
NH3	29 348	933	15	5,27	1,79E-04	2,81E-03	2,62
PM10	4 372	2 468	29	10,18	2,33E-03	3,65E-02	90,03
TOTAL	100		35,1			0,05	318,57

Fuente: Elaboración propia a partir de Cifuentes (2001). Los valores monetarios fueron actualizados a 2001.

Tabla 4: Costos económicos de salud por contaminación de O3 de fuentes móviles.

Contaminantes Primario	Emisiones Ton/año (Año*)		Asignación de concentraciones %	Concentraciones O3 Ppb máx 1h O ₃ media anual*	Factor Emisión Concentración (ppb O3)/ton	Costo marginal Por tonelada US\$ millones/ton	Costo marginal-total externo US\$ millones (2001)
	Total	%					
Nox	56 921	47 045	50	27,3	4,80E-04	1,39E-03	65,46
COV	80 091	24 728	50	27,3	3,41E-04	9,89E-04	24,45
TOTAL	100		54,6			0,00	89,92

Fuente: Elaboración propia a partir de Cifuentes (2001). Los valores monetarios fueron actualizados a 2001. *Se trata del promedio diario anual de la hora de máximo nivel de concentración de O₃.

1.2. Visibilidad

Sanchez *et al* (1999) estiman la disposición al pago de los hogares por un mayor rango visual producto de una disminución de la concentración de contaminantes del 50%. Este valor arroja la suma de Ch\$453 por hogar. El costo marginal-total de la externalidad, asciende a US\$15 millones para los niveles de emisión de contaminantes del sector transporte en el año 2001. Si suponemos que los costos marginales sociales son lineales e iguales a cero cuando la externalidad no está presente, entonces el costo total de la externalidad puede ser estimado como la mitad de la cifra anterior en US\$7,5 millones.

1.3. Pérdida de producción agrícola

El detalle de los costos externos en términos de daños a la agricultura puede verse en Cruz y Osorio (2006). Básicamente, se estima las hectáreas perdidas de cultivo por efectos de la concentración de O₃ en el ambiente y se valora esta pérdida a precios de mercado. El costo marginal-total de la externalidad por este concepto es de US\$10,5 millones. Este monto se lo supone igual al costo total de la externalidad, puesto que se trata de cantidades marginales de producción perdida que no afectarían los precios actuales de mercado.

1.4. Daños a materiales

Los daños a materiales se calcularon a partir de la siguiente información: el costo de mantención anual para materiales de madera, hormigón y vidrios, el número de mantenciones anuales para cada superficie, la superficie expuesta de casas y edificios y el porcentaje de contaminación de MP proveniente de fuentes móviles. El costo marginal-total de la externalidad asciende a US\$269 millones. Una vez más supondremos que el costo total de la externalidad es igual a la mitad de la cifra anterior, US\$134 millones. Los detalles de cálculo pueden verse en Cruz y Osorio (2006).

1.5. Costos por CO₂

El costo externo por emisiones de CO₂ de fuentes móviles se obtiene multiplicando el total de toneladas de CO₂ emitidas por el precio del bono de tonelada de carbono correspondiente al año 2001 por el porcentaje de las emisiones correspondientes a fuentes móviles. Este costo total asciende a US\$12,2 millones. Puesto que las emisiones de fuentes móviles de la Región Metropolitana de Chile son despreciables con respecto al total de emisiones planetarias este costo externo coincide con el costo marginal-total externo.

2. CONTAMINACION ACUSTICA

La contaminación acústica o ruido provoca efectos de tipo psicológicos (estrés, nerviosismo, irritabilidad, etc.), fisiológicos auditivos (desplazamiento temporal del umbral de audición, desplazamiento permanente del umbral de audición, sordera) y no auditivos (por ejemplo, modificación del ritmo cardiaco y vasoconstricciones del sistema periférico) y, por último, afecta

el rendimiento de las personas en sus actividades académicas o profesionales. Estos efectos son difíciles de cuantificar por la subjetividad que pueden tener para cada individuo los efectos psicosociales que el ruido produce, dependiendo de la actitud del sujeto, su sensibilidad personal, su evaluación personal de las posibilidades de reducirlo. Los efectos directos e indirectos del ruido en la salud de la población hacen más compleja su valoración.

Debido a la dificultad para la estimación de los efectos del ruido sobre la salud de las personas, valoraremos la molestia que el ruido produce sobre las personas en sus hogares, según la percepción subjetiva de los individuos, es decir, utilizaremos el criterio de aptitud residencial. De esta manera, el valor relevante es la disposición al pago de los hogares por disminuir su exposición al ruido. El marco teórico de análisis de esta externalidad es similar al visto en la sección 1.

Siguiendo el criterio adoptado por la SRA (1992), consideraremos que por encima de los 55 dB(A) la calidad de vida al interior de los hogares comienza a verse afectada. SESMA (2001) ha realizado un estudio sobre el nivel de ruido al que están expuestos los hogares de 25 comunas del Gran Santiago. Para el año 2001, el 99,5% de la población catastrada estaba sujeta a un nivel de ruido, medido según el índice LeqDN², superior a 65 dB(A). La disposición al pago de los hogares por reducir el nivel de ruido en un dB(A) por hogares fue estimada por Galilea y Ortúzar (2005). Puesto que la muestra recabada corresponde a hogares de ingresos medios y altos, ocuparemos los valores obtenidos como el límite inferior de los intervalos de confianza de la disposición al pago. De todos los modelos estimados, seleccionamos el modelo ML-1, que arroja un valor de \$1.051, que se traducen en US\$ 1,66 del año 2001. Haremos un supuesto adicional, y por cierto discutible, que en el margen todos los decibeles de ruido reducidos se valoran a este precio³. Lamentablemente, no disponemos de información para afinar este valor según sea la exposición al ruido.

La Tabla 5 entrega el costo marginal-total externo por contaminación acústica en base al criterio de aptitud residencial. Este valor asciende a US\$ 301 millones. En este caso, el costo total de la externalidad ha de ser bastante menor que esta cifra. Suele suponerse que el costo marginal crece a tasa exponencial (Maddison *et al.*, 1996, capítulo 9), por lo que el costo total de la externalidad podría ser una cifra varias veces menor al valor del costo marginal-total externo⁴. Considerando que no hemos ajustado la disposición al pago por nivel de exposición, simplemente supondremos que el costo total de la externalidad es igual a un tercio de la cifra anterior, es decir, US\$ 100 millones.

3. CONGESTION VEHICULAR

² Este índice, LeqDN, constituye un promedio del nivel de ruido al que está expuesto un hogar durante las horas del día y la noche.

³ La contaminación acústica es un fenómeno muy localizado. Nuestro supuesto significa que, aunque la exposición difiera según la ubicación del hogar afectado, el costo marginal es el mismo independientemente de la ubicación.

⁴ Para ser compatible con el supuesto de la nota a pie anterior, se supone que la curva de daños marginales es creciente en el nivel de ruido, pero tal que al nivel de exposición actual al ruido, el daño marginal es el mismo independientemente de la localización.

La congestión, medida como el incremento en los tiempos de viaje producto de un mayor flujo vial, solo afecta a los usuarios viales, no al resto de la sociedad. La Figura 2 muestra las curvas de costo medio y costo marginal por atravesar un arco vial en función del flujo vehicular, donde las unidades de costo pueden expresarse en tiempo o pesos. Cada conductor sólo tiene en cuenta el costo que le lleva a él atravesar el arco, pero ignora el costo que impone a los demás conductores cuando hay congestión. El equilibrio de mercado sin tarifa vial corresponde a un flujo igual a f^0 , donde el beneficio marginal del último viajero se iguala a su costo medio o costo privado de viaje. Surge, entonces, una pérdida de bienestar social igual al área ABD. Existe un costo marginal externo igual a AB y si cobrásemos esta tarifa, se obtendría una recaudación igual al área ABCE. El costo total de la congestión está dado por el área entre las curvas de costo marginal y costo medio. La introducción de una tarifa vial generaría un equilibrio de tráfico óptimo social. En él, la tarifa vial sería igual al segmento FD y la demanda, al flujo f^* .

Tabla 5: Costos económicos por contaminación acústica en la Región Metropolitana según el criterio de aptitud residencial.

Nivel de ruido dB(A)	Exceso de nivel ruido dB(A) * ⁺	Nº personas expuestas	Nº hogares expuestos ** ⁺	Costo marginal- total externo US\$ millones (2001)
65 - 70	12,5	46.790	11.698	3,1
70 - 75	17,5	773.408	193.352	70,8
75 - 80	22,5	1.797.279	449.320	211,6
> 80	25	121.103	30.276	15,8
Total				301,4

Esta estimación considera la población catastrada que corresponde a 2.752.341 habitantes. * Representa la diferencia entre el promedio del rango de nivel de ruido y el nivel aceptable para zonas residenciales (55 dB(A)). ** Se determina de acuerdo al número de personas expuestas y considerando que cada hogar está formado por 4 habitantes (DICTUC 2002). ⁺Fuente: SESMA (2001). La disposición a pagar de los hogares por dB(A) reducido es igual a US\$1,66 (Galilea y Ortúzar, 2005). Pueden existir pequeñas diferencias en los valores debido a las aproximaciones involucradas en el cálculo.

El modelo de equilibrio simultáneo de transporte urbano ESTRAUS opera con una red vial de Santiago que contiene 8600 arcos, clasificados en cinco categorías. ESTRAUS ha sido recalibrado, por última vez, a fin de reproducir los niveles de servicio observados en el año 2001 (Fernández & De Cea Ingenieros, 2005) para la hora punta mañana y para una hora fuera de punta. El proceso de recalibración permitió actualizar las funciones tipo BPR:

$$t_a = t_a^0 \left(1 + \alpha \left(\frac{f_a}{k_a} \right)^\beta \right), \text{ donde } t_a: \text{tiempo de viaje, } t_a^0: \text{tiempo de viaje a flujo libre en el arco } a; f_a: \text{flujo total en el arco } a, k_a: \text{capacidad del arco } a, \text{ y } \alpha \text{ y } \beta (\beta > 1): \text{parámetros de calibración.}$$

A fin de poder calcular los costos marginales externos, utilizaremos un valor del tiempo de viaje de \$10 el minuto⁵. La Tabla 6 entrega los valores de los siguientes parámetros: valor del tiempo, factores de expansión anual de hora punta y hora fuera de punta, tasas de ocupación de automóviles y buses y vehículos equivalentes.

⁵ El valor escogido está en línea con el valor social del tiempo utilizado por MIDEPLAN en evaluación social de proyectos de transporte <<http://bip.mideplan.cl/bip-consultas/SEBI/2006/precios/precios.html>>.

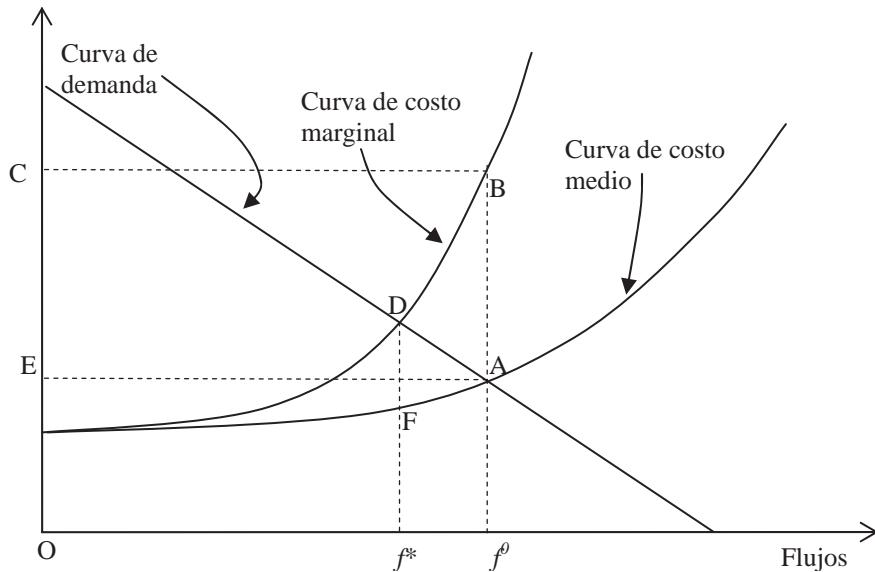


Figura 2: Congestión y costos externos. En ausencia de una tarifa vial, el equilibrio de mercado corresponde a un flujo f^0 , lo que genera una pérdida social igual al área ABD. Si se introduce una tarifa vial FD, se logra el flujo óptimo social f^* .

Tabla 6: Parámetros de cálculo relevantes

Ítem	Valor
Valor del tiempo (US\$ 2001 /hora)	1,29
Factor de expansión anual hora fuera de punta	4 874
Factor de expansión anual punta mañana y punta tarde	1 035
Tasa de ocupación: Vehículos livianos	1,25 pax*
Tasa de ocupación: Bus	17,5 pax*
Vehículos equivalentes: Vehículos livianos	1
Vehículos equivalentes: Bus	2,5

*pax: pasajeros.

La mecánica de cálculo es esta. A partir de las funciones BPR y los resultados de las asignaciones de ESTRAUS para el año 2001, en términos de vehículo equivalentes, para cada arco de la red para cada hora de modelación, se pueden calcular los tiempos marginales y los tiempos medios de viaje por arco. Restando el tiempo medio de viaje al tiempo marginal, se obtiene el tiempo extra que, en el margen, cada vehículo equivalente debe incurrir. Para obtener el valor de esta externalidad en el margen, se multiplica el tiempo extra incurrido por el valor del tiempo teniendo en cuenta las tasas de ocupación de vehículos y buses. Por lo tanto, multiplicando este último valor por el flujo vehicular del arco se obtiene el costo marginal-total de la externalidad en el arco. Por último, se agrega sobre todos los arcos de la red y se aplican los factores de expansión anuales. El lector interesado puede solicitar a los autores las respectivas planillas de cálculo. La Tabla 7 entrega el resumen de los resultados. El costo marginal-total asciende

a US\$ 1.130 millones anuales, cifra que representa el área ABCE en la Figura 2. Si se quiere calcular el costo total de la externalidad (el área comprendida entre las curvas de costo marginal y costo medio) como proporción del área anterior para una función BPR, esta proporción es igual a $(\beta + 1)^{-1}$. El costo total de la externalidad es US\$ 439 millones.

Tabla 7: Costos económicos anuales por congestión vehicular

Costo marginal-total externo fuera de punta US\$ millones (2001)	Costo marginal-total externo hora punta US\$ millones (2001)	TOTAL US\$ millones (2001)
779	351	1130

4. ACCIDENTES VIALES

Los accidentes viales afectan principalmente a los usuarios del sistema vial y, en menor medida, al resto de la sociedad a través de daños a la propiedad, gastos de policía, bomberos, servicios de urgencia, servicios de salud y gastos administrativos de las compañías de seguros. Existe una externalidad de accidentes entre usuarios del sistema vial si a medida que se incrementa el flujo vehicular, varía el riesgo de accidentes. Tal como en el caso de la congestión, si un vehículo adicional en una corriente de tráfico altera el riesgo de accidentes del resto de los vehículos, está generando un efecto externo que no asume.

La evidencia empírica no es concluyente al respecto, pero algunos supuestos típicos que suelen hacerse son los siguientes. En transporte interurbano, el riesgo de accidentes para corrientes de tráfico homogéneo es independiente del flujo (Lindberg, 2001). Así, no existen externalidades entre vehículos; sólo se tienen costos externos en términos de costos de policía, bomberos, etc. En transporte urbano, el riesgo de accidentes para corrientes de tráfico homogéneo crece con el flujo (SNRA, 1989), pero la gravedad de los accidentes disminuye⁶ (Fridstrøm, 1999). Por otro lado, cuando se trata de corrientes heterogéneas de tránsito, los vehículos de mayor masa suelen salir indemnes en un choque (Lindberg, 2001), entonces los costos de los accidentes recaen sobre la categoría débil o de menor masa y sobre el resto de la sociedad. En este contexto, los costos externos marginales (costos marginales sociales menos costos percibidos) que generan los vehículos de mayor masa representan una fracción del costo total de los accidentes. Dicha fracción corresponde al valor de la elasticidad del riesgo de accidente vial entre vehículos de ambas categorías ante un cambio en el porcentaje de vehículos de la categoría de mayor masa o categoría fuerte (E_{fuerte}). En cuanto a los vehículos de menor masa, los costos externos marginales que generan tienen dos componentes. Uno de ellos es, nuevamente, una fracción de los costos totales y esta fracción corresponde al valor de la elasticidad del riesgo de accidente vial entre vehículos de ambas categorías ante un cambio en el porcentaje de vehículos de la categoría débil ($E_{débil}$). El segundo componente es igual al monto de los costos totales que recaen sobre el resto de la sociedad. La escasa evidencia empírica sugiere que E_{fuerte} suele ser un número mayor a cero y $E_{débil}$ menor a cero (Lindberg, 2001). Así, los usuarios de la categoría débil tendrían que ser compensados.

⁶ Esto sería una externalidad positiva asociada a la congestión.

Alcoholado (2006) ha calculado los costos externos marginales por tipo de vehículo para cada región del país para el año 2003. Por motivo de espacio, presentaremos sólo los resultados finales sin entrar en el detalle de la metodología ni de los cálculos. En cuanto a la valoración de los accidentes, utilizaremos el método de las preferencias subjetivas para valorar las pérdidas de bienestar individual, basándonos en los valores propuestos por Rizzi (2005). Los costos en términos de daños materiales, gastos administrativos y costos de salud se basan en CITRA (1996). La Tabla 8 entrega el costo marginal-total externo, que asciende a US\$ 900 millones.

Tabla 8: Costos económicos anuales externos por accidentes viales

Categorías de Tráfico	Costo Marginal Social	Costo Medio Privado	Tarifa en UF por kilómetro recorrido	Kilómetros recorridos año 2003 millones	Costo marginal-total externo US\$ millones (2001)
Buses	1,33E-02	2,94E-03	1,03E-02	1219	317
Camiones	1,73E-04	5,52E-04	-3,79E-04	1537	-15
Particulares	2,67E-03	9,13E-04	1,75E-03	8831	391
Taxis	3,33E-03	6,34E-04	2,70E-03	1980	135
Comerciales	2,06E-03	6,33E-04	1,42E-03	4634	166
Motocicletas	3,73E-02	1,62E-02	2,10E-02	96	51
Peatones	1,52E-03	4,32E-03	-2,80E-03	1709	-121
Ciclistas	3,69E-03	5,40E-03	-1,71E-03	562	-24
TOTAL				20.570	900

Fuente: Alcoholado (2006). Valores actualizados a 2001.

5. IMPUESTOS PAGADOS POR EL SECTOR AUTOMOTOR

Los automóviles en la Región Metropolitana pagan los siguientes impuestos:

- Impuesto Específico a la Importación de Vehículos o Impuesto al Lujo (Decreto de Ley N°825), el cual consiste en un 85 % por sobre el valor aduanero aplicado a aquellos vehículos que excedan US\$ 15.000 valor CIF (año 2001).
- Derecho Ad Valorem o Derecho de Aduana, este impuesto se aplica a todas las mercancías provenientes del extranjero y corresponde a un 6% del valor CIF.
- Impuesto del Valor Agregado (IVA), corresponde a un 18 % (año 2001) por sobre el valor CIF más el Derecho Ad Valorem.
- Permiso de Circulación (Decreto Ley 3.063, artículo 12)
- Impuesto a los combustibles (Ley 18.502)
- Seguro Obligatorio de Accidentes Personales (Ley 19.887)

La Tabla 9 entrega el total recaudado en concepto de cada uno de los impuestos mencionados. La recaudación total asciende a US\$ 646 millones para el año 2001 (Cruz y Osorio, 2006). El único impuesto que guarda relación con la intensidad del uso del vehículo es el impuesto al combustible que comprende alrededor de dos tercios de la recaudación total por impuestos al sector automotor de la Región Metropolitana.

6. POSICION NETA DEL SECTOR AUTOMOTOR EN LA REGION METROPOLITANA

Se establecieron los costos marginales-totales externos correspondientes a los niveles de generación de externalidades del sector automotor de la Región Metropolitana de Santiago para el año 2001. Por otro lado, calculamos el monto total de impuestos efectivamente pagados por el sector para el mismo año. La Tabla 10 resume estas cifras. El ratio costos marginales-totales por externalidad / impuestos pagados es 4,7. El total de los costos marginales-totales asciende a US\$ 3007 millones, cifra cercana al 3,3% del PBI de Chile de 2001. La última columna de la tabla muestra que el total recaudado por impuestos al sector automotor no alcanza a cubrir los costos externos totales.

Tabla 9: Impuestos pagados por el sector automotor. Año 2001

Impuesto	Total Recaudado US\$ millones (2001)
Derecho de Aduana	41
Impuesto al Valor Agregado	110
Impuesto al Lujo	6
Permiso de Circulación	71
Impuesto al Combustible	407
Seguro Obligatorio de Accidentes Personales	10
TOTAL	646

Fuentes: elaboración propia en base a datos de Aduana, Dirección de Presupuesto y Servicios de Impuestos Internos.

Tabla 10: Costos externos por emisiones de contaminantes de fuentes móviles en la Región Metropolitana de Santiago

	Costo marginal-total externo US\$ millones	Costo total de la externalidad US\$ millones
Contaminación atmosférica	578	571
Contaminación acústica	301	100
Congestión Vehicular	1.228	439
Accidentes viales	900	¿?
Total	3.007	¿?
Impuestos recaudados	(646)	(646)
Posición Neta	2.361	¿?

En términos de asignación de recursos, lo relevante es la comparación del impuesto marginal que afecta el uso de un automóvil (dado únicamente por el impuesto a los combustibles) con el costo marginal externo. En base a cálculos sencillos (Cruz y Osorio, 2006), el impuesto a las gasolina por kilómetro circulado para vehículos livianos es aproximadamente \$17 (a precios de 2001) y sólo el costo marginal externo en concepto de accidentes viales de estos vehículos ronda los \$22, de manera tal que al incluir las demás externalidades, el impuesto a los combustibles es insuficiente para alcanzar una asignación de recursos óptima social. El impuesto a los combustibles debería incrementarse en la Región Metropolitana. Para hacer políticamente viable este aumento, se podrían reducir los demás impuestos que afectan sólo la tenencia de vehículos, tal que con el incremento de aquél se mantenga una recaudación total constante.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el aporte de Alejandro Torres (USACH), Esteban Godoy y Alan Thomas (SECTRA) y Gonzalo Alcoholado. Los comentarios de dos árbitros ayudaron a mejorar sustancialmente el artículo. Esta investigación contó con el aporte financiero de FONDECYT - Proyectos 1050672 y 1060703 y de la Iniciativa Científica Milenio perteneciente al Ministerio de Planificación.

REFERENCIAS

- Alcoholado, G.I. (2006) **Tarificación Optima de Externalidades de Accidentes**. Memoria de Título, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Cifuentes, L. (2001) **Generación de Instrumentos de Gestión Ambiental para la Actualización del Plan de Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago al año 2000**. Informe Final para la Comisión Nacional de Medio Ambiente.
- CITRA (1996) **Investigación Diseño de Programa de Seguridad Vial Nacional**. Informe Final para el Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Cruz, P.G, y M. Osorio (2006) **Balance de Costos Externos y Pagos Impositivos del Transporte Vial en la Región Metropolitana (de Santiago)**. Memoria de Título, Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile.
- Delucchi, M. (2003) Environmental externalities of motor vehicle use. En D. Hensher, y K. Button. **Handbook of Transport and the Environment**. Pergamon, Oxford.
- DICTUC (2002) **Encuesta Origen Destino de Viajes 2001 Santiago, Informe Ejecutivo**. Para Ministerio de Planificación y Cooperación y SECTRA, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Escobari, J. A. (2000) **Valoración de reducciones en el riesgo de muerte a una edad avanzada para políticas ambientales**. Tesis de Magister, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Fernandez & De Cea (2005). **Análisis y Actualización del Modelo ESTRAUS, Informe Ejecutivo**. Para la Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte (SECTRA). Santiago, Chile.
- Fridstrøm, L. (1999) **Econometric Models of Road Use, Accident, and Road Investment Decisions**. Tesis de Doctorado, Institute of Transport Economics, TØI report 457/1999, University of Oslo, Oslo.
- Galilea P., y J. De D. Ortúzar (2005) Valuing noise level reductions in a residential location context. **Transportation Research Part D**, 10, 305-322.

Lindberg, G. (2001) Traffic insurance and accident externality charges. **Journal of Transport Economics and Policy**, 35, 399-416.

Maddison, D., D. Pearce, O. Johansson, E. Calthrop, T. Litman y E. Verhoef (1996) **Blueprint 5: The True Costs of Road Transport**. Earthscan, Londres.

Ortuzar, J. De D. y L.I. Rizzi (Eds.) (2006) Special Issue: Valuation of Transport Externalities. **Transport Reviews**, 26.

Rizzi, L.I. (2005) The subjective value of road safety in Chile. **13th International Conference Road Safety on Four Continents**. Varsovia, Polonia, Octubre 5-7, 2005.

Sanchez, J.M., E. Figueroa, V. Kunze y C. Pardo (1999) **Estimación del Valor Económico de la Visibilidad en la Región Metropolitana**. Documento de Trabajo, Departamento de Economía, Centro de Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

SESMA (2001) Estudio de Actualización de Niveles de Ruido del Gran Santiago. Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, <http://www.asrm.cl/sitio/pag/acustica/indexjs3acusticaest001.asp>

Small, K. (1992). **Urban Transportation Economics**. Hardwood Academic Publishers, Chur, Switzerland.

SNRA (1989) **Swedish National Road Administration's EVA Manual**. Borlänge.

Universidad de Chile (2001). **Ánalisis Económico-Ambiental de Planes de Desarrollo del STU**. Informe Final para el Ministerio de Planificación y Cooperación. Santiago, Chile.