

PALABRAS CLAVE

Combustibles
Tributación
Gasolina
Combustibles diésel
Automóviles
Oferta y demanda
Chile

Impuestos diferenciales a las gasolinas y sus efectos en la demanda de automóviles

Claudio A. Agostini

La política tributaria sobre los combustibles en Chile siempre ha mantenido impuestos menores para las gasolinas que para el diésel. Como resultado, la fracción de automóviles con motor diésel ha crecido considerablemente. Un 20% de las emisiones de motores diésel equivalen al 80% de las de motores a gasolinas, lo que incide en la magnitud de las externalidades vinculadas al uso de automóviles, especialmente en ciudades como Santiago, con altos niveles de contaminación. En este trabajo se estima el efecto del diferencial de impuestos a los combustibles en la demanda de automóviles. Los resultados denotan elasticidades de la demanda por automóviles a diésel de -3,4 y 2,1 respecto del precio del automóvil y del diferencial de impuestos. Estas magnitudes permiten implementar cambios tributarios que reduzcan significativamente las emisiones, igualando las tasas de impuestos para las gasolinas y el diésel y estableciendo un impuesto específico a los automóviles con motor diésel.

Claudio A. Agostini
Profesor Asociado
Facultad de Economía y Negocios,
ILADES
Universidad Alberto Hurtado
✉ agostini@uahurtado.cl

I

Introducción

En los últimos 20 años en Chile, el gobierno ha subido ostensiblemente el impuesto específico a las gasolinas y ha mantenido inalterado el impuesto específico al diésel. La razón fundamental ha sido simplemente la de aumentar o compensar la recaudación tributaria y puesto que se supone que los mercados de combustibles tienen demandas bastante inelásticas, se minimizaría así la distorsión que causa un impuesto al aplicarlo en estos mercados. Esta lógica conduciría a aumentos proporcionalmente equivalentes en todos los mercados de combustibles; sin embargo, los impuestos a las gasolinas han crecido en proporción más que el impuesto al diésel, cambiando de esta forma el precio relativo entre ambos. En 1990, el impuesto a las gasolinas era de 3 UTM y se aumentó a 3,6186 UTM.¹ Luego se elevó a 4,4084 UTM en 1995, a 5,2 UTM en 2000, y a 6 UTM en 2001. En 2008, se redujo primero a 4,5 UTM en el mes de marzo y en seguida a 3,5 UTM en septiembre. Durante todo este período, el impuesto al diésel se ha mantenido en 1,5 UTM por metro cúbico.

Este cambio de precios relativos derivado de la política tributaria aplicada a los mercados de combustibles genera dos efectos. El primero es un aumento relativo en el consumo de diésel con respecto al de gasolina en todos los usos en que ambos combustibles son sustitutos. El segundo, un incentivo a la compra de autos con motor diésel en relación con los automóviles que usan gasolina. De hecho, las importaciones de vehículos livianos de pasajeros con motor diésel pasaron de 13.646 unidades en 1997 a 61.433 en 2007. En forma equivalente, el parque automotriz de automóviles con motor diésel subió de 267.341 unidades en el año 2002 a 566.122 el año 2008, es decir, hubo un incremento de 112% en seis años, mientras que el parque de automóviles a gasolina creció un 30% en el mismo período. Es así como entre 2002 y 2008, la tasa anual de crecimiento del parque vehicular fue de 13,3% y 4,5% para los automóviles a diésel y a gasolina, respectivamente. El resultado es que, tal como se aprecia en el gráfico 1, la participación de automóviles con motor diésel en el parque automotriz

se ha acrecentado sistemáticamente durante los últimos años, pasando de un 12,7% en 2002 a un 19,2% en 2008 en todo el país y de un 9,1% a un 14,4% en la Región Metropolitana en igual período.

Este cambio en la composición del parque automotriz es relevante debido a las externalidades que produce el uso del automóvil. Hay externalidades como la congestión y los accidentes de tránsito que no tienen relación con el tipo de motor del automóvil, por lo que tratamientos tributarios diferentes para distintos tipos de combustibles no debieran afectar directamente a su magnitud.² Sin embargo, hay externalidades como la contaminación atmosférica proveniente de las emisiones que sí se relacionan con el tipo de motor.

Dado que la contaminación de un automóvil crea un costo externo para la sociedad que no es considerado por el dueño/usuario del automóvil en sus decisiones, la política tributaria puede jugar un papel importante en internalizar ese costo. En este contexto hay tres decisiones relevantes. La primera es el número de kilómetros manejados que, dadas las emisiones del automóvil por kilómetro recorrido, determina el volumen total de contaminación que produce un vehículo. La segunda es el tipo de combustible que utiliza el automóvil y las emisiones relacionadas. La tercera es la elección de características del automóvil que afectan a las emisiones directa o indirectamente a través del kilometraje recorrido, como la antigüedad del auto, su rendimiento (kilómetros por litro), el tamaño del motor y otras.

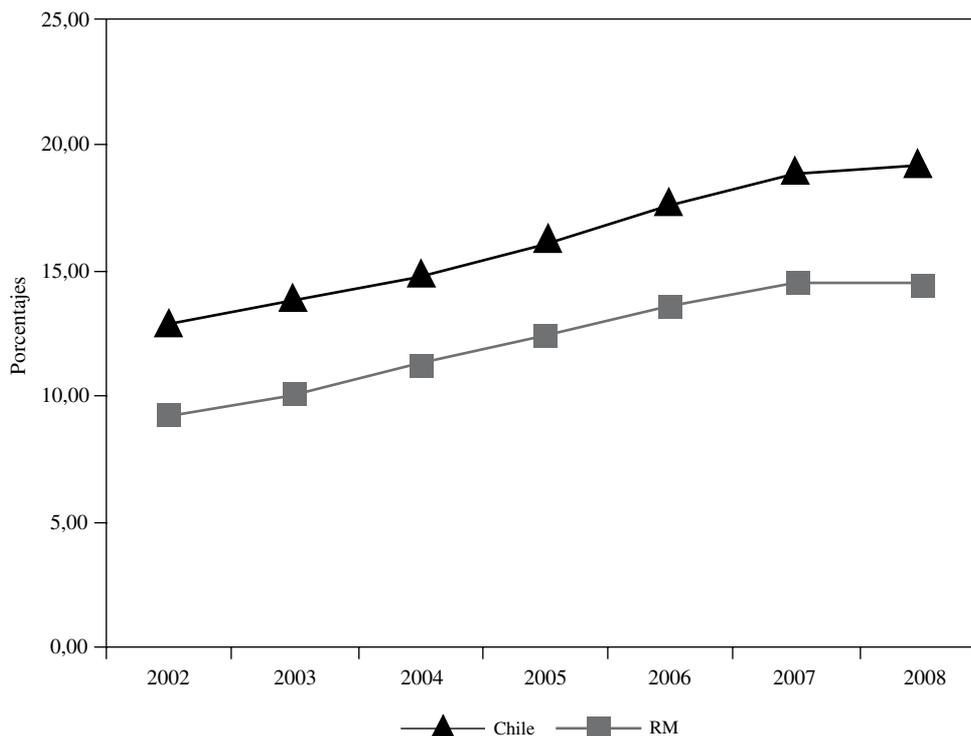
Con una política tributaria óptima se debiera lograr que los consumidores incorporaran los costos externos en su demanda por automóviles, incluido el tipo de combustible. Si las emisiones de un vehículo son proporcionales al uso de combustibles y no dependen de su diseño y tipo de motor, como es el caso de las emisiones de dióxido de carbono en los automóviles, solo

¹ La unidad tributaria mensual (UTM) es un índice utilizado para mantener en moneda constante el valor de los impuestos. En junio de 2010, una UTM equivalía a \$ 37.083.

² Obviamente, las tasas de impuestos utilizadas afectan directamente a los niveles de externalidad y las magnitudes pueden ser considerables. Es así como para el caso de los Estados Unidos, hay estimaciones que muestran que un aumento de 1 dólar por galón (3,7854 litros) reduciría entre un 15% y un 20% el consumo de gasolina, entre un 11% y un 12% las millas recorridas y entre un 16% y un 18% las muertes por accidentes de tránsito, mientras que se recaudarían 100.000 millones de dólares adicionales en 10 años (Houghton y Sarkar, 1996).

GRÁFICO 1

Chile: fracción de automóviles a diésel
(En porcentajes)



Fuente: "Parque de Vehículos en Circulación", Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

Parque de vehículos en circulación [en línea] http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/transporte_y_comunicaciones/parquevehiculos.php

RM: Región Metropolitana.

el uso de combustible determina el nivel de emisiones y un impuesto por litro permite que los consumidores internalicen los costos sociales de sus emisiones. Es así como un impuesto a las gasolinas incentiva la compra de vehículos más pequeños o más eficientes en el uso de combustible, tal como la reducción de su consumo mediante el patrón de empleo del automóvil (menos kilómetros recorridos) y su mejor mantención (Portney y otros, 2003; West y Williams, 2004); Bento y otros, 2005). Además, dado que la gasolina y el ocio son complementos relativos, elevar el impuesto a las gasolinas aumenta la oferta de trabajo, lo que genera ganancias de eficiencia adicionales (West y Williams, 2004). Por el contrario, el incremento de los estándares de rendimiento incentiva una mayor utilización del automóvil al reducir el costo por kilómetro recorrido (Thorpe, 1997).

En el caso de las emisiones de óxido de nitrógeno y monóxido de carbono, estas no son proporcionales al

uso de combustibles y dependen directamente del tamaño y tipo de motor del vehículo. Un automóvil catalítico con motor diésel emite entre 0,6 y 0,8 gramos de óxido de nitrógeno (NO_x) por kilómetro y entre 0,04 y 0,09 gramos de material particulado por kilómetro, mientras que un automóvil con convertidor catalítico y motor bencinero emite alrededor de 0,1 gramos de óxido de nitrógeno por kilómetro y no emite material particulado. Estos números conducen a que, en promedio, un 20% de las emisiones de automóviles a diésel equivalgan a un 80% de las emisiones de automóviles a bencina, de modo que las externalidades por contaminación de ambos tipos de vehículos son muy diferentes.

Dada la situación ambiental en algunas ciudades de Chile, las externalidades generadas por los vehículos con motor diésel son mayores que las provenientes de los vehículos con motor a bencina, por lo que la diferencia de impuestos específicos en favor del diésel no

es consistente con impuestos pigouvianos que corrigen externalidades. Es así como —en general— por motivos ambientales un tratamiento tributario favorable al diésel no parece razonable (véase, por ejemplo, Michaelis, 1995). En particular, las emisiones de motores diésel tienen desventajas ambientales importantes desde el punto de vista de la calidad del aire urbano (Crawford y Smith, 1995). Incluso bajo los nuevos estándares más exigentes de material particulado establecidos en Europa, hay evidencia de efectos negativos en el cambio climático (Jacobson, 2002) y en la mortalidad de la población urbana (Mazzi y Dowlatabadi, 2007).

Sin duda que hay otros elementos de política tributaria que deben ser considerados para determinar impuestos óptimos en el caso de las gasolinas, como la calidad de insumo productivo del diésel en algunas industrias, pero es importante determinar el efecto que tiene el actual diferencial tributario en la composición del parque automotriz en Chile, para luego poder identificar sus repercusiones en algunas ciudades con alta contaminación ambiental como Santiago o Temuco. Para ello, la pregunta relevante es cuán sensibles son las ventas de automóviles con motor diésel respecto de los impuestos específicos relativos y los precios de los vehículos. Estos dos elementos son complementarios desde el punto de vista de una política tributaria óptima, ya que además del impuesto a los combustibles es posible utilizar un impuesto a los automóviles con motor diésel a objeto de corregir externalidades. La razón es que los automóviles con motor diésel, si bien tienen precios más altos, utilizan menos combustible por kilómetro y, por consiguiente, la disposición a pagar por

esta característica varía según el tipo de consumidor dependiendo del uso del automóvil (kilómetros anuales recorridos). Un impuesto a los automóviles diésel permite discriminar entre tipos de consumidores, elevando el precio en mayor proporción a los consumidores que causan una externalidad más significativa dado el uso más intensivo del automóvil.³

El objetivo de este trabajo es estimar las elasticidades de la demanda de automóviles, por tipo de motor, con respecto al precio y al impuesto específico a los combustibles. Ello constituye un primer insumo relevante para poder evaluar los efectos de la actual política tributaria en los combustibles en Chile y proponer modificaciones impositivas que permitan internalizar los costos externos vinculados al uso del automóvil, en particular, con relación a la contaminación del aire.

El resto del artículo continúa de la siguiente forma. En la sección II se presenta un modelo de demanda por automóviles junto con las consideraciones metodológicas para poder estimarla. En la sección III se describen los datos utilizados en el análisis empírico. En la sección IV se presentan los resultados de la estimación y en la V se concluye con algunas recomendaciones de política e investigación futura.

³ Existe evidencia de que este mismo tipo de discriminación de precios, por tipo de motor, es utilizada por los fabricantes de vehículos (Verboven, 2002). Entre el 75% y el 90% del diferencial de precios entre un automóvil a diésel y uno a gasolina obedecería a discriminación de precios respecto de consumidores de alto uso y bajo uso de automóvil.

II

Un modelo de demanda por automóviles

En general, la estimación de una función de demanda se realiza utilizando precios uniformes para los productos de una industria, y como resultado se obtiene una estimación única de la elasticidad precio de la demanda. Esta estimación es válida en el caso de productos homogéneos, pero en ella se omite información relevante para entender los patrones de sustitución de los consumidores en el caso de productos diferenciados o heterogéneos. La razón es que las diferencias entre distintos productos se traducen en que la elasticidad de demanda sea distinta, por ello es importante considerar explícitamente en la estimación las características que

diferencian a los productos entre sí. Este es el caso de una demanda por automóviles, ya que un consumidor puede elegir entre distintas marcas y modelos de vehículos. Con el objeto de decidir cuál automóvil comprar, el consumidor compara distintas características entre las distintas marcas y modelos disponibles. Sin duda que una de las características más relevantes es el precio, pero además el consumidor considera el tipo de motor (gasolina o diésel), ya que este determina en forma importante el costo anual de operación del automóvil. Dado que el consumidor se enfrenta a distintas marcas y modelos, con motores de distinto tipo

y tamaño, la demanda por automóviles es una demanda por productos diferenciados.

También es relevante tomar en cuenta que el consumidor tiene la opción de no comprar un automóvil (opción externa). Es importante considerar esta opción en la estimación de la demanda, porque si ella no existiera sería posible subir en forma uniforme el precio de todos los automóviles y esto no afectaría a la demanda, ya que los precios relativos se mantendrían constantes.

La estimación de una demanda por productos diferenciados es una tarea complicada, principalmente debido a la gran cantidad de parámetros que hay que estimar. En el caso de N productos diferentes es necesario estimar N elasticidades precio propias y $N(N-1)$ elasticidades precio cruzadas. Esto implica que para la mayoría de los casos el modelo econométrico está “sobreparametrizado” y resulta imposible de estimar. Hay dos formas de solucionar este problema. La primera consiste en agregar productos que son similares hasta que queden pocos grupos de productos. El costo mayor de esta estrategia es que se pierden algunos parámetros que pueden ser de interés. La segunda forma consiste en modelar la elección del producto explícitamente. Este enfoque se basa en el trabajo de McFadden (1974), quien desarrolló modelos de elección discreta para caracterizar la elección de productos por parte de un consumidor, y es el que se utiliza en este trabajo.⁴

Una segunda dificultad en la estimación de una demanda por productos diferenciados es la heterogeneidad de los consumidores. Si los consumidores no tuvieran preferencias distintas todos comprarían el mismo automóvil (condicional en el ingreso). Sin embargo, ello no ocurre porque hay características individuales de los consumidores que los hacen preferir un modelo o marca de automóvil entre todos los disponibles; estas características deben ser incorporadas de alguna forma en el modelo de demanda.

Elección discreta

A diferencia de un modelo de consumo estándar, donde la cantidad consumida es una variable continua, en un modelo de elección discreta se analiza el caso en que la decisión de consumo relevante es discreta. En el caso de

la decisión de compra de un automóvil, por ejemplo, lo relevante es qué automóvil compra un consumidor, más que cuántos automóviles compra. Para poder estimar una demanda por bienes o servicios que se consumen en forma discreta, en un modelo de elección discreta se relaciona estadísticamente la elección de cada consumidor con sus características personales y las características de los distintos productos o servicios disponibles para elegir. De esta forma, el modelo permite estimar la probabilidad de que un consumidor elija una alternativa específica.⁵

Para estimar este tipo de modelos es necesario especificar, en primer lugar, la función de utilidad indirecta de un consumidor i que compra un automóvil con un tipo de motor m (cilindrada y gasolina o diésel) en el año t . Siguiendo a Berry (1994) y Nevo (2000), esta se define como:

$$U_{imt}^* (X_{mt}, P_{mt}, \xi_{mt}, \tau_t, v_i; \theta) \quad (1)$$

donde X es un vector de dimensión k de características observables de un automóvil, ξ son características no observables de un automóvil, τ es el impuesto específico al combustible que usa el automóvil, P es el precio del automóvil, v son características individuales de los consumidores y θ son los parámetros desconocidos a estimar.

Una forma funcional simple y usada en la literatura para la función de utilidad (1) es:⁶

$$U_{imt}^* = \alpha P_{mt} + \gamma \tau_t + X_{mt} \beta + \xi_{mt} + v_{imt} \quad (2)$$

En la forma funcional utilizada en (2) se asume que la heterogeneidad no observada de los consumidores (las características individuales que determinan sus preferencias) es capturada por una perturbación (*shock*) aleatoria v_{imt} .⁷ La elección de una forma funcional específica junto con los supuestos que se realicen respecto de la distribución de v afectan en forma importante a los patrones de sustitución entre productos (Berry, 1994).

⁴ Usando este enfoque, Berry, Levinsohn y Pakes (1995 y 1998) estudian interacciones estratégicas de precios entre fabricantes de automóviles en los Estados Unidos; Nevo (2001) estima la demanda por cereales en los Estados Unidos, y Agostini (2007) y Agostini y Jalile (2009) estiman el efecto de los impuestos en la inversión extranjera en los Estados Unidos y en América Latina, respectivamente.

⁵ Si bien la estimación puede realizarse utilizando datos de decisiones individuales de los consumidores, ello no es un requerimiento para el uso de estos modelos y es posible hacerlo con datos agregados a nivel de mercado para cada alternativa.

⁶ Véanse Berry (1994); Berry, Levinsohn y Pakes (1995), y Nevo (2000). Sin embargo, el modelo es bastante general y se puede usar con distintas especificaciones haciendo ajustes menores.

⁷ Un consumidor es definido entonces como un vector de perturbaciones (*shocks*) específicas por tipo de motor de automóvil: $(v_{i1t}, \dots, v_{iMt})$.

Como se señaló previamente, es relevante considerar en el análisis la posibilidad de que el consumidor decida no comprar un automóvil (puede comprar una moto, decide usar solo transporte público u otros). La función de utilidad de esta alternativa se define como:

$$U_{iot}^*(X_{ot}, \xi_{ot}, \tau_{ot}, v_i, \theta) \quad (3)$$

ya la forma funcional específica que se considera para ella es:

$$\pi_{iot}^* = \xi_{ot} + v_{iot} \quad (4)$$

En este modelo se asume implícitamente que los consumidores compran solo un automóvil, el que les entrega el nivel de utilidad más alto. Es así como el consumidor i va a elegir comprar el automóvil con tipo de motor m si y solo si esa compra le genera la mayor utilidad entre todas las alternativas. Es decir, si se cumple que:

$$\alpha P_{mt} + \gamma \tau_t + X_{mt} \beta + \xi_{mt} + v_{imt} \geq \alpha P_{kt} + \gamma \tau_t + X_{kt} \beta + \xi_{kt} + v_{ikt} \quad (5)$$

para todo $k \geq 0$ y $k \neq m$ ($k = 0$ representa la opción externa: una alternativa que implica no comprar un automóvil).

La condición (5) define implícitamente un set de características individuales no observadas v_{imt} que conducen a la elección del automóvil modelo/marca m . Dicho set está definido por:

$$A_{mt}(\delta_{.t}) = \{v_{i,t} \mid \delta_{mt} + v_{imt} \geq \delta_{kt} + v_{ikt} \quad \forall k = 0 \dots M\} \quad (6)$$

donde $\delta_{.t} = \alpha P_{.t} + \gamma \tau_t + X_{.t} \beta + \xi_{.t}$ es la utilidad media de cada marca/modelo.

En el caso de la opción externa, la utilidad media (δ_{ot}) no está identificada sin hacer más supuestos o sin normalizar una de las marcas de automóvil. Lo más simple para identificarla, y la alternativa estándar usada en la literatura, es normalizar ξ_{ot} igual a cero.

Luego, para un set de parámetros dados, es posible predecir la participación de mercado de cada tipo de motor en función de las características del automóvil, el precio, los impuestos y los parámetros desconocidos. La participación de mercado del modelo/marca m en el período t , S_{mt} , está determinada por la fracción de consumidores para los que se cumple la condición (5), es decir, para quienes la utilidad de consumir el modelo m

es mayor que la de todas las otras alternativas, incluida la externa. Esta fracción está determinada por la probabilidad de que v_{it} se encuentre en el set A_{mt} . Dada una función de distribución y una de densidad para v , $F(v)$ y $f(v)$ respectivamente, la participación de mercado del modelo m en el período t es:

$$s_{mt}(\delta_{.t}) = \int_{A_{mt}} f(v) dv \quad (7)$$

Con el objeto de calcular la integral de la ecuación (7), es necesario asumir una distribución para v_{imt} . Un supuesto tradicionalmente usado en la literatura es que los v_{imt} son independientes e igualmente distribuidos (iid) de acuerdo con una función de distribución Valor Extremo Tipo I.⁸ En este caso, la participación de mercado del tipo de motor m es:

$$s_{mt} = \frac{\exp(\alpha P_{mt} + \gamma \tau_{mt} + X_{mt} \beta + \xi_{mt})}{1 + \sum_{k=1}^M \exp(\alpha P_{kt} + \gamma \tau_{kt} + X_{kt} \beta + \xi_{kt})} \quad (8)$$

La estrategia de estimación consiste en elegir los parámetros que minimizan la distancia entre las participaciones de mercado que predice el modelo y las observadas, lo que implica resolver el siguiente sistema implícito de ecuaciones:⁹

$$s_{.t}(X_{.t}, P_{.t}, \tau_{.t}, \delta_{.t}; \theta) = S_{.t} \quad (9)$$

donde $s_{.t}(\cdot)$ son las participaciones de mercado definidas por la ecuación (7), y $S_{.t}$ son las observadas.

Ahora, la ecuación (9) puede resolverse analíticamente y obtener:

$$\delta_{mt} = \ln(S_{mt}) - \ln(S_{ot}) \quad (10)$$

donde s_{mt} y s_{ot} son las participaciones de mercado del tipo de motor m y de la opción externa, respectivamente.

Así, la ecuación de demanda agregada a estimar es:

$$\ln(S_{mt}) - \ln(S_{ot}) = \alpha P_{mt} + \gamma \tau_{mt} + X_{mt} \beta + \xi_{mt} \quad (11)$$

Las elasticidades de las participaciones de mercado con respecto al precio, definidas por la ecuación (8), son:

⁸ Véanse, por ejemplo, McFadden (1974); Cardell y Dunbar (1980); Boyd y Mellman (1980); Tardiff (1980).

⁹ A partir de supuestos con respecto a la distribución de v , la integral de la ecuación (7) puede ser calculada analíticamente.

$$\eta_{mt}^p = \frac{\partial s_{mt}}{\partial P_{kt}} \frac{P_{kt}}{s_{mt}} = \begin{cases} \alpha P_{mt} (1 - s_{mt}) & \text{si } m = k \\ \alpha P_{kt} s_{kt} & \text{si } m \neq k \end{cases} \quad (12)$$

De igual forma, la elasticidad de las participaciones de mercado respecto de la tasa de impuesto es:

$$\eta_{mt}^\tau = \frac{\partial s_{mt}}{\partial \tau_{mt}} \frac{\tau_{mt}}{s_{mt}} = \begin{cases} \gamma \tau_{mt} (1 - s_{mt}) & \text{si } m = k \\ \gamma \tau_{kt} s_{kt} & \text{si } m \neq k \end{cases} \quad (13)$$

En resumen, este modelo permite resolver el problema de “sobrep parametrización” de una demanda por productos diferenciados y posibilita la obtención de

estimadores consistentes de las elasticidades relevantes.¹⁰ Finalmente, es importante considerar que es posible que la variable precio sea endógena (con $(P_{mt}, \xi_{mt}) \neq 0$), en cuyo caso es necesario estimar la ecuación (11) usando variables instrumentales.

¹⁰ Este modelo ha sido usado en la literatura en investigaciones relacionadas con el mercado de automóviles y combustibles. Por ejemplo, Agrav y Chapman (1999) estiman el impacto de normas de emisión e impuesto a los combustibles en las emisiones totales de gases invernadero del sector transportes en los Estados Unidos; Levinsohn (1996) estima el efecto de distintas políticas comerciales en las ventas de automóviles, y Greene (1986) analiza la evolución en la participación de mercado de los automóviles a diésel en los Estados Unidos.

III

Datos utilizados en el análisis empírico

En el análisis empírico se utilizan datos mensuales de importaciones de automóviles registrados por el Servicio Nacional de Aduanas para el período 2002-2008. La glosa de cada registro permite identificar el tipo de motor (gasolina o diésel); la cilindrada de acuerdo con 4 categorías (menos de 1.000 cm³; entre 1.000 cm³ y 1.500 cm³; entre 1.500 cm³ y 3.000 cm³, y más de 3.000 cm³); si es *jeep* o tiene tracción en las 4 ruedas (4x4), y el país de origen. Para cada uno de estos grupos de automóviles, el registro de aduana contiene el número de unidades importadas, el país de origen, el precio unitario promedio y la desviación estándar del precio promedio.¹¹ Lamentablemente, no se encuentran disponibles datos desagregados por unidad, ni tampoco fue posible obtener una clasificación por modelo o incluso por marca de automóvil.

En el cuadro 1 se muestra un resumen estadístico de los datos. La variable Cantidad corresponde al número de vehículos mensuales importados en cada una de las 304 categorías.¹² Con ella se calcula el logaritmo de la participación mensual en las importaciones de vehículos para cada categoría, que se utiliza como va-

riable dependiente en la regresión ($\log S_{mjt}$). Si bien no existen datos para calcular mensualmente la fracción de consumidores que prefieren la alternativa de no tener automóvil, sí hay datos de importaciones de motocicletas, lo que permite calcular la participación de mercado de esta opción externa ($\log S_{ot}$) y es la que se utiliza en el análisis empírico.

La variable precio corresponde al precio unitario promedio en dólares de los automóviles en cada categoría. Sobre la base de las variables que generan las categorías arancelarias de las distintas partidas de importación de automóviles se determinaron siete variables ficticias que capturan esas características: Motor 1.000 para motores de tamaño menor a 1.000 cm³, Motor 1.500 para motores entre 1.000 cm³ y 1.500 cm³, Motor 3.000 para motores entre 1.500 cm³ y 3.000 cm³, y Motor 3.000+ para motores de tamaño superior a 3.000 cm³; 4x4 para *jeeps* o vehículos con tracción en las cuatro ruedas; Diésel para vehículos con motor diésel y, finalmente, Zona Franca para todos los vehículos ingresados por alguna de las tres zonas francas existentes en Chile (Arica, Iquique y Punta Arenas). La variable Impuesto corresponde al valor mensual, en dólares por litro, del impuesto específico a las gasolinas. La variable IMACEC mide el cambio mensual en la actividad económica en el país a partir del comportamiento del 90% de los bienes y servicios que componen el producto interno bruto (PIB); el indicador mensual de actividad económica (IMACEC) es publicado por el Banco Central de Chile. Por último, la variable

¹¹ Existen registros de importación de 45 países, pero hay 18 países que representan más del 95% de todos los vehículos importados. Por esta razón, en el análisis empírico se considera la fracción de automóviles importados de cada uno de estos 18 países y se agrupa al resto en una categoría “Otros”.

¹² Las 304 categorías de automóviles en los datos provienen de la interacción de: 4 tamaños de motor, 2 tipos de motor, 2 tipos de vehículos (automóvil y *jeep* o 4x4) y 19 países de origen.

CUADRO 1

Resumen estadístico

	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Cantidad	151,22	343,63	1	3 544
S_{mit}	0,0101	0,0218	0,004	0,197
Precio	12 379	11 663,8	2 000	152 352
Motor 1.000	0,034	0,165	0	1
Motor 1.500	0,099	0,278	0	1
Motor 3.000	0,214	0,376	0	1
Motor 3.000+	0,131	0,295	0	1
4x4	0,087	0,126	0	1
Zona Franca	0,203	0,327	0	1
Diésel	0,248	0,291	0	1
Impuesto	0,254	0,064	0,143	0,411
IMACEC	0,305	0,821	-1,8	1,7
Precio acero	3 421,25	1 328,71	2 091	4 732

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas, Banco Central de Chile y *Stainless Steel Review* de MEPS.

Nota: Precio unitario promedio en dólares.
El tamaño de los motores se expresa en cm^3 .
IMACEC: Indicador mensual de actividad económica.
Zona Franca: Arica, Iquique y Punta Arenas.

Precio Acero corresponde al precio del tipo de acero inoxidable utilizado por los productores de automóviles, publicado en *Stainless Steel Review* de MEPS sobre la base de la información de contratos entre productores y consumidores de acero. El precio del acero, al ser un

insumo productivo en la fabricación de automóviles que no debiera estar correlacionado con variables no observadas que determinen la demanda de automóviles, es utilizado como variable instrumental para el precio de los automóviles en la estimación de la demanda.

IV

Resultados de la estimación

En el cuadro 2 se aprecian los resultados de las estimaciones de la ecuación (11). El modelo (1) corresponde a la estimación mediante mínimos cuadrados ordinarios, sin considerar, por lo tanto, la posible endogeneidad del precio de los automóviles. En Chile, el 100% de los automóviles livianos de pasajeros son importados, por lo que su oferta está determinada simplemente por el precio internacional, dado que además se trata de un país pequeño. Por esta razón, el problema de simultaneidad en la determinación del precio de equilibrio en el mercado de los automóviles no genera problemas de identificación. Sin embargo, es posible que haya errores de medición en la variable precio al constituir un promedio para cada categoría de automóviles. A fin de considerar esta posibilidad y con el objeto de eliminar un posible sesgo de endogeneidad en la estimación de

la elasticidad precio, se estima nuevamente la ecuación (11) utilizando el precio del acero como variable instrumental para el precio de los automóviles.

Los resultados empíricos son bastante satisfactorios en general, las regresiones logran explicar alrededor de un 56% de la variación en los datos, los signos de los coeficientes son los esperados para una demanda de automóviles y todos son estadísticamente significativos al 5% de confianza. La demanda por automóviles es mayor para tamaños de motor más grandes con respecto a la categoría omitida de motores menores de 1.000 cm^3 , pero el efecto más considerable se encuentra en los motores de entre 1.500 cm^3 y 3.000 cm^3 , que es donde se concentra la mayor parte de la demanda. De igual forma, en los resultados se observa un efecto positivo en la demanda agregada por automóviles

CUADRO 2

Estimaciones de la ecuación de demanda por automóviles

	(1)	(2)
Precio	-0,00028* (0,000091)	-0,00028* (0,00012)
Motor 1.500	0,0032* (0,0011)	0,0034* (0,0013)
Motor 3.000	0,0026* (0,0011)	0,0028* (0,0013)
Motor 3.000 +	0,0011* (0,0004)	0,001* (0,0005)
4x4	0,0184* (0,0032)	0,0193* (0,0043)
Zona Franca	0,0462* (0,0152)	0,0484* (0,0167)
Diésel	0,002* (0,0002)	0,002* (0,0006)
Impuesto	-0,0301 (0,0527)	-0,0318 (0,0507)
IMACEC	0,4011* (0,1785)	0,4036* (0,1918)
Constante	-13,82* (1,56)	-9,74* (1,67)
VARIABLES FICTICIAS país de origen	Sí	Sí
R ²	0,557	0,563
F	141,7	152,1
N	8 307	8 307

Fuente: estimaciones del autor sobre la base de datos detallados en el cuadro 1.

* Significativo al 5%.

Nota: Modelo (1) estimado por mínimos cuadrados ordinarios con errores robustos; modelo (2) estimado con variables instrumentales y técnica estadística de remuestreo (*bootstrapping*) con 1.000 repeticiones para los errores.

El tamaño de los motores se expresa en cm³.

Zona Franca: Arica, Iquique y Punta Arenas.

IMACEC: Indicador mensual de actividad económica.

R²: Bondad de ajuste. F: Test de Fischer. N: Número de observaciones.

de los vehículos con motor diésel respecto de los de gasolina y de los de tracción en las cuatro ruedas en relación con los de tracción en dos ruedas. Si bien la magnitud de los efectos es relativamente pequeña, con elasticidades entre 0,2 y 0,4, esto es consistente con las participaciones de mercado crecientes en el tiempo que tienen tanto los automóviles diésel como los 4x4. La repercusión positiva de la Zona Franca refleja la posibilidad de importar automóviles libres de impuestos aduaneros en dos regiones del país, lo que incrementa en términos relativos la demanda en relación con el resto de las regiones en Chile. En promedio, y dejando todo

lo demás constante, la demanda relativa de automóviles aumenta en 3,6% al pasar a tener zona franca. El efecto positivo del IMACEC en la demanda de automóviles es consistente con una elasticidad ingreso positiva, pero también refleja el papel que juega el ciclo económico en las importaciones de vehículos. Un aumento de un 1% en la actividad económica mensual se relaciona, en promedio, con un incremento de alrededor de un 1,4% en la demanda de automóviles.

Los coeficientes de mayor interés en los resultados son los relativos al precio y el impuesto a los combustibles. La elasticidad precio para la demanda agregada de automóviles en Chile es de -3,4, evaluada en la media de la muestra. Este valor no es muy distinto de los resultados obtenidos por otros estudios en la literatura económica. De hecho, si bien es algo superior al valor de -2,4 estimado por Trandel (1991), es muy similar al valor de -3,28 estimado por Goldberg (1995) y se encuentra dentro del rango de -3,0 y -4,5 estimado por Berry, Levinsohn y Pakes (1995).¹³ Las elasticidades precio varían tanto por tipo como por tamaño de motor, lo que refleja los patrones de sustitución de los consumidores entre distintos tipos de automóviles. La elasticidad precio de los automóviles con motores mayores de 3.000 cm³ es la más alta: -3,71, evaluada en la media de la muestra, y la de los motores entre 1.500 cm³ y 3.000 cm³ la más baja: -2,6, también evaluada en la media.¹⁴ Este rango denota una demanda más elástica entre tamaños de motor que la encontrada en países desarrollados. Para los Estados Unidos, por ejemplo, Bento y otros (2009) estiman elasticidades que van desde -1,44 para autos compactos hasta -2,3 para una minivan. Por último, la elasticidad precio estimada de vehículos 4x4 es de -3,83, la más elástica al precio en Chile.

La elasticidad estimada del impuesto a los combustibles para la demanda de automóviles a diésel es de -2,1, evaluada en la media de la muestra.¹⁵ Dado que

¹³ En los primeros estudios realizados se mostraban, sin embargo, elasticidades mucho menores, entre -1 y -1,5 (véanse, por ejemplo, Chow, 1957; Suits, 1958; y Wykoff, 1973).

¹⁴ Las elasticidades se calculan utilizando la fórmula explicitada en (12) mediante el uso de las participaciones de mercado y precio para el grupo *m* específico. Es así como, por ejemplo, la elasticidad precio para la demanda agregada se calcula como $-0,00028 * 12.379 (1 - 0,0101) = -3,4$. Para los distintos tipos de automóvil la elasticidad se calcula de la misma forma, pero utilizando la participación de mercado y el precio promedio respectivo para cada grupo de automóviles: motor mayor de 3.000 cm³, motor entre 1.500 cm³ y 3.000 cm³, y automóviles 4x4 (véase Nevo (2000), para detalles sobre la derivación y cálculo de elasticidades).

¹⁵ La elasticidad con respecto al impuesto se calcula utilizando la fórmula explicitada en (13).

el impuesto al diésel ha permanecido constante durante todo el período, en esta elasticidad se identifica el efecto del diferencial de impuestos entre la gasolina y el diésel. La magnitud de esta elasticidad, si bien más pequeña que la elasticidad precio, no es menor desde el punto de vista del papel que juega la política tributaria. La elasticidad con respecto al impuesto captura en parte el costo anual de uso del automóvil, ya que un mayor uso requiere más consumo de gasolina, por lo que una reducción en la brecha del impuesto a las gasolinas en relación con el impuesto al diésel, junto con un impuesto a los automóviles con motor diésel permitirían reducir considerablemente la contaminación del aire vinculada al uso de diésel.

En particular, un alza del impuesto al diésel de la actual tasa de 1,5 UTM por metro cúbico a 4,5 UTM por metro cúbico, de tal forma de igualarla a la de las

gasolinas, reduciría la fracción de automóviles diésel en casi 3 puntos porcentuales. Para el caso de la Región Metropolitana, manteniendo constante la actual tasa de crecimiento de los automóviles a diésel, esto implicaría un menor número de importaciones de alrededor de 11.300 automóviles a diésel en los próximos 5 años. Asumiendo un kilometraje anual recorrido de 12.000 kilómetros para cada vehículo, ello implicaría menores emisiones anuales de óxido de nitrógeno por 950 toneladas y de material particulado por 88 toneladas. Si además se coloca un impuesto de 1% del valor del vehículo para los automóviles con motor diésel, el número de importaciones de vehículos a diésel se reduciría en torno de las 16.000 unidades en los próximos 5 años. Con ello, la disminución en emisiones alcanzaría a las 1.083 toneladas anuales de óxido de nitrógeno y 106 toneladas de material particulado.

V

Conclusiones

En Chile, uno de los efectos importantes de la actual diferencia de tasas de impuesto entre las gasolinas y el diésel es que incentiva la compra de automóviles con motor a diésel. Es así como la fracción del parque automotriz con motor a diésel aumentó en el país de alrededor del 12% en 2002 al 19% en 2008. Como los automóviles a diésel emiten más óxido de nitrógeno que los automóviles a gasolina, además de material particulado, las externalidades vinculadas a la contaminación del aire por el uso de automóviles se han incrementado. Esto es particularmente relevante para ciudades con altos niveles de contaminación en el invierno, como Santiago y Temuco. Para poder cuantificar la magnitud de este problema y considerar alternativas de política tributaria que permitan internalizar las externalidades por parte de los dueños de los automóviles a diésel, es necesario conocer las elasticidades de la demanda de automóviles con respecto al precio y al impuesto.

Las elasticidades estimadas en este trabajo revelan que la demanda de automóviles con motor diésel es bastante sensible al precio del vehículo y al diferencial de impuestos entre la gasolina y el diésel. Ello permitiría implementar una política tributaria consistente en igualar las tasas de impuestos a la gasolina y al diésel, junto con la introducción de un impuesto a los automóviles con motor diésel que tendría efectos significativos en la reducción de externalidades y, sobre todo, en la reducción de emisiones de óxido de nitrógeno y material particulado. Para una estimación más precisa de los efectos de una política tributaria de este tipo, en futuras investigaciones sería relevante estimar una demanda por automóviles incluso más desagregada que la realizada en este trabajo. En particular, es importante considerar las distintas marcas y modelos de automóviles, de manera de tomar en cuenta con mayor precisión los patrones de sustitución de los consumidores entre distintos automóviles ante un aumento en los impuestos.

Bibliografía

- Agostini, C. (2007), "The impact of corporate state taxes on FDI location", *Public Finance Review*, vol. 35, N° 3, Londres, Sage Publications.
- Agostini, C. e I. Jalile (2009), "Efectos de los impuestos corporativos en la inversión extranjera en América Latina", *Latin American Research Review*, vol. 44, N° 2, Latin American Studies Association.
- Agras, J. y D. Chapman (1999), "The Kyoto Protocol, CAFE standards, and gasoline taxes", *Contemporary Economic Policy*, vol. 17, N° 3, Huntington Beach, Western Economic Association International.
- Bento, A.M. y otros (2009), "Distributional and efficiency impacts of gasoline taxes", *American Economic Review*, vol. 99, N° 3, Nashville, Tennessee, American Economic Association.
- _____ (2005), "Distributional and efficiency impacts of increased U.S. gasoline taxes: an econometrically based multi-market study", *American Economic Review*, vol. 95, N° 2, Nashville, Tennessee, American Economic Association.
- Berry, S. (1994), "Estimating discrete choice models of product differentiation", *Rand Journal of Economics*, vol. 25, N° 2, Santa Monica, California, The Rand Corporation.
- Berry, S., J. Levinsohn y A. Pakes (1998), "Differentiated products demand systems from a combination of micro and macro data: the new car market", *NBER Working Paper*, N° 6481, Cambridge, Massachusetts, National Bureau of Economic Research.
- _____ (1995), "Automobile prices in market equilibrium", *Econometrica*, vol. 63, N° 4, Nueva York, Econometric Society.
- Boyd, H.J. y R.E. Mellman (1980), "The effect of fuel economy standards on the U.S. automotive market: an hedonic demand analysis", *Transportation Research*, vol. 14, N° 5-6, Amsterdam, Elsevier.
- Cardell, N.S. y F. Dunbar (1980), "Measuring the societal impacts of automobile downsizing", *Transportation Research*, vol. 14, N° 5-6, Amsterdam, Elsevier.
- Chow, G. (1957), *The Demand for Automobiles in the United States*, Amsterdam, North-Holland.
- Crawford, I. y S. Smith (1995), "Fiscal instruments for air pollution abatements in road transport", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 29, N° 1, Bath, Universidad de Bath.
- Goldberg, P. (1995), "Product differentiation and oligopoly in international markets: the case of the U.S. automobile industry", *Econometrica*, vol. 63, N° 4, Nueva York, Econometric Society.
- Greene, D. (1986), "The market share of diésel cars in the USA, 1979-83", *Energy Economics*, vol. 8, N° 1, Amsterdam, Elsevier.
- Houghton, J. y S. Sarkar (1996), "Gasoline tax as a corrective tax: estimates for the United States, 1970-1991", *The Energy Journal*, vol. 17, N° 2, Cleveland, International Association for Energy Economics.
- Jacobson, M. (2002), "Control of fossil-fuel particular black carbon and organic matter, possibly the most effective method of slowing global warming", *Journal of Geophysical Research*, vol. 107, N° 19, Washington, D.C., American Geophysical Union.
- Levinsohn, J. (1996), "Empirics of taxes on differentiated products: the case of tariffs in the U.S. automobile industry", *Trade Policy Issues and Empirical Analysis*, R.E. Baldwin (comp.), Chicago, University of Chicago Press.
- Mazzi, E. y H. Dowlatabadi (2007), "Air quality impacts of climate mitigation: UK policy and passenger vehicles choice", *Environment Science Technology*, vol. 41, N° 2, Washington, D.C., American Chemical Society.
- McFadden, D. (1974), "Conditional logit analysis of qualitative choice behavior", *Frontiers in Econometrics*, Paul Zarembka (comp.), Nueva York, New York Academic Press.
- Michaelis, L. (1995), "The abatement of air pollution from motor vehicles: the role of alternative fuels", *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 29, Bath, Universidad de Bath.
- Nevo, A. (2001), "Measuring market power in the ready-to-eat cereal industry", *Econometrica*, vol. 69, N° 2, Nueva York, Econometric Society.
- _____ (2000), "Mergers with differentiated products: the case of the ready-to-eat cereal industry", *Rand Journal of Economics*, vol. 31, N° 3, Santa Monica, California, The Rand Corporation.
- Portney, P.R. y otros (2003), "The economics of fuel economy standards", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 17, N° 4, Nashville, Tennessee, American Economic Association.
- Suits, D. (1958), "The demand for new automobiles in the United States, 1929-1956", *Review of Economics and Statistics*, vol. 40, N° 3, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- Tardiff, T. (1980), "Vehicle choice models: review of previous studies and directions for further research", *Transportation Research*, vol. 14, N° 5-6, Amsterdam, Elsevier.
- Trandel, G. (1991), "The bias to omitting quality when estimating automobile demand", *Review of Economics and Statistics*, vol. 73, N° 3, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- Thorpe, S.G. (1997), "Fuel economy standards, new vehicles sales and average fuel efficiency", *Journal of Regulatory Economics*, vol. 11, N° 3, Springer.
- Verboven, F. (2002), "Quality-based price discrimination and tax incidence: evidence from gasoline and diésel cars", *Rand Journal of Economics*, vol. 33, N° 2, Santa Monica, California, The Rand Corporation.
- West, S.E. y R.C. Williams (2004), "Empirical estimates for environmental policy making in a second-best setting", *NBER Working Paper*, N° 10330, Cambridge, Massachusetts, National Bureau of Economic Research.
- Wykoff, F. (1973), "A user cost approach to new automobile purchases", *Review of Economic Studies*, vol. 40, N° 3, Oxford, Institute of Economics and Statistics, University of Oxford.