

La demanda de gasolinas en México: Efectos y alternativas ante el cambio climático

Orlando Reyes Martínez

Dirección para correspondencia:

Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona (UAB),

E-08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, España.

Teléfono: (00) (34) 93-566-3244, Fax: (00) (34) 93-581-2292

Correo electrónico: orlando.reyes@campus.uab.cat

La demanda de gasolinas en México: Efectos y alternativas ante el cambio climático

Orlando Reyes Martínez*

Resumen: El autotransporte es de los sectores más contaminantes en México, generando alrededor del 17% del total de emisiones de CO₂. El consumo de gasolina y diesel son la principal fuente de estas emisiones. Este artículo analiza empíricamente la demanda de gasolinas del sector automotor en México durante el período 1960-2008. Las estimaciones de las elasticidades de largo y corto plazos del precio e ingreso fueron: -0.285, -0.041, 1.004 y 0.721. Lo que implica que la demanda de gasolinas es sensible a la trayectoria del ingreso e inelástica a los precios. Por tanto, un crecimiento económico continuo, sin una adecuada política de precios, generará un aumento en el consumo de gasolinas. Esta situación puede ser más grave al considerar los efectos del cambio climático atendiendo a una demanda relativamente constante. Bajo estas circunstancias es necesario implementar diversas políticas públicas simultáneamente para frenar las consecuencias del consumo de gasolinas sobre el cambio climático.

Palabras clave: Demanda de gasolinas, elasticidades ingreso y precio, sector autotransporte, políticas económicas, emisiones de dióxido de carbono y técnicas de cointegración.

JEL: R41, O13, C32.

The demand for gasoline in Mexico: Impacts and alternatives to climate change

Abstract: The transportation sector is one of the most polluting sectors in Mexico, generating around 17% of total CO₂ emissions. Moreover, the consumption of gasoline and diesel are the main source of these emissions. This document empirically analyses the fuel demand in the transportation sector of Mexico over the period 1960-2008. The results show that the long- and short-run price and income elasticities in fuel consumption are: -0.285, -0.041, 1.004 and 0.721. This implies that fuel demand is sensitive to the trajectory of income and is inelastic to prices. Therefore, a continuous economic growth without a suitable price policy will generate an increase in gasoline consumption. This situation could be worst if we take into consideration the effects on climate change. Under these circumstances it is necessary to implement simultaneously a variety of public policies to control the impact of fuel consumption on climate change.

Key words: Gasoline demand, Income and price elasticity, road transport, economic policy, carbon dioxide emissions and cointegration techniques.

* Actualmente es estudiante del Doctorado en Economía Aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). El autor agradece los valiosos comentarios de Anna Matas. Se aplica desde luego el descargo usual de los errores. Este trabajo se realizó con el apoyo financiero del CONACYT y del MAEC-AECI.

1. Introducción

El transporte es una de las actividades más importantes dentro del sistema económico mexicano. Es, sin duda, una fuente indispensable para el funcionamiento del aparato productivo. De acuerdo al Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte (2007-2012), en los últimos 10 años creció a una tasa anual promedio en 6.6%, lo que representa más del doble de lo que creció la economía mexicana en su conjunto, durante el mismo periodo. En 2007, la participación en el PIB representó cerca del 14%. Asimismo, aporta directamente 2.2 millones de empleos, lo que representa 5.1% del mercado laboral.

El sector del transporte también es una de las fuentes más importantes de emisiones de Gas con Efecto Invernadero (GEI). De acuerdo con cifras del INE (2006) se estima que en 2002 México generó el equivalente a 643,183 Gg en unidades equivalentes (UE) de CO₂, volumen que lo sitúa dentro de los 15 principales países emisores, con una contribución aproximada de 1.5% de las emisiones globales. En lo que respecta a las fuentes responsables de emisiones, la mayor contribución corresponde al sector energético con un 61%, de las cuales, por la quema de combustibles fósiles en las fuentes móviles (sector transporte), equivalen al 29%. El sector autotransporte es responsable de poco más del 90%.¹

La dependencia del petróleo como fuente de energía para el transporte produce condiciones cada vez más desfavorables en los ámbitos social, político y ambiental (Higgins y Higgins, 2005). En este contexto, el sector autotransporte, en la actualidad, es uno de los mayores impulsores de emisiones de CO₂. Por tanto, es indispensable calcular el monto de las emisiones a la atmósfera que se producen al quemar combustibles fósiles. Es necesario, también, indispensable hacer diversas recomendaciones de políticas públicas contra el cambio climático. Este documento estima la demanda de gasolinas en México y

¹ En España, el sector automotor aporta aproximadamente un cuarto del total de emisiones de CO₂ (González, *et al.*, 2008). Para el caso de Estados Unidos, de acuerdo con la Agencia de Protección del Medio (EPA), aproximadamente el 20% del total de las emisiones de CO₂ que se generan provienen de los vehículos de pasajeros (automóviles y camiones ligeros). Estimaciones para Canadá y el Reino Unido muestran que el 25% de las emisiones de CO₂ son provocados por el sector del transporte (Basso y Oum, 2007). En México, el sector automotriz contribuye aproximadamente con el 17% de la cantidad total de emisiones de CO₂.

analiza las relaciones entre el consumo de gasolinas en el sector automotor y la generación de CO₂. Asimismo, realiza diversas simulaciones de política económica y proyecciones para los próximos diez años, considerando un escenario base y alternativos. La evidencia empírica indica que existe una fuerte dependencia de la trayectoria del consumo de combustibles al comportamiento del ingreso y es poco sensible a los precios. En los próximos años, con una mejora del crecimiento económico en México, sin una adecuada política de precios, conducirá a un aumento paulatino de la demanda de gasolina, con consecuencias negativas sobre el medio ambiente. El trabajo concluye que es necesario que se instrumenten diversas medidas para buscar separar el crecimiento económico del consumo de gasolinas y de las emisiones de CO₂ asociadas.

La investigación está estructurada en cinco partes incluyendo la presente introducción. En la segunda parte, se analiza la literatura de la demanda de gasolinas. En la parte tres, se muestra la especificación de la demanda de gasolinas y se describen los datos. Las técnicas econométricas que se emplearon se discuten en la sección 4. En la sección quinta, se realizan las estimaciones de las elasticidades precio e ingreso. Asimismo, se efectúan ejercicios de proyección sobre la sensibilidad de la demanda ante cambios en las variables explicativas y se presenta un análisis sobre la relación de la demanda de gasolinas y las emisiones de CO₂. Finalmente, se añaden una serie de políticas económicas y se exponen las conclusiones.

2. Revisión de la literatura

El interés por la demanda de gasolinas cobró especial relevancia después de las crisis del petróleo en los años setenta. Recientemente, las fluctuaciones en el precio mundial del petróleo y la preocupación por las emisiones de GEI han dado lugar a un renovado interés en la estimación de las elasticidades de la demanda de gasolina (Nicol, 2003). Existen estudios recopilatorios que analizan las principales características (variables, formas funcionales, métodos de estimación que incluyen especificaciones de sección cruzada, de series de tiempo y de datos panel, con estructuras de rezagos, con microdatos y datos agregados) de la demanda de gasolinas (Drollas, 1984; Dahl, 1986; Oum, 1989; Dahl y

Sternr, 1991 y 1991a; Goodwin, 1992; Sterner, y Dahl 1992; Espey, 1998; Graham y Glaister, 2002 y 2004; Goodwin, *et al.*, 2004; y Basso y Oum, 2007). En estos trabajos se considera que el consumo de gasolina está influenciado negativamente por los precios, aunque éste suele ser parcialmente inelástico principalmente en el corto plazo, y se ve afectado, positivamente, por los ingresos, con elasticidades mayores a la unidad.

Por otra parte, a nivel de países, existen diversos estudios que analizan la demanda de gasolinas (Sterner, Dahl y Franzén, 1992). De hecho, en el análisis de series temporales, una serie de determinantes y de metodologías han sido consideradas en la literatura empírica (véase cuadro 1). Técnicas como la cointegración han sido aplicadas por (Bentzen, 1994; Samimi, 1995; Eltony y Al-Mutairi, 1995; Ramanathan, 1999; Hunt, *et al.*, 1999; Dahl y Kurtubi, 2001; Alves y Bueno, 2003; Cheung y Thomson, 2004; Galindo, 2005; Polemis, 2006; y Rao y Rao, 2009), con el fin de estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina. De Vita, Endresen y Hunt (2006); Akinboade, *et al.* (2008); y Sa'ad (2009) utilizan Modelos Autorregresivos de Rezagos Distribuidos ARDL y técnicas de cointegración (Pesaran *et al.*, 2001). El uso de Modelos Estructurales de Series de Tiempo también han sido considerados en este tipo de análisis (Ahmadian, Chitnis y Hunt, 2007). De igual forma, se ha estudiado el comportamiento de la demanda de gasolinas mediante Modelos de Ajuste Parcial (Banaszak, *et al.*, 1999; Dahl y Kurtubi, 2001; y Chandrasiri, 2006).

Cuadro 1

Elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina a nivel país

| País | Fuente | Periodo | Combustible | Modelo / Técnicas de estimación | Elasticidad ingreso | | Elasticidad precio | |
|----------------|---------------------------------|-----------|-------------------|---|---|--|---|---|
| | | | | | CP | LP | CP | LP |
| Dinamarca | Bentzen (1994) | 1948-1991 | Gasolina | Cointegración | 0.885 | 1.044 | -0.320 | -0.414 |
| Kuwait | Eltony y Al-Mutairi (1995) | 1970-1989 | Gasolina | Cointegración | 0.472 | 0.919 | -0.372 | -0.463 |
| India | Ramanathan (1999) | 1973-1993 | Gasolina | Cointegración | 1.178 | 2.682 | -0.209 | -0.319 |
| Australia | Samirni (1995) | 1980-1993 | Gasolina y diesel | Cointegración | 0.252 | 0.518 | -0.018* | -0.131 |
| Honduras | Hunt, <i>et al.</i> (1999) | 1971-1995 | Gasolina | Cointegración | | 1.580 | | -0.240 |
| Taiwan y Corea | Banaszak, <i>et al.</i> (1999) | 1973-1992 | Gasolina y diesel | Modelo de Ajuste Parcial (MCO) | 0.233 ^a y 439 ^b | 0.977 ^a y 0.989 ^b | -0.124 ^a y -0.385 ^b | -0.519 ^a y -0.866 ^b |
| Marruecos | Belhaj (2002) | 1970-1996 | Gasolina y diesel | Sistema de ecuaciones simultaneas (MCO) | 0.220 ^c y 0.01 ^{da} | 0.5 ^c | -0.15 ^c y -0.13 ^d | -0.3 ^c |
| Indonesia | Dahl y Kurtubi (2001) | 1970-1998 | Gasolina y diesel | Cointegración | 0.190 ^c y 2.149 ^d | 1.284 ^c y 2.164 ^d | -0.036 ^c y -0.131 ^d | -0.631 ^c y -0.670 ^d |
| Indonesia | Dahl y Kurtubi (2001) | 1970-1998 | Gasolina y diesel | Modelo de Ajuste Parcial (MCO) | 0.310 ^c y 0.571 ^d | 1.303 ^c y 2.060 ^d | -0.194 ^c y -0.180 ^d | -0.815 ^c y -0.648 ^d |
| Brasil | Alves y Bueno (2003) | 1984-1999 | Gasolina | Cointegración | 0.122 | 0.122 | -0.092 | -0.465 |
| China | Cheung y Thomson (2004) | 1980-1999 | Gasolina | Cointegración | 1.636 | 0.972 | -0.194 | -0.559 |
| México | Galindo (2005) | 1965-2001 | Gasolina | Cointegración | 0.836 | 0.541 | * | -0.435 |
| Grecia | Polemis (2006) | 1978-2003 | Gasolina y diesel | Cointegración | 0.36 ^c y 0.42 ^d | 0.79 ^c y 1.18 ^d | -0.10 ^c y -0.07 ^d | -0.38 ^c y -0.44 ^d |
| Sri Lanka | Chandrasiri (2006) | 1964-2002 | Gasolina y diesel | Modelo de Ajuste Parcial (SURE) | | 0.134 ^{c*} y 0.543 ^d | -0.076 ^c y -0.081 ^d | -0.478 ^c y -0.669 ^d |
| Namibia | De Vita, <i>et al.</i> (2006) | 1980-2002 | Gasolina y diesel | ARDL y cointegración | | 0.957 ^c y 2.077 ^d | | -0.794 ^c y -0.138 ^d |
| Irán | Ahmadian, <i>et al.</i> (2007) | 1968-2002 | Gasolina | Modelo Estructural de series de tiempo | | 1.25 | | -0.74 y -0.63 |
| Sud África | Akinboade, <i>et al.</i> (2008) | 1978-2005 | Gasolina | ARDL y cointegración | | 0.36 | | -0.470 |
| Indonesia | Sa'ad (2009) | 1973-2003 | Gasolina y diesel | ARDL y cointegración | 0.41 y 0.39 | 0.86 y 0.88 | -0.04 y -0.02 | -0.15 y -0.16 |
| Fiji | Rao y Rao (2009) | 1970-2005 | Gasolina | Cointegración | 2.599 | 0.462 | * | -0.190 |

Notas: CP: Corto plazo, LP: Largo plazo, (*) Denota que no es significativo, (a) Estimaciones para Taiwan, (b) Estimaciones para Corea, (c) Estimaciones para la gasolina y (d) Estimaciones para el diesel. MCO: Mínimos cuadrados ordinarios y Regresiones aparentemente no relacionadas (SURE, por sus siglas en inglés "Seemingly Unrelated Regression Equations").

Cabe mencionar que en el análisis de series no estacionarias y técnicas de cointegración. Se estiman elasticidades precio relativamente bajas, derivadas de la naturaleza no estacionaria de los datos de series de tiempo (Graham y Glaister, 2002). Se adopta esta técnica bajo el argumento de que esta metodología es la más apropiada para este tipo de análisis. No obstante, Bentzen y Engsted (1999) estiman con un modelo ARDL las elasticidades de corto y largo plazos de la demanda de energía para Dinamarca, y comparan estas elasticidades con las que obtienen bajo técnicas de cointegración y un modelo de Mecanismo de Corrección de Error (MCE). Los resultados, tanto cuantitativa como cualitativamente, son muy similares.

3. Especificación empírica y datos

La revisión de la literatura permite señalar que la demanda de gasolinas se ha calculado con una variedad de especificaciones.² Los modelos con estructuras de rezagos endógenas,

² Al igual que otros productos, la demanda de gasolina puede caracterizarse como la demanda de cualquier otro bien o servicio (Stern, 2007), y en general se modela en forma similar a las demandas de energía (Masih y Masih, 1997; Bentzen y Engsted, 1999 y Galindo, 2005).

exógenas o una combinación de ambas, se han utilizado ampliamente en el cálculo de las elasticidades precio e ingreso. La mayoría de variables comunes que se han incluido en las estimaciones contienen: ingresos reales, precios reales de la gasolina, precios reales de otros combustibles, precios del transporte público y las características de los vehículos.³ Siguiendo las especificaciones de Dahl (1986); Dahl y Sterner (1991 y 1991a); Sterner y Dahl (1992); Sterner, Dahl y Franzén (1992); Sterner (2007); y Basso y Oum (2007) se especificó el modelo de gasolinas (g_t) para México, como función del nivel de ingreso (y_t) y del precio promedio ponderado de los precios de las gasolinas (p_t):

$$(i) \quad g_t = \alpha + \beta y_t + \gamma p_t + \varepsilon_t$$

donde $\beta > 0$ y $\gamma < 0$ representan las elasticidad ingreso y precio de la gasolina, respectivamente, y ε_t es el término de error. Las letras en minúsculas simbolizan el logaritmo natural de las series. Las series utilizadas corresponden a observaciones anuales del periodo de 1960 a 2008, a nivel nacional. En principio, se consideró el consumo a nivel nacional de gasolinas (g_t), medido en millones de litros por año agregando gasolina y diesel, y fue obtenida de la base de datos del anuario estadístico de Petróleos Mexicanos (PEMEX). Como medida de ingreso se consideró el nivel del Producto Interno Bruto (y_t) a precios de 1993. Esta variable fue obtenida de las estadísticas históricas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI). Asimismo, también se utilizó el precio promedio ponderados de los precios relativos de la gasolinas, los cuales se obtuvieron considerando el índice general de los precios de las gasolinas respecto al índice nacional de precios al consumidor (INPC).

4. Resultados y pronósticos

4.1. Metodología econométrica y resultados del modelo

³ También, existen especificaciones donde la demanda de gasolina puede reflejar el número de kilómetros recorridos y la eficiencia energética de los vehículos utilizados (Baltagi y Griffin, 1983).

Las estimaciones de la demanda de las gasolinas se basan en el uso de métodos econométricos que consideran el orden de integración de las series y la posible presencia del problema de la regresión espuria (Granger y Newbold, 1974 y Enders, 2004). Esto es, cuando se consideran series estacionarias.⁴ No obstante, en caso de que las series no sean estacionarias, puede existir una combinación lineal entre el conjunto de las variables cuyos errores generen un proceso estocástico estacionario (Engle y Granger, 1987), lo que se le hace llamar cointegración.

De esta manera, el procedimiento de Johansen (1988 y 1992) permite estimar las distintas relaciones de cointegración que pueden existir en un conjunto de variables por medio de modelos de Vectores Autorregresivos (VAR). El análisis econométrico de las variables de estudio con modelos VAR requiere identificar inicialmente el orden de integración. Segundo, si las series son no estacionarias, se evalúa si cointegran. Con ello se encuentra una relación de equilibrio en el largo plazo entre las variables y permite obtener las elasticidades. Finalmente, de acuerdo con el Teorema de Representación de Granger (Engle y Granger, 1987), si un conjunto de variables están cointegradas, entonces existe una representación de dichas variables en forma de modelos de MCE, y viceversa.

En esencia, la técnica de cointegración permite detectar, en caso de existir las conexiones estables a largo plazo entre la demanda de gasolinas, el PIB y los precios relativos de la gasolina en la economía mexicana desde una perspectiva bivalente, durante el periodo 1960-2008. Por lo tanto, si realmente hay cointegración entre las variables del modelo, la formulación inicial estática del mismo y su estimación toman relevancia y se presentan como una opción válida de tener en cuenta, entre otras cosas porque estaría libre de correlaciones espurias.

El primer paso fue la realización de las pruebas de raíz unitaria, esto para identificar el orden de integración de las series (Hamilton, 1994 y Patterson, 2000). Las pruebas de hipótesis de raíces unitarias se muestran en el cuadro 2. Incluyen las pruebas de raíces

⁴ Donde su media, su varianza y su covarianza se mantiene constantes a lo largo del tiempo y que derivan propiedades estadísticas óptimas en términos de la modelación econométrica (Enders, 2004).

unitarias: Dickey-Fuller Aumentada (ADF) (1981), Phillips-Perron (PP) (1988) y Kwiatkowski, *et al.* (KPSS) (1992). El conjunto de resultados indica que la demanda de gasolina, el producto y los precios relativos de las gasolinas son series no estacionarias $I(1)$.⁵

Cuadro 2
Pruebas de raíz unitaria

| Variable | ADF | | | PP (4) | | | KPSS (7) | | Orden de integración |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|----------|---------|---------|--------------|---------------|----------------------|
| | A | B | C | A | B | C | η_{μ} | η_{τ} | |
| Niveles | | | | | | | | | |
| g_t | -2.148 (1) | -1.948 (4) | 2.486 (1) | -1.408 | -1.454 | 4.807 | 0.176* | 0.697* | I(1) |
| y_t | -1.561 (0) | -3.315 (0)* | 3.391 (1) | -1.578 | -3.052* | 5.840 | 0.178* | 0.697* | I(1) |
| p_t | -2.515 (5) | -2.391 (5) | -2.502 (5) | -2.385 | -2.031 | -2.140* | 0.134 | 0.468* | I(1) |
| Primeras diferencias | | | | | | | | | |
| Δg_t | -3.969 (5)* | -4.047 (1)* | -2.281 (0)* | -3.573 * | -3.519* | -2.173* | 0.090 | 0.252 | I(0) |
| Δy_t | -5.232 (0)* | -4.545 (0)* | -2.575 (0)* | -5.185* | -4.613* | -2.363* | 0.103 | 0.430 | I(0) |
| Δp_t | -7.231 (0)* | -7.255 (0)* | -2.331 (4)* | -7.619* | -7.580* | -7.571* | 0.057 | 0.119 | I(0) |

Nota: * indica los valores que rechazan la hipótesis nula al 5% de significancia. Los valores críticos al 5% para la prueba ADF y PP, en una muestra de $T = 500$, son de -3.42 incluyendo constante y tendencia (modelo A), -2.87 únicamente la constante (modelo B) y -1.95 sin constante y sin tendencia (modelo C) (Maddala y Kim, 1998). Los valores entre paréntesis representan el número de rezagos utilizados en la prueba, η_{μ} y η_{τ} representan los estadísticos de 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% en ambas pruebas son de 0.463 y 0.416 respectivamente (Kwiatkowski, *et al.*, 1992). Las letras minúsculas representan el logaritmo de las series. Periodo 1960-2008.

Considerado el orden de integración de las series, se estimó la posible presencia de cointegración entre las series. De esta manera se procedió a especificar modelos VAR. El número de rezagos del VAR fue seleccionado con base en el procedimiento de que cumplieran con los criterios de correcta especificación estadística,⁶ incluyendo la demanda de gasolinas (g_t), el ingreso (y_t) y los precios (p_t). Así, la prueba de la raíz característica máxima de Johansen (1988 y 1992) señala que existe una relación estable de largo plazo

⁵ Cabe mencionar, que el número de retardos (k) en la prueba ADF fue seleccionado de acuerdo al procedimiento conocido como "t-sig" (Ng y Perron, 1995), referido a la significancia estadística de los retardos.

⁶ La prueba Jarque-Bera confirma la normalidad de los errores. La prueba Breusch-Godfrey LM para detectar correlación serial, implica que no se rechaza la hipótesis nula de que los errores no están correlacionados. La prueba ARCH sugiere que no existe evidencia de heteroscedasticidad.

entre el consumo de gasolinas a nivel nacional, el ingreso y los precios relativos de la gasolina:

Cuadro 3

Pruebas de cointegración basada en el procedimiento de Johansen⁷

Ecuación de cointegración: $g_t = \alpha + \beta y_t + \gamma p_t + e_t$

| Hipótesis nula | Hipótesis Alternativa | Traza | Valor crítico 95% (Traza) | L-max | Valor crítico 95% (L-max) |
|----------------|-----------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|
| $r = 0$ | $r > 0$ | 41.26* | 35.19 | 22.36* | 22.30 |
| $r \leq 1$ | $r > 1$ | 18.91 | 20.26 | 12.07 | 15.89 |
| $r \leq 2$ | $r > 2$ | 6.84 | 9.16 | 6.84 | 9.16 |

Notas: (*) rechazo al 5% de nivel de significancia. L-max = Prueba de la raíz característica máxima (Johansen, 1995 tabla 15.1 p. 214). Traza = Prueba de la traza (Mackinnon, Haug y Michelis, 1999, tabla II, p.571). r = número de vectores de cointegración. Número de rezagos en el VAR = 2. El modelo VAR incluye las variables sin restringir: d74 (dummy de pulso en 1974). Período 1963 – 2008.

Normalizando el vector de cointegración, asociada a la raíz característica máxima, como una ecuación de la demanda de gasolinas se obtienen los coeficientes de las ecuaciones de largo plazo (cuadro 4). Se observa que el consumo nacional de gasolina tiene una elasticidad ingreso positiva y mayor a la unidad. La magnitud de largo plazo de la estimación de la elasticidad ingreso se encuentra dentro del rango de los estudios anteriores en otros países (Bentzen, 1994; Hunt, *et al.*, 1999; Dahl y Kurtubi, 2001; Ahmadian, Chitnis y Hunt, 2007; y Polemis, 2006). En tanto la elasticidad precio de las gasolinas es negativa y con un valor de -0.28. La ausencia de transporte público eficiente y los altos costos podrían ser una explicación para la estimación de la elasticidad baja.

Cuadro 4

Coefficientes normalizados del vector cointegración

⁷ La estimación del vector de cointegración se realizó en el paquete econométrico OxMetrics 5.00 en el Módulo PcGive.

| g_t | α | y_t | p_t |
|--|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1.000 | 10.494 (0.860)* | 1.004 (0.0415)* | -0.285 (0.0431)* |
| Log likelihood = 210.8 | | | |
| Notas: Todas las variables están expresadas en logaritmos. Los números en paréntesis son los errores estándar. (*) rechazo al 5% de nivel de significancia. Periodo 1963-2008. | | | |

La evidencia empírica sugiere que es posible identificar una trayectoria de equilibrio de corto plazo entre el nivel de la actividad económica y la relación de precios de las gasolinas respecto al consumo de gasolinas en México. En este sentido, se estimó un modelo de MCE (Engle y Granger, 1987) a fin de obtener respuestas a corto plazo (elasticidades). El cuadro 5 muestra los resultados de la estimación de MCE de la demanda de gasolinas. Cada coeficiente de las variables denota la elasticidad a corto plazo:

Cuadro 5

Resultados del modelo de Mecanismo de Corrección de Error⁸

⁸ La estimación del MCE se realizó en el paquete econométrico EViews 6.0.

| Variables | Δg_t |
|------------------|------------------|
| Δy_t | 0.7212 (0.1235) |
| Δp_t | -0.0414 (0.0184) |
| Δg_{t-1} | 0.2383 (0.0808) |
| u_{t-1} | -0.1333 (0.0675) |
| d_{182} | -0.0672 (0.0251) |

Notas:

Estimación por OLS

R^2 0.759

R^2 Ajustada 0.736

Durbin-Watson 1.868

Normalidad Jarque-Bera 2.544 (0.280)

Autocorrelación LM (2 rezagos) 1.737 (0.189)

Heteroscedasticidad ARCH (2 rezagos) 0.695 (0.504)

Los números entre paréntesis de los coeficientes representan el error estándar. LM (2) y ARCH (2) son pruebas para autocorrelación (Multiplicadores de Lagrange) y Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH), respectivamente. d_{182} (dummy de pulso en 1982). Periodo 1962-2008.

Se puede observar que los resultados son consistentes atendiendo a las pruebas de correcta especificación. Ello indica que el modelo contiene toda la información sistemática relevante al fenómeno, dado el conjunto de información disponible. De esta manera, el modelo permite que se pueda utilizar para realizar pronósticos bajo distintos escenarios en las variables exógenas. De hecho, todos los coeficientes de las variables de la demanda de gasolina son acordes con la teoría económica y son estadísticamente significativas. La elasticidad ingreso a corto plazo está por debajo de la unidad y se estima en 0,72, lo que implica que un aumento del 1% del PIB aumentaría la demanda de gasolina a un ritmo más lento (0,72%). La elasticidad a corto plazo con respecto al propio precio es cercana a cero (-0.04). Así, por ejemplo, la respuesta de la demanda de gasolina a fluctuaciones en sus precios revela la dificultad de los consumidores a sustituir las gasolinas con otros productos energéticos. Además, se observa que los valores proyectados por el modelo representan satisfactoriamente a los valores observados de las variaciones en la demanda de gasolina, con un grado de ajuste de 75%. En tanto que el mecanismo de corrección de error es

negativo y significativo. Por tanto, los desajustes en la relación de equilibrio son incorporados en la modelación de corto plazo. La velocidad de ajuste del modelo es del 13%, para cada año. Por lo tanto, el modelo puede ser utilizado para ser realizar pronósticos y simulaciones.

En el cuadro 6 se presentan las elasticidades de corto y largo plazos. Los resultados de la magnitud de las elasticidades son consistentes con las estimaciones reportadas en diversas investigaciones empíricas a nivel internacional, sobre la sensibilidad del consumo de gasolinas a cambios en el nivel de la actividad económica y los precios (Dahl y Sterner, 1991 y 1991a y Graham y Glaister, 2002). También, en buena medida, son estimaciones razonables y similares a estudios que se han realizado para México (Wohlgemuth, 1997 y Galindo, 2005).⁹

Cuadro 6
Elasticidades corto y largo plazos de la demanda de gasolinas

| | Corto plazo | Largo plazo |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| Elasticidad ingreso | 0.721 | 1.004 |
| Elasticidad precio | -0.041 | -0.285 |

Fuente: Elaboración propia con base en las estimaciones de los cuadros 4 y 5.

La elevada elasticidad ingreso se debe, en alguna medida al incremento de las necesidades de transporte de la población y de los sectores económicos. Así como el hecho de que el auto privado se ha convertido en un elemento fundamental en las sociedades urbanas. En este contexto, el resultado de la elasticidad ingreso sugiere que el crecimiento del transporte en México asociado al crecimiento económico es aún intensivo en el uso de gasolinas (Berndt y Botero, 1985). De igual manera, se debe considerar que la elasticidad ingreso incide en el consumo, a través de la composición y del crecimiento de la flota vehicular. En efecto, el fuerte efecto de los ingresos en el consumo de gasolina se produce

⁹ Una especificación alternativa para calcular las elasticidades precio e ingreso, es mediante un modelo ARDL. Las elasticidades de corto y largo plazos del precio e ingreso obtenidos con este método son: -0.07, -0.17, 0.46 y 1.06, respectivamente (Reyes, 2009).

casi exclusivamente a través de su influencia en el nivel de las características de los automóviles y de su repercusión en el crecimiento de la cantidad de vehículos (Wheaton, 1982). Así, para reducir el consumo de gasolinas es importante contener el crecimiento rápido de la flota vehicular.

En contraste con el efecto de los ingresos, la influencia del precio en el modelo se encuentra limitada. Efectivamente, los resultados de las estimaciones indican que la demanda de gasolinas es poco sensible al movimiento en los precios. Por lo tanto, aumentos en los precios no desalienta el consumo de gasolina, ni tampoco ayuda a su utilización de manera más eficiente (Galindo y Salinas, 1997). No obstante, a los valores específicos obtenidos, es de particular relevancia para concretar una estrategia bien definida sobre el uso de los instrumentos económicos. En efecto, una baja elasticidad precio indica que es necesario una importante modificación en los precios, para obtener una reducción substancial en el consumo de las gasolinas. Sin embargo, aumentos en los precios de las gasolinas son en particular una tarea difícil de instrumentarse. Por tanto, una política de precios de gasolinas adecuada, debe considerar algunos otros aspectos como: La magnitud de las elasticidades ingreso y precio; la capacidad de modificación de los precios relativos y la baja sustituibilidad del transporte privado por el transporte público.

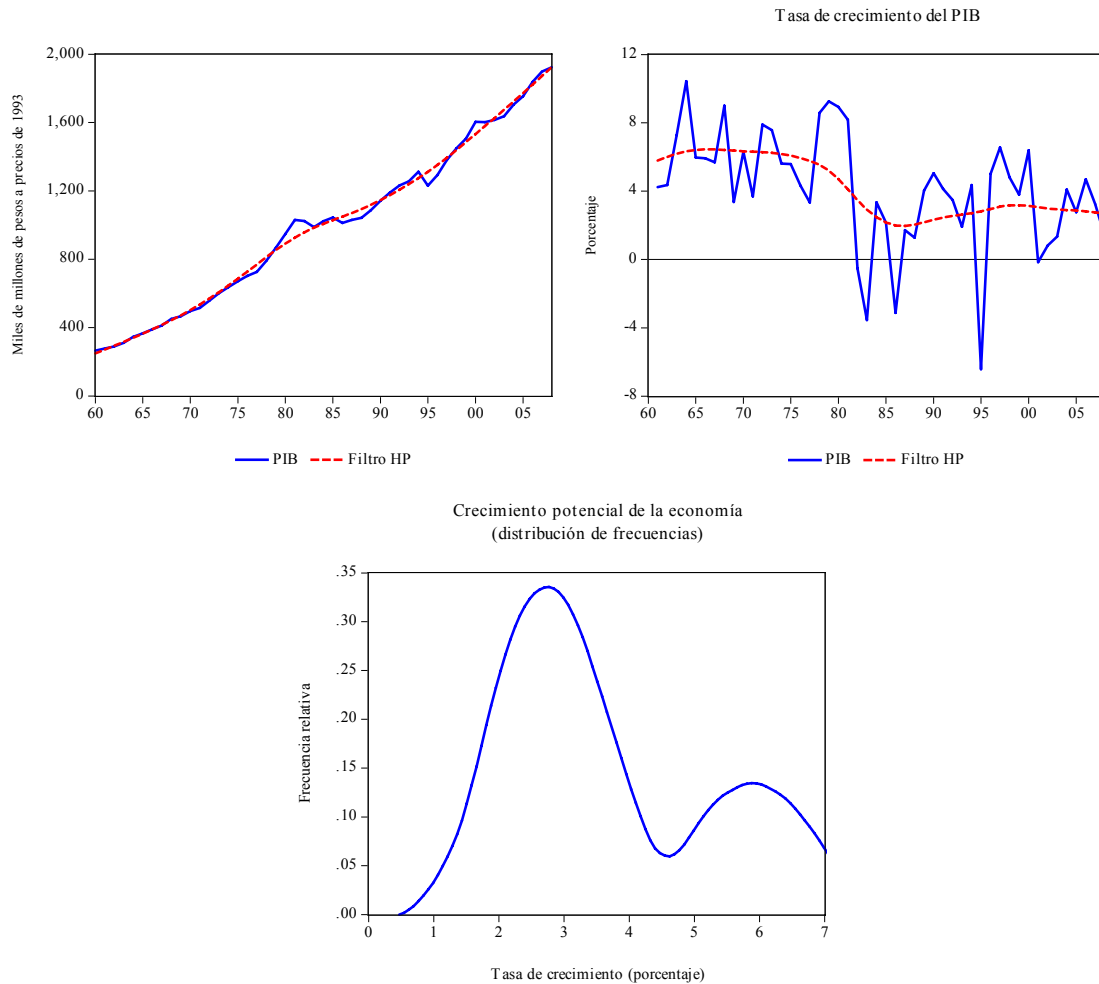
4.2. Pronósticos de la demanda de gasolinas

La elaboración de pronósticos con base en modelos econométricos no es una actividad sencilla. La teoría econométrica sobre la elaboración de pronósticos define que el uso de modelos sin problemas de especificación, con parámetros constantes y estimados con series estacionarias, permite obtener resultados óptimos. Sin embargo, es común que se desconozca la especificación correcta y que las series no sean estacionarias con cambio estructural. Este documento utilizó una combinación de técnicas econométricas con la obtención de modelos causales con sentido económico que permitieran obtener pronósticos relativamente razonables. En este contexto, utilizando el filtro Hodrick-Prescott (Hodrick y Prescott, 1997) y la distribución de frecuencias de las tasas de crecimiento del PIB (gráfica

1), se puede apreciar el crecimiento probable de largo plazo de la economía. Este se ubica alrededor de 3.6% anual, y muy probablemente cambiará ligeramente en los próximos años.

Gráfica 1

Trayectoria de la economía mexicana (1960-2008)



Fuente: Elaboración propia.

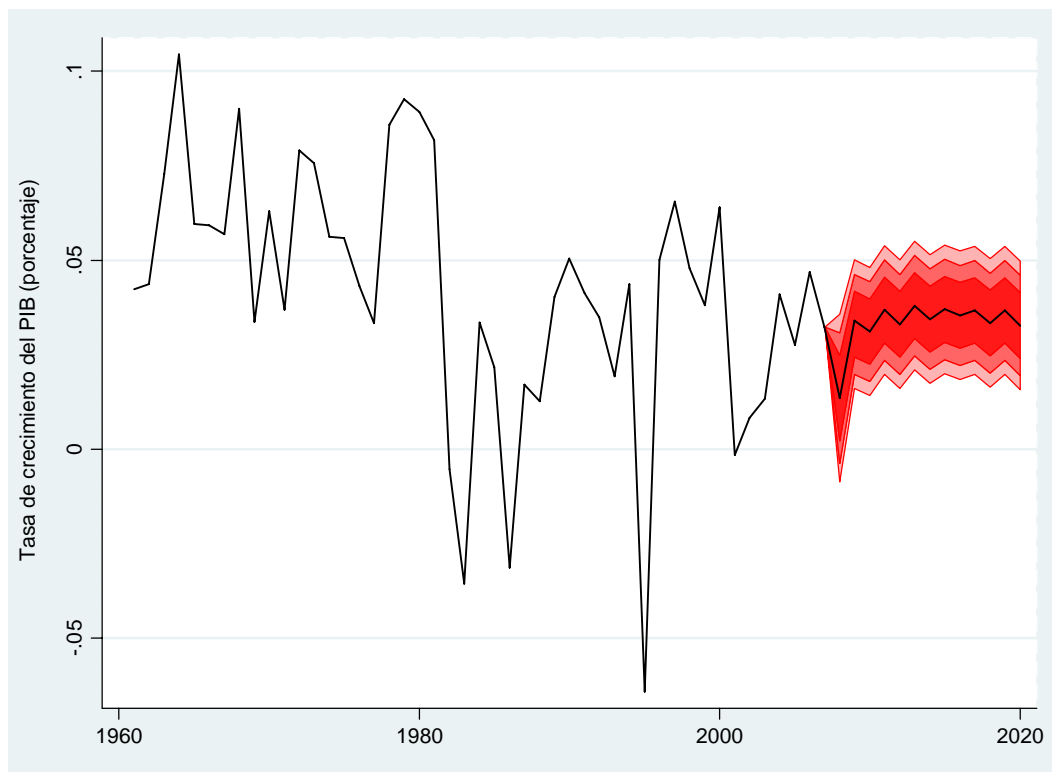
Asimismo, con base en un modelo de series de tiempo y utilizando la información del crecimiento potencial, se realizó un pronóstico del PIB para el período de 2008 a 2020. Este procedimiento es útil para la realización de una gráfica de Fan Chart.¹⁰ De esta manera, la

¹⁰ La estimación de los modelos econométricos, permite construir distintos escenarios sobre las trayectorias del PIB e incorporar mediante el uso de Fan Chart, el pronóstico base y sus bandas de probabilidad asociadas a los escenarios que presentan una mayor probabilidad de ocurrencia. El Fan Chart representa la función de

línea punteada en la gráfica 2 representa el escenario base con mayor probabilidad de ocurrencia que se ubica en 3.6% anual. También, se pueden observar las bandas de probabilidad ajustadas al 75, 85 y 95% en color gris oscuro, menos oscuro y más claro respectivamente. Así, el escenario con una mayor probabilidad sitúa al crecimiento de la economía mexicana entre 2.6 y 4.6 por ciento anual. De igual manera, bajo el supuesto de que no se presenten cambios estructurales, la tasa de crecimiento debería ubicarse cerca de 3.6% anual. Cabe señalar que existe un 25 % de probabilidad de que el crecimiento económico en México se ubique por encima de estos rangos.

Gráfica 2

Proyecciones del PIB (2008-2020) y bandas de probabilidad (Fan Chart)



Fuente: Elaboración propia.

probabilidades de los valores futuros de una variable, condicionada la información conocida en el presente (Britton, *et al.*, 1998). Esta metodología se utiliza con el propósito de mostrar explícitamente que las proyecciones se enmarcan inevitablemente en una situación de incertidumbre y riesgos diversos, no necesariamente simétricos.

En lo que se refiere a los precios de las gasolinas, bajo el escenario base, se supone que los precios permanecen constantes. Ello indica que los precios de las gasolinas se incrementan en una proporción similar al incremento en el nivel general de precios. No obstante, como ejercicio ilustrativo, se utilizaron precios altos (tasa de crecimiento anual de 5.5%).¹¹ Esto último, junto con las proyecciones del PIB, se toman como los escenarios base para la construcción de las proyecciones de la demanda de gasolinas. En este sentido, se construyeron cuatro escenarios, que se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 7

Parámetros estimados (2008-2020): Tasa de crecimiento anual promedio (%)

| Tipo de escenario | PIB | Precios base | | Precios altos | |
|-------------------|-----|--------------|--------|---------------|--------|
| | | Gasolina | Diesel | Gasolina | Diesel |
| Bajo | 2.6 | | | 5.5 | 5.5 |
| Moderado | 3.6 | | | 4.0 | 4.0 |
| Base | 3.6 | 2.3 | 2.3 | | |
| Acelerado | 4.6 | 2.3 | 2.3 | | |

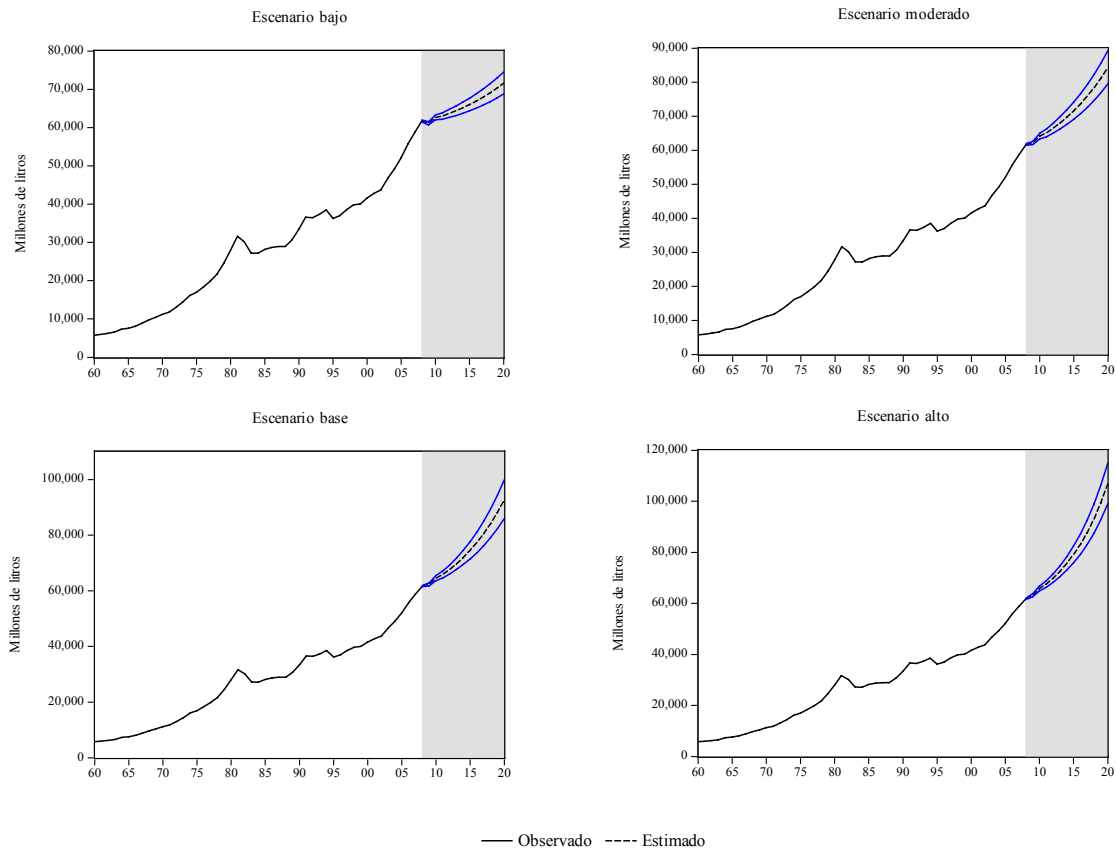
Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta escenarios hasta el año 2020, se puede observar en la gráfica 3, que la tasa promedio anual de crecimiento del consumo de gasolinas, con un escenario base, es de 3.7%, la cual se incrementa en 4.9% con un escenario acelerado. Con un escenario bajo y moderado, el consumo de gasolinas en México presenta un crecimiento anual promedio de 1.5% y 2.8%, respectivamente.

Gráfica 3

Trayectoria e incertidumbre en la predicción de demandas de gasolinas (2009-2020)

¹¹ Con base en la iniciativa del gobierno mexicano de incrementar en un 5.5% el precio de gasolinas a partir de 2008 (Paz, 2008).



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las proyecciones muestran que bajo las condiciones actuales y de no registrarse cambios significativos en la política de precios y sin innovación tecnológica hacia una mayor eficiencia en los rendimientos de las gasolinas, es decir, bajo un escenario inercial (*Business as Usual* -BAU), la demanda de gasolinas tiende a incrementarse. También, los resultados indican que un aumento en el precio de las gasolinas no es suficiente para controlar el consumo de gasolinas y que este consumo continuará elevándose asociado al crecimiento económico. Esta situación puede ser más grave al considerar los efectos del cambio climático atendiendo a una demanda relativamente constante.

4.3. Las emisiones de CO₂ y el uso de gasolinas en el autotransporte

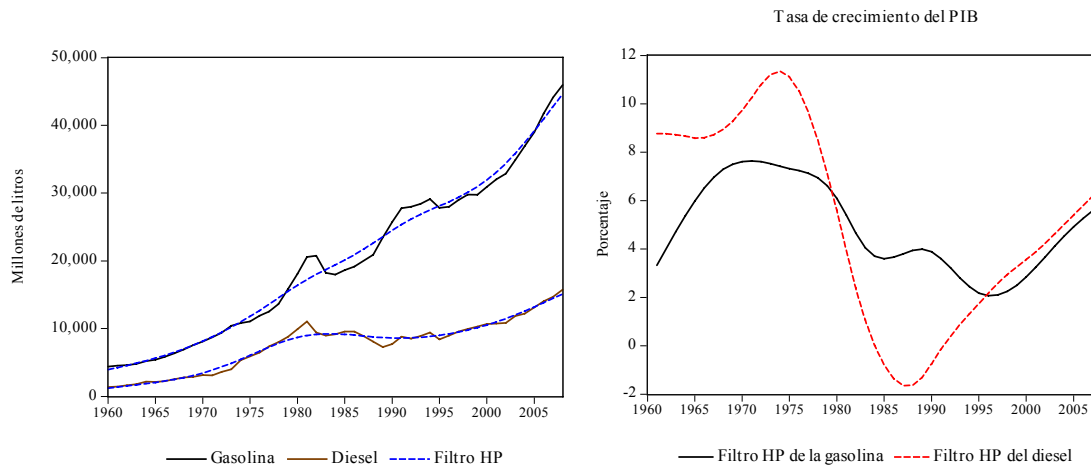
El consumo energético del sector transporte procede fundamentalmente de los combustibles fósiles y está asociado con los principales impactos negativos del transporte: Contaminación atmosférica, congestión y accidentes (Chin, 1996; Kayser, 2000; y Sperling, y Lin, 2004). De hecho, en los últimos años la evidencia empírica ha abordado cada vez más las diversas consecuencias ambientales del consumo de gasolinas, en particular con respecto a las emisiones de GEI (Weiss, *et al.*, 2003; An y Sauer 2004; Lutsey y Sperling, 2007; y Bandivadekar, 2008). Esto, ha conducido a desarrollar distintas estrategias y medidas a fin de reducir el nivel de emisiones de GEI (Litman, 2005; y Schäfer y Jacoby, 2006).

En 2008, la gasolina y el diesel son los combustibles más utilizados en el sector transporte en México. Su consumo se sitúa alrededor de 89%. Mientras, que su consumo equivale al 97.7% del utilizado en el subsector autotransporte. En el periodo de 1980 a 2008 se observó un incremento en el consumo de las gasolinas, en el sector automotor. Destaca el consumo de gasolina, que registró una tasa anual promedio de 3.4% y provocó que su participación relativa aumentará de un 65%, en 1980, a un 74%, en 2008. Por el contrario, el consumo de diesel creció a una tasa del 1.6%, reduciendo su participación relativa en 10% al pasar de una participación del 35% en 1980 a un 25% en 2008 (gráfica 4). En el año de 1995 se registró un descenso en el consumo de estas gasolinas, debido a la crisis económica que enfrentó México, donde el PIB presentó una caída del 6.2%, con respecto al año anterior.¹² No obstante, a partir del año 1996, el consumo de gasolinas ha aumentado de forma paulatina.

Gráfica 4

Consumo nacional de gasolinas en sector automotor (1960-2008)

¹² Esta contracción en la demanda de gasolinas también se origina por una severa subida de los precios (Uri y Boyd, 1999).



Fuente: Elaboración propia con base en la información estadística de PEMEX.

Por otra parte, las emisiones en UE de CO₂ producidas en el 2007 por el sector transporte a través de la quema de combustibles fósiles suman 149,221 Gg, de las cuales, las emisiones del sector autotransporte representaron poco más del 90%. El crecimiento sostenido de la flota vehicular ha sido el principal factor para el aumento en el consumo de gasolina y diesel y, por consiguiente, del incremento en el impacto al medio ambiente, al emitir una mayor cantidad de contaminantes y GEI (Secretaría de Energía (SENER), 2008). En 2007, de la flota vehicular total existente, el 94.6% funciona con gasolina, el 4.3% a diesel, y el porcentaje restante corresponde a gas LP, y en menor medida a gas natural comprimido.

Otro asunto importante en este contexto es la relación entre las emisiones de GEI y el consumo de combustible, ya que el CO₂ es la principal fuente de emisiones de GEI de un automóvil y el nivel de emisiones de CO₂ de los automóviles está directamente relacionado con el consumo de combustibles (gasolina o diesel). Las emisiones de CO₂ provenientes del diesel resultan en un mayor factor de emisión¹³ que el de la gasolina. Considerando que en el cálculo de las emisiones de CO₂, los factores de emisión están basados en el contenido de

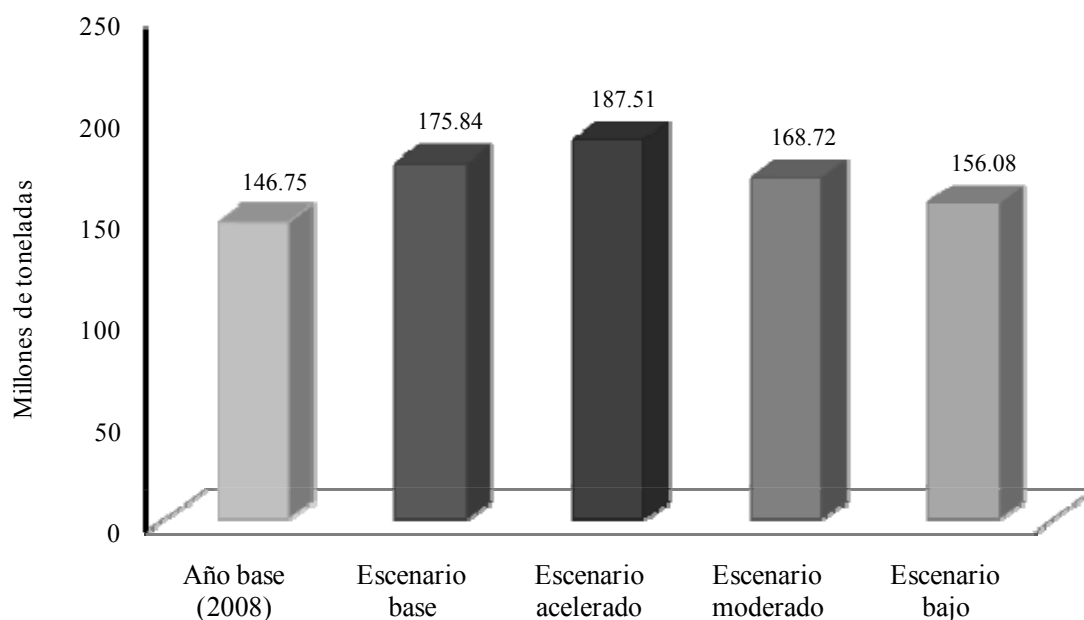
¹³ El factor de emisión corresponde a la unidad de conversión para estimar emisiones a partir de datos de actividad.

carbono del combustible.¹⁴ Para 2008, los motores de gasolina y diesel emitieron en promedio 2.248 kg y 2.867 kg de CO₂, por cada litro quemado, respectivamente.¹⁵ De esta manera, la quema gasolina en los vehículos emite más CO₂ que el diesel, no por su composición química, sino por la cantidad de litros que se consume (Sullivan, *et al.*, 2004).

De esta forma, el promedio anual de las emisiones estimadas de CO₂ del consumo de gasolinas de 2008 hasta 2020, con base en los factores de emisión y en los pronósticos del consumo de gasolinas, se presentan en la gráfica 5. Los GEI del autotransporte están expresados en unidades de Teragramos (Tg) de UE de CO₂ y se asume un promedio de 2.6 toneladas de CO₂ por 1000 litros de gasolinas.

Gráfica 5

Promedio anual de CO₂ por consumo de gasolinas con distintos escenarios (2008-2020)



¹⁴ El factor de emisión de la gasolina es 69,300 kg/TJ (TJ = Tera Joules, 1 TJ = 10¹² Joules) y para el diesel es 74,100 kg/TJ (IPCC, 2006). Las gasolinas están compuestas por moléculas que agrupan átomos de carbono e hidrógeno ordenados en formas de cadenas, la gasolina utiliza el octano (C₈H₁₈), mientras que el diesel utiliza el cetano (C₁₆H₃₄). Cuando el combustible se quema, el carbono se une al oxígeno del aire para formar CO₂.

¹⁵ Suponiendo, que el sector automotor en México aproximadamente utiliza 7 litros de gasolina y 6 litros de diesel por cada 100 km. En promedio se emiten 163.38 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados señalan que en el escenario más probable de un crecimiento económico continuo con un consumo de gasolinas similar al comportamiento histórico, las emisiones de CO₂ a la atmósfera, en los próximos años, tenderán a crecer sustancialmente.¹⁶ En efecto, el comportamiento histórico sugiere que la demanda de gasolinas no va a disminuir. Esto indica que es necesario instrumentar una estrategia que incluya medidas sustanciales para separar el crecimiento económico de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Las simulaciones confirman que solo con un bajo crecimiento económico y precios altos es posible reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, este escenario no es ni económica ni socialmente viable. Es importante destacar que el sector autotransporte representa el sector más importante de cara al desarrollo de políticas encaminadas a la reducción de emisiones de GEI.¹⁷ La opción más razonable es un cambio sustancial en el modelo de transporte, responsable de más del 65% del consumo de los productos derivados del petróleo (SENER, 2008).

5. Conclusiones e implicaciones de política económica

La reducción de emisiones contaminantes y el mantenimiento del bienestar de las sociedades requieren un delicado equilibrio entre políticas que, muchas veces, tienen efectos contrarios (Vide, *et al.*, 2007). En el caso del CO₂, esta cuestión es esencial porque estas emisiones dependen del consumo de combustibles fósiles. Para el caso de México, existe una estrecha relación entre crecimiento económico y consumo de gasolinas. De hecho, las estimaciones reportan una elasticidad ingreso mayor a uno. De ahí la importancia que se tiene que establecer entre el comportamiento económico y consumo de gasolinas. Las políticas encaminadas a la reducción de emisiones pueden contraponerse con los objetivos de desarrollo y crecimiento de la sociedad. Esto indica que es necesario

¹⁶ Las emisiones de GEI correspondiente al CO₂ provenientes de la quema de gasolinas en México ascendieron en 2002 a 101.8 Tg, mientras que para el año base (2008) se situaron en 146.7 Tg, con un crecimiento anual promedio de 6.29%. Para el 2020, considerando el escenario base, se emitirán 170 Tg anual promedio, con una tasa de crecimiento anual promedio del 3.2%.

¹⁷ Además de contribuir con emisiones de gases con efecto invernadero (gases globales), los vehículos emiten gases que son contaminantes locales (e.g. el ozono) y regionales (principalmente las emisiones de NO_x), Burón, *at al.* (2004).

instrumentar una estrategia que incluya medidas sustanciales para separar el crecimiento económico de las emisiones contaminantes.

En la instrumentación de una política que regule el consumo de combustibles basada en el uso de instrumentos económicos (*política de precios*) para regular el consumo de las gasolinas requiere del conocimiento puntual de las formas de ajuste y magnitudes de respuesta de los agentes económicos ante modificaciones en los precios. La elasticidad precio estimada presenta un efecto negativo pero poco representativo. Esta situación impone ciertas restricciones al uso de los precios como instrumento económico para regular el consumo de gasolinas en México. En este contexto, un aumento de la elasticidad precio de la gasolina a través de una política de modernización y mejoramiento de la flota vehicular, así como mejoras en la eficiencia energética podrían tener efectos más positivos que el sólo aumento de precios manteniendo elasticidades precio relativamente bajas.

De la misma forma, impulsar el mejoramiento de los niveles de cumplimiento de la normatividad ambiental y desarrollar, mantener y fortalecer la política de combustibles más limpios, es de suma importancia. Se requieren modificaciones en las gasolinas para obtener productos menos contaminantes y controlar sus emisiones. No obstante, en la búsqueda de alternativas para mejorar la calidad del aire, la gasolina no es el todo. Se requiere que la dupla “combustible-vehículo” presente el mismo desarrollo tecnológico, para que la suma de ambos permita lograr el máximo beneficio ambiental. El esfuerzo conjunto de la industria automotriz y la petrolera, permitirá transitar hacia una reglamentación en materia de emisiones vehiculares más estricta.¹⁸ De igual manera, se debe fomentar el aprovechamiento de fuentes sustitutas del petróleo, como las provenientes de las fuentes renovables. No obstante, será necesario e importante calcular su eficiencia energética, así como el monto de las emisiones contaminantes que produce.

¹⁸ En México, la mayoría de las estrategias de control de emisiones que se han implementado tratan de resolver el problema a nivel local. Así, estas estrategias han modificado tanto las especificaciones de los combustibles, como la cantidad de GEI que emiten. Sin embargo, el hecho de que algunos gases tengan diferentes efectos, ocasiona que en el diseño de estrategias de control de la contaminación, tenga interacciones en tres escalas: local, regional y global (Díaz y Gasca, 2004).

En suma, tomando en cuenta la elevada elasticidad ingreso y la baja elasticidad de precio de la demanda de combustibles, tiene, en principio, consecuencias negativas sobre la contribución del cambio climático e implica limitantes importantes a una política exclusivamente basada en movimientos de precios (Galindo y Sánchez, 2005). De hecho, una política de precios por sí sola no resuelve el problema. No obstante, puede ser exitosa en el control de la contaminación de la atmósfera si está acompañada de las siguientes políticas: Una modernización de la flota vehicular¹⁹ que mejore su eficiencia energética y reduzca su emisión de gases contaminantes (Schäfer y Jacoby, 2006); un óptimo consumo de combustibles fósiles, por medio de una reordenación urbana que disminuya el número de viajes y los kilómetros recorridos, y de un mejoramiento substancial del transporte público que eleve su grado de sustituibilidad con el transporte privado;²⁰ una mejora en las gasolinas²¹; el establecimiento de programas eficaces de verificación de emisiones contaminantes provenientes de vehículos a gasolina y diesel, en especial en zonas urbanas e industriales, donde la exposición de la población es mayor y muy importante. Una campaña mediática importante dirigida a convencer a los ciudadanos de las bondades del servicio de transporte público. Además, se requiere el cumplimiento de diversos compromisos de los programas de cambio climático.²²

Finalmente, hay un mensaje importante. Nos enfrentamos a un problema de largo plazo. Hoy es el momento de actuar, ajustando el consumo de combustibles fósiles a la infraestructura y tecnologías de vehículos, al aumento de los precios en proporción a los daños ambientales que causan. Las políticas en el sector del transporte podrían combinar impuestos o derechos sobre las emisiones de CO₂, para tratar en el contexto de cambio climático, y con el uso de impuestos diferenciados, que se tomen en cuenta la

¹⁹ La renovación de la flota requiere la renovación acelerada de la flota vehicular que incluya el retiro o el reemplazo. Por ejemplo, la ampliación de la flota vehicular de motores a diesel provoca un mayor ahorro de combustible (Schipper, *et al.*, 2002) y reduce sustancialmente las emisiones de CO₂ (Zervas, *et al.*, 2006).

²⁰ El mejoramiento en las redes de transporte debe de incluir acciones como pueden ser la expansión del metro, la creación de trenes suburbanos, el establecimiento de corredores viales y el transporte colectivo (e.g. el transporte exclusivo para escuelas y universidades).

²¹ Es indudable que los combustibles más limpios deben ser parte integral de un fuerte control de la contaminación de los vehículos automotores a gasolina y diesel.

²² La implementación de rigurosos estándares para recortar las emisiones e incrementar el rendimiento de las gasolinas daría como resultado una sustancial disminución de las emisiones de los vehículos independientemente de que si los precios aumentan o no (Austin, 2008).

contaminación atmosférica de los motores a diesel y gasolina. Esto es especialmente importante en países en desarrollo (Sterner, 2007).

Referencias bibliográficas

Ahmadian, M., M. Chitnis y L. C. Hunt (2007) "Gasoline demand, pricing policy and social welfare in the Islamic Republic of Iran", *OPEC Review*, 31(2), 105-124.

Akinboade, O., E. Ziramba y W. Kumo (2008) "The demand for gasoline in South Africa: An empirical analysis using co-integration techniques", *Energy Economics*, 30(6), 3222-3229.

Alves, D. y R. Bueno (2003) "Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil", *Energy Economics*, 25(2), 191-199.

An, F. y A. Sauer (2004) "Comparison of Passenger Vehicle Fuel Economy Standards and Greenhouse Gas Emission Standards Around the World", Pew Center on Global Climate Change, Washington, DC.

Austin D. (2008) "Climate-Change Policy and CO₂ Emissions from Passenger Vehicles", Congressional Budget Office, Economic and Budget Issue Brief, Octubre, 1-8.

Baltagi, B. y J. Griffin (1983) "Gasoline demand in the OECD: An application of pooling and testing procedures", *European Economic Review*, 22(2), 117-137.

Banaszak, S., U. Chakravorty y P. Leung (1999) "Demand for ground transportation fuel and pricing policy in Asian Tigers: A comparative study of Korea and Taiwan", *The Energy Journal*, 20(2), 145-165.

Bandivadekar, A. *et al.* (2008) "Reducing the fuel use and greenhouse gas emissions of the US vehicle fleet", *Energy Policy*, 36(7), 2754-2760.

Basso, J. L. y T. H. Oum (2007) "Automobile fuel demand: A critical assessment of empirical methodologies", *Transport Reviews*, 27(4), 449-484.

Belhaj, M. (2002) "Vehicle and fuel demand in Morocco", *Energy Policy*, 30(13), 1163-1171.

Bentzen, J. (1994) "An empirical analysis of gasoline demand in Denmark using cointegration techniques", *Energy Economics*, 16(2), 139-143.

Bentzen, J. y T. Engsted (1999) "A revival of the autoregressive distributed lag model in estimating energy demand relationships", *Energy*, 26(1), 45-55.

Berndt, E. y G. Botero (1985) "Energy demand in the transportation sector of Mexico", *Journal of Development Economics*, 17(3), 219-238.

Britton, E., P. Fisher y J. Whitley (1998) "The Inflation Report Projections: Understanding the Fan Chart", *Bank of England Quarterly Bulletin*, 38(1), 30-37.

Burón, J., F. Aparicio, Ó. Izquierdo, A. Gómez e I. López (2004) "Estimation of the input data for the prediction of road transportation emissions in Spain from 2000 to 2010 considering several scenarios", *Atmospheric Environment*, 39(30), 5585-5596.

Chandrasiri, S. (2006) "Demand for road-fuel in a small developing economy: The case of Sri Lanka", *Energy Policy*, 34(14), 1833-1840.

Cheung, K. y E. Thomson (2004) "The Demand for Gasoline in China: A Cointegration Analysis", *Journal of Applied Statistics*, 31(5), 533-544.

Chin, A. (1996) "Containing air pollution and traffic congestion: Transport policy and the environment in Singapore", *Atmospheric Environment*, 30(5), 787-801.

Dahl, C. (1986) "Gasoline demand survey", *The Energy Journal*, 7(1), 67-82.

Dahl, C. y Kartubi (2001) "Estimating oil product demand in indonesia using a cointegrating error correction model", *OPEC Review*, 25(1), 1-25.

Dahl, C. y T. Sterner (1991) "A survey of econometric gasoline demand elasticities", *International Journal of Energy Systems*, 11(2), 53-76.

Dahl, C. y T. Sterner (1991a) "Analysing gasoline demand elasticities: A survey", *Energy Economics*, 13(3), 203-210.

De Vita, G., K. Endresen y L. C. Hunt (2006) "An empirical analysis of energy demand in Namibia", *Energy Policy*, 34(18), 3447-3463.

Díaz, L. y J. Gasca (2000) "INEGEL, Energía: Sector transporte (2000-2001)", Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Estudio elaborado para el Instituto Nacional de Ecología (INE).

Dickey, D. A. y W. A. Fuller (1981) "Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root", *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.

Drollas, L. (1984) "The demand for gasoline: further evidence", *Energy Economics*, 6(1), 71-82.

Eltony, M. y N. Al-Mutairi (1995) "An empirical analysis using cointegration techniques", *Energy Economics*, 17(3), 249-253.

Enders, W. (2004) “*Applied Econometrics Time Series*”, Wiley Series in Probability and Statistics, 2a edición.

Engle, R. y C. Granger (1987) “Cointegration and error correction: Representation estimation and testing”, *Econometrica*, 55(2), 251-276.

Espey, M. (1998) “Gasoline demand revisited: An international meta-analysis of elasticities”, *Energy Economics*, 20(3), 273-295.

Galindo, L. (2005) “Short- and long-run demand for energy in Mexico: A cointegration approach”, *Energy Policy*, 33(9), 1179–1185.

Galindo, L. y E. Salinas (1997) “La demanda de gasolinas en México: La condición de exogeneidad y el comportamiento de los agentes económicos”, en INE-SEMARNAT (eds) *Instrumentos económicos y medio ambiente*. México.

Galindo, L. y L. Sánchez (2005) “El consumo de energía y la economía mexicana: Un Análisis empírico con VAR”, *Economía Mexicana*, 14(2), 271-298.

González, R., R. Lorenzo y G. Marrero (2008) “Fuel Consumption, Economic Determinants and Policy Implications for Road Transport in Spain”, Fundación de Estudios de Economía Aplicada (FEDEA), España, Working Paper, 23.

Goodwin, P. B. (1992) "A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects on price changes", *Journal of transport economics and policy*, 25(2), 155-169.

Goodwin, P., J. Dargay, y M. Hanly (2004) Elasticities of road traffic and fuel consumption with respect to price and income: A review, *Transport Reviews*, 24(3), 275-292.

Graham, D. y S. Glaister (2002) “The demand for automobile fuel a survey of elasticities”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 36(1), 1-26.

Graham, D. y S. Glaister (2004) Road traffic demand elasticity estimates: A review, *Transport Reviews*, 24(3), 261–274.

Granger, C. y P. Newbold (1974) “Spurious regressions in econometrics”, *Journal of Econometrics*, 2(2), 306-333.

Hamilton, D. J. (1994) “*Times Series Analysis*”, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Higgins, P. y M. Higgins (2005) “A healthy reduction in oil consumption and carbon emissions”, *Energy Policy*, 33(1), 1-4.

Hodrick, R. y E. Prescott (1997) “Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation”, *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(1), 1-16.

Hunt, L. C., C. Salgado y A. Thrope (1999) “The policy of power and power of policy in Honduras”, *Journal of Energy and Development*, 25(1), 1-36.

INE (2006) “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI): 1990-2002”, México.

IPCC (2006) “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 (Energy)” Preparado por the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Johansen, S. (1988) “Statistical analysis of cointegration vectors”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-54.

Johansen, S. (1992) “Cointegration in partial systems and the efficiency of single-equation analysis”, *Journal of Econometrics*, 52(3), 389-402.

Johansen, S. (1995) “*Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*”, Oxford University Press

Kayser, H. (2000) “Gasoline demand and car choice: Estimating gasoline demand using household information”, *Energy Economics*, 22(3), 331-348.

Kwiatkowsky, D., P. Phillips, P. Schmidt e Y. Shin (1992) “Testing the null hypothesis of stationary against the alternative of a unit root”, *Journal of Econometrics*, 54, 159-178.

Litman, T. (2005) “Efficient vehicles versus efficient transportation: Comparing transportation energy conservation strategies”, *Transport Policy*, 12(2), 121-129.

Lutsey, N. y D. Sperling (2007) “Canada’s voluntary agreement on vehicle greenhouse gas emissions: When the details matter”, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(7), 474-487.

MacKinnon, J. G., A. A. Haug y L. Michelis (1999) “Distribution Functions of Likelihood Ratio Tests for Cointegration”, *Journal of Applied Econometrics*, 14(5), 563-577.

Maddala, G. S. e I. Kim (1998) “*Unit Roots, Cointegration and Structural Change*”, Cambridge University Press.

Masih, A. y R. Masih (1997) “On the temporal causal relationship between energy consumption, real income, and prices: Some new evidence from Asian-Energy dependent NICS based on a multivariate cointegration/vector error-correction approach”, *Journal of Policy Modeling*, 19(4), 417-440.

Ng, S. y P. Perron (1995) “Unit root tests in ARMA models with data depend methods for the selection of the truncation lag”, *Journal of the American Statistical Association*, 90(429), 268-281.

- Nicol, C. J. (2003) “Elasticities of demand for gasoline in Canada and the United States”, *Energy Economics*, 25 (2), 201-214.
- Oum, T. (1989) “Alternative demand models and their elasticity estimates”, *Journal of Transport Economics and policy*, 23(2), 163-187.
- Patterson, K. (2000) “*An Introduction to Applied Econometrics: A Time Series Approach*”, St. Martin`s Press.
- Paz, S. (2008) “El alza de las gasolinas continuará indefinidamente”, *Infogas*, 66(10), 62-66.
- Pesaran, M. e Y. Shin (1999), “An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis”, en Steinar Strom (ed), *Econometrics and economics theory in the 20th century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*. Cambridge University Press.
- Phillips, P. y P. Perron (1988) “Testing for unit root in time series regression”, *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Polemis, M. (2006) “Empirical assessment of the determinants of road energy demand in Greece”, *Energy Economics*, 28(3), 385-403.
- Rao, B. B. y G. Rao (2009) “Cointegration and the demand for gasoline”, *Energy Policy*, 37(10), 3978-3983.
- Ramanathan, R. (1999) “Short- and long-run elasticities of gasoline demand in India: An empirical analysis using cointegration techniques”, *Energy Economics*, 21(4), 321-330.
- Reyes, M. O. (2009) “La demanda de gasolinas en México: Efectos y alternativas ante el cambio climático”, Documento de Trabajo, Departament d'Economia Aplicada de la UAB.
- Sa'ad, S. (2009) “An empirical analysis of petroleum demand for Indonesia: An application of the cointegration approach”, *Energy Policy*, 37(11), 4391-4396.
- Samimi, R. (1995) “Road transport energy demand in Australia”, *Energy Economics*, 17(4), 329-339.
- Schäfer, A. y H. Jacoby (2006), “Vehicle technology under CO₂ constraint: A general equilibrium analysis”, *Energy Policy*, 34(9), 975-985.
- Schipper, L., C. Marie-Lilliu y L. Fulton (2002) “Diesels in Europe: Analysis of Characteristics, Usage Patterns, Energy Savings and CO₂ Emission Implications”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 36(2), 305-340.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2008) “Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte (2007-2012)”, Ciudad de México, México.

SENER (2008) “Prospectivas de petrolíferos: 2008-2017”, México.

Sperling, D. y Z. Lin (2004) “Energy and Environmental Impacts of Rural Vehicles in China”, Urbanization, Energy, and Air Pollution in China: The Challenges Ahead- Proceedings of a Symposium.

Sterner, T. (2007) “Fuel taxes: An important instrument for climate policy”, *Energy Policy*, 35(6), 3194-3202.

Sterner, T. y C. Dahl (1992) “Gasoline demand modelling: Theory and application”, en Thomas Sterner (ed), *International Energy Modelling*. Chapman and Hall, London.

Sterner, T., C. Dahl y M. Franzén (1992) “Gasoline tax policy: Carbon emissions and the global environment”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 26(2), 109-119.

Sullivan, J., R. Baker, B. Boyer, R. Hammerle, T. Kenney, L. Muniz y T. Wallington (2004) “CO₂ emission benefit of diesel (*versus gasoline*) powered vehicles”, *Environmental science and technology*, 38(12), 3217-3223.

Uri, N. y R. Boyd (1999) “A Note on the Economic Impact of Higher Gasoline and Electricity Prices in Mexico”, *Journal of Policy Modeling*, 21(4), 527-534

Vide, J., J. Llebot, E. Padilla y V. Alcantara (2007) “Aspectos económicos del cambio climático en España”, Caixa Catalunya, Monográfico.

Weiss, M., J. Heywood, A. Schäfer y V. Natarajan (2003) “A comparative assessment of advanced fuel cell vehicles”, MIT Laboratory for Energy and the Environment 2003-001 RP.

Wheaton, C. W. (1982) “The Long-Run Structure of Transportation and Gasoline Demand”, *The Bell Journal of Economics*, 13(2), 439-454.

Wohlgemuth, N. (1997) “World transport energy demand modeling: Methodology and elasticities”, *Energy Policy*, 25(14-15), 1109–1119.

Zervas, E., S. Pouloupoulos y C. Philippopoulos (2006) “CO₂ emissions change from the introduction of diesel passenger cars: Case of Greece”, *Energy*, 31(14), 2915-2925.