



Universitat Autònoma de Barcelona

**UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA
DEPARTAMENT D'ECONOMIA APLICADA
MÀSTER DE RECERCA EN ECONOMIA APLICADA**

**LA DEMANDA DE GASOLINAS EN MÉXICO: EFECTOS Y ALTERNATIVAS
ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

ORLANDO REYES MARTÍNEZ

ASESORA: DRA. ANNA MATAS PRAT

Barcelona, a 8 de junio de 2009

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

Resumen: El autotransporte es de los sectores más contaminantes en México, generando el 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 1960-2007. Las estimaciones de las elasticidades de corto y largo plazos del precio e ingreso fueron: -0.07, -0.17, 0.46 y 1.06. 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 gasolina y diesel, elasticidades, sector autotransporte, políticas económicas y emisiones de dióxido de carbono.

JEL: R41, O13, C32.

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

Abstract: The road transport is of the most polluting sectors in Mexico, generating 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 1960-2007. The results shows that the short- and long-run price and income elasticities in fuel consumption were: -0.07, -0.17, 0.46 and 1.06. This implies that fuel demand is sensitive to the trajectory of income and 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 having on consideration the effects of climate change attending to a relatively constant demand. Under these circumstances it is necessary to implement simultaneously diverse public policies to control the impact of fuel consumption on climate change.

Key words: Gasoline and diesel demand, elasticities, road transport, economic policy and carbon dioxide emissions.

* Con especial agradecimiento a mi asesora, la Dra. Anna Matas Prat por su colaboración, dedicación, dirección y apoyo en la elaboración de esta tesis. El autor también agradece los valiosos comentarios de Horacio Catalán, Josep Lluís Raymond, Luis Miguel Galindo, Vicente Alcántara y Roberto Escalante. Se aplica desde luego el descargo usual de los errores. Este trabajo se realizó con el apoyo financiero del CONACYT y del MAEC-AECI. Dirección para correspondencia: Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès). E-mail: Orlando.Reyes@campus.uab.cat.

La demanda de gasolines a Mèxic: Efectes i alternatives davant el canvi climàtic

Resum: El transport per carretera es dels més contaminants a Mèxic, tal que genera el 17% del total d'emissions de CO₂. El consum de gasolina i dièsel són la principal font d'aquestes emissions. Aquest article analitza empíricament la demanda de carburant d'aquest sector a Mèxic durant el període 1960-2007. Les estimacions de les elasticitats de curt i llarg termini del preu i ingrés van ésser: -0.07, -0.17, 0.46 i 1.06. Això, per tant, implica que la demanda de carburant és sensible a la trajectòria de l'ingrés i inelàstica al preu. Per tant, un creixement econòmic continuat sense una adequada política de preus generarà un augment en el consum de carburant. Aquesta situació pot ser agreujada al considerar els efectes del canvi climàtic atenent a una demanda relativament constant. Sota aquestes circumstàncies és necessari implementar polítiques públiques de manera simultània per tal de frenar les conseqüències del consum de carburants sobre el canvi climàtic.

Paraules clau: Demanda de gasolina i dièsel, elasticitats, transport per carretera, polítiques econòmiques i emissions de diòxid de carboni.

Í N D I C E

INTRODUCCIÓN	VII
CAPITULO I	
MARCO TEÓRICO DE LA DEMANDA DE GASOLINA	10
1.1 Revisión de la literatura	11
1.1.1. Evidencia teórica	11
1.1.2. Evidencia empírica	14
1.2 Especificación y datos empíricos	16
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA ECONOMÉTRICA	18
2.1 Especificación econométrica	19
2.1.1. Supuestos del modelo estadístico general	19
2.1.2. Modelos dinámicos	20
2.2 Evidencia empírica	22
2.2.1. Evolución de las gasolinas, producto y precios	23
2.2.2. Resultados del Modelo	26
2.2.3. Pronósticos de la demanda de gasolinas	32
CAPÍTULO III	
LA RELACIÓN ENTRE LA DEMANDA DE GASOLINAS Y LAS EMISIONES	
DE CO₂	37
3.1 Cambio climático y consumo de energía	38
3.2 El consumo de gasolinas en México	39
3.3. La relación entre la demanda de gasolinas y las emisiones de CO₂	41
3.4 Metodología para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de	
combustibles fósiles y evidencia empírica	43
3.5 Implicaciones de política económica	46

CAPÍTULO IV**CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES**

49

ANEXOS**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina a nivel país	15
Cuadro 2. Pruebas de raíz unitaria	27
Cuadro 3. Test de cointegración a partir de la estimación del modelo de MCE	28
Cuadro 4. Resultados del modelo econométrico	30
Cuadro 5. Elasticidades precio e ingreso de corto y largo plazos	31
Cuadro 6. Pronósticos del consumo de gasolinas	36
Cuadro 7. Emisiones de CO ₂ de la demanda de gasolinas (Tg)	45

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Consumo nacional de gasolinas, PIB y precios relativos de las gasolinas en México, 1960-2007	24
Gráfica 2. Relación demanda de gasolina y la actividad económica en México, 1960-2007	25
Gráfica 3. Relación demanda de gasolinas y los precios de las gasolinas en México, 1960-2007	26
Gráfica 4. Trayectoria de la economía mexicana, 1960-2007	33
Gráfica 5. Proyecciones del PIB 2008-2017 y bandas de probabilidad (Fan Chart)	34
Gráfica 6. Trayectoria e incertidumbre en la predicción de la demanda de gasolinas	35
Gráfica 7. Consumo nacional de gasolinas en el sector automotor	40
Gráfica 8. Promedio anual de CO ₂ por consumo de gasolinas con distintos escenarios (2008-2017)	46

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.¹ No obstante, también es uno de los factores que más contribuye a la contaminación del aire. En efecto, el uso de combustibles derivados del petróleo ocasiona un conjunto de externalidades negativas en donde destacan por ejemplo, las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y sus efectos en el cambio climático. En México, la mayor contribución a las emisiones totales proviene de la categoría de energía, que anualmente aportó en promedio el 71.2% de las emisiones totales para el período entre 1990 y 2002. En particular y dentro de esta categoría de emisión, el consumo de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones de Dióxido de Carbono (CO_2), ya que contribuye en promedio con 65.6% de las emisiones totales cada año. Este contexto, tiene consecuencias importantes en términos de costos ambientales y de salud (Button, 1990).

Asimismo, los determinantes del consumo de gasolinas en México son ciertamente múltiples, aunque es posible asociarlos a una ecuación tradicional de demanda (Varian, 1992). Así, la demanda de combustibles en México depende fundamentalmente de la evolución del ingreso y de los precios, aunque también se pueden involucrar otros determinantes. En este sentido, es indispensable identificar las variables que explican el consumo de las gasolinas y sus magnitudes, que son de gran importancia para analizar el comportamiento de éstos ante diferentes escenarios de variaciones. De esta forma, se contribuye a una mejor toma de decisiones de política económica. Efectivamente, la estimación de la demanda de gasolina, sus determinantes y magnitudes tiene diversos beneficios para la política económica. Una de esas ventajas es hacer predicciones, simulaciones y proyecciones de corto y largo plazos para diferentes escenarios de las variables causantes, incluyendo sus principales consecuencias ambientales.

Por otra parte, se le llama cambio climático a la modificación del clima con respecto a los registros históricos a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos (temperatura, precipitaciones, etc.). Son debidos a causas como

¹ De acuerdo al Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte (2007-2012), el sector transporte es uno de los sectores más dinámicos de la economía, en los últimos 10 años creció a una tasa anual promedio en 6.6%, es decir, más del doble de lo que creció la economía en su conjunto durante el mismo periodo. En el 2007, la participación de este sector en el Producto Interno Bruto (PIB) representó cerca del 14%. En la actualidad este sector aporta directamente 2.2 millones de empleos, lo que representa un 5.1 por ciento del mercado laboral.

la concentración de algunos gases en la atmósfera. Gases como el CO_2 , derivados principalmente de la actividad humana. De hecho, el uso intensivo de combustibles fósiles, así como otros factores (la quema y pérdida de bosques) han generado un incremento en la concentración de estos gases nocivos, que han provocado un aumento en la temperatura del planeta. Las consecuencias del cambio climático son ciertamente difíciles de predecir y simular dado la complejidad de factores que actúan tanto naturales como económicos o sociales. Ello desde luego se traduce en cierto grado de incertidumbre. No obstante, el cambio climático definitivamente empeorará cada día, si no se toma las medidas necesarias que contribuyan a su solución.

En este contexto, los objetivos primordiales de esta investigación son: Identificar los principales factores que inciden en la demanda de gasolinas en México, a partir de la estimación de un modelo econométrico, con propiedades econométricas adecuadas y analizar las relaciones entre el consumo de gasolinas y la generación de CO_2 y sus efectos sobre la economía mexicana. Para así poder realizar diversas simulaciones de política económica y proyecciones para los próximos diez años, considerando un escenario base y alternativos. En este sentido, será necesario que se comprenda cómo funciona la demanda de gasolinas en la sociedad mexicana, con el fin de que operen adecuadamente las medidas para reducir el cambio climático.

La evidencia empírica indica que existe una fuerte dependencia de la trayectoria del consumo de combustibles al comportamiento del ingreso y poco sensible a los precios. De modo, que un crecimiento económico continuo se traducirá en un aumento más que proporcional en el consumo de gasolinas lo que resulta preocupante. Igualmente, los coeficientes reflejan las posibilidades y limitaciones de aplicar políticas exclusivamente de precios en un contexto de crecimiento económico moderado. Esto significa que para 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 CO_2 asociadas. De este modo, se sugiere una política precios razonable necesariamente acompañada principalmente por otro tipo de políticas como: Una modernización de la flota vehicular, un óptimo consumo de combustibles, un

mejoramiento substancial del transporte público, una mejora en las gasolinas y el cumplimiento de diversos compromisos de los programas de cambio climático.

La investigación está estructurada en cuatro capítulos. El capítulo I, hace una revisión de la literatura teórica y empírica existente sobre la demanda de gasolinas, con el propósito de extraer lecciones para la estimación y el análisis de la sensibilidad de la demanda. De esta manera, en primer lugar se analizan las distintas especificaciones de la demanda de las gasolinas. En segundo lugar, se presentan estudios sobre la demanda combustibles. Asimismo, la revisión teórica permitió proponer una especificación de la demanda de gasolinas para México. Finalmente, se describe la base de datos utilizada.

Por otra parte, las estimaciones sobre la demanda de gasolinas realizadas para México se han centrado en obtener y analizar las elasticidades ingreso y precio, y simular, con estos resultados, diversos escenarios de política ambiental. Desde luego, las simulaciones realizadas dependen crucialmente del valor de los parámetros utilizados y los supuestos de comportamiento futuro de estas variables. Así, las estimaciones de estas elasticidades son muy diversas como consecuencia de las especificaciones y el uso de métodos de estimación distintos (Berndt y Botero, 1983; Galindo y Salinas, 1996 y 1997; Eskeland y Feyzioglu, 1997; Haro e Ibarrola, 2000 y Galindo, 2005). Así, en el capítulo II se presenta la estimación de la demanda de gasolinas con el objeto de calcular las elasticidades precio e ingreso y poder realizar ejercicios de proyección sobre la sensibilidad de la demanda ante cambios en las variables explicativas.

El capítulo III presenta un análisis sobre la relación de la demanda de gasolinas y las emisiones de CO_2 . Además, se señala la metodología para las estimaciones de las emisiones de CO_2 procedentes de la quema de combustibles fósiles y se presenta la evidencia empírica. En este trabajo, se considera importante el papel que juega la instrumentación de políticas en el diseño estrategias económicas. Por lo que, se añaden una serie de políticas económicas, que de acuerdo con la literatura especializada, se han formulado como necesarias para frenar las consecuencias del consumo de combustibles sobre el cambio climático. Por último, en el capítulo IV se exponen, las conclusiones y los comentarios generales.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO DE LA DEMANDA DE GASOLINAS

1.1 Revisión de la literatura

1.1.1. Evidencia teórica

La teoría económica convencional considera que el consumo de un bien es una función de las preferencias del individuo sujeto a una determinada restricción presupuestal. En términos formales, la demanda de algún bien puede escribirse como (Varian, 1992):

$$(i) \quad x_i = f(p_i, m)$$

donde x_i representa el consumo del bien i , m el nivel de renta y p_i es algún tipo de índice de precios. Asimismo, el consumidor tiene un presupuesto y enfrenta los precios de los bienes, por tanto, está sujeto a la siguiente restricción presupuestal:

$$(ii) \quad m = \sum p_i x_i$$

Un aspecto que cabe resaltar es que la forma funcional más empleada en la literatura empírica es la logarítmica-lineal. Entre muchas razones, debido principalmente a la facilidad de interpretación de las elasticidades estimadas. La forma logarítmica-lineal se deriva de una ecuación de demanda tipo Cobb-Douglas:

$$(iii) \quad D = cY^\gamma P^\beta \ell^u$$

donde D es la demanda de algún bien, c es una constante, Y es el ingreso, P es el precio, γ es la elasticidad ingreso, β es la elasticidad precio y ℓ es el numero “e”. Esta ecuación se linealiza tomando logaritmos.

En este contexto, se asume al igual que otros productos que 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 (Bentzen y Engsted, 1993; Masih y Masih,

1997; Bentzen y Engsted, 1999 y Galindo, 2005). Además, del ingreso y de los precios, existen otras variables que se incluyen como determinantes en el consumo de gasolina:²

$$\text{iv) } G = f(Y, P, Pg, Tr, Ch)$$

donde G es la demanda de las gasolinas, Y es el ingreso, P son los precios de las gasolinas, Pg son los precios de otros combustibles, Tr son los precios del transporte público y Ch son las características de los vehículos.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):

$$\text{v) } G = f(K, V, E)$$

donde, K mide el número de kilómetros recorridos, V es el stock vehicular y E es la eficiencia de los vehículos utilizados.⁴

Por otra parte, de acuerdo a la revisión de la literatura sobre la demanda de gasolinas (Drollas, 1984; Dahl y Sterner, 1991 y 1991a; Sterner, Dahl y Franzén, 1992 y Sterner y Dahl, 1992), los tipos de modelos más utilizados para el cálculo de las elasticidades precio e ingreso a continuación se detallan. En este sentido, entre las especificaciones de la demanda de gasolinas más comunes se encuentra la forma funcional:

² Los modelos que no incluyan de alguna forma los precios de la gasolina y el ingreso, están mal especificados (Dahl, 1986 y Dahl y Sterner 1991).

³ Todas las variables relevantes deben de estar deflactadas y en logaritmos.

⁴ La ecuación (v) también se puede representar como:

$$\text{a) } G = \left(USO * \frac{1}{E} * V \right)$$

Donde el consumo de gasolina depende del grado de utilización (USO) del reciproco de la eficiencia y el stock de autos. De la ecuación (a), se puede obtener el consumo de gasolinas dividido por el número de autos, que equivale a la relación entre el grado de utilización y la eficiencia:

$$\text{b) } \frac{G}{V} = \frac{USO}{E}$$

Así, la determinación teórica de la igualdad (b) está basada sobre las variables: utilización de los autos, la eficiencia, los ingresos, precio de las gasolinas y una variable que refleje el stock de autos per cápita ($\sqrt[n]{V}$):

$$\text{c) } \frac{G}{V} = f(Y, P, \sqrt[n]{V})$$

vi) $G = f(Y, P)$

Esta, especificación es la más simple, conocida como el *Modelo Estático*. Es además, la especificación más utilizada en la literatura empírica, debido a que no requiere del uso de otras variables para estimar las elasticidades. Otra especificación, generalmente usada para capturar el hecho de que el ajuste requiere de cierto tiempo para llevarse a cabo, es conocida como *Modelo de Ajuste Parcial*.⁵ En ella se incorpora un retraso de la variable endógena:

vii) $G = f(Y, P, G_{t-1})$

Existen también, modelos con estructura de rezagos distribuidos en las variables exógenas:

viii) $G_t = f\left(\sum_{i=0}^q Y_{t-i}, \sum_{i=0}^q P_{t-i}\right)$

Además, otro tipo de modelo dentro de esta línea de análisis es el *Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos ARDL(p,q)*.⁶ En este modelo la estructura de rezagos distribuidos combina rezagos en la variable endógena y exógena:

ix) $G = f\left(\sum_{i=1}^p G_{t-i}, \sum_{i=0}^q Y_{t-i}, \sum_{i=0}^q P_{t-i}\right)$

Igualmente, se han llevado a cabo estimaciones de modelos con estructura de rezagos distribuidos en las variables exógenas y con un rezago en la variable endógena:

x) $G = f\left(\sum_{i=0}^q Y_{t-i}, \sum_{i=0}^q P_{t-i}, G_{t-1}\right)$

Finalmente, se puede asumir que los pesos sobre los rezagos de Y y P en ecuación (viii) siguen un rezago de Pascal para dar la ecuación de modelo de siguiente:

⁵ Su uso se caracteriza por la mejora en el ajuste estadístico, no obstante, puede presentar problemas de autocorrelación, debido a la inclusión de retardos de la variable dependiente.

⁶ Estos modelos pueden presentar problemas de identificación de numerosos parámetros si el número de rezagos elegido es muy grande.

xi) $G = f(Y, P, G_{t-1}, G_{t-2})$

1.1.2. Evidencia empírica

El interés por la demanda de gasolinas cobró especial relevancia después de las crisis del petróleo en los años setenta. De esta forma, existen estudios recopilatorios de distintos artículos 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 (Dahl, 1986; Oum, 1989; Dahl y Sternr, 1991 y 1991a; Sterner, y Dahl 1992; Sterner, Dahl y Franzén, 1992; Wohlgemuth, 1997; Graham y Glaister, 2002 y 2004). En estos, se considera que el consumo de gasolina está influenciado negativamente por los precios, aunque ésta suele ser parcialmente inelástica principalmente en el corto plazo, y se ve afectado positivamente por los ingresos, con elasticidades mayores a la unidad.

Asimismo, en el análisis de series no estacionarias y técnicas de cointegración se estiman elasticidades precio relativamente bajas (Graham y Glaister, 2002). Se adopta esta técnica bajo el argumento de que esta metodología es la más apropiada para este tipo de análisis.⁷ 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). El resultado tanto cuantitativa como cualitativamente son muy similares.⁸

Por otra parte, a nivel país, existen diversos estudios que analizan la demanda de gasolinas. A continuación, se señalan algunas investigaciones que hacen énfasis en el uso del análisis del orden de integración y técnicas de cointegración. De igual forma, en el cuadro 1, se presentan sus principales características y resultados.

De esta manera, considerando el procedimiento de Engle y Granger (1987), Bentzen (1994), estima las elasticidades de corto y largo plazos para la demanda de gasolina en Dinamarca. Asimismo, Eltony y Al-Mutairi (1995) estimaron la demanda de gasolina mediante el precio real de

⁷ Los resultados de estos estudios se hallan en debate dado que no es claro el porqué el uso de estas técnicas da como resultado elasticidades relativamente bajas. Existen diversas razones para creer que las elasticidades precio han variado a través del tiempo como resultado del incremento de la eficiencia en el uso de combustibles, un factor que ha recibido insuficiente atención en los estudios de cointegración (Graham y Glaister, 2002).

⁸ Este análisis resulta válido siempre y cuando las variables incluidas en el modelo, tengan el mismo orden de integración.

la gasolina y el ingreso real per cápita para Kuwait. Por su parte, Ramanathan (1999) utiliza los precios de la gasolina y el ingreso per cápita para explicar el consumo de gasolinas (toneladas) en la India. De igual manera, para el caso de Brasil, Alves y Bueno (2003) analizan el comportamiento de la demanda de gasolina (litros) en función del ingreso per cápita, de los precios reales de la gasolina y el precio real del alcohol. Del mismo modo, con base en el procedimiento de Johansen (1988 y 1995), Samimi (1995) estima la demanda de gasolinas para el sector transporte en Australia, Cheung y Thomson (2004) realizan estimaciones de la demanda de gasolina (medida en toneladas métricas) para China y Polemis (2006) analiza los determinantes de la demanda de gasolinas en Grecia.

Por otro lado, Banaszak, *et al.* (1999), examinan la demanda de gasolinas en el sector transporte de Taiwán y Corea. Los autores proponen un modelo que utiliza un sistema de ecuaciones que se estima en dos partes. Igualmente, Belhaj (2002) analiza la demanda de gasolinas (gasolina y diesel) del sector del transporte de Marruecos bajo el análisis de ecuaciones simultáneas. Por otra parte, para el caso de España, Gonzalez, *et al.* (2008) estiman varios modelos de efectos fijos para explicar la evolución de corto plazo del uso de combustibles por vehículo en España, mediante el consumo de gasolina y diesel para datos de 17 regiones españolas. Por último, la demanda de gasolina en Sud África es estimada por Akinboade, *et al.* (2008) con un modelo ARDL y el enfoque de cointegración propuesto por Pesaran, *et al.* (2001).

Cuadro 1
Elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina a nivel país

País	Fuentes	Periodo	Combustible	Elasticidad ingreso		Elasticidad precio	
				CP	LP	CP	LP
Dinamarca	Bentzen (1994)	1948-1991	Gasolina	0.885	1.044	-0.320	-0.414
Kuwait	Eltony y Al-Mutairi (1995)	1970-1989	Gasolina	0.472	0.919	-0.372	-0.463
India	Ramanathan (1999)	1973-1993	Gasolina	1.178	2.682	-0.209	-0.319
Australia	Samimi (1995)	1980-1993	Gasolina y diesel	0.252	0.518	-0,018*	-0.131
Taiwan y Corea	Banaszak, <i>et al.</i> (1999)	1973-1992	Gasolina y diesel	0,233 y 0,977 ^a	0,349 y 0,989 ^a	-0,124 y -0,519 ^a	-0,385 y -0,866 ^a
Marruecos	Belhaj (2002)	1970-1996	Gasolina y diesel	0.220 y 0.01 ^b		-0.13 y -0.15 ^b	
Brasil	Alves y Bueno (2003)	1984-1999	Gasolina	0.1216	0.1217	-0.0919	-0.4646
China	Cheung y Thomson (2004)	1980-1999	Gasolina	1.636	0.972	-0.194	-0.559
Grecia	Polemis (2006)	1978-2003	Gasolina y diesel	0.360	0.790	-0,10	-0.380
España	Gonzalez, <i>et al.</i> (2008)	2000-2006	Gasolina y diesel	0.73 y -0.06 ^{*b}		-0.12 y -0.04 ^{*b}	
Sud África	Akinboade, <i>et al.</i> (2008)	1978-2005	Gasolina		0.360		-0.470

Notas: CP: Corto plazo y LP: Largo plazo, (*) Denota que no es significativo, (a) Estimaciones para Corea, (b) Estimaciones para el diesel. Los procedimientos para identificar relaciones de largo plazo se señalan en el texto.

Para el caso mexicano⁹ Galindo y Salinas (1996) analizan las consecuencias de un impuesto adicional a las gasolinas como instrumento económico de regulación ecológica. Las estimaciones realizadas para la demanda de gasolinas en México sugieren elasticidades ingreso y precio que oscilan entre 0.8 y 1.2 y -0.2 y -0.8 respectivamente. Se concluye que un impuesto adicional a las gasolinas puede ser un instrumento útil que contribuya a solucionar el problema de la contaminación ambiental en la medida en que un aumento en el precio de la gasolina se traducirá en un menor consumo y muy probablemente en un consumo más eficiente.

Además, Galindo y Salinas (1997) analizan las condiciones de exogeneidad de la demanda para gasolinas para regular el consumo en la Zona Metropolitana del Valle de México. Las estimaciones reportan que elasticidades de largo plazo del ingreso y precio son 1.31 y -0.046 respectivamente. No obstante, a la elasticidad precio relativamente pequeña, los autores señalan que es posible utilizar el precio relativo de las gasolinas como un instrumento de política económica para regular el consumo de este producto.

Finalmente, Galindo (2005) estima las demandas de los diferentes tipos energía. Los resultados indican que en México la demanda de energía es impulsada fundamentalmente por los ingresos y que el efecto de los precios está centrado en el corto plazo (con la excepción del sector industrial). La fuerte dependencia del consumo de energía con respecto a los ingresos y la respuesta inelástica de los precios indica que es necesario implementarse medidas más drásticas para separar el consumo de energía y el crecimiento económico, con el fin de obtener un crecimiento económico sostenible.

1.2 Especificación teórica y datos empíricos

La especificación del modelo de gasolinas para México está basada de acuerdo a la evidencia teórica de la demanda de gasolina (Dahl, 1986; Dahl y Sterner, 1991 y 1991a; Sterner y Dahl, 1992 y Sterner, Dahl y Franzén, 1992). De esta manera, el modelo de la demanda de gasolinas toma la siguiente forma funcional:

⁹ También existen estudios que estiman las elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina para México con la metodología econométrica de datos panel. Berndt y Botero (1985) estiman un panel de datos dinámico con datos agregados a 14 regiones del país (periodo 1973-78). Eskeland y Feyzioglu (1997) estiman la demanda de gasolina para las 32 entidades federativas de México (1982-1988) a través del Método de Momentos Generalizado en Primeras Diferencias (PD-MMG). Haro e Ibarrola (2000) estiman diferentes funciones de demanda para regiones fronterizas de México con Estados Unidos, con el objetivo de analizar y determinar la sensibilidad de la demanda de gasolina comercializada en la zona fronteriza y estatal del norte de México.

$$\text{xv}) \quad G_t = f\left(\sum_{i=1}^p G_{t-i}, \sum_{i=0}^q Y_{t-i}, \sum_{i=0}^q P_{t-i}\right)$$

donde G_t es la demanda de las gasolinas, Y_{t-i} , P_{t-i} y G_{t-i} son las estructuras de rezagos del ingreso, del precio promedio ponderado de los precios de las gasolinas y del consumo de gasolinas, respectivamente.

Los datos son anuales para el periodo 1960-2007. Las variable consumo de gasolinas (gasolina y diesel en millones de litros por año) fueron obtenidas de la base de datos del anuario estadístico de Petróleos Mexicanos (PEMEX). Se consideraron a los precios de la gasolina y del diesel en términos reales, para lo cual se deflactaron con precios internos publicados por el Banco de México (BANXICO). Como medida de ingreso, se utilizó el PIB a precios de 1993, esta variable fue obtenida de las estadísticas históricas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México.

CAPITULO II
METODOLOGÍA ECONOMÉTRICA

2.1 Especificación econométrica

La elaboración de un modelo econométrico necesita tanto del conocimiento de la teoría económica como de distintos métodos econométricos y de la evidencia empírica disponible. De esta forma, los modelos econométricos son herramientas que permiten profundizar en el conocimiento de la economía, simular diversos escenarios o políticas y realizar pronósticos o proyecciones de las principales variables macroeconómicas.

Así, la construcción de un modelo econométrico es una tarea compleja donde no existe una metodología óptima y donde existen además importantes procesos de retroalimentación entre la teoría económica, la evidencia empírica y los métodos econométricos. En este contexto, en el análisis teórico y empírico de la modelación de las relaciones de demanda de gasolinas con datos de series de tiempo, las especificaciones dinámicas son probablemente las más utilizadas para su estimación.

2.1.1. Supuestos del modelo estadístico general

La metodología econométrica considera que la información económica es el resultado de procesos estocásticos y que por tanto contienen propiedades estadísticas y probabilísticas (Galindo, 1995). Por lo que, las propiedades estadísticas del término de error son derivadas de las propias series económicas. La econometría busca encontrar el modelo que mejor aproxime al proceso estocástico¹⁰ llamado Proceso Generador de Información (“DGP”, por sus siglas en inglés: Data Generating Process) a través de combinar la información teórica y empírica disponible (Spanos, 1986).

De esta manera, el modelo estadístico general parte de considerar un conjunto óptimo de rezagos para cada variable. Por tanto, el modelo representa ya el paso de una función de distribución conjunta de todas las variables a un modelo de probabilidad condicional donde las variables irrelevantes quedan marginadas del proceso. El modelo econométrico empírico es un proceso que se

¹⁰ Este proceso se refiere a que las series observadas se consideran como variables aleatorias a las cuales se les puede asociar una función de densidad conjunta de probabilidad. Así, las series económicas se modelan entonces a partir de una distribución conjunta de probabilidades que se suponen que son independientes e idénticamente distribuidas (Spanos 1986).

deriva del Mecanismo Estadístico General.¹¹ Por lo tanto, se requiere utilizar el procedimiento de lo general a lo específico (Hendry, 1995) para obtener una reparametrización, transformación y una reducción del espacio de parámetros. De esta forma, los modelos econométricos adoptados se aproximan a un modelo teóricamente coherente.

De igual forma, el modelo econométrico empírico debe cumplir con los supuestos básicos del modelo estadístico general para tener una aproximación adecuada del DGP (Spanos, 1986). De este modo, la construcción de un modelo econométrico implica obtener la mejor aproximación posible al DGP. Ello sin embargo, incluye combinar un marco de teoría económica consistente con la evidencia empírica disponible y los métodos econométricos apropiados.

En particular, el modelo econométrico debe tener las propiedades estadísticas adecuadas lo que implica fundamentalmente que se cumpla con los siguientes criterios (Hendry, 1987 y Spanos, 1986): a) El modelo es coherente con respecto a los datos. Esto significa que el modelo debe de reproducir adecuadamente el comportamiento de los datos y por tanto no mostrar algún patrón sistemático en el comportamiento del término de error; b) El modelo es admisible con respecto a los datos. Esto es, el modelo está en condiciones de realizar simulaciones y proyecciones con estabilidad en los parámetros; c) El modelo debe ser consistente con la teoría económica. En este sentido, los valores de los parámetros deben de corresponder con los valores sugeridos por la teoría;¹² y d) El modelo debe de englobar otros modelos. En esencia, el modelo final debe explicar las características básicas de los modelos previos.¹³

Finalmente, también se debe de considerar la estructura estadística y probabilística de las variables económicas asociadas a los conceptos de orden de integración, cointegración y de regresión espuria (Maddala, y Kim, 1998). De hecho, la identificación las principales características desde el punto de vista probabilístico de las series económicas es fundamental para la construcción de modelos econométricos adecuados.

2.1.2. Modelos dinámicos

¹¹ Este representa una primera aproximación al DGP y en el que se presupone una combinación consistente entre la especificación teórica y la estructura estocástica del proceso. Así, en el Mecanismo se sintetiza la información teórica y empírica del DGP (Granger, 1990).

¹² Esto significa que reproduce adecuadamente el comportamiento de los datos y no existe un comportamiento sistemático en el término de error. En particular, los errores no rechazan la prueba de normalidad y no existe evidencia de autocorrelación o heteroscedasticidad.

¹³ Estos constituyen una guía para determinar los casos donde el modelo econométrico puede considerarse como una aproximación adecuada al DGP. Considerando además que cada uno de estos criterios corresponde a pruebas de diagnóstico específicas (Galindo, 1995a).

Los modelos dinámicos se utilizan en la estimación de la demanda de gasolina esencialmente para capturar el hecho de que la adaptación lleva tiempo (Sterner y Dahl, 1992). Si circunstancias tales como cambios en el ingreso o en precios en el periodo t , hacen que el consumidor reaccione, por ejemplo, cambiando el automóvil o desplazándose de residencia, esto afectará al consumo de gasolina. Entonces, lo más probable es que estos cambios afectan a la gasolina por algunos años más. Por lo que, se puede señalar que el consumo de gasolina en el periodo t no sólo es una función de la actual estructura de ingresos y precios, sino también de los ingresos y precios del pasado.

Asimismo, en los modelos con variables que son series temporales, es típico considerar retardos tanto en las variables dependientes como de las variables independientes en cuyo caso se estará en presencia de modelos dinámicos. Por tanto, un modelo dinámico general tiene la siguiente expresión:

$$\text{xvi) } g_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \lambda_i g_{t-i} + \sum_{i=0}^q \gamma_i y_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i p_{t-i} + \varepsilon_t$$

donde q y p son el número de rezagos de las variables independientes y_t y p_t , y dependiente g_t , respectivamente, α es la constante, λ_i , γ_i y β_i son los vectores de coeficientes de las variables dependiente e independientes y ε_t es el término de error aleatorio. De hecho, a este modelo se le conoce también como un modelo ARDL.¹⁴

Esta formulación, permite distinguir entre las elasticidades de corto y largo plazos. Así, en el análisis de la demanda de gasolina se debe distinguir entre el corto y el largo plazos. Esto es porque la respuesta de los agentes económicos ante choques aleatorios no es de manera inmediata. En efecto, la conducta de los consumidores varía de acuerdo con el período de tiempo en el que ajusta sus expectativas de consumo ante los cambios en el ingreso y en los precios. La idea proviene del hecho de que existen eventos que tienen efectos que persisten en el tiempo, es decir, que dada alguna causa, se produce un efecto después de algún tiempo, tal efecto no se percibe sólo en punto en el tiempo, sino que es distribuido sobre él.

¹⁴ Un modelo de retardos distribuidos también consiste en una ecuación de regresión en donde se incorporan rezagos tanto de las variables dependientes, como del conjunto de las variables independientes y se asume que el término de error es no correlacionado y es homoscedástico, Pesaran y Shin (1999).

En el corto plazo, el consumo de gasolina por parte de los individuos es fijo, sólo cambia paulatinamente a medida que se reemplaza. Es decir, los consumidores sólo determinan la tasa de consumo de la gasolina. Por lo tanto, los desplazamientos a lo largo de la curva de demanda seguramente serán mucho mayores en el largo plazo. Por tanto, en el largo plazo se puede cambiar el tipo de combustible, cambiar el modo de transporte o desplazarse de residencia.¹⁵ Así por ejemplo, si el precio de las gasolinas aumenta, en el corto plazo se disminuirá la intensidad con que utiliza el transporte automotor. Sin embargo, en el largo plazo se podría reemplazar el automóvil por otros que usan otros combustibles, o bien adquirir automotores que consuman menos gasolina.

Por otro lado, en la estimación simultáneamente de las elasticidades de corto y largo plazos, puede presentar problemas de identificación de numerosos parámetros si el número de rezagos elegido es muy grande. Sin embargo, este problema se puede solucionar mediante algunas restricciones a la estructura de los rezagos. Del mismo modo, es posible realizar inferencia sobre los parámetros de corto y largo plazos a partir de los estimadores del método de regresión Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) sobre las relaciones entre g_t y las variables explicativas. Esto resulta válido, siempre y cuando se cumpla: Que el ε_t no esté correlacionado, que las variables explicativas y_t y x_t sean estrictamente exógenas y que exista una única relación a largo plazo entre y_t y las variables explicativas, independientemente de que estas sean I(0), I(1) o mutuamente cointegradas, (Pesaran y Shin, 1999).

De esta manera, esta metodología resulta ser una alternativa conveniente para estimar la demanda de gasolinas.¹⁶ Debido a que permite modelar el comportamiento del consumo de combustibles a través del tiempo. Así, las estimaciones de la relación entre las variables explicativas de la demanda y el consumo de gasolinas permiten calcular las elasticidades de corto y largo plazos. Además, la metodología presentada es igual de atractiva frente a esquemas sugeridos por Engle y Granger (1987) y Johansen (1988 y 1995).¹⁷

2.2 Evidencia empírica

¹⁵ Suele ser más fácil hallar sustitutos para un bien a largo que a corto plazo. Por ello, la demanda tiende a ser más elástica a largo que a corto plazo (Varian, 1992).

¹⁶ Por lo tanto, el enfoque no debe considerarse como un sustituto sino como alternativa del enfoque de cointegración, lo cual es útil cuando se ha establecido que sólo hay una relación a largo plazo entre las variables objeto de estudio.

¹⁷ Para los cuales se necesita, en primer lugar, verificar 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 de largo plazo. Finalmente, de acuerdo con el Teorema de Representación

2.2.1. Evolución de las gasolinas, producto y precios

La evolución y sus componentes tendenciales¹⁸ del PIB, de la demanda de las gasolinas y los precios relativos de las gasolinas de la economía mexicana se presentan en la gráfica 1. Las series del PIB y consumo de gasolinas mantienen, durante todo el periodo, un comportamiento cíclico, fuertemente autocorrelacionado en torno a una tendencia ascendente (Blanchard, 1997). Las estadísticas básicas de las series reportan que para el caso de México, la evolución del PIB y el consumo de gasolinas, se mantuvieron relativamente estables a lo largo del periodo de análisis, en tanto que los precios de las gasolinas muestra una mayor dispersión en su tasas de crecimiento.¹⁹

de Granger (Granger, 1986 y 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.

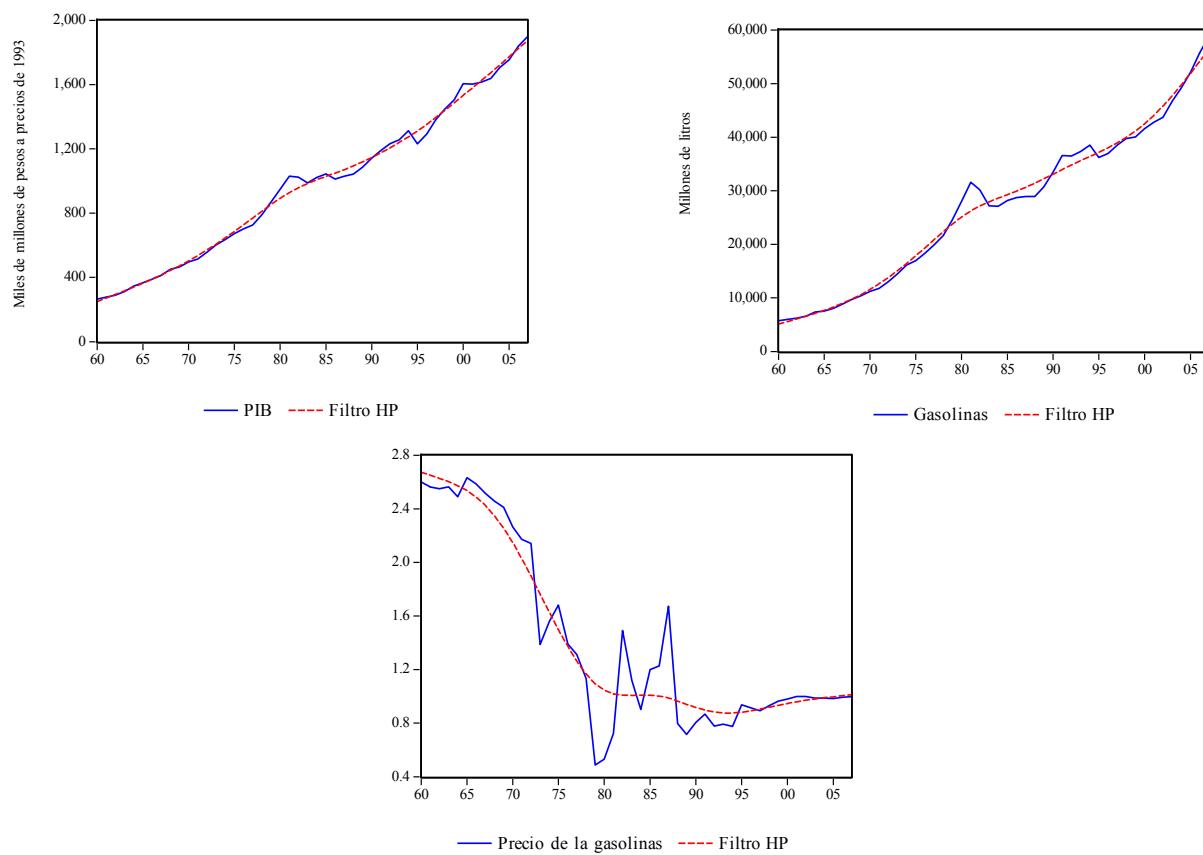
¹⁸ Calculado a través del filtro Hodrick-Prescott (HP) (Hodrick y Prescott, 1997). El filtro HP asume que una serie de tiempo se puede descomponer en una tendencia y en un ciclo. Considerando que el componente de crecimiento (g_t) varía suavemente a lo largo del tiempo, esta ruta puede aproximarse por la suma de los cuadrados de su segunda diferencia como:

$$\text{Min}_{\{g_{t-1}^T\}} \left\{ \sum_{t=1}^T c_t^2 + \lambda \sum_{t=1}^T ((g_t - g_{t-1})(g_{t-1} - g_{t-2}))^2 \right\}$$

donde $c_t = y_t - g_t$, y λ representa un número positivo, el cual penaliza la variabilidad del componente de crecimiento de las series.

¹⁹ La tasa de crecimiento anual promedio del PIB para el periodo de 1980 a 2007 fue de 2.6%, por su parte el consumo de gasolina presenta una media de crecimiento para el mismo periodo de análisis de 2.8%. Por último, los precios relativos de la gasolina durante este mismo período presentan movimientos en su crecimiento promedio de alrededor del 2.3 %.

Gráfica 1
Consumo nacional de gasolinas, PIB y precios relativos de las gasolinas en México, 1960-2007



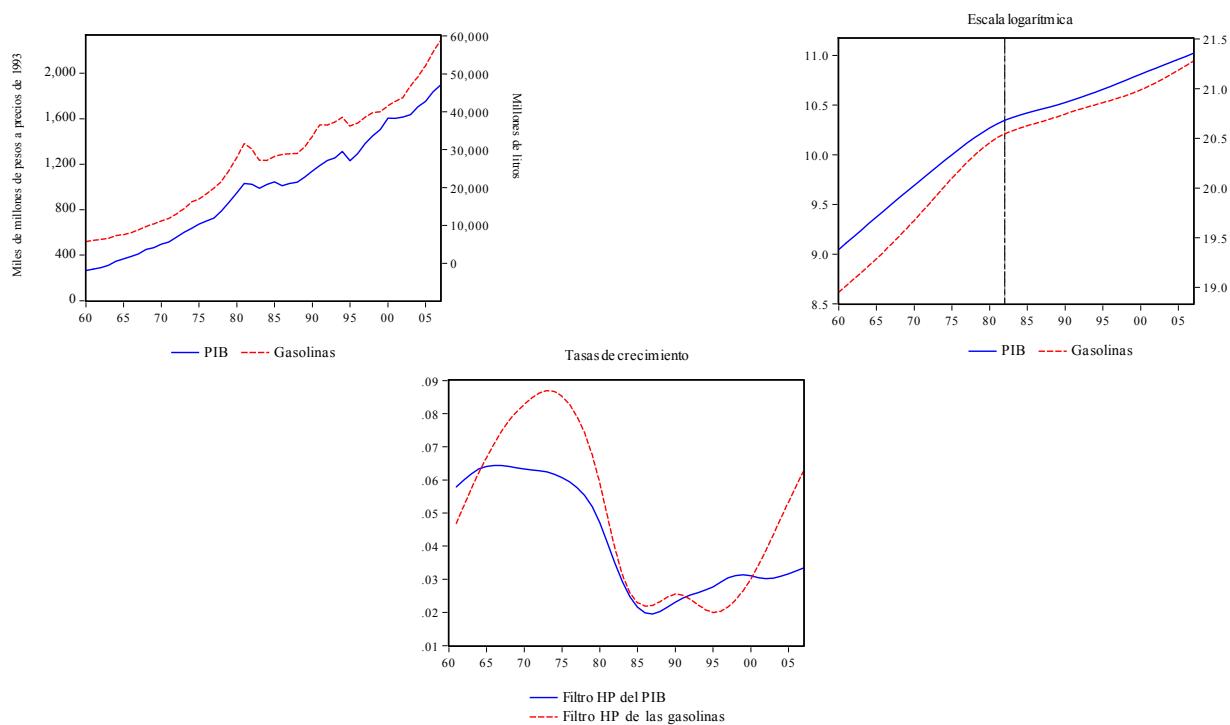
Fuente: Elaboración propia con base en la información estadística de PEMEX, BANXICO e INEGI.

Asimismo, en una perspectiva de largo plazo puede identificarse que el PIB y el consumo de gasolinas mantienen una tendencia ascendente común desde 1960 hasta 2008 (gráfica 2). No obstante, se observa que el consumo de gasolinas, a partir del 2000, presenta una tendencia diferente, con un ritmo de crecimiento mayor respecto al conjunto de la economía.²⁰ También, se aprecia una reducción paulatina en la trayectoria de ambas series en 1982 y 1995 que corresponde a fases de crisis y de la aplicación de políticas orientadas a un cambio estructural de la economía.²¹

²⁰ De 2000 a 2007 el consumo de gasolinas reporta una tasa de crecimiento anual promedio de 4.42% en tanto el conjunto de toda la economía presentó un crecimiento de 2.12% promedio anual en términos reales.

²¹ Con el filtro HP, permite identificar determinados patrones de comportamiento sistemático en las tasas de crecimiento del PIB y el consumo de gasolinas. Así, se observa en 1982 un punto de inflexión en el crecimiento tendencial de largo plazo, que se identifica como un cambio en la pendiente de la tendencia, hacia un menor ritmo de crecimiento. De igual forma, se observa que a partir de la presente década el crecimiento potencial del PIB es menor respecto al que presenta el consumo de gasolinas en México. El grado de asociación entre la demanda de gasolina y el PIB es muy alto, con un coeficiente de correlación de 99%.

Gráfico 2
Relación demanda de gasolina y la actividad económica en México, 1960-2007

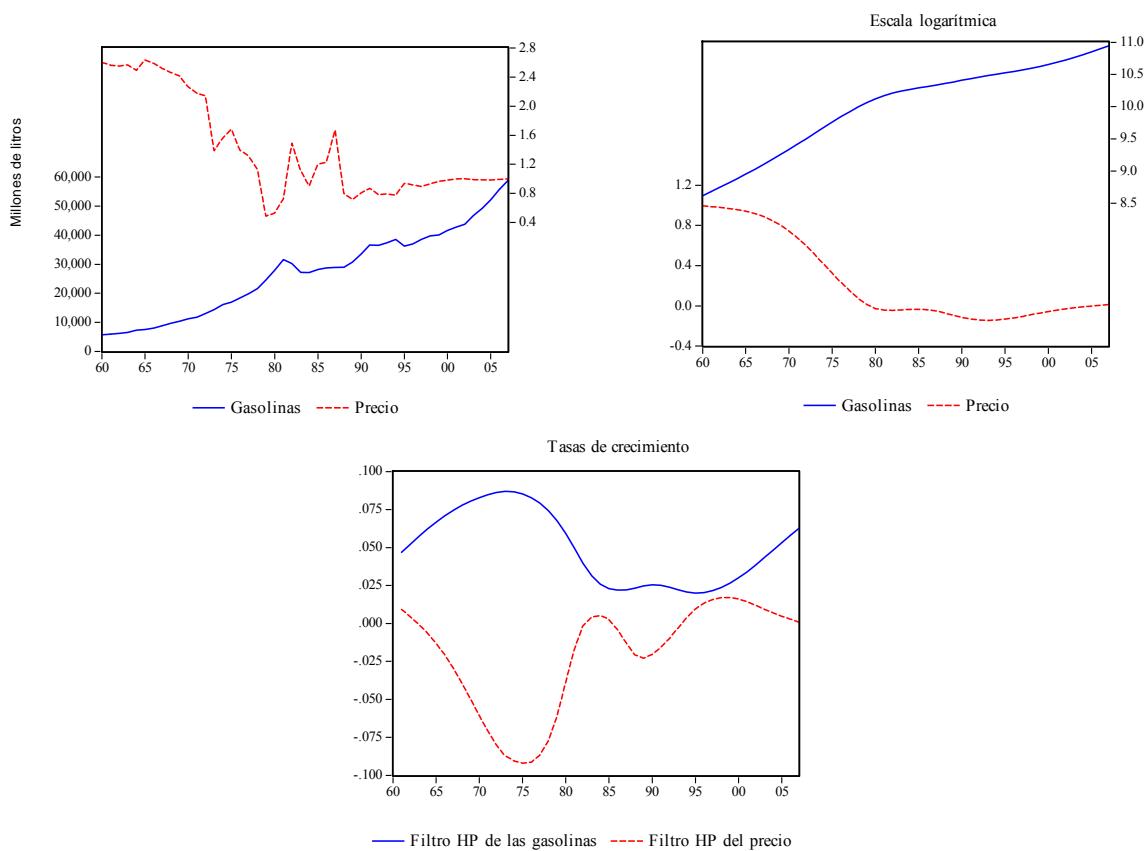


Fuente: Elaboración propia con base en la información estadística de INEGI y PEMEX.

En la gráfica 3 se presentan la evolución del consumo de gasolinas y sus precios, sus componentes tendenciales y sus tasas de crecimiento promedio. Se observa que hasta finales de la década de los ochenta, los precios muestran cambios significativos en su tendencia. Sin embargo, a partir de la década de los noventa su trayectoria se comporta relativamente estable con una tasa de crecimiento anual promedio de 1.2%. Igualmente, podemos observar que mientras se contraen los precios relativos de las gasolinas, el consumo de gasolina se incrementa.²²

²² De hecho, se puede apreciar el grado de asociación entre la demanda de gasolina y los precios es alto (pero con signo negativo) con un coeficiente de correlación de 69%. Esta asociación muestra como la demanda de gasolina es sensible a los cambios en el precio. Sin embargo, esta asociación ha venido reduciéndose los últimos años, probablemente, como consecuencia de la mayor eficiencia energética de la economía y la entrada en operación de otras fuentes de energía, como el gas natural, que ha ampliado las posibilidades de sustitución en el transporte público.

Gráfico 3
Relación demanda de gasolinas y los precios de la gasolinas en México, 1960-2007



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

2.2.2. Resultados del Modelo

En principio, las estimaciones de la función de la demanda de las gasolinas se basaron 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, donde su media, su varianza y su covarianza se mantiene constantes a lo largo del tiempo y que deriven propiedades estadísticas óptimas en términos de la modelación econométrica (Enders, 2004). Asimismo, en el 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 y evita el problema de la regresión espuria.

En este sentido, 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, incluye las pruebas de raíces unitarias: Dickey-Fuller Aumentada (ADF) (1981), Phillips-Perron (PP) (1988) y de Kwiatkowsky, *et al.* (KPSS) (1992).²³ El conjunto de estos resultados indica que la demanda de gasolina es una serie no estacionaria I(1). Los resultados sobre el producto y los precios relativos de las gasolinas también sugieren, que las series son no estacionarias I(1).

Cuadro 2
Pruebas de raíz unitaria

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

Nota: Los valores en negrillas indican rechazo de la hipótesis nula al 5% de significancia. Los valores críticos al 5% para la prueba Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron, 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_t 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 1960-2007.

Considerado el orden de integración de la series, el siguiente paso, fue la estimación de la posible presencia de cointegración entre las series. Así, se continuó con la estimación de modelos que cumpliesen con los criterios de correcta especificación estadística. La prueba de cointegración de acuerdo al procedimiento ECM²⁴, muestra que se rechaza la hipótesis nula de no cointegración en el conjunto de las variables consideradas (cuadro 3). Sin embargo, los resultados reportaron poca significancia estadística por parte de los precios.

²³ La mayoría de las pruebas de raíz unitaria están sujetas a la crítica de bajo poder estadístico ante la presencia de cambios estructural en las series económicas, Maddala y Kim (1998). Así, las pruebas de raíces unitarias realizadas en este documento deben de considerarse sólo como indicativas.

²⁴ Test de cointegración a partir de la estimación del MCE. Bajo la hipótesis nula los residuales se consideran no estacionarios, es decir, no existe cointegración entre las variables.

Cuadro 3
Test de cointegración a partir de la estimación del modelo de MCE

Variable dependiente, Δg_t	Variables	Coeficiente	Estadístico t	Probabilidad
Δy_t		0.839	8.053	0.000
Δp_t		-0.032	-1.901	0.064
Δg_{t-1}		0.289	3.635	0.001
u_{t-1}		-0.286	-3.557	0.001

Notas:	
Estimación por OLS	
R^2	0.765
Durbin Watson	1.616
Normalidad Jarque-Bera: 0.9105 (0.3847)	
Autocorrelación LM (3 rezagos): 2.4289 (0.0798)	
Heteroscedasticidad ARCH (3 rezagos): 0.8957 (0.4520)	

Entre las principales causas se puede destacar el orden de integración de las series. Una de las características fundamentales de la mayoría de las series económicas es que tienen una trayectoria no estacionaria. Como consecuencia de ello es común utilizar diversas pruebas de raíces unitarias para identificar adecuadamente el orden de integración de las series. Sin embargo, en el caso de que las series analizadas presenten cambios estructurales o una tendencia determinística, la mayoría de estas pruebas presentan un bajo poder en términos estadísticos (Maddala y Kim, 1998).

De hecho, en el caso de los precios relativos de la gasolina, en principio debería de resultar una serie estacionaria. Sin embargo, las pruebas respectivas indican que es una serie de orden de integración I(1). Este resultado muestra que las series consideradas en este análisis presentan propiedades estocásticas diferentes que deben de ser consideradas en la modelación econométrica. Así, las pruebas de raíz unitaria pueden mostrar que el orden de integración es distinto y que además muestran cierta inestabilidad, lo que dificulta la identificación de una relación estable de largo plazo (Maddala y Kim, 1998).

En este sentido, cuando se aplican métodos de cointegración, pueden presentar las siguientes dificultades: Problemas en la solución de la dimensión del espacio de cointegración (Johansen, 1995); e inestabilidad en los parámetros del vector de cointegración (Hansen y Johansen, 1999). Por

tanto, existe la posibilidad de que el vector de cointegración cambie en un punto en el tiempo (Gregory y Hansen 1996). Entonces como solución, implicaría re-especificar la ecuación de cointegración incluyendo variables dummy que considere la presencia de cambio estructural (Johansen, Mosconi y Nilsen, 2000).

Sin embargo, al incluir una variable dummy en el espacio de cointegración implica que se asume que las trayectorias de las series, no son homogéneas o que algunas de las series contienen una trayectoria estacionaria. Esto implica problemas para distinguir correctamente entre las relaciones de corto y largo plazo. En este contexto, la evidencia empírica sugiere que no es evidente el orden de integración de los precios y por lo tanto se desconoce el modelo tras utilizar las técnicas de cointegración. Como consecuencia de ello, se debe de elegir entre usar técnicas que son óptimas bajo supuestos muy restringidos que difícilmente se cumplen en la práctica o utilizar otros métodos cuya consistencia teórica no es óptima pero que permitan obtener resultados relativamente razonables.

De esta manera, se optó por estimar un modelo ARDL con MCO. La estimación busca identificar un patrón regular a partir de la evolución del nivel de ingreso y los precios de las gasolinas. El modelo se estimó a partir de una especificación general hasta obtener un modelo econométrico final satisfactorio, utilizando el procedimiento de lo general a lo específico. El número de rezagos endógenos y exógenos son elegidos a partir de evaluar la significancia estadística de los rezagos de las variables y de considerar que no exista problemas de correlación en los residuos.²⁵ El cuadro 4 reporta los resultados entre las variables consideradas.

²⁵ El número de rezagos se elige a partir de los criterios de información de Akaike y Schwarz.

Cuadro 4
Resultados del modelo econométrico

Variable dependiente, g_t	Variables	Coeficiente	Estadístico t	Probabilidad
Constante		-5.184	-5.796	0.000
y_t		0.467	6.495	0.000
p_t		-0.078	-5.086	0.000
g_{t-1}		0.952	8.670	0.000
g_{t-2}		-0.390	-4.504	0.001
Notas:				
Estimación por OLS				
R^2		0.998		
Durbin Watson		1.847		
Normalidad Jarque-Bera: 2.4426 (0.2948)				
Autocorrelación LM (3 rezagos): 0.4916 (0.6901)				
Heteroscedasticidad ARCH (3 rezagos): 1.2638 (0.3001)				

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 de la economía mexicana. Los resultados son robustos atendiendo las pruebas econométricas.²⁶ En el cuadro 5 se presentan las elasticidades de corto y largo plazos.²⁷ 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).

²⁶ 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.

²⁷ En el estado estacionario implica que el modelo de consumo de gasolinas es:

$$g = -5.184 + 0.4667y - 0.078p + 0.952 * g - 0.390 * g$$

Cuadro 5
Elasticidades precio e ingreso de corto y largo plazos

	Corto plazo	Largo plazo
Elasticidad ingreso	0.467	1.065
Elasticidad precio	-0.078	-0.178

La proximidad de corto y largo plazos de los precios, implica que la elasticidad de los agentes económicos tiende a ajustar casi en su totalidad dentro de dos años a los cambios en los precios. Así, estos resultados confirman que movimientos en los precios pueden ser compensados parcial o totalmente por los movimientos en el ingreso.

Por otra parte, la elevada elasticidad ingreso se debe, de alguna forma a las necesidades crecientes de transporte de la población y de los sectores económicos. 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 hecho, esta conducta posiblemente esté asociada a un precio de las gasolinas que no ayuda a su utilización de manera más eficiente (Galindo y Salinas, 1997).

De igual manera, se debe considerar que la elasticidad ingreso incide en el consumo, a través de la composición y crecimiento de la flota vehicular. En efecto, el fuerte efecto de los ingresos en el consumo de gasolina se produce 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, de algún modo, contener el crecimiento rápido de la flota vehicular. Asimismo, la elevada elasticidad ingreso refleja el hecho de que el auto privado se ha convertido en un elemento fundamental en las sociedades urbanas.

De esta forma, el consumo de gasolinas en México presenta una alta elasticidad ingreso. Por tanto, con un crecimiento económico continuo, se traduciría en un aumento más que proporcional en la demanda de gasolinas, lo que resulta alarmante para el medio ambiente. Por ejemplo, con un crecimiento de la economía mexicana del 3.6% implicaría un aumento en el consumo de gasolinas de hasta 3.9%.

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 sensible al movimiento en los precios. No obstante, este efecto es relativamente mucho menor. De hecho, la evidencia empírica sugiere que la elasticidad precio, para propósitos de políticas públicas debe ubicarse alrededor de -0.41 (Goodwin, 1992). Adempero, a los valores específicos de la elasticidad precio de largo plazo obtenida, es de particular relevancia para concretar una estrategia bien definida sobre el uso de los instrumentos económicos. Así, por ejemplo, una baja elasticidad precio indica que es necesario una importante modificación en los precios (Galindo y Salinas, 1996), para obtener una reducción substancial en el consumo de las gasolinas.²⁸

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 substituibilidad del transporte privado por el transporte público, Galindo y Salinas (1997). Finalmente, un aumento de la elasticidad precio de la gasolina a través de una política de modernización y mejoramiento del transporte público puede tener efectos más positivos que el sólo aumento de precios manteniendo elasticidades precio relativamente bajas, Galindo y Salinas (1996).

2.2.2. Pronósticos de la demanda de gasolinas

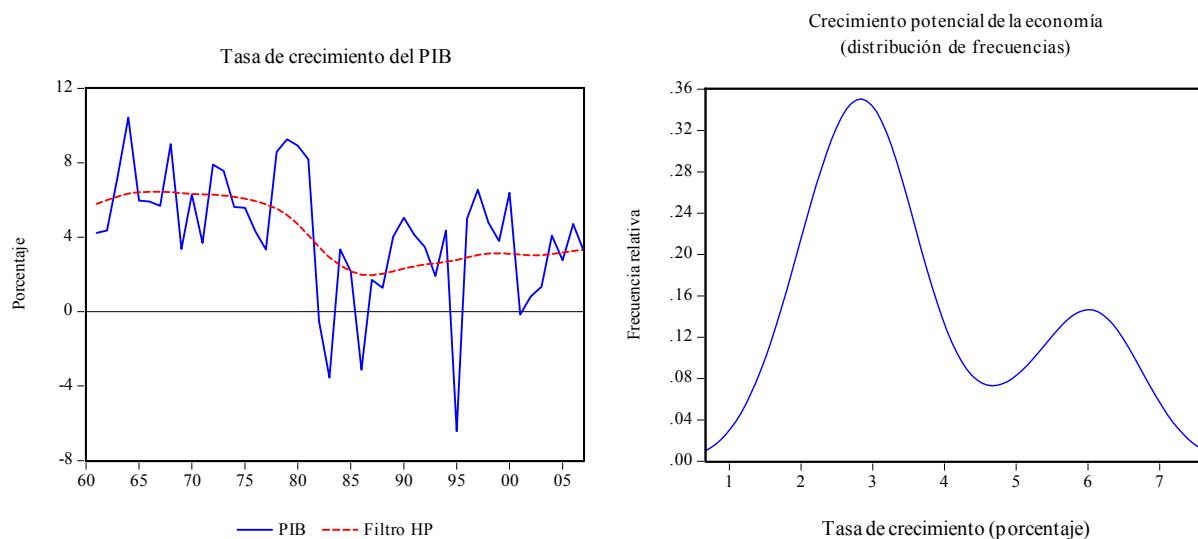
La elaboración de pronósticos con base en modelos econométricos no es una actividad sencilla. La teoría econométrica sobre la elaboración de pronósticos define que el uso de modelos sin problemas de especificación, con parámetros constantes y estimados con series estacionarias permite obtener resultados óptimos. Sin embargo, es común que se desconozca la especificación correcta y 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 HP y la distribución de frecuencias de las tasas de crecimiento del PIB (gráfica 4), se puede apreciar el crecimiento probable de largo plazo de la

²⁸ Por ejemplo, si se aplica un impuesto a las gasolinas, este puede ser un instrumento útil que contribuya a solucionar el problema de las emisiones de gases a la atmósfera en la medida en que un aumento en el precio de la gasolina se traducirá en un menor consumo y en un consumo más eficiente.

economía.²⁹ Este se ubica alrededor de 3.6% anual que muy probablemente cambie ligeramente en los próximos años.

Gráfica 4
Trayectoria de la economía mexicana (1960-2007)

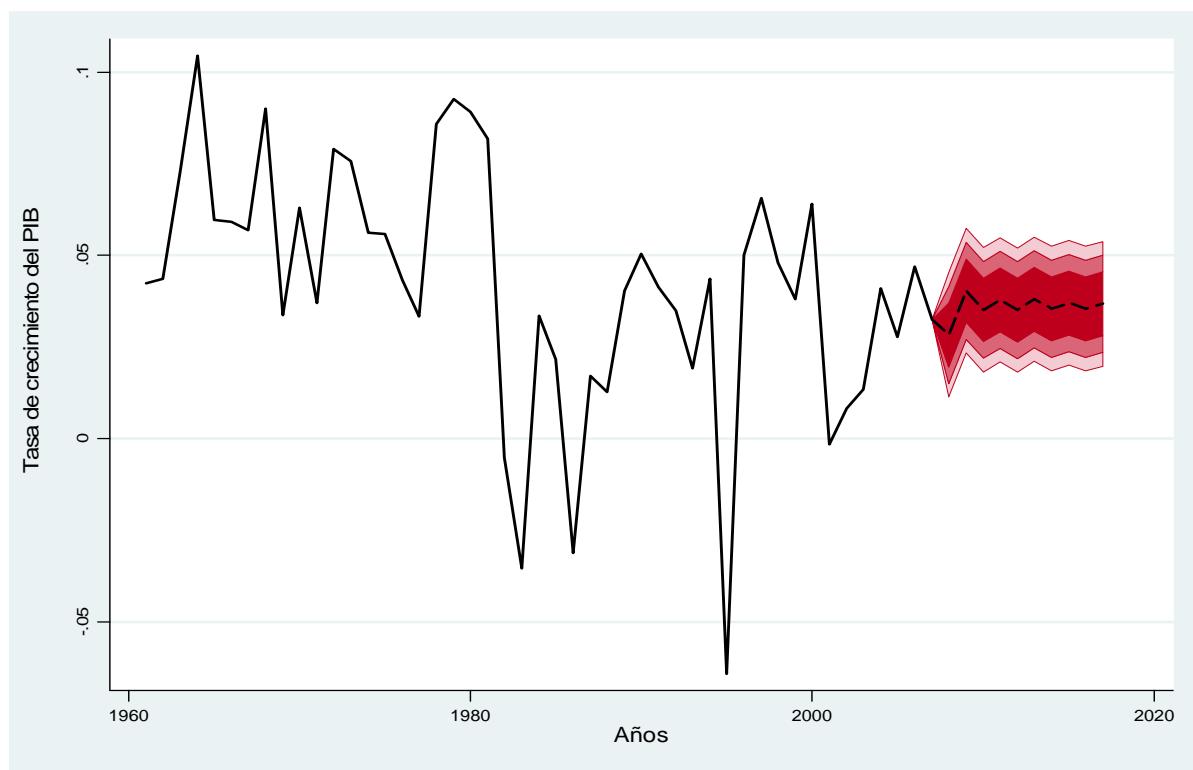


Asimismo, con base en un modelo de series de tiempo y utilizando la información del crecimiento potencial, se realizó un pronóstico del PIB para el período de 2008 a 2017. Este procedimiento es útil para la realización de una gráfica de Fan Chart.³⁰ De esta manera, la línea punteada en la gráfica 5 representa 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.

²⁹ Las tasas anualizadas de crecimiento permiten eliminar el componente estacional de la serie (Patterson, 2000) y representan un indicador de la evolución del ciclo de la serie.

³⁰ La estimación de los modelos económicos, 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 probabilidades de los valores futuros de una variable, condicionada la información conocida en el presente (Britton, *et al.*, 1998). Esta metodología,

Gráfica 5
Proyecciones del PIB 2008-2017 y bandas de probabilidad (Fan Chart)



Fuente: Elaboración propia.

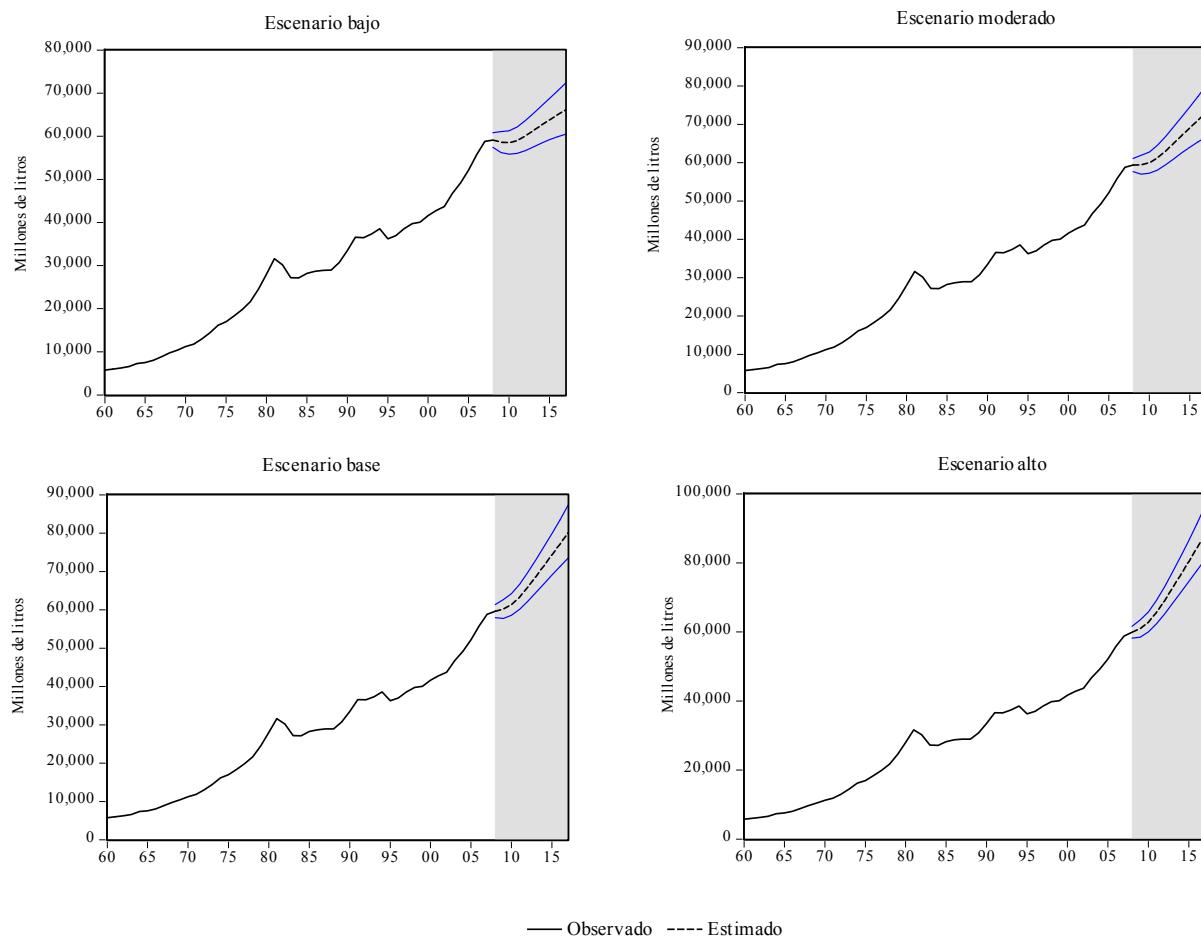
Por otra parte, en lo que se refiere a los precios de las gasolinas, bajo el escenario base se asume que los precios permanecen constantes. Ello indica que los precios de las gasolinas se incrementan en una proporción similar al incremento en el nivel general de precios. No obstante, como ejercicio ilustrativo, se utilizaron precios altos (tasa de crecimiento anual de 5.5%).³¹ 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: El primero, un escenario bajo, con un PIB bajo (2.6%) y precios altos. El segundo, un escenario moderado, con un PIB base (3.6%) y precios altos. El tercero, un escenario base, con un PIB base y precios constantes. Por último, un escenario acelerado, con un PIB alto (4.6%) y precios constantes.

Así, tomando en cuenta escenarios hasta el año 2017, se puede observar en la gráfica 6, que la tasa promedio anual de crecimiento del consumo de gasolinas con un escenario base es de 3.3%, la cual se incrementa en 4.4% con un escenario acelerado. Asimismo, con un escenario bajo y

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.

³¹ Basado en la iniciativa del gobierno mexicano de incrementar en un 5.5% el precio de gasolinas a partir de 2008 (Paz, 2008).

moderado, el consumo de gasolinas en México presenta un crecimiento anual promedio de 1.3% y 2.3% respectivamente.³² Del mismo modo, el cuadro 6 sintetiza las proyecciones sobre el crecimiento del consumo de gasolinas para México hasta 2017.

Gráfica 6**Trayectoria e incertidumbre en la predicción de la demanda de gasolinas**

Fuente: Elaboración propia.

³² Cabe señalar que los pronósticos de combustibles basados en la intensidad energética presentan como característica principal, una base histórica empírica importante. Sin embargo, pueden presentar limitaciones de no incluirse otras variables macroeconómicas (Alcántara y Duarte, 2004).

Cuadro 6
Pronósticos del consumo de gasolinas

Años	Consumo total	Consumo gasolina	Consumo diesel
Escenario bajo (PIB bajo y precios altos)			
2008	59,104.3	44,335.2	14,769.1
2012	60,036.2	45,034.2	15,002.0
2017	66,141.2	49,613.7	16,527.5
Escenario moderado (PIB base y precios altos)			
2008	59,372.5	44,536.3	14,836.2
2009	62,961.9	47,228.8	15,733.1
2017	73,042.6	54,790.5	18,252.1
Escenario base (PIB base y precios constantes)			
2008	59,621.1	44,722.8	14,898.3
2012	65,788.3	49,348.9	16,439.4
2017	80,049.0	60,046.1	20,002.9
Escenario acelerado (PIB alto y precios constantes)			
2008	59,889.0	44,923.8	14,965.2
2012	68,962.8	51,730.2	17,232.6
2017	88,317.3	66,248.4	22,069.0

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 la gasolinas, es decir, bajo un escenario inercial (*Business as Usual*), la demanda de gasolinas tiende a incrementarse. Igualmente, 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.

CAPITULO III

LA RELACIÓN ENTRE LA DEMANDA DE GASOLINAS

Y LAS EMISIONES DE CO₂

3.1 Cambio climático y consumo de energía

El cambio climático es un problema con características únicas, ya que al ser de naturaleza global, sus impactos mayores serán en el largo plazo e involucra interacciones complejas entre procesos naturales y procesos sociales, económicos y políticos a escala mundial.³³ Entre las posibles consecuencias de la intensificación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI)³⁴ y el consiguiente calentamiento global están: la elevación de la temperatura de los océanos, la desaparición de glaciares, la elevación del nivel del mar, el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climatológicos extremos, como sequías e inundaciones debido a una mayor evaporación de agua y superficies oceánicas más calientes, entre otros. Este cambio afectaría severamente la disponibilidad de agua, la continuidad de los servicios ambientales que producen los ecosistemas, y tendría importantes efectos en la salud humana, Galindo (2004).

Por otra parte, en la atmósfera hay muchos GEI, pero no todos inciden de la misma forma en el calentamiento de la atmósfera debido a que tienen concentraciones distintas y tienen una capacidad diferente de absorber la radiación terrestre, Vide, *et al.* (2007). De todos estos gases el protocolo de Kyoto considera seis: el CO_2 , el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el hexafluoruro de azufre (SF_6), los compuestos perfluorinados (PFC) y los hidrofluorcarburos (HFC).

De acuerdo con cifras oficiales del INE (2006) se estima que en 2002 México generó el equivalente a 643,183 Gg³⁵ en unidades equivalentes (UE)³⁶ de CO_2 , volumen que lo sitúa dentro de los 15 principales países emisores, con una contribución de alrededor de 1.5% de las emisiones globales. En lo que respecta a las fuentes responsables de emisiones, corresponde 61% (389,497 Gg) al sector energético; 14% (89,854 Gg) al cambio de uso de suelo (deforestación); 10% (65,584 Gg) a la descomposición de residuos orgánicos, incluyendo las plantas de tratamiento de aguas residuales y los rellenos sanitarios; 8% (52,102 Gg) a la agricultura y 7% (46,146 Gg) a los procesos industriales.

³³ Para mayor detalle del cambio climático en México véase Martínez y Fernández (2004).

³⁴ El GEI se refiere a cualquier constituyente gaseoso de la atmósfera que tiene la capacidad de absorber y re-emitar radiación infrarroja. Esos gases pueden clasificarse en aquellos generados de manera natural o aquellos emitidos como resultado de las actividades socio-económicas del hombre, INE (2006).

³⁵ El Gg es la unidad de medida de masa equivalente a 109 gramos, empleada para las emisiones de GEI. Un gigagramo equivale a 1,000 toneladas.

³⁶ Concentración de CO_2 que podría causar el mismo grado de forzamiento radiactivo que una mezcla determinada de dióxido de carbono y otros GEI.

En particular, en el sector energético las emisiones en UE de CO_2 producidas en el 2002 por la quema de combustibles fósiles en las fuentes fijas y de área (generación de energía, manufactura e industria de la construcción y otros sectores) equivalen al 61% de las emisiones en la categoría (236,028 Gg), mientras que las emisiones del sector transporte representaron un 29% (114,385 Gg) y las emisiones fugitivas el 10% (39,082 Gg), INE(2006).

En este sentido y considerando que uno de los mayores impulsores de emisiones de CO_2 es el sector transporte en la actualidad, y que existe una creciente preocupación sobre el cambio climático, es importante calcular el monto de las emisiones a la atmósfera que se producen al quemar combustibles fósiles. Además, de realizar recomendaciones de políticas públicas contra el cambio climático.

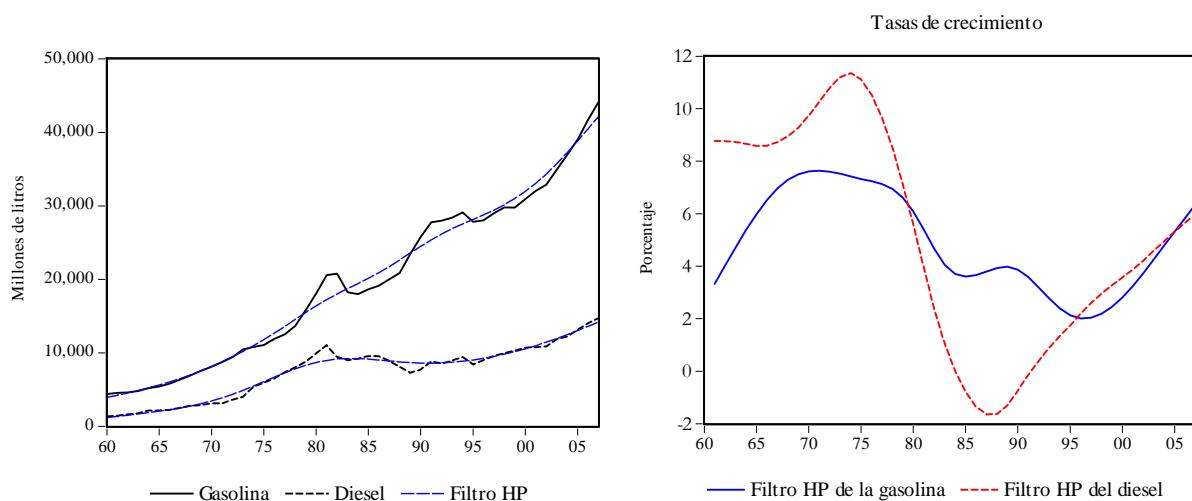
3.2 El consumo de gasolinas en México

Hoy día, la gasolina y el diesel son los combustibles más utilizados en el sector transporte en México. En efecto, 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 2007 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 75% en 2007. Por el contrario, el consumo de diesel creció a una tasa del 1.5%, reduciendo su participación relativa en 10 puntos porcentuales al pasar de una participación del 35% en 1980 a un 25% en 2007 (gráfica 7). 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.³⁷ No obstante, a partir del año 1996, el consumo de gasolinas aumenta de forma paulatina.³⁸

³⁷ Esta contracción en la demanda de gasolinas también se origina por la drástica reducción del producto y por una drástica subida de los precios (Uri y Boyd, 1999).

³⁸ Esto significó que con una recuperación del crecimiento económico en México sin una adecuada política de precios condujo a un aumento de la demanda de gasolinas con consecuencias negativas sobre el medio ambiente.

Gráfica 7
Consumo nacional de gasolinas en el sector automotor (1960-2007)



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

Por otra parte, las especificaciones de las gasolinas usadas en México han variado considerablemente a través del siglo pasado.³⁹ Hasta 1973 existían cuatro gasolinas: Mexolina (70 octanos RON⁴⁰), Super Mexolina (80 octanos RON), Gasolmex (90 octanos RON) y la Pemex 100 (100 octanos RON). Para los vehículos de esa fecha, el promedio de octano requerido en el país era del orden de 85 octanos aproximadamente. Fue así como se desarrollaron dos nuevas gasolinas, la Nova⁴¹ y la Extra⁴² en 1973, pasando posteriormente a la Extra sin plomo⁴³ en 1974, que substituyeron a las cuatro anteriores.

A partir de los años ochenta se inicia el proceso de reducción del plomo en las gasolinas (Heredia y Cibrián, 1996). En esta época se comercializaban dos tipos de productos la Nova Plus y la Extra Plus (con 81 y 92 octanos RON respectivamente). Sin embargo, se continuaba manteniendo un contenido de plomo muy significativo, por lo que antes de que concluyese la década, se vuelve a

³⁹ La calidad de la gasolina y el diesel, ha evolucionado en sus requerimientos en función del desarrollo tecnológico de los vehículos y de la normatividad en materia de emisiones resultante de la combustión de los energéticos en los motores. En 1940, apareció en el mercado la primera gasolina formulada por PEMEX a la que se denominó Mexolina, Heredia y Cibrián (1996).

⁴⁰ El número de octanos es sin duda la propiedad principal de una gasolina. Así, el octanaje indica la presión y temperatura a que puede ser sometido un combustible carburado (mezclado con aire) antes de auto-detonarse al alcanzar su temperatura de autoignición de acuerdo a la ley de los gases ideales. Existen distintos tipos de gasolinas comerciales, clasificadas en función de su número de octano. La especificación más característica es el índice de octano (MON, "Motor Octane Number", RON "Research Octane Number" o el promedio de los anteriores), que indica su resistencia que presenta el combustible a detonar (Garfias y Ayala y Díaz, 2003).

⁴¹ Con 81 octanos RON y 3.5 ml de tetraetilo de plomo (TEP)/galón (gal) máximo.

⁴² Con una composición que incluía: Plomo (pb) de 94 octanos RON y 3.5 ml TEP/gal máximo.

⁴³ Con 92 octano RON y 0.05 gramos (gr) Pb/ gal máximo.

reformular las gasolinas, y se introduce la denominada Magna SIN (hoy día Pemex Magna). Esta gasolina sustituyó a la Extra Plus, con especificaciones que incluían un casi nulo contenido de plomo y el menor contenido de azufre.⁴⁴ Asimismo, la gasolina Nova Plus se reformuló en 1990 y 1992 para reducir su contenido de azufre y modificar su contenido de benceno, fue descontinuada en 1997. En este esfuerzo por ofrecer productos de mayor calidad se introdujo en 1996 la gasolina Pemex Premium, para motores de alta compresión y con 93 octanos.

Por su parte, el diesel se produce y se consume en México desde 1938. A partir de 1986, el diesel ha venido reduciendo gradualmente los niveles de azufre, hasta llegar a un contenido máximo de 0.5% para el diesel desulfurado (Leiva y Martínez, 1999). En 1993, se volvió a reformular a un diesel bajo en azufre: Diesel SIN (0.05% azufre). En 1996, se reformuló cambiando su nombre a Pemex Diesel, éste último con un contenido de aromáticos del 30% y con un índice de cetano⁴⁵ desde 52 hasta 55, superando las especificaciones de este combustible producido en otros países (Rodríguez y Rosas, 1998).

3.3. La relación entre la demanda de gasolinas y las emisiones de CO₂

El sector del transporte es una de las fuentes más importantes de emisiones de GEI a escala mundial.⁴⁶ En efecto, es el sector clave desde la perspectiva de las emisiones de GEI (Vide, *et al.*, 2007). Esta categoría de fuentes cubre los cuatro modos de transporte: a) Automotor, b) Aéreo, c) Ferroviario, y d) Marítimo. De estos cuatro modos de transporte, el transporte automotor es considerado como el mayor emisor de GEI directo (CO_2 , CH_4 , N_2O) y de contaminantes del aire como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano ($COVDM$) y el bióxido de azufre (SO_2) (INE, 2006).

De acuerdo con las series del Balance Nacional de Energía 1965-2007 de la Secretaría de Energía (SENER) en el 2007, el consumo de combustibles en el sector transporte fue de 2153.256

⁴⁴ Sin embargo, el elemento más importante es que estaba adicionada con MTBE (Metil-Terbutil-Éter) 10% en volumen. La adición de MTBE fue con el fin de conservar un octanaje adecuado en la gasolina y así sustituir la función principal del aditivo de plomo además de reducir las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos totales (Mar, 2005).

⁴⁵ Así como el octano mide la calidad de ignición de la gasolina, el índice de cetano mide la calidad de ignición de un diesel.

⁴⁶ Así por ejemplo, en España el sector automotor aporta aproximadamente un cuarto del total de emisiones de CO₂ (Gonzalez, *et al.*, 2008). Para el caso de USA, de acuerdo con la Agencia de Protección del Medio (EPA), aproximadamente el 20% del total de las emisiones de CO₂ provienen de los vehículos de pasajeros (automóviles y camiones ligeros). En México, el subsector automotor contribuye aproximadamente con el 17% de la cantidad total de emisiones de CO₂.

Peta Jules (PJ)⁴⁷, de estos el 90.9% lo consumió el autotransporte, el 6.2% el transporte aéreo, el 1.7% el transporte marítimo y el 1.2% restante lo consumió el transporte ferroviario. La distribución de los combustibles en 2007 fue la siguiente; gasolinas, 1395.398 PJ (64.8%); diesel, 573.874 PJ (26.7%); los querosenos, 133.217 PJ (6.2%); gas licuado de petróleo 44.121 PJ (2%); y combustóleo, 6.644 PJ (0.3%).⁴⁸

De manera específica, el autotransporte incrementó su consumo de combustibles en el periodo 1990-2007, en un 70.5%, al pasar de 1147.016 PJ en 1990 a 1956.591 PJ en 2007. Su tasa de crecimiento anual promedio para ese mismo periodo es de 3.2 por ciento. El consumo porcentual de combustibles en 2007 está integrado de la manera siguiente: 71.2% gasolinas, 26.4% diesel, y 2.25% gas licuado de petróleo.

Asimismo, las emisiones en UE de CO_2 producidas en el 2007 por el sector transporte a través de la quema de combustibles fósiles equivale a 149,221 Gg, de las cuales las emisiones del sector autotransporte representaron poco más del 90% (135,591.8 Gg), las emisiones del transporte aéreo se ubican en un 6% (9,296 Gg), las emisiones del sector marítimo se sitúan cerca del 2% (2,544 Gg) y un 1,2% de emisiones corresponden al sector ferroviario.⁴⁹

Por otra parte, 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 (SENER, 2008). Por ejemplo, en el 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.⁵⁰

⁴⁷ Peta Joules (PJ) (1 PJ = 10^{15} Joules).

⁴⁸ De hecho, el sector transporte es el mayor consumidor de petrolíferos, a través del consumo de gasolina y diesel en su mayor parte, seguido por el sector energético con un consumo de 629.56 PJ. Estos sectores, cuentan con una participación en el total nacional del consumo de petrolíferos con un 66.8 y 20 por ciento respectivamente, SENER (2008).

⁴⁹ Las emisiones del subsectores: Autotransporte, aéreo, marítimo y ferroviario, aumentaron con respecto a 2002 a una tasa promedio anual de: 5.7, 6.0, 4.1, 2.5 por ciento, respectivamente. Desde luego, este aumento está relacionado con el aumento en el consumo de combustibles en este periodo.

⁵⁰ Por tipo de categoría, los vehículos compactos y subcompactos son los que tienen un mayor predominio dentro de la estructura de la flota vehicular, la mayor proporción son impulsadas por gasolina. En el período 2002-2007 el parque vehicular se incrementó en 5.8 millones para alcanzar los 20.6 millones. Por su parte, los vehículos a diesel en 2007, vio incrementada la demanda de este petróleo en un 35.4% respecto a 2002, como resultado del incremento en 309.1 miles de vehículos, lo que significa la existencia de un parque vehicular de 885.8 miles de unidades. Cabe mencionar que el ritmo de crecimiento anual de estos automotores fue mayor que los vehículos a gasolina, lo que refleja un marcado dinamismo debido a las ventajas que presentan estos motores (SENER, 2008).

Otro asunto importante en este contexto, es la cantidad de emisiones de CO_2 que se emite al quemar gasolina o diesel. Así, por ejemplo, las emisiones de CO_2 provenientes del diesel, tiene un mayor factor de emisión⁵¹ que el de la gasolina. Considerando que en el cálculo de las emisiones de CO_2 , los factores de emisión⁵² están basados en el contenido de carbono del combustible.⁵³ Para 2007, los motores de gasolina y diesel emitieron en promedio 2.248 kg y 2.867 kg de CO_2 por cada litro quemado, respectivamente.⁵⁴ De esta manera, la quema gasolina en los vehículos emite más CO_2 que el diesel, no por su composición química, sino por la cantidad de litros que se consume (Sullivan, *et al.*, 2004).

En suma, es de gran importancia destacar que el sector autotransporte representa el sector más importante de cara al desarrollo de políticas encaminadas a la reducción de emisiones de GEI.⁵⁵ 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).

3.4 Metodología para estimar las emisiones de CO_2 procedentes de la quema de combustibles fósiles y evidencia empírica

El método general de estimar las emisiones del sector transporte es la multiplicación de un factor de emisión por un nivel de actividad.⁵⁶ Esta metodología es recomendada por las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (PICC)⁵⁷ para elaborar estimados detallados de emisiones por sector.

Así, en la literatura técnica relacionada con el transporte automotor, se manejan dos criterios igualmente aceptables para estimar las emisiones de GEI del transporte automotor (INE, 2006). La estimación de las emisiones de los GEI y de los gases contaminantes del aire requiere de la

⁵¹ El factor de emisión corresponde a la unidad de conversión para estimar emisiones a partir de datos de actividad. Se expresa en unidades de cantidad de emisiones por unidad de masa de la actividad o fuente generadora de GEI.

⁵² El factor de emisión de la gasolina es 69,300 kg / TJ (TJ = Tera Joules ($1\text{ TJ} = 10^{12}$ Joules) y para el diesel es 74,100 kg / TJ , (IPCC, 2006).

⁵³ Las gasolinas están compuestas por moléculas que agrupan átomos de carbono e hidrógeno. Ordenados en formas de cadenas, la gasolina utiliza el octano (C_8H_{18}), mientras que el diesel utiliza el cetano ($C_{16}H_{34}$). Cuando las gasolinas se quema, el carbono se une al oxígeno del aire para formar CO_2 .

⁵⁴ Suponiendo, que el sector automotor en México aproximadamente utiliza 7 litros de gasolina y 6 litros de diesel por cada 100 km. Por tanto, en promedio se emiten 157 ó 172 gramos de CO_2 por kilómetro recorrido en caso de utilizar gasolina o diesel.

⁵⁵ 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 NOx), Burón, *et al.* (2004).

⁵⁶ El nivel de actividad es el indicador de la intensidad con la que se efectúa una cierta actividad económica.

selección adecuada del método de estimación, de los datos de actividad y de los factores de emisión. En el volumen 2 de las Directrices del PICC (IPCC, 2006) se describen dos métodos para estimar las emisiones de CO_2 procedentes de la quema de combustibles en el transporte automotor.

El método de nivel 1 (o método sectorial), calcula las emisiones de CO_2 básicamente aplicando los mismos pasos utilizados en el método de referencia de las fuentes fijas de combustión. Éste, únicamente necesita determinar las cantidades finales del consumo por tipo de combustibles de la categoría de fuentes y multiplicar por los factores de emisión que se señalan en el Manual de Referencia.

Por su parte, el método de nivel 2 (o método de referencia), estima las emisiones detallando la información de actividad a través de información específica relacionada, en el transporte, con el tipo de vehículos, combustibles consumidos y características tecnológicas empleadas. Utiliza dos pasos: En el primer paso, se estima el consumo por tipo de combustible y por tipo de vehículo. En el segundo paso se estiman las emisiones totales de CO_2 multiplicando el consumo de combustible por un factor de emisión adecuado para el tipo de combustible y el tipo de vehículo.⁵⁸

Así, para el caso de las emisiones de CO_2 , el nivel de actividad es el consumo de energía anual expresado en TJ . El factor de emisión será pues la emisión por TJ y dependerá del contenido de carbón del combustible y del grado de oxidación que se logre en el equipo de combustión. Debido a que no se cuenta con valores nacionales o regionales se utilizaron los valores por defecto indicados en el cuadro 1.3.- Default values of carbon content (IPCC, 2006). Así para la gasolina el valor por defecto es 18.9 tC/TJ , donde tC = toneladas de carbón, y para el diesel 20.2 tC/TJ .

El paso final en la estimación de las emisiones de CO_2 derivadas del consumo de combustibles fósiles, es la conversión de las unidades de carbono a unidades de CO_2 . Por tanto, las emisiones reales de carbono se multiplican por la relación de peso molecular a peso atómico de CO_2 a Carbono (44/12) para obtener el CO_2 total emitido de la combustión de los combustibles fósiles en

⁵⁷ Directrices del PICC, se refiere a los manuales del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: Los manuales de trabajo y de referencia y las instrucciones para el informe del inventario.

⁵⁸ De acuerdo con la INE (2006), resulta necesario señalar las razones por las cuales se elige cualquiera de estos dos criterios. En esta investigación, la elección del primer criterio, es debido a que no fue posible contar con información estadística suficiente sobre la distribución detallada de vehículos a escala nacional, cuantos vehículos realmente existen, de la distancia recorrida por los vehículos y de los rendimientos de combustible promedio. Además, de que los datos de actividad son efectivamente consumos de combustibles registrados de manera oficial.

Teragramos (Tg) (millones de toneladas), (Table 1.4.- Default CO_2 emission factors for combustion, IPCC, 2006).

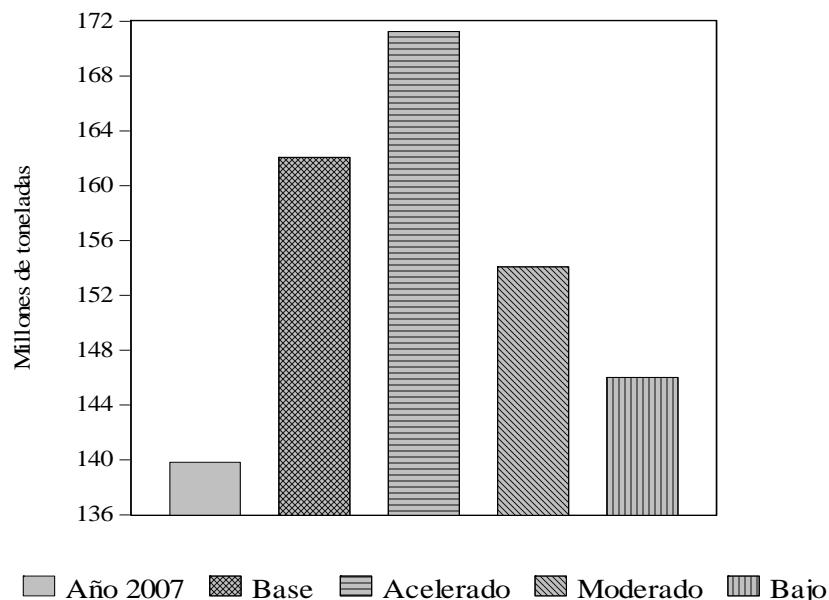
De esta manera, las emisiones estimadas de CO_2 del consumo de gasolina de 2007 hasta 2017, con base en los factores de emisión y en el pronóstico del consumo de gasolina (escenario base), se presentan en la cuadro 7. Los GEI del autotransporte, están expresados en unidades de Tg de UE de CO_2 . Por último, asumiendo un promedio de 2.6 toneladas de CO_2 por 1000 litros de gasolinas, en la gráfica 8 se presenta el promedio anual de emisiones de UE CO_2 , por distintos escenarios.

Cuadro 7
Emisiones de CO₂ de la demanda de gasolinas (Tg)

Años	Emisiones totales de CO ₂	Emisiones de CO ₂ (Gasolina)	Emisiones de CO ₂ (Diesel)
2007	139.844	97.829	42.015
2008	141.776	99.161	42.615
2009	142.993	100.012	42.981
2010	145.781	101.962	43.819
2011	150.455	105.231	45.224
2012	156.441	109.418	47.023
2013	163.044	114.036	49.008
2014	169.808	118.767	51.041
2015	176.573	123.499	53.074
2016	183.384	128.263	55.122
2017	190.352	133.136	57.216

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 8.- Promedio anual de CO₂ por consumo de gasolinas con distintos escenarios (2008-2017)



Fuente: Elaboración propia.

3.5 Implicaciones de política económica

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 (2007), se situaron en 139.8 Tg, con un crecimiento anual promedio de 5.9%. Para el 2017, considerando el escenario base, se emitirán 162.1 Tg anual promedio, con una tasa de crecimiento anual promedio del 3.3%. Por tanto, existen razones más que justificadas para considerar los motivos que nos han conducido a realizar este documento, así como intentar mostrar las posibles trayectorias que pueden tomar estas emisiones de no comprenderse sobre las necesidades de políticas ambientales correctas.

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. En efecto, emite el 65.6% del total de emisiones que provoca el sector energético. Asimismo, existe una estrecha relación entre crecimiento económico y consumo de gasolinas. De acuerdo con las estimaciones de la demanda de gasolinas, se reporta una elasticidad ingreso superior a uno. De ahí la importancia que se tiene que establecer entre

comportamiento económico y consumo de gasolinas. Efectivamente, las políticas encaminadas a la reducción de emisiones pueden contraponerse con los objetivos de crecimiento y desarrollo económico de la sociedad. Esto indica que es necesario instrumentar una estrategia que incluya medidas sustanciales para separar el crecimiento económico de las emisiones.

De igual forma, la instrumentación de una política que regule el consumo de combustibles basada en el uso de instrumentos económicos no es una tarea fácil (Galindo y Salinas, 1997). Utilizar una 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, como se observó, tienen 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.

Por otra parte, 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. Para ello, se requiere la realización de modificaciones en las gasolinas, para obtener productos menos contaminantes y controlar sus emisiones contaminantes.⁵⁹ No obstante, en la búsqueda de alternativas para mejorar la calidad del aire. La gasolina no es el todo, más bien se requiere que la dupla “combustible-vehículo” presente el mismo desarrollo tecnológico, para que la suma de ambos permita lograr el máximo beneficio ambiental donde se tienen problemas de deterioro de la calidad del aire. Así, el esfuerzo conjunto de la industria automotriz y la petrolera, permitirá transitar hacia una reglamentación en materia de emisiones vehiculares más estricta, que permita disminuir los efectos de la demanda de gasolinas en el cambio climático.⁶⁰

También, se debe de fomentar el aprovechamiento de fuentes sustitutas del petróleo, como los provenientes de las fuentes renovables.⁶¹ Sin embargo, será necesario e importante calcular su eficiencia energética, así como el monto de las emisiones a la atmósfera que se producen al usar este tipo de combustibles, con la finalidad de un mejor aprovechamiento.

⁵⁹ Las reformulaciones consisten en elaborar una gasolina con menor contenido de compuestos tóxicos. Con ello, su combustión emite menos contaminantes y en su manejo hay menor evaporación.

⁶⁰ 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).

⁶¹ Esto es, la introducción de tecnologías alternativas vehiculares, como son híbridos a gasolina o diesel, diesel-gas natural y biocombustibles.

En suma, tomando en cuenta la elasticidad ingreso superior a uno 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 puede resolver el problema. No obstante, puede ser exitosa en el control de la contaminación de la atmósfera, si necesariamente esta acompañada principalmente de las siguientes políticas: Una modernización de la flota vehicular⁶² que mejore su eficiencia energética y reduzca su emisión de gases contaminantes (Schäfer y Jacoby, 2006); un óptimo consumo de combustibles fósiles, a través 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 substituibilidad con el transporte privado;⁶³ de una mejora en las gasolinas⁶⁴ y de establecer 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. Además, del cumplimiento de diversos compromisos de los programas de cambio climático.⁶⁵

⁶² La renovación de la flota requiere de acciones inmediatas, a través de 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 y reduce sustancialmente las emisiones de CO₂ (Schipper, *et al.*, 2002 y Zervas, *et al.*, 2006).

⁶³ 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).

⁶⁴ 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 (González, 2005).

⁶⁵ Como 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).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES

Las condiciones actuales del sector transporte en México son uno de los factores que más contribuye a la contaminación del aire y a un uso irracional de recursos energéticos que hacen difícil transitar hacia la senda de un desarrollo económico sustentable. El consumo de gasolinas, es una demanda que se deriva de las necesidades de transporte de la población y responden por tanto a un conjunto de factores tales como las formas de distribución urbana y los mecanismos y disponibilidad de transporte de personas y mercancías. En este sentido, debe reconocerse que el comportamiento de esta variable es ciertamente complejo aunque puede asociarse como cualquier otra demanda a factores de gasto-ingreso y a los precios correspondientes.

Los resultados obtenidos muestran que el consumo de gasolinas es particularmente sensible a la trayectoria del ingreso y poco sensible a los precios. Estos coeficientes reflejan las posibilidades y limitaciones de aplicar políticas exclusivamente de precios en un contexto de crecimiento económico moderado. En efecto, las proyecciones indican que, incluso con niveles relativamente bajos de crecimiento económico, y con precios relativamente altos, el uso de combustibles aumentará sustancialmente en los próximos 10 años. De igual forma, si se considera un crecimiento económico acelerado en México sin una adecuada política de precios, conducirá a un aumento de la demanda de gasolinas con consecuencias negativas sobre el medio ambiente. De este modo, de mantenerse un elevado ritmo de crecimiento económico en México en los próximos diez años, el aumento de combustibles y sus emisiones serán incompatibles con un desarrollo sustentable.

Dada la actual dependencia de los combustibles por el sector transporte, necesariamente da lugar a un aumento considerable de las emisiones de CO_2 . De esta manera, en la formulación de políticas económicas, requiere avanzar en la definición de su estrategia sobre cambio climático a fin de reducir efectos negativos irreversibles. La definición adecuada de una estrategia para México requiere de un conocimiento de las diversas trayectorias de emisiones.

En este contexto, es necesario que en México se instrumenten diversas medidas para buscar separar el crecimiento económico del consumo de combustibles y de emisiones de CO_2 asociadas. Esto no parece posible concentrando la estrategia en una sola medida. De hecho, se sugiere que se implemente una política precios razonable acompañada necesariamente de una mejora en la composición química de las gasolinas, de innovaciones tecnológicas del parque vehicular con respecto a su eficiencia energética y reducción de emisión de gases contaminantes, así como del mejoramiento substancial del transporte público, y del aprovechamiento de fuentes sustitutos del petróleo. Asimismo, las políticas ambientales deben de considerar la sustentabilidad social,

económica y ambiental, respetando el entorno en el que se opera. Efectivamente, la energía es una variable clave para alcanzar el crecimiento y desarrollo económico que el país requiere y su suministro debe garantizarse a través de una política de desarrollo sustentable.

Finalmente, hay un mensaje importante, nos enfrentamos a un problema de largo plazo, ahora 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. Así, las políticas en el sector del transporte podrían combinar impuestos o derechos sobre las emisiones de CO_2 , para tratar con el cambio climático, basado en los impuestos diferenciados, que tomen en cuenta la contaminación atmosférica de los motores a diesel y gasolina. Esto, puede ser especialmente importante para en países en desarrollo (Sterner, 2007). No obstante, este es una herramienta de aplicación que queda fuera de este análisis.

ANEXOS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Alcantara, V. y R. Duarte (2004) "Comparison of energy intensities in European Union countries. Results of a structural decomposition analysis", *Energy Policy*, 32(2), 177-189.
- Alves, D. y R. Bueno (2003) "Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil", *Energy Economics*, 25(2), 191-199.
- 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.
- 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 (1993) "Short- and long-run elasticities in energy demand: A cointegration approach", *Energy Economics*, 15(1), 9-16.
- 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.
- Blanchard, O. (1997) "Is There a Core of Usable Macroeconomics?", *The American Economic Review*, 87(2), 244-246.
- 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.

Button, K. (1990) "Environmental Externalities and Transport Policy", *Oxford Review of Economic Policy*, 6(2), 61-75.

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

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

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.

Díaz, L. y J. Gasca (2000) "INEGEI, 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, 2^a edición.

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

Eskeland, G. y T. Feyzioglu (1997) "Is demand for polluting goods manageable? An econometric study of car ownership and use in Mexico". *Journal of Development Economics*, 53(2), 423-445.

Galindo, L. M. (1995) "La metodología econométrica moderna: Una versión aplicada", Maestría en Ciencias Económicas, UACPyP, CCH, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Economía aplicada cuadernos de trabajo, 18.

Galindo, L. (1995a) "La econometría aplicada moderna: Los mínimos cuadrados ordinarios y las pruebas de diagnóstico", Maestría en Ciencias Económicas, UACPyP, CCH, UNAM, Economía aplicada cuadernos de trabajo, 17.

Galindo, L. (2004) "El cambio climático global y la economía mexicana" en J. Martínez y A. Fernández (Compiladores) *Cambio Climático: Una visión desde México*, México.

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 (1996) “La demanda de gasolina y los instrumentos económicos en México”, *Gaceta Ecológica*, 41, 61-68.

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.

Garfias y Ayala, F. J. y L. Díaz (2003) *Gasolinas oxigenadas: la experiencia mexicana*, UNAM, IMP y Fondo de Cultura Económica, México.

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.

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. (1986), “Developments in the study of cointegrated economic variables”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48(3), 213-28.

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

Granger, C. (1990), *Modeling Economic Series: Readings in Econometric Methodology*, Oxford University Press, Oxford.

Gregory, A. y B. Hansen (1996) “Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts, *Journal of Econometrics*”, 70 (1), 99-126.

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

Hansen, H. y S. Johansen (1997) “Some tests for parameter constancy in cointegrated VAR-models”, *The Econometrics Journal*, 2 (2), 306-333.

Haro, A. y J. L. Ibarrola (2000) “Cálculo de la elasticidad precio de la demanda de gasolina en la zona fronteriza norte de México”, *Gaceta de Economía*, 6(11), 237-262.

Hendry, D. F. (1987) “Econometric methodology: a personal perspective” en T. F. Bewley (ed), *Advances in Econometrics: Fifth World Congress*, Vol.2. Cambridge University Press.

- Hendry, D. F. (1995) *Dynamic econometrics*, Oxford Economic Press.
- Heredia, V. A. y P. Cibrián (1996) "Evolución de las gasolinas automotrices en PEMEX a partir de la Expropiación Petrolera", *Revista Octanaje Pemex*, 3(1), 1-20.
- Hodrick, R. y E. Prescott (1997) "Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation", *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(1), 1-16.
- 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. (1995) *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*, Oxford University Press
- Johansen, S., R. Mosconi y B. Nielsen (2000) "Cointegration analysis in the presence of structural breaks in the deterministic trend", *The Econometrics Journal*, 3(2), 216-249.
- 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.
- Leiva, N. M. y N. Martínez (1999) "El diesel", *Revista Octanaje*. 24(1), 9-15.
- Maddala, G. S. e I. Kim (1998) *Unit Roots, Cointegration and Structural Change*, Cambridge University Press.
- Mar, J. E. (2005) "INEGEI (2002), Transporte", IMP, Estudio elaborado para el INE.
- Martínez J. y A. Fernández (2004) *Cambio climático: Una visión desde México*, INE y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- 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.
- Oum, H. 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*. Cambrige University Press.

Pesaran, M., Y. Shin y R. Smith (2001) “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships”, *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.

Phillips, P. y P. Perron (1988) “Testing for unit root in time series regression”, *Biometrika*, 75(2), 335-346.

Phillips, P. C. B. y P. Perron (1988), “Testing for unit root in time series regression”, *Biometrika*, vol. 75, pp. 335-346.

Polemis, M. (2006) “Empirical assessment of the determinants of road energy demand in Greece”, *Energy Economics*, 28(3), 385-403.

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.

Rodríguez, N. y J. Rosas (1998) “La evolución de la calidad del diesel en México” *Revista Octanaje*, 5(1), 10-15.

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.

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

Spanos, A. (1986) *Statistical Foundations of Econometric Modeling*, Cambridge University Press.

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.

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

Sullivan, J. L., R. E. Baker, B. A. Boyer, R. H. Hammerle, T. E. Kenney, L. Muniz, y T. Wallington (2004) “CO₂ emission benefit of diesel (*versus gasoline*) powered vehicles”, *Environmental science & 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

Varian, R. H. (1992), *Análisis Microeconómico*, Antoni Bosch (ed), 3^a edición, Barcelona.

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

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