



**Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo**
Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"
División de Estudios de Posgrado

**Propuesta de política para el establecimiento de precios óptimos a las gasolinas
y el diésel que permitan cumplir con el compromiso de reducción de emisiones
del Acuerdo de París en México**

T E S I S

P R E S E N T A

M.C. José Arturo Zepeda Anaya

Para obtener el grado de

Doctor en Ciencia en Desarrollo Sustentable

Director de Tesis

Dr. Manuel Ricardo Romo de Vivar Mercadillo

Morelia, Michoacán, enero de 2020.





Universidad Michoacana de San Nicolás De Hidalgo

Facultad de Economía "Vasco de Quiroga"

División de Estudios de Posgrado

Propuesta de política para el establecimiento de precios óptimos a las gasolinas y el diésel que permitan cumplir con el compromiso de reducción de emisiones del Acuerdo de París en México

TESIS realizada por M.C. José Arturo Zepeda Anaya, bajo la asesoría del Comité Tutorial indicado, aprobada por el Jurado Sinodal y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

Doctor en Ciencia en Desarrollo Sustentable

COMITÉ TUTORAL	JURADO	NOMBRE	FIRMA
Tutor 1 (Director de tesis)	Presidente	Dr. Manuel Ricardo Romo de Vivar Mercadillo	_____
Tutor 2	Vocal 1	Dr. Rodrigo Gómez Monge	_____
Tutor 3	Vocal 2	Dra. Hilda R. Guerrero García Rojas	_____
Tutor 4	Vocal 3	Dra. Óscar Valdemar de la Torre Torres	_____
Tutor 5	Vocal 4	Dr. René Colín Martínez	_____

Morelia, Michoacán. Enero 2020.

Agradecimientos

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el conocimiento y la experiencia adquirida.

Al Dr. Manuel R. Romo de Vivar Mercadillo por su guía, observaciones, recomendaciones y tiempo dedicado a la revisión de mi trabajo.

Al Dr. Rodrigo Gómez Monge, a la Dra. Hilda Guerrero García Rojas, al Dr. René Colín Martínez y al Dr. Oscar Valdemar de la Torre Torres por sus críticas y valiosas aportaciones en el desarrollo de mi tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar los estudios de doctorado

CONTENIDO

Introducción.....	2
Capítulo 1. Fundamentos de investigación	6
1.1 Planteamiento del problema	6
1.2 Preguntas de investigación	7
1.3 Objetivos de investigación	7
1.4 Delimitación de la investigación.....	8
1.5 Justificación.....	8
1.6 Viabilidad	8
1.7 Esbozo metodológico.....	9
Capítulo 2 El modelo de desarrollo y el cambio climático	10
2.1 Bases científicas del cambio climático antropogénico	13
2.1.1 Conclusiones del Quinto informe del IPCC.....	17
2.1.2 Efectos del cambio climático.....	19
2.2 Antecedentes institucionales del Cambio Climático	20
2.2.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	20
2.2.2 El Protocolo de Kioto	22
2.2.3 El Acuerdo de París (COP 21).....	25
2.3 Antecedentes jurídicos del Cambio Climático en México.....	25
2.3.1 Ley General de Cambio Climático	25
Capítulo 3 Cambio Climático y políticas públicas.....	28
3.1 Regulaciones convencionales de la actividad económica (comando y control)	29
3.2 Instrumentos económicos	30
3.2.1 Los impuestos ambientales	30
3.3 Revisión de la literatura empírica sobre el consumo de gasolina en México	36
Capítulo 4 Importancia del petróleo en las Finanzas públicas de México	37
4.1 La expropiación petrolera.....	37
4.2 Fortalecimiento del mercado interno (periodo 1938 – 1976).....	38
4.3 Petrolización de las finanzas públicas (periodo 1977 – 1999)	41
4.4 Auge y caída del petróleo en las finanzas públicas (periodo 2000 – 2018) .	42

Capítulo 5 Impactos de los impuestos en la demanda de gasolinas y en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en México	46
5.1 Situación de México ante el cambio climático	46
5.2 Planteamiento de los modelos econométricos	47
5.3 Cálculo de emisiones de CO ₂ e.....	48
5.4 Resultados de los modelos	49
5.5 Estimación de demanda de gasolina y de las emisiones en la ausencia de impuestos.....	58
5.6 Estimación del precio implícito al carbono por el efecto del IEPS.....	61
5.7 Niveles de precios para alcanzar los objetivos de México establecidos en el Acuerdo de París (COP21)	63
5.8 Algunas consideraciones sobre los impuestos ambientales	64
Capítulo 6 Demanda de gasolina por decil de ingreso en los hogares de México	67
6.1 Hogares que utilizan el transporte privado	67
6.2 Hogares que utilizan el transporte público	68
6.3 Gasto y porcentaje del ingreso destinado a gasolina	69
6.4 Gasto y porcentaje del ingreso destinado al transporte público	70
6.5 Modelo de datos panel para evaluar la elasticidad precio de la demanda y la elasticidad ingreso de la demanda por decil de población	71
6.6 Elasticidad cruzada de la demanda del transporte público	73
Capítulo 7 Principales resultados y recomendaciones de política.....	76
7.1 Hacia un equilibrio entre la política impositiva y el Pago de Servicios Ambientales	77
7.2 Un sistema de transporte público más competitivo	79
Bibliografía consultada	81
Anexos	87
Anexo 1	87
Anexo 2.....	88
Anexo 3.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Potencial de efecto invernadero comparado con el CO2.....	17
Tabla 2 Países participantes en la CMNUCC	22
Tabla 3 Objetivos de reducción de emisiones de las partes del Protocolo de Kioto.....	23
Tabla 4. Principales países productores de petróleo 1940-1975	38
Tabla 5. Indicadores macroeconómicos clave en el periodo 1970-1999. México	40
Tabla 6. Exportaciones de petróleo 1990-2016. México	43
Tabla 7. Análisis de los ingresos tributarios de México 1990-2017	44
Tabla 8 Gasto y porcentaje del ingreso destinado a gasolina.....	70
Tabla 9 Gasto y porcentaje del ingreso destinado al transporte público.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Factores de emisión de gasolinas en México.....	49
Cuadro 2. Principales variables y coeficientes del modelo de magna	50
Cuadro 3 Principales variables y coeficientes del modelo	52
Cuadro 4 Principales variables y coeficientes del modelo de diésel	54
Cuadro 5. Composición del precio de las gasolinas y el diésel 2000-2018	57
Cuadro 6 Estimación de demanda de gasolina magna y emisiones para los 3 escenarios.	59
Cuadro 7 Estimación de demanda de diésel y emisiones para los 3 escenarios.	60
Cuadro 8 Cálculo del precio del carbono por el IEPS para la gasolina magna	61
Cuadro 9 Cálculo del precio del carbono por el IEPS para el Diésel	62
Cuadro 10 Nivel de precios necesario para lograr las metas del Acuerdo de París	64
Cuadro 11 Elasticidad precio y elasticidad ingreso de la demanda por decil de ingresos de la población	72
Cuadro 12 Elasticidad cruzada de la demanda del transporte público	74
Cuadro 13 Gasto promedio en gasolina por hogar y uso del transporte privado	76
Cuadro 14 Ingresos por captura de carbono e impuesto por emisiones.....	78
Cuadro 15 Gasto promedio por hogar y uso del transporte público.....	79

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Ejemplo de diferentes curvas de concentración	35
Gráfica 2. Demanda de gasolina magna real y calculada mediante el modelo (miles de litros)	51
Gráfica 3 Demanda de gasolina premium real y calculada mediante el modelo (miles de litros)	53
Gráfica 4 Demanda del Diésel real y calculada mediante el modelo (miles de litros)	56
Gráfica 5 Porcentaje de hogares que utilizan el transporte privado.....	67
Gráfica 6 Porcentaje de hogares que utilizan el transporte público	69

Resumen

En esta tesis se presenta una metodología que tiene como objetivo alcanzar niveles de emisiones que permitan a México cumplir con el Acuerdo de París, establecido desde el año 2015, para disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en un 22% y 50% para los años 2030 y 2050, respectivamente. Esto, tomando como base las emisiones nacionales del año 2000.

Para este propósito, se presentan modelos determinísticos que permitan conocer el comportamiento de la demanda de combustibles en función del precio y el nivel de ingreso nacional. Con estos modelos, se realizan proyecciones para conocer los niveles óptimos de precio que permitan alcanzar estas metas.

Finalmente, se proponen algunas políticas complementarias al aumento de precios que contribuyan a alcanzar las metas de manera más efectiva, como lo es el establecimiento de un precio nacional del carbono y el mejoramiento del transporte público como alternativa de movilidad.

Palabras clave: cambio climático, gases de efecto invernadero, economía, impuesto ambiental, modelo econométrico.

Abstract

This thesis presents a methodology that aims to reach emission levels that allow Mexico to comply with the Paris Agreement, established since 2015, to reduce greenhouse gas emissions by 22% and 50% by 2030 and 2050, respectively. This, based on the national emissions of the year 2000.

For this purpose, deterministic models are presented that allow to know the behavior of the demand for fuels according to the price and the level of national income. With these models, projections are made to know the optimal price levels that allow these goals to be achieved.

Finally, some complementary policies are proposed to increase prices that contribute to achieving the goals more effectively, such as the establishment of a national carbon price and the improvement of public transport as an alternative to mobility.

Keywords: climate change, greenhouse gases, economy, environmental tax, economic model.

Introducción

El cambio climático es una problemática de suma relevancia y complejidad por su contexto global. En la actualidad, la comunidad académica y científica lo considera como uno de los mayores retos a los que se ha enfrentado la humanidad. En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), se define como “el cambio de clima que es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”.

Este fenómeno se manifiesta en el aumento de la temperatura media, cambios en los patrones de precipitación, aumento en el nivel del mar, reducción de la superficie de los glaciares, así como la modificación de los patrones climatológicos. La evidencia científica muestra que estas alteraciones del clima son consecuencia del incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico. Los efectos del cambio climático tienen consecuencias cada vez mayores en los ecosistemas, la población y la economía, donde México es un país vulnerable (CEPAL, 2010; IPCC, 2014).

En el contexto internacional, México ocupa el lugar número 12 en la contribución de gases de efecto invernadero, aportando el 1.4% de las emisiones globales. Es el mayor emisor de Latinoamérica, superando incluso a Brasil (SEMARNAT, 2015).

El transporte es una actividad muy importante en cualquier economía, sin embargo, se asocia a externalidades negativas. Particularmente el transporte automotor es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero que se asocian al

cambio climático, además de otros contaminantes que generan importantes daños ambientales locales y a la salud.

Es necesario la aplicación de diversas políticas públicas enfocadas a la mitigación de emisiones de este sector. Entre otras acciones y, objeto de estudio central en el presente trabajo, se analizará diversos efectos de la política de incrementos en el precio (ver Anexo 1) y los impuestos que se han aplicado a los combustibles del autotransporte en México en las últimas dos décadas. Maxime, cuando se han asumido metas de disminución en la generación de emisiones de bióxido de carbono en el Acuerdo de París (COP21). Las metas son reducir las emisiones en un 22% para el 2030 y en 50% para el 2050, considerando como año base las emisiones del 2000.

En el capítulo 1 denominado *fundamentos de investigación*, se plantean las preguntas y objetivos de investigación, así como el ámbito espacial y temporal de estudio. En el capítulo 2, *el modelo de desarrollo y el cambio climático*, se analizan las dos posturas contrarias en relación al cambio climático, una en que se atribuye principalmente a las actividades antrópicas y la otra en la que se niega la responsabilidad de dichas actividades. También se analizan los antecedentes institucionales del cambio climático.

En el capítulo 3, *cambio climático y políticas públicas*, se analizan los dos tipos de regulaciones que pueden utilizarse para controlar ciertas actividades consideradas adversas para el medio ambiente, estos son los instrumentos económicos (como los impuestos ambientales) y los de comando y control. En la parte final del capítulo, se mencionan algunos estudios que se han realizado en México relacionados con el consumo de gasolinas.

En el capítulo 4, *importancia del petróleo en las finanzas públicas de México*, se analiza la evolución del rol que ha jugado el petróleo y sus derivados para el país, siendo tres etapas claramente diferenciadas: el fortalecimiento del mercado interno, la petrolización de las finanzas públicas y la disminución de la importancia en las finanzas públicas.

En el capítulo 5, *Impactos de los impuestos en la demanda de gasolinas y en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en México*, se plantean modelos determinísticos para estimar la demanda de combustibles automotores y en la generación de emisiones considerando cambios en los niveles de precios. Se evalúan tres escenarios: el primero en donde se calculan las emisiones de CO₂, dado los niveles de precios e impuestos aplicados del año 2000 al 2018; el segundo, donde se omite el IEPS aplicado a estos combustibles; y, el tercer escenario donde se excluye del precio tanto al IEPS como el IVA aplicado, con el consecuente incremento en la demanda y en las emisiones. También, se evalúa el nivel de precios adecuado para cumplir con la reducción de emisiones establecido en el *Acuerdo de París*, para cada tipo de combustible.

En el capítulo 6 denominado *demanda de gasolina por decil de ingreso en los hogares de México*, se analizan los patrones de movilidad tanto de vehículos privados como de transporte público, por estrato socioeconómico. Esto mediante un modelo econométrico de datos panel con efectos fijos, utilizando dos variables explicativas que son el ingreso per cápita por hogar y el nivel de precios de la gasolina magna, con datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) en el periodo 2000 a 2016.

Finalmente, en el capítulo 7, *principales resultados y recomendaciones de política*, se proponen básicamente dos políticas ambientales: primero, un esquema de creación de un precio nacional del carbono, en donde se pueda vincular el pago de

impuestos ambientales con los incentivos establecidos para actividades contempladas con esquemas de Pago de Servicios Ambientales, como la captura de carbono forestal en bosques y plantaciones forestales. Segundo, un sistema de transporte público con las características necesarias para ser más competitivo frente al transporte privado como pueden ser tarifas más económicas, tiempos de traslado más cortos y mayor comodidad para los usuarios. Con la aplicación de estas políticas, se podrían potenciar los resultados de mitigación de emisiones.

Capítulo 1. Fundamentos de investigación

1.1 Planteamiento del problema

Cada vez se hace más evidente la contribución de las actividades antropogénicas al reforzamiento de este fenómeno, así como los efectos adversos tanto para la vida en general como para los sistemas socioeconómicos, afectando principalmente a los sectores más pobres y vulnerables de la población mundial. Por lo que la necesidad de adoptar estrategias para enfrentar este desafío se vuelve cada vez más. Diversos estudios revelan que la inacción de los tomadores de decisiones en el presente ocasionará costos más elevados y consecuencias más adversas en el futuro (Stern, 2006; Pichs, 2013).

México es un país muy vulnerable ante el cambio climático, eventos meteorológicos más intensos y frecuentes, cambios en los patrones de precipitación pluvial (que se manifiestan en sequías e inundaciones), desertificación e incendios forestales, son algunas de las evidencias que lo demuestran (INECC, 2012). Por tanto, es necesario implementar acciones de mitigación y adaptación. Las primeras se enfocan a la disminución de emisiones y las segundas a reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático.

El transporte es el sector más contaminante en México, generando alrededor de 26.2% del total de emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2013. De estas emisiones el 88% corresponden a vehículos que utilizan gasolina o diésel (SEMARNAT, 2015). Es en este sector donde ha tenido lugar el aumento más rápido de emisiones en el país durante las últimas décadas, y se espera que con la cada vez mayor utilización de automóviles y camionetas se mantendrá este ritmo de aumento de emisiones en el futuro. De 1990 al año 2000, las emisiones del sector autotransporte pasaron de 81,203 a 157,242 gigatoneladas de CO₂e (GgCO₂e), lo que representa un incremento de más del 93% de estas emisiones. Una de las políticas del gobierno para tratar de frenar el incremento en las emisiones es la eliminación de subsidios y la aplicación de mayores impuestos a las gasolinas y el diésel. Es importante conocer los efectos de estas acciones en los diferentes

ámbitos que comprende el desarrollo sustentable que son el económico, social y ambiental.

1.2 Preguntas de investigación

Pregunta General

¿Qué nivel de precios y políticas complementarias son adecuadas para permitir a México cumplir con el objetivo de reducción de emisiones establecido en el Acuerdo de París, en el sector transporte?

Preguntas específicas

P. E. 1 ¿Qué efecto ha tenido el incremento del precio de las gasolinas en la demanda nacional y en la generación de emisiones de CO₂?

P. E. 2 ¿Cuál ha sido la elasticidad precio de la demanda y elasticidad precio del ingreso de los hogares, así como cambios en los patrones de movilidad como consecuencia del incremento en los precios de las gasolinas?

P.E. 3 ¿Cómo podría establecerse un precio nacional al carbono que permita disminuir las emisiones netas de CO₂ en México?

1.3 Objetivos de investigación

Objetivo General

Evaluar el nivel de precios y políticas complementarias que permitirían a México cumplir con el objetivo de reducción de emisiones establecido en el Acuerdo de París, en el sector transporte.

Objetivos específicos

O. E. 1 Conocer el efecto que ha tenido el incremento del precio de las gasolinas en la generación de emisiones de CO₂.

O. E. 2 Evaluar la elasticidad precio de la demanda y elasticidad precio del ingreso en los hogares, así como los cambios en los patrones de movilidad como consecuencia del incremento en los precios de las gasolinas.

O. E. 3 Proponer un mecanismo para establecer un precio nacional al carbono que permita disminuir las emisiones netas de CO₂ en México.

1.4 Delimitación de la investigación

Dentro del ámbito espacial de estudio se analizará el caso de México, analizando también el contexto internacional, particularmente por la relevancia de las negociaciones sobre el cambio climático y las políticas de mitigación nacionales que de ella se derivan. El análisis se realizará en el periodo comprendido entre el año 2000 y 2018. La unidad de análisis serán los hogares.

1.5 Justificación

El cambio climático es un problema que requiere acciones firmes para afrontarlo. Una de las principales actividades humanas que contribuye a este problema es el transporte, por lo que una de las estrategias de mitigación más utilizada por los gobiernos es la de gravar a los combustibles fósiles, que además es un instrumento para incrementar la recaudación. En el caso particular de México, los precios y los impuestos de las gasolinas y el diésel han ido en aumento, lo que implica una disminución de su demanda. Sin embargo, el costo social es considerable ya que una parte importante del ingreso se destina a su consumo directo e indirecto (por el uso del transporte público). Es conveniente hacer una evaluación de los efectos sociales, económicos y ambientales que está teniendo.

1.6 Viabilidad

La investigación es viable. Se utilizará la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), para estimar la incidencia de los impuestos a los combustibles y las elasticidades, mediante un modelo econométrico. Así como las estadísticas de las ventas de gasolina Magna, Premium y Diésel así como los

precios de estos combustibles que se encuentran publicadas en los sitios oficiales del Banco de México y de la Secretaría de Energía. Esto en el periodo 2000-2018

1.7 Esbozo metodológico

Mediante modelos econométricos establecer las siguientes relaciones:

Para el objetivo específico 1

- Demanda global= $f(\text{Precio de combustibles; PIB})$

Posteriormente, con el modelo generar estimaciones en la emisión de CO₂ de acuerdo con los criterios del INPC

Para el Objetivo Específico 2

Calcular las siguientes elasticidades en la demanda de la gasolina:

- Demanda a nivel hogar= $f(\text{Precio de gasolinas; ingreso por decil})$

Posteriormente, Estimar la elasticidad cruzada de la demanda, respecto al uso del transporte público

Para el objetivo específico 3

- Estimar el cambio en la generación de emisiones de CO₂e del sector transporte considerando la variación nacional de la demanda global.
- Hacer proyecciones con los modelos econométricos para establecer un precio óptimo de gasolinas y diésel que permita cumplir con los Acuerdos de París
- Establecer los lineamientos generales que permitan cumplir los acuerdos de París, mediante la creación de un mercado de carbono considerando los agentes emisores y receptores de emisiones.

Capítulo 2 El modelo de desarrollo y el cambio climático

La humanidad existe en su forma anatómica actual desde hace 170 mil años, pero solo desde unos pocos siglos hacia el presente comenzó a provocar modificaciones en el planeta en diferentes escalas (atmosférica, energética, biodiversidad, etc.). Es a partir de la Revolución Industrial, de mediados del siglo XVIII, que han aumentado los impactos de las actividades humanas en el ambiente.

El paradigma económico dominante es el del crecimiento económico continuo, con lo que la producción humana debe incrementarse año con año, que además se vuelve indispensable para subsanar problemas como la pobreza, la desigualdad y el hambre (Amador, 2011). Sin embargo, el modelo actual de desarrollo basado en el crecimiento económico no considera los límites biofísicos que el planeta puede sustentar.

Las actividades de nuestra especie han alcanzado una escala tan grande que han comenzado a afectar el mismo sistema ecológico sustentador de vida. El creciente número de problemas sociales, económicos y ambientales, que están interrelacionados, nos obliga a buscar un nuevo desarrollo económico y social, basado en el mejoramiento cualitativo sin crecimiento en el uso de recursos. Hemos pasado de un mundo vacío a un mundo lleno, donde el subsistema económico muestra evidencia de haber alcanzado o excedido los límites de fuente y sumidero naturales (Constanza, 1999).

En el año 2000 el ganador del premio Nobel Paul Crutzen propuso que los 11 mil años de estabilidad climática conocida como *Holoceno*, durante la cual florecieron las civilizaciones humanas, estaba llegando a su fin. A mediados del siglo XIX sería la fecha de transición hacia la era llamada *Antropoceno*, debido a que la civilización

humana podía afectar de manera extraordinaria el clima. El autor se basa en una serie de hechos para llegar a esa conclusión: el crecimiento población supera los 6000 millones de habitantes; el crecimiento del ganado se encuentra por encima de las 1400 millones de cabezas; el crecimiento exponencial de las urbes; el crecimiento en el ácido sulfhídrico; la utilización de más del 50% de la tierra para la agricultura; más de la mitad del agua consumible ya es usada por los humanos; la preocupante extinción de las especies por la acción humana; saturación de la atmósfera por gas carbónico y gas metano; pesca que captura más del 25% de la producción primaria de los océanos y 35% de las aguas interiores. Considerando estos datos, parece apropiado utilizar el término antropoceno para la época geológica actual (Palacio, 2013).

El siglo XX y comienzo del XXI tiene como característica distintiva el crecimiento exponencial de la temperatura, la población, la degradación de los bosques, la pérdida de especies y del uso de energía. El resultado final, muestra que como especie hemos excedido la capacidad global de la tierra hasta un punto que posiblemente no tenga retorno. Los estudios de huella ecológica muestran que la economía mundial ha sobrepasado en un 33% la capacidad de reposición del planeta. Lo cual significa que estamos requiriendo 1.4 planetas para proveer los recursos que demanda nuestro consumo (Espósito y Zandvliet, 2013).

La depredación de la naturaleza no es exclusiva ni de la especie humana¹ ni de la

1 Las sociedades con tecnología primitiva llegaron a ocasionar también graves y rápidas catástrofes biológicas. Prácticas ancestrales como roza, tumba y quema, también llamada agricultura itinerante se relaciona con la erosión de la tierra. (Semarnat, 2012).

época contemporánea dominada por la racionalidad económica². A diferencia de otras especies, el humano transforma el medio ambiente apoyándose de

instrumentos que son acumulados de generación en generación, los cuales son susceptibles de apropiación y monopolio, lo que ha dado paso a la división de clases sociales en función de la apropiación de esos medios de producción, que además han sido siempre la base para transformar el ambiente externo.

Todo ser vivo utiliza al medio ambiente como suministro de recursos para la supervivencia y como destino de la generación de residuos. El problema ambiental está en que la especie humana, en la actualidad, sobrepasa las capacidades regenerativas de la naturaleza, así como su capacidad de absorción de residuos a escala planetaria. Esto es una consecuencia de la contradicción entre el ritmo de los ciclos biogeoquímicos y el ritmo de los ciclos de producción humana (Foladori, 2005).

De continuar sobrepasando las capacidades regenerativas y de absorción de los ecosistemas, tanto la especie humana como muchas otras se encuentran en riesgo de desaparecer, por lo que es vital analizar alternativas al modelo de desarrollo actual que nos permitan alcanzar la sustentabilidad, tan pronto como sea posible.

2 Diversas especies han llegado a realizar cambios de gran escala en el planeta. En un sentido positivo, está el caso de las cianobacterias hace 3600 millones de años comenzaron a utilizarla luz solar mediante fotosíntesis para separar las moléculas de carbono del agua, con lo que se propagó el oxígeno en la atmosfera que posteriormente permitiría la vida de organismos aerobios como los humanos. En un sentido negativo, se encuentran casos como la erosión del suelo provocado por cabras, o por el avance de nuevas especies que llegan a ecosistemas provocando bruscos cambios ambientales (Foladori, 2005).

Existe una fuerte correlación entre las emisiones y las actividades industriales. Los países industrializados comenzaron sus emisiones a principios del siglo XIX con el auge de la revolución industrial y la expansión del comercio que tuvo como su motor el uso del carbón. Los países en transición comenzaron a incrementar sus emisiones después de la Revolución Rusa en 1917, que posteriormente exportó el modelo soviético a todo el bloque oriental, que demandó un elevado consumo de energía fósil. Estas economías experimentaron un fuerte crecimiento hasta la desintegración de la Unión Soviética, donde hubo un desplome económico, y, por ende, de sus emisiones.

Fue después del periodo de postguerra y de la aplicación de los “programas de industrialización” como el de Modelo de Sustitución de Importaciones, promovido en América Latina por la CEPAL, que los países en desarrollo comenzaron a consumir más combustibles fósiles. En todos los casos, cuando han existido periodos de recesión y estancamiento económico, las emisiones han disminuido (Espósito y Zandvliet, 2013).

2.1 Bases científicas del cambio climático antropogénico

Cada vez existe mayor consenso científico sobre la responsabilidad de las actividades humanas sobre el cambio climático. Si bien existe una variabilidad natural del clima (relacionada con cambios en la radiación solar, variaciones orbitales, erupciones volcánicas, corrientes oceánicas, la composición atmosférica), la acción humana parece estar afectando los procesos naturales que regulan el clima.

El calentamiento del sistema climático es inequívoco y existe evidencia suficiente que demuestra que la actividad humana es la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX. La temperatura media del planeta se había mantenido en una franja estrecha de variación de temperatura en los últimos 10 mil

años. Sin embargo, se ha observado un incremento de 0.61°C entre el promedio del periodo 1850-1900 y el del periodo 1986-2005, con un 95% de confianza. (IPCC, 2014). Este incremento de la temperatura media ha ido de la mano con el aumento del CO_2 atmosférico, con lo que se puede interpretar que el calentamiento global es una consecuencia de la intensificación del efecto invernadero. El incremento en la concentración de CO_2 en la atmosfera está ligada tanto a procesos naturales como a las actividades humanas.

Una forma de conocer la contribución antropogénica al fenómeno del cambio climático es analizar el balance de entradas y salidas de CO_2 a la atmosfera por causas naturales y contrastarlos con las causas humanas, considerando los siguientes dos puntos (Caballero, Lozano y Ortega, 2007, p. 6-7):

- a) La disolución en el océano. - el agua fría que se encuentra cerca de los polos, puede disolver grandes cantidades de CO_2 , que cuando el agua se calienta por la circulación oceánica son devueltas a la atmosfera. Sin embargo, parte del CO_2 queda atrapado en los sedimentos y rocas del fondo del mar. Eventualmente, con el paso del tiempo estas rocas se funden al ingresar a capas más profundas de la tierra, liberando CO_2 , siendo este un balance muy delicado.

Lamentablemente, con el incremento de la temperatura global, la capacidad del océano para disolver CO_2 disminuye, alterando este proceso natural, donde el océano puede pasar de ser una trampa a una fuente de emisión de CO_2 .

- b) La actividad biológica. - La fotosíntesis es un proceso que fija CO_2 en los tejidos de los seres vivos (primero en plantas y luego en animales). La cantidad de CO_2 fijada en forma de biomasa es devuelta a la atmosfera por medio de la respiración, con lo cual los seres vivos funcionan como un depósito de carbono que secuestra CO_2 de la atmosfera y lo almacena como biomasa, que se concentra principalmente en los bosques y selvas. Esta

biomasa al morir puede ser almacenada en los suelos y eventualmente sepultada, además con el paso del tiempo (miles de años) puede transformarse en carbón o petróleo. Por lo que actividades como la tala de bosques es liberado el CO₂ de la biomasa de los árboles, regresando a la atmósfera.

Por otro lado, el CO₂ secuestrado por millones de años en forma de carbón o petróleo, está siendo regresado a la atmósfera en unas cuantas décadas. Estas dos fuentes (tala de árboles y quema de combustibles fósiles) son las fuentes antrópicas principales que contribuyen al calentamiento global, que aportan aproximadamente 7,500 millones de toneladas de carbono al año, mientras 100 millones de toneladas son atribuibles a las fuentes naturales.

Otra evidencia se relaciona con la predictibilidad de los modelos climáticos. Estos se utilizan para prever los cambios en la temperatura que se producirán en los próximos años o décadas. Pero también pueden usarse hacia atrás en el tiempo y así poder verificar si los valores pronosticados coinciden con los registros de la temperatura en el último siglo.

El resultado es que los valores de los modelos y los registros históricos coinciden razonablemente hasta la década de 1970, considerando solo la variabilidad natural del clima. A partir de esta década los modelos ya no son capaces de ajustarse a las temperaturas registradas. De acuerdo con los modelos, las temperaturas de las últimas décadas deberían haber sido más frías. Solo cuando se le agrega la variabilidad de origen antrópico, derivada principalmente de las emisiones de GEI, los modelos vuelven a ajustarse a los valores observados (Martín Vide, 2009).

Para deducir la influencia humana en el cambio climático es necesario comprender el proceso de radiación solar y el efecto invernadero. Jean-Baptiste Fourier planteó en 1827 que la atmósfera tenía la función de invernadero y que la cantidad de gases

en la atmósfera determina la capacidad de la tierra para recibir y emitir energía. Posteriormente se descubre que el dióxido de carbono y el metano son los principales gases que absorben la radiación infrarroja de la luz solar, ocasionando que parte de la radiación solar se expida en todas direcciones, dando como efecto principal el calentamiento de la superficie terrestre y de la atmósfera (Ponce y Cantú, 2012).

En 1986, Svante Arrhenius proclamó que el aumento en la concentración de CO₂ aumentaba el calentamiento en la atmósfera. Aunque la ciencia se comenzó a interesar hasta 1914, la guerra y la postguerra hicieron olvidar el tema hasta 1970, cuando se empezaron a registrar aumentos de temperatura en las estaciones de todo el mundo. Se observó que los incrementos de la temperatura media global coincidían con el aumento de la concentración de GEI en la atmósfera (Ruíz, 2016 y Colón, 2008).

Entre los gases de efecto invernadero tenemos de manera natural en la atmósfera el vapor de agua (H₂O), bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y ozono (O₃); mientras que los gases generados por las actividades antrópicas son el bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorometano (CF₄) y perfluoroetano (C₂F₆), hidrofluorocarbonos (HFC – 23, HFCS – 134, HFC – 152a), y hexafluoruro de azufre (SF₆). Cada uno de estos gases tiene diferente capacidad de retención del calor emitido por la superficie de la tierra (Ponce y Cantú, 2012). En la tabla 1 se muestra el potencial de efecto invernadero de los gases mencionados:

Tabla 1.

Potencial de efecto invernadero comparado con el CO2

Gas de Efecto Invernadero	Potencial de efecto invernadero
Dióxido de Carbono	1
Metano	23
Óxido de Nitrógeno	296
HFC-23	12,000
HFC-125	3,400
HFC-134a	1,300
HFC-143a	4,300
CF4	5,700
C2F6	11,900
SF6	22,200

Fuente: IPCC (2007). Climate Change 2007: the Fourth Assessment Report (AR4), Intergovernmental Panel on Climate Change.

2.1.1 Conclusiones del Quinto informe del IPCC

A continuación, se relacionan algunas de las principales conclusiones del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014), en lo referido a las bases científicas del cambio climático:

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado.

En los dos últimos decenios, los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida han ido perdiendo masa, los glaciares han continuado menguando en casi todo el mundo y el hielo del Ártico y el manto de nieve en primavera

en el hemisferio norte han seguido reduciéndose en extensión (nivel de confianza alto).

El calentamiento del océano domina sobre el incremento de la energía almacenada en el sistema climático y representa más del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010 (nivel de confianza alto). Es prácticamente seguro que la capa superior del océano (0-700 m) se haya calentado entre 1971 y 2010.

Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (nivel de confianza alto). Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 [0,17 a 0,21] metros.

La influencia humana en el sistema climático es clara. Es evidente a tenor de las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, el forzamiento radiativo positivo y el calentamiento observado, y gracias a la comprensión del sistema climático.

Se ha detectado la influencia humana en el calentamiento de la atmósfera y el océano, en alteraciones en el ciclo global del agua, en reducciones de la cantidad de nieve y hielo, en la elevación media mundial del nivel del mar y en cambios en algunos fenómenos climáticos extremos. Esta evidencia de la influencia humana es mayor desde que se elaborara el Cuarto Informe de Evaluación. Es sumamente probable que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX.

NOTA: El IPCC utiliza la siguiente terminología para expresar la probabilidad:
Prácticamente seguro Probabilidad del 99-100%;
Muy probable Probabilidad del 90-100%;
Probable Probabilidad del 66-100%;
Tan probable como improbable Probabilidad del 33-66%;
Improbable Probabilidad del 0-33%;
Muy improbable Probabilidad del 0-10%;
Extraordinariamente improbable Probabilidad del 0-1%;

Las emisiones continuas de gases de efecto invernadero causarán un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema climático. Para contener el cambio climático, será necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los océanos mundiales seguirán calentándose durante el siglo XXI. El calor penetrará desde la superficie hasta las capas profundas de los océanos y afectará a la circulación oceánica.

Las emisiones de CO₂ acumuladas determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente. La mayoría de los aspectos del cambio climático perdurarán durante muchos siglos, incluso aunque pararan las emisiones de CO₂, lo que supone una notable inexorabilidad del cambio climático durante varios siglos, debido a las emisiones de CO₂ pasadas, presentes y futuras.

2.1.2 Efectos del cambio climático

El incremento de la temperatura del planeta puede traer múltiples efectos como inundaciones, sequías, tornados, lluvias torrenciales, el derretimiento de los polos. El descongelamiento de glaciares, tanto de las montañas como los que forman los casquetes polares del Ártico y Antártico, tendrán como consecuencia directa un aumento paulatino en el nivel del mar, con lo que las ciudades costeras se encuentran en riesgo cada vez mayor de inundaciones. Esto no es una exageración, ya que ambos casquetes tienen espesores de 2 a 4 km. y una superficie de 4 y 14 millones de km cuadrados, respectivamente (Caballero, 2007).

La distribución de costos, al igual que las emisiones, es muy desiguales entre los países. Diversos estudios de la CEPAL y el Banco Mundial demuestran que los

países en desarrollo son los más vulnerables a los aspectos negativos del cambio climático y podrían soportar entre el 75 y 80% de los costos ocasionados por eventos climáticos. Actualmente ya muchos países en desarrollo están gastando montos equivalentes a los rubros como educación o salud en la rehabilitación de las regiones afectadas por catástrofes naturales como las inundaciones y sequias (De la Cuadra, 2013).

2.2 Antecedentes institucionales del Cambio Climático

2.2.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Se celebró en 1992, es a partir de este momento que comienzan las negociaciones entre países sobre el tipo de medidas de mitigación que deben ser aplicadas. Entre los principales puntos se destacan los siguientes:

- i) Acuerdos obligatorios para todas las partes:

Las partes (naciones participantes) deben cuidar el sistema climático por el bien de las generaciones presentes y futuras, reconociendo el *principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas*. Así, los países más desarrollados deben de tomar la iniciativa en aplicar medidas para disminuir las emisiones dentro de sus territorios.

A pesar de que no existe certidumbre científica absoluta respecto al origen antrópico del cambio climático, no deben de postergarse las acciones y medidas para hacer frente a este fenómeno. Es decir, aplicar el *principio precautorio*.

Se considera que todas las partes tienen derecho al desarrollo sostenible. Se pretende aumentar el crecimiento económico, principalmente de los países en desarrollo, como condición necesaria para poder afrontar mejor la mitigación del cambio climático.

Cada nación se compromete a elaborar inventarios de emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero, así como aplicar políticas nacionales o regionales orientadas a la mitigación de emisiones.

Promover el desarrollo mediante la cooperación y transferencia tecnológica, científica y de procesos que permitan mantener o disminuir las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero en los sectores de energía, transporte, industria, silvicultura y la gestión de desechos.

Promover la gestión, conservación y reforzamiento de los sumideros de gases de efecto invernadero, como los bosques y los océanos.

Promover la educación y sensibilización del público en general respecto al fenómeno del cambio climático, sus causas y efectos ambientales, económicos y sociales, así como estimular su participación en la búsqueda de acciones de mitigación y adaptación.

- ii) Acuerdos obligatorios para los países desarrollados y en transición a una economía de mercado:

Cada parte se compromete a aplicar medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, limitando sus emisiones territoriales. Estas medidas demostrarán que los países desarrollados están tomando la iniciativa respecto a cambiar las tendencias a largo plazo de las emisiones antropógenas, permitiendo regresar a un volumen de emisiones menor al de inicios de la década de 1990. Para el cumplimiento de estos objetivos, se otorgará cierto grado de flexibilidad a las partes que están en transición a una economía de mercado.

Las partes que son países desarrollados se comprometen a proporcionar recursos financieros y tecnológicos a las partes que son países en desarrollo para cumplir con sus obligaciones de elaborar inventarios nacionales y en implementar acciones de mitigación. El apoyo financiero también debe otorgarse a aquellos países en desarrollo que son más vulnerables a los efectos del cambio climático (países insulares, países con zonas costeras bajas y países con zonas áridas y con zonas expuestas al deterioro forestal), para hacer frente a los costos de adaptación.

Tabla 2

Países participantes en la CMNUCC

Países Desarrollados		Países en transición
Australia	Islandia	Croacia
Austria	Italia	Eslovaquia
Bielorrusia	Japón	Eslovenia
Bélgica	Letonia	Estonia
Bulgaria	Lituania	Rusia
Canadá	Noruega	Hungría
Dinamarca	Nueva Zelandia	Polonia
Estados Unidos	Países Bajos	Rumania
Finlandia	Reino Unido	República Checa
Francia	Irlanda del Norte	Ucrania
Grecia	Suecia	
Luxemburgo	Suiza	
Irlanda	Turquía	

Fuente: Construcción propia basada en CMNUCC

En la tabla 2 se muestran los países desarrollados y en transición a una economía de mercado, considerados por la Convención de 1992. Ambos grupos serían considerados como partes que deberían tomar la iniciativa en aplicar medidas de mitigación y apoyar a las partes consideradas países en desarrollo en transferir recursos financieros y tecnológicos para la elaboración de inventarios y la aplicación de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

2.2.2 El Protocolo de Kioto

Es un protocolo celebrado en Kioto, Japón, que se deriva de la CMNUCC, donde se establecen por primera vez objetivos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero por las partes integrantes que se encuentran en transición a una economía de mercado y economías desarrolladas. En este acuerdo se estableció una disminución de al menos el 5% de emisiones para el periodo 2008-2012, tomando como año base 1990. Nuevamente los países en desarrollo no son obligados a establecer objetivos de reducción de emisiones, por la aplicación del principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas.

Además de continuar con los compromisos ya establecidos en la CMNUCC, se agregaron algunas otras recomendaciones como la aplicación de incentivos fiscales (impuestos y subsidios) que permitan obtener mejores resultados en la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (como dejar de subsidiar los energéticos derivados de los combustibles fósiles).

Los gases de efecto invernadero considerados son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

Tabla 3

Objetivos de reducción de emisiones de las partes del Protocolo de Kioto

Naciones bajo el esquema de "reparto de carga"		Naciones con objetivos individuales	
Nación	Objetivo	Nación	Objetivo
Alemania	0.92	Bulgaria	0.92
Austria		Croacia	0.95
Bélgica		Eslovaquia	0.92
Dinamarca		Eslovenia	0.92
España		Estonia	0.92
Finlandia		Hungría	0.94
Francia		Letonia	0.92
Grecia		Lituania	0.92
Irlanda		Polonia	0.94
Italia		República Checa	0.92
Luxemburgo		Rumania	0.92
Países Bajos		Australia	1.08
Portugal		Canadá	0.94
Reino Unido		Estados Unidos	0.93
Suecia		Islandia	1.10
		Japón	0.94
	Noruega	1.01	
	Nueva Zelanda	1.00	
	Rusia	1.00	
	Suiza	0.92	
	Ucrania	1.00	

Fuente: Construcción propia basada en Naciones Unidas

De acuerdo con la tabla 3, fueron 15 naciones que acordaron disminuir al menos un 8% de las emisiones bajo el esquema de reparto de carga, esto es, en conjunto disminuir ese porcentaje, siendo que para algunas de las partes sería más fácil lograrlo y en otros casos incluso podrían superar las emisiones del año base. El

resto de los 21 países establecieron objetivos individuales, dando mayor tolerancia a los países en transición a una economía de mercado.

El protocolo de Kioto establece tres mecanismos de flexibilidad para facilitar el cumplimiento de los objetivos de disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos instrumentos son:

- Comercio internacional de emisiones: se establece la creación de un mercado de emisiones de CO₂ equivalente o unidades de carbono. Esto permite a las partes contempladas en el anexo I (países desarrollados y en transición a una economía de mercado) adquirir unidades de la cantidad atribuida (UCA) de otras partes del anexo I que les sea más fácil reducir emisiones.
- Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL): Este instrumento permite la cooperación entre las partes consideradas en el anexo I y otras partes no consideradas en él (países en desarrollo), mediante la realización de proyectos que contribuyan con acciones de mitigación o de captura de carbono en países en desarrollo.

La evaluación de estas unidades de carbono (bonos de carbono) se contabiliza como parte del objetivo de mitigación de las partes del anexo que financian estos proyectos. Esto permite a los países desarrollados que incluso puedan aumentar sus emisiones territoriales, siempre y cuando los proyectos que financien compensen o superen esas emisiones.

- Aplicación Conjunta (AC): Es un mecanismo que permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de forma eficiente, mediante proyectos que reduzcan las emisiones a la atmósfera, o proyectos que secuestren carbono. Esto permite a los países desarrollados cumplir sus objetivos de mitigación realizando proyectos en otros países, por ser menos costoso que llevarlos a cabo en su propio territorio.

2.2.3 El Acuerdo de París (COP 21)

Se celebró en diciembre del 2015 en París, Francia. Ha sido la Conferencia de las Partes más ambiciosa en la historia, donde por primera vez los países en desarrollo también asumen compromisos de mitigación de emisiones. En total 195 naciones asumieron compromisos. Entre los puntos más importantes se encuentran los siguientes:

- La COP se compromete a evaluar cada cinco años el cumplimiento de las metas de las partes.
- Se establece la meta global de mitigación de largo plazo para limitar a menos de 2°C el incremento de la temperatura promedio mundial, tratando e hacer lo posible para que el incremento se encuentre por debajo de 1.5°C en el escenario más ambicioso.
- Establece una meta global de adaptación al cambio climático mediante la capacidad adaptativa, disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia.

En el caso particular de México, se establece un compromiso de disminución del 25% de emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030. Además, alcanzar la tasa cero de deforestación para este mismo año y disminuir la vulnerabilidad de la población ante los efectos del cambio climático.

2.3 Antecedentes jurídicos del Cambio Climático en México

2.3.1 Ley General de Cambio Climático

Entre los principales aspectos relevantes al tema de la presente investigación, destacan los siguientes:

Artículo 2. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático; [...] Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático; [...] Establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, que tiene entre sus objetivos mantener el

aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C, con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.

Artículo 34, fracción II. Reducción de emisiones en el Sector Transporte [considerando las siguientes acciones]:

- Promover la inversión en la construcción de ciclovías o infraestructura de transporte no motorizado, así como la implementación de reglamentos de tránsito que promuevan el uso de la bicicleta.
- Diseñar e implementar sistemas de transporte público integrales, y programas de movilidad sustentable en las zonas urbanas o conurbadas para disminuir los tiempos de traslado, el uso de automóviles particulares, los costos de transporte, el consumo energético, la incidencia de enfermedades respiratorias y aumentar la competitividad de la economía regional.
- Elaborar e instrumentar planes y programas de desarrollo urbano que comprendan criterios de eficiencia energética y mitigación de emisiones directas e indirectas, generadas por los desplazamientos y servicios requeridos por la población, evitando la dispersión de los asentamientos humanos y procurando aprovechar los espacios urbanos vacantes en las ciudades.
- Crear mecanismos que permitan mitigar emisiones directas e indirectas relacionadas con la prestación de servicios públicos, planeación de viviendas, construcción y operación de edificios públicos y privados, comercios e industrias.
- Establecer programas que promuevan el trabajo de oficina en casa, cuidando aspectos de confidencialidad, a fin de reducir desplazamientos y servicios de los trabajadores.
- Coordinar, promover y ejecutar programas de permuta o renta de vivienda para acercar a la población a sus fuentes de empleo y recintos educativos.

- Desarrollar instrumentos económicos para que las empresas otorguen el servicio de transporte colectivo a sus trabajadores hacia los centros de trabajo, a fin de reducir el uso del automóvil.

Artículos 77 y 78. Se integrará un Sistema de Información sobre el Cambio Climático a cargo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [...] que deberá generar un conjunto de indicadores clave como: El inventario nacional y los inventarios estatales de emisiones de gases de efecto invernadero; el atlas de vulnerabilidad de asentamientos humanos; la estimación de los costos atribuibles al cambio climático, que se incluirá en el Producto Interno Neto Ecológico.

Capítulo 3 Cambio Climático y políticas públicas

Desde el punto de vista económico, el cambio climático es consecuencia de una falla de mercado global, resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico, que se emiten a la atmósfera sin costo económico para el emisor. Una falla de mercado se origina como consecuencia de la inexistencia de mecanismos de mercado que llevan a un resultado donde no se maximiza la eficiencia económica.

Existe una estrecha relación entre el cambio climático y las finanzas públicas, al tratarse de una externalidad negativa, justifica la intervención pública para tratar de corregirla a través de diversos instrumentos de política pública. Por el lado del gasto, el cambio climático incide sobre las finanzas públicas debido a sus efectos sobre el bienestar de la economía y de la población, modificando los requerimientos del gasto público al destinarle recursos por ejemplo a catástrofes por desastres naturales (Caballero, 2012).

Las consecuencias de las interrelaciones entre las finanzas públicas y el cambio climático son más significativas en países como México, ya que, por un lado, es un país altamente vulnerable al cambio climático. Por otro, las finanzas públicas muestran una debilidad estructural que se manifiesta en bajos niveles de recaudación y hasta hace pocos años, una alta dependencia de los ingresos petroleros. Por lo que es necesario definir una política fiscal con visión de largo plazo como un factor elemental del desarrollo sustentable.

Es importante revisar, por tanto, las opciones de política que ofrece una reforma fiscal verde, al gravar aquellas actividades que repercuten negativamente en el ambiente, a la vez que se disminuyen las cargas fiscales sobre actividades que no

deben desincentivarse, como lo es el trabajo (mediante el Impuesto al Valor Agregado) y los ingresos (como el Impuesto Sobre la Renta) (Caballero, 2012).

Una de las principales alternativas para internalizar las externalidades es la intervención pública, que dispone de una serie de instrumentos que se pueden clasificar en dos grandes grupos (Lavandeira, Rodríguez y López-Otero, 2007):

3.1 Regulaciones convencionales de la actividad económica (comando y control)

También conocidos como regulaciones de comando y control, establecen normas de cumplimiento para los contaminadores, fijando límites de emisión, de productos intermedios o finales, así como procesos técnicos de producción y descontaminación. Para evitar su incumplimiento, los infractores pueden ser objeto de sanciones económicas y/o penales. A su vez, se puede distinguir entre cinco categorías (ibíd.):

- i) Normas sobre productos: Establecen las características que deben cumplirse para mejorar la calidad ambiental.
- ii) Normas sobre emisión de contaminantes o estándares de operación: regulan los niveles de emisión por unidad de tiempo permitidos a cada contaminador.
- iii) Normas sobre inmisión de contaminantes: Regulan las concentraciones de contaminantes permitidas en un determinado lugar.
- iv) Normas tecnológicas o estándares de diseño: Obligan a la utilización de determinadas tecnologías que permiten una mejora ambiental.
- v) Normas de planificación: regulan las condiciones de edificabilidad o uso del territorio.

3.2 Instrumentos económicos

Estos mecanismos utilizan incentivos económicos para hacer modificaciones en el comportamiento ambiental, permitiendo que las mejoras ambientales se alcancen al mínimo coste para la sociedad. Los principales instrumentos económicos son los siguientes:

- i) **Impuestos ambientales:** Son pagos obligatorios que deben realizar los contaminadores. Un impuesto es ambiental por sus efectos en los ingresos públicos, independientemente del destino del gasto del recurso recaudado. El impuesto es ambiental si modifica el comportamiento de los agentes de tal forma que consiga disminuir los niveles de contaminación.
- ii) **Mercados de derechos de emisión:** Se crean mercados en los que se intercambian permisos de emisión a un determinado precio. Son un instrumento de cantidad, donde inicialmente se establece un objetivo de emisiones permitidas.
- iii) **Subvenciones:** Son pagos que realiza el sector público con el objetivo de que los agentes contaminadores modifiquen su comportamiento, generalmente por la transición a tecnologías más limpias.

3.2.1 Los impuestos ambientales

Existen diversas políticas preventivas destinadas a reducir las emisiones de GEI. La literatura se refiere a estas como políticas costo-eficientes ya que permiten reducir las emisiones ni incurrir en costos altos. Las políticas destinadas a mejorar la eficiencia energética, para que sean efectivas, necesitan del apoyo público y de los actores afectados, los gobiernos no pueden simplemente imponer estas medidas. La educación y concientización de los ciudadanos es esencial para lograr un consumo eficiente de energía y, por tanto, la sustitución de combustibles fósiles por otros más limpios y renovables. (García, 2013).

De acuerdo con Lavandeira et. al. (2007) un impuesto ambiental es un pago obligatorio que deben realizar los agentes que emiten sustancias contaminantes (a partir o no de un determinado nivel mínimo), siendo calculado por la aplicación de un tipo impositivo (fijo o variable) a una base imponible relacionada con el nivel de descargas al medio natural. De manera ideal, el tipo impositivo debe estar relacionado con el daño ambiental que genera. Sin embargo, esto en la práctica es muy complicado, debido a los requerimientos de información necesarios. Cuando se da esta condición, se refiere en la literatura a los impuestos pigouvianos. En caso de que el tipo impositivo sea otro, se denominan coste-efectivos, ya que garantizan que el esfuerzo por disminuir la contaminación se dé al mínimo coste.

El impuesto al carbono constituye una opción como medida de mitigación para evitar el avance del calentamiento global. James Poterba (citado en García, 2013) define al impuesto al carbono como "Un impuesto específico, esto es, una cantidad absoluta fija por tonelada de carbón o barril de petróleo. El impuesto está diseñado para internalizar las externalidades asociadas con el consumo de combustibles, por lo que no debería de variar ante shocks en los precios de los combustibles como lo haría un impuesto ad valorem". Un impuesto sobre el carbono crea incentivos para que tanto productores como consumidores disminuyan el uso de los combustibles intensivos en carbono para tratar de evitar el pago del impuesto.

3.2.1.1 Ventajas de los impuestos ambientales

De acuerdo con Moreno (2001), la aplicación de impuestos ambientales tiene importantes ventajas:

- i) Costo efectividad: los impuestos permiten lograr objetivos de una manera menos costosa, al igualar el impuesto con los costos marginales de abatimiento. Estos instrumentos son mucho más económicos que la implementación de políticas de comando y control.

- ii) Ajuste automático: los niveles de emisión se ajustan al impuesto. Así, quien contamina disminuye sus emisiones hasta que el costo marginal de mitigar iguala el impuesto.
- iii) Internalización de externalidades: Los que contaminan deben pagar el impuesto, con la intención de que sus decisiones particulares consideren los costos sociales generados.
- iv) Generación de beneficios ambientales y económicos: Los impuestos ambientales generan ingresos que pueden ser destinados para la conservación o mejora de la calidad ambiental, además de que inciden en el comportamiento para disminuir la contaminación.
- v) Integración del aspecto ambiental en las políticas sectoriales: La aplicación de impuestos ambientales permite la incorporación de los costos que generan a todos los sectores de la economía.

3.2.1.2 Criterios de evaluación de impuestos ambientales

Para evaluar los impuestos ambientales, como lo son los aplicados a las gasolinas y el diésel, se requiere definir una serie de criterios que de acuerdo con Gago, Lavandeira y López-Otero (2013) se pueden clasificar en cuatro categorías:

- a) Eficacia ambiental: Este es probablemente el criterio más importante, la corrección del problema ambiental. Este criterio se puede dividir en dos aspectos: la capacidad del impuesto para resolver el problema ambiental (efectividad ambiental) y evaluar la mejora ambiental derivada del fomento de la introducción de tecnologías menos contaminantes.
- b) Eficiencia económica: Se evalúa la capacidad que tiene el impuesto para aproximarse a una solución óptima de falla de mercado, esto implica que el impuesto permita internalizar las externalidades ambientales, al igualar los beneficios marginales privados y los costos marginales externos de contaminar. Cabe mencionar que la aplicación de este criterios es limitado, dado los elevados requisitos de información que se necesitan. En la práctica,

por lo general se busca minimizar los costos totales de la política ambiental, dado un nivel de calidad ambiental establecido como objetivo.

- c) Viabilidad práctica: Se analiza la capacidad que tiene el diseño del impuesto en ser aplicado en realidad. Considera a su vez tres aspectos. Primero, la integralidad administrativa que se refiere a la capacidad del impuesto para integrarse en el aparato administrativo del gobierno. Segundo, la viabilidad de su diseño, que evalúa la capacidad del impuesto para ser aplicado sin elevados requisitos de información ni altos costos. Tercero, el grado de aceptación social del instrumento.

- d) Incidencia distributiva: evalúa la distribución de los costos del impuesto entre los agentes sobre los que recae la carga. Desde el punto de vista distributivo se analiza la equidad en la distribución de la carga fiscal considerando el nivel de ingreso. También puede evaluarse considerando el “principio del que contamina paga”, esto es, que la carga se aplique a los causantes del problema ambiental.

Desde el punto de vista social, el criterio de incidencia distributiva es seguramente el más debatido. Sterner (2011) analiza diversos estudios tanto en Reino Unido como en Estados Unidos, que concluyen en que los impuestos a la gasolina son regresivos, aunque estas naciones tienen niveles de ingreso muy por encima de la mayoría del resto del mundo. Destaca el caso de Estados Unidos, donde aún los estratos más populares tienden a adquirir vehículos más viejos y menos eficientes en energía, quienes además conducen a distancias más largas para ir sus lugares de trabajo, ya que el país tiene poco transporte público.

Existen diversos métodos para medir la incidencia del impuesto a la gasolina, algunos de estos, son los cuatro siguientes:

i) el cambio en el excedente del consumidor, que se calcula mediante el área que se encuentra debajo de la curva de demanda sobre la cantidad comprada, reflejando los cambios en los precios más el cambio en el ingreso total, esto para cada decil.

ii) elasticidad de la demanda promedio, este enfoque asume que las elasticidades de la demanda no varían en relación al ingreso, lo cual es muy cuestionado ya que los hogares de menores ingresos pueden responder más a las variaciones en los precios. Así, mediante este análisis se exagerará la incidencia de grupos de ingreso con demanda más elástica y subestimaré la incidencia de grupos con demanda menos elástica.

iii) cambios en el precio e ingreso, mide la incidencia como la suma sobre todos los bienes de la variación del precio de un bien dado por el consumo de ese bien en particular (antes de que el impuesto cambie) por el cambio en el ingreso seguido por el impuesto. Este último enfoque tiene dos variantes importantes. Puede utilizar el ingreso o el gasto para estimar la incidencia (Stern, 2011).

iv) Finalmente, una forma más elaborada de calcular la elasticidad, consiste en el procedimiento utilizado por Johansen (1988 y 1992), que permite estimar distintas relaciones de cointegración que pueden encontrarse entre la demanda de gasolina, el PIB y los precios de las gasolinas, mediante modelos de vectores autorregresivos (VAR).

Suits propuso una forma de medir el grado de progresividad de un impuesto, se mide de forma similar al coeficiente de Gini. De acuerdo con Torres (2016) los criterios de decisión serían los siguientes:

Suits > 0 será un impuesto progresivo

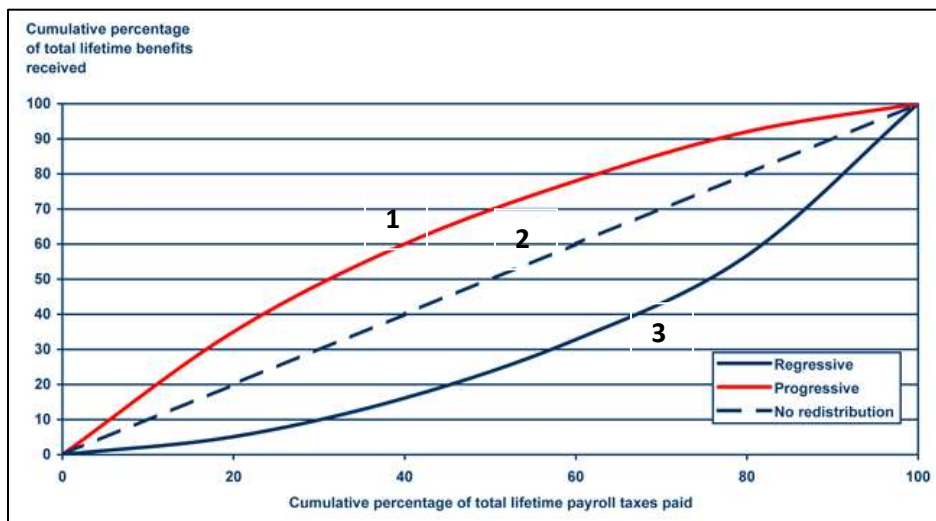
Suits = 0 Impuesto proporcional

Suits < 0 Impuesto regresivo

Gráficamente se representa como la curva de Lorenz y muestra la participación porcentual de los impuestos que paga cada grupo de ingresos, como se muestra en el gráfico 1:

Gráfica 1

Ejemplo de diferentes curvas de concentración



Fuente: Biggs, Sarney y Tamborini (2009)

En la gráfica 1 se muestran los tres casos extremos de la distribución de la carga fiscal de un impuesto. El eje horizontal representa a los hogares ordenados por nivel de ingreso. El eje vertical representa el porcentaje acumulado del ingreso destinado al pago del impuesto. La línea 1 es la representación de un impuesto regresivo. La línea 2 es el caso de un impuesto neutro, ya que cada hogar estaría pagando exactamente la misma cantidad de su ingreso. La línea 3 es la representación de un impuesto progresivo, ya que los hogares de mayores ingresos destinarán una mayor proporción de su ingreso al pago del impuesto.

3.3 Revisión de la literatura empírica sobre el consumo de gasolina en México

Existen diversos estudios sobre la demanda de gasolina en México. Galindo (2005) menciona que la demanda de gasolina es elástica tanto en el corto como en el largo plazo. Johansen (2009) explica el parque vehicular aumentó tres veces en el periodo de 1996 al 2006 y la demanda de combustibles para el transporte creció cuatro veces de 1973 al 2006. Aunado a lo anterior, señala que el patrón de urbanización histórico y proyectado en México, el transporte urbano y los problemas relacionados de planificación de uso del suelo constituirán factores fundamentales en el uso eficiente de la energía en el sector transporte y las correspondientes emisiones de carbono.

Crotte, Noland y Graham (2010) explican que las elasticidades de la gasolina en México son bajas en comparación a la mayoría de los países de otras regiones del mundo, así como una baja sustitución del transporte público por el privado.

Reyes, Escalante y Matas (2010) señalan que el consumo de gasolina es sensible al ingreso, pero poco sensible a los precios relativos. Consideran necesaria la verificación vehicular, la mejora en gasolinas y del transporte público para poder mitigar las emisiones de GEI. De no aplicarse estas medidas se espera un incremento en el 50% de las emisiones entre el periodo 2008 al 2020. Sánchez, explica que la demanda en el precio de las gasolinas es elástica solo en los niveles de ingreso bajo, donde los primeros cinco deciles solo representaron el 16% del consumo de gasolina en el periodo 1984 al 2010. Las tesis anteriores que afirman el incremento en el consumo de los combustibles se puede respaldar con la gráfica del Anexo 2.

Capítulo 4 Importancia del petróleo en las Finanzas públicas de México

4.1 La expropiación petrolera

Desde un inicio, la explotación petrolera en México era realizada por empresas extranjeras. Entre 1910 y 1920, se instalan los grandes monopolios como Royal Dutch Shell, Estándar Oil, Sinclair Oil, City Services y Warner Quintla, que concentraban el 90% de la producción en el periodo 1901 a 1938. Para la expropiación, el clima tanto interno como externo era favorable. En lo interno, existe unidad en el periodo posterior a la Revolución, donde se crea el Partido Nacional Revolucionario (PNR). Además, la economía se había recuperado totalmente de la crisis de 1929 y la desarticulación ocasionada por la propia Revolución. En lo externo, el emergente clima de tensión mundial que representaba la militarización de Alemania, la invasión italiana a Etiopía, la invasión de Japón a China, entre otros acontecimientos (Benítez, 1990).

Esto hace poco probable que Estados Unidos e Inglaterra puedan tomar medidas contra México, más allá del bloqueo comercial o financiero. Una vez consumada la expropiación en marzo de 1938, tanto Estados Unidos como Inglaterra centran su atención en la amenaza que representa la Segunda Guerra Mundial, particularmente porque tanto Italia como Alemania estaban dispuestos a apoyar financiera y comercialmente a México, lo que inhibía a los primeros a presionar al gobierno mexicano, a pesar de que las compañías extranjeras afectadas así lo deseaban (Carrillo, 2005).

Tras la insolencia de las compañías petroleras extranjeras para cumplir las leyes nacionales, el presidente Lázaro Cárdenas decretó la expropiación petrolera en marzo de 1938. Lo cual fue concebido como una medida de soberanía que encauzó al crecimiento económico y el desarrollo del país, al permitir que el Estado controlara

la industria energética, la cual, desde esa época, tenía una relevante aportación a las finanzas públicas (Colmenares, 2008).

4.2 Fortalecimiento del mercado interno (periodo 1938 – 1976)

Debido a la abundante disponibilidad de petróleo a nivel mundial, por la incorporación de los países árabes en la producción, así como la fuerte competencia que representaban los países de Estados Unidos y Venezuela en nuestro continente, al tener menores costos de producción, no fue posible para México poder exportar mayores volúmenes de este recurso (ver tabla 4). Sin embargo, en el periodo conocido como el “desarrollo estabilizador” caracterizado por tener altas tasas de crecimiento económico, la demanda del mercado interno fue el factor detonante para aumentar la producción petrolera del país en las siguientes décadas. De acuerdo a Méndez (2004) este periodo que abarca de 1940 a 1970, se caracterizó por tener altas tasas de crecimiento económico (6.3% anual en promedio) pero una fuerte concentración del ingreso.

Tabla 4.

Principales países productores de petróleo 1940-1975

Tabla 1					
Principales países productores de petróleo 1940-1975					
País	1975	1970	1960	1950	1940
URSS	1°	2°	2°	3°	2°
EEUU	2°	1°	1°	1°	1°
Arabia Saudita	3°	4°	5°	5°	11°
Iran	4°	3°	6°	4°	4°
Venezuela	5°	5°	3°	2°	3°
Irak	6°	8°	7°	8°	7°
Kuwait	7°	7°	4°	6°	-
Canadá	8°	9°	8°	10°	9°
Libia	9°	6°	-	-	-
Indonesia	10°	12°	9°	9°	5°
México	12°	13°	10°	7°	6°
Argentina	13°	15°	12°	11°	8°
Egipto	16°	17°	15°	12°	10°

Fuente: Construcción propia con datos de PEMEX (1977)

En la década de los años 50, surge el estructuralismo latinoamericano, que reconoce al subdesarrollo como parte de un proceso autónomo y no solo como una etapa necesaria para alcanzar el desarrollo, como lo suponía el modelo neoclásico de cinco etapas de Rostow (1970), en el cual, se describe como transitar de una economía predominantemente agraria y carente de capital (subdesarrollada) a una economía de alto nivel de consumo, con capital y trabajo especializados (desarrollado).

La teoría estructuralista se oponía a la idea de la división internacional del trabajo, en el cual a los países latinoamericanos como México les correspondían, al ser parte de la periferia, a producir materias primas y alimento para los grandes centros de la economía mundial. Por lo que se instauró el Modelo de Sustitución de Importaciones en el país, el cual tenía el objetivo de industrializar a la economía, mediante la protección de la industria nacional con barreras arancelarias.

Se requería además importar grandes cantidades de bienes intermedios y de capital para dicho fin (Guillen, 2007). Sin embargo, como se mencionará más adelante, esta estrategia provocó déficit en la balanza comercial y posteriormente déficit fiscal, ya que el valor de las importaciones superaba al de las exportaciones, situación que tendría fuertes repercusiones en la economía.

El Estado mexicano implementó una política de precios subsidiados en los energéticos para impulsar el Modelo de Sustitución de Importaciones, que fue un factor fundamental para estimular la demanda interna hasta el final del “desarrollo estabilizador”. Sin embargo, debido al incremento progresivo del gasto público por encima de la recaudación tributaria y a la política de subsidios, provocó que el gobierno tuviera que recurrir al endeudamiento para enfrentar su déficit fiscal (Colmenares, 2008).

El fundamento principal de la estrategia del endeudamiento era la conveniencia de complementar el ahorro interno con el financiamiento proveniente del exterior para poder elevar así la inversión y la tasa de crecimiento económico. Esto permitió inicialmente a México y otros países latinoamericanos, paliar los efectos adversos de la recesión de las economías desarrolladas, las cuales disminuyeron sus importaciones. Aunado a lo anterior, la súbita alza en el precio internacional del petróleo dotó de una mayor captación de recursos provenientes del extranjero a México (CEPAL, 1985).

Tabla 5

Indicadores macroeconómicos clave en el periodo 1970-1999. México

AÑO	Deuda Externa Total		Tipo de cambio peso/dólar	Tasa de Crecimiento del PIB	AÑO	Deuda Externa Total		Tipo de cambio peso/dólar	Tasa de Crecimiento del PIB
	Millones de USD	% del PIB				Millones de USD	% del PIB		
1970	7,097	19.97%	12.5	6.5	1985	97,063	94.6%	\$ 453.5	2.2
1971	7,628	19.46%	12.5	3.8	1986	101,083	121.1%	\$ 913.5	-3.1
1972	8,352	18.49%	12.5	8.2	1987	109,653	131.5%	\$ 2,225.0	1.7
1973	10,667	19.30%	12.5	7.9	1988	99,400	60.2%	\$ 2,298.0	1.3
1974	14,081	19.56%	12.5	5.8	1989	94,016	50.4%	\$ 2,685.5	4.1
1975	18,381	20.89%	12.5	5.7	1990	104,605	45.8%	\$ 2,838.5	5.2
1976	24,139	35.21%	22.7	4.4	1991	114219.8	40.6%	\$ 3,015.7	4.2
1977	31,382	38.59%	22.7	3.4	1992	111919.2	33.9%	\$ 3,095.4	3.5
1978	35,905	34.89%	22.7	9.0	1993	130124.3	25.8%	\$ 3,115.2	1.9
1979	42,975	31.90%	22.8	9.7	1994	138135.5	41.3%	\$ 3,389.0	4.9
1980	57,574	30.51%	23.3	9.2	1995	164954.7	57.1%	\$ 6,426.8	-6.3
1981	78,413	34.01%	26.2	8.5	1996	156339.6	40.7%	\$ 7,599.2	6.8
1982	86,275	134.19%	149.3	-0.5	1997	147773.8	31.3%	\$ 7,916.7	6.9
1983	93,108	85.88%	161.2	-3.5	1998	159250.4	34.5%	\$ 9,153.7	5.2
1984	94,967	69.58%	210.0	3.4	1999	167187.7	28.7%	\$ 9,553.2	2.8

Fuente: Construcción propia con datos de Banxico.

De acuerdo con la tabla 5, en el periodo 1970 a 1975, el país registró una estabilidad en 3 indicadores macroeconómicos clave, un crecimiento promedio anual del 6.3%, una deuda externa total cercana al 20% del PIB y un tipo de cambio que se mantuvo en 12.5 pesos por dólar. Sin embargo, al entrar la crisis económica del año siguiente, disminuyó el ritmo de crecimiento a 4.4%; así como el incremento en la

deuda externa al representar más del 35% del PIB. Además, el agotamiento de las reservas internacionales ocasionó una fuerte devaluación de la moneda del 45% al alcanzar los 22.7 pesos por dólar.

4.3 Petrolización de las finanzas públicas (periodo 1977 – 1999)

En 1977 continuaron los efectos de la crisis del año anterior, donde la economía creció solo un 3.4%, la cifra más baja desde 1969. Sin embargo, el aumento en la producción petrolera, aunado al incremento en el precio de exportación de este producto, permitieron tener elevadas tasas de crecimiento económico entre los años 1978-1981. Los ingresos ordinarios del gobierno federal provenientes de las exportaciones de petróleo fueron de 25%, 26% y 44% en los años 1980, 1981 y 1982 respectivamente. A este fenómeno se le conoce como la “petrolización de las finanzas públicas”. Lo que hacía vulnerable al país de las fluctuaciones en los precios internacionales del petróleo (Colmenares, 2008).

Como se muestra en la tabla 6, el precio promedio del petróleo mexicano de exportación tuvo un importante aumento en los años 1979, 1980 y 1981, con precios de 19.5, 31.1 y 33.1 USD/barril respectivamente. Lo que llevó al presidente López Portillo a decir en reiteradas ocasiones que los mexicanos debíamos acostumbrarnos a “administrar la abundancia”. Sin embargo, en 1982 el precio disminuyó a 28.67, con lo que el PIB decreció un 0.6%, alcanzando un crecimiento de apenas el 4.2% en 1983.

Para 1985 el precio del petróleo seguía a la baja, al cotizarse en 25.33 USD/barril, pero el peor momento llegó en 1986 cuando se desplomó hasta los 11.86 USD/barril, el precio más bajo desde 1974, lo que provocó un decrecimiento del 3.08% del PIB. El impacto en este año habría sido más severo para las finanzas públicas de no haberse aplicado impuestos extraordinarios a los petrolíferos

comercializados en el mercado interno, tras la caída en el precio internacional del petróleo (Colmenares, 2008).

De 1987 a 1997 el precio del petróleo se mantuvo sin grandes fluctuaciones, alrededor de 15 USD/barril. Sin embargo, en 1995, se vive otra severa crisis que ocasionó un decrecimiento en la economía de 6.29%. (COMPLETAR EXPLICACION) Para 1998, se registró el precio más bajo en veinticinco años, al venderse la mezcla mexicana en 10.17 USD/barril; teniendo una considerable recuperación en los dos años siguientes al cotizarse en 15.57 y 24.86 USD/barril respectivamente.

4.4 Auge y caída del petróleo en las finanzas públicas (periodo 2000 – 2018)

En la década de los 90, el precio promedio del petróleo se ubicó en 15.2 USD/barril. Para la década siguiente volvió a incrementar su precio internacional de manera considerable, al pasar de 24.86 a 84.58 USD/barril del año 2000 al 2008. Sin embargo, en 2009 el precio disminuyó un 32% al ubicarse en 51.44 USD/barril, como consecuencia de la contracción de la demanda provocada por la crisis económica mundial que comenzó en 2008. Los años posteriores volvió a reevaluarse hasta alcanzar el máximo histórico de 102.09 USD/barril para el año 2012. Sin embargo, a partir de ese momento, comenzó un fuerte descenso de la mezcla mexicana al cotizarse en 43.29, 35.63 y 46.40 USD/barril en los años 2015, 2016 y 2017 respectivamente.

Tabla 6. Exportaciones de petróleo 1990-2016. México

Año	Producción (miles de barriles)	Precio (USD/barril)	Tipo de Cambio	Ingresos (millones de pesos)	Valor como % de los Ingresos Públicos	Año	Producción (miles de barriles)	Precio (USD/barril)	Tipo de Cambio	Ingresos (millones de pesos)	Valor como % de los Ingresos Públicos
1990	466,148	19.09	2.8	25,262	21.3%	2004	682,671	31.14	11.3	239,940	18.9%
1991	499,569	14.58	3.0	21,973	12.2%	2005	663,250	42.69	10.9	308,293	21.8%
1992	500,601	14.88	3.1	23,055	10.9%	2006	654,345	53.04	10.9	378,396	24.3%
1993	488,055	13.2	3.1	20,065	10.3%	2007	615,458	61.66	10.9	414,660	24.2%
1994	477,209	13.88	3.4	22,449	10.2%	2008	512,235	84.58	11.1	482,796	23.6%
1995	476,493	15.7	6.4	48,070	17.2%	2009	447,283	57.44	13.5	346,815	17.3%
1996	565,043	18.94	7.6	81,342	20.7%	2010	496,596	72.46	12.6	454,449	21.8%
1997	628,068	16.46	7.9	81,859	16.1%	2011	488,402	100.99	12.4	613,079	26.4%
1998	635,548	10.17	9.2	59,184	10.9%	2012	458,286	102.09	13.2	616,151	25.1%
1999	567,024	15.57	9.6	84,350	12.5%	2013	433,905	98.46	12.8	545,557	20.2%
2000	585,346	24.86	9.5	137,624	15.9%	2014	416,923	86	13.3	476,995	16.5%
2001	640,813	18.61	9.3	111,357	11.9%	2015	427,956	43.29	15.9	294,186	9.3%
2002	622,370	21.52	9.7	129,548	13.1%	2016	437,138	35.63	18.7	291,079	8.2%
2003	673,033	24.78	10.8	179,959	15.9%						

Fuente: Construcción propia con datos de Banxico, Pemex e INEGI.

De acuerdo con la tabla 6, de 1991 a 1994, el valor de las exportaciones como porcentaje de los ingresos públicos del gobierno federal, representaron en promedio el 10.9%. Para 1995 los ingresos de este rubro aumentaron más del 100%, en gran parte por la devaluación del peso correspondiente a finales del año anterior, donde el tipo de cambio pasó de 3.4 a 6.4 pesos por dólar. De 1996 a 2006 se incrementó la producción de petróleo de manera sostenida, pasando de 565,043 mil barriles a 654,345 mil barriles anuales, que, aunado a la continua depreciación de la moneda nacional, así como del aumento en el precio internacional del crudo, permitieron que los ingresos públicos dependieran fuertemente de su exportación, al alcanzar el 24.3% del total de dichos ingresos.

A partir del año 2007 comenzó el declive en la producción petrolera nacional. Sin embargo, el valor de la producción se mantuvo por la combinación de los elevados precios internacionales y la depreciación del peso. En el año 2012 se alcanzó el precio máximo histórico cotizándose en 102.09 USD/barril, lo que significó más de la cuarta parte de los ingresos del sector público federal.

En los últimos cuatro años de análisis se ha observado una caída drástica de los ingresos provenientes de las exportaciones petroleras, que representaron el 16.5%, 9.3% y 8.2% de los ingresos estatales. Debido a la disminución de los precios, así como de la producción, a pesar de la acelerada depreciación de la moneda nacional, que pasó de 13.3 a 18.9 pesos por dólar entre 2014 y 2017, lo que representa un 42%. Estos resultados ponen de manifiesto la fragilidad de las finanzas nacionales al haber dependido durante décadas de los ingresos provenientes de la exportación petrolera.

Tabla 7.

Análisis de los ingresos tributarios de México 1990-2017

Año	Petroleros	Tributarios				No tributarios	Total	Año	Petroleros	Tributarios				No tributarios	Total
		ISR	IVA	IEPS	Otros					ISR	IVA	IEPS	Otros		
1990	21.9%	27.8%	22.4%	9.4%	8.2%	10.3%	100%	2004	31.0%	27.2%	22.4%	6.7%	4.2%	8.4%	100%
1991	17.3%	23.9%	18.1%	7.2%	8.5%	25.0%	100%	2005	37.1%	27.2%	22.5%	3.5%	4.1%	5.6%	100%
1992	16.2%	27.4%	14.4%	8.6%	9.6%	23.8%	100%	2006	37.5%	28.7%	24.4%	-0.3%	4.3%	5.4%	100%
1993	17.9%	35.5%	17.0%	9.9%	11.0%	8.7%	100%	2007	32.2%	30.8%	23.9%	-0.4%	4.3%	9.2%	100%
1994	14.1%	33.1%	17.5%	12.7%	9.5%	13.1%	100%	2008	44.2%	27.4%	22.3%	-8.2%	7.0%	7.3%	100%
1995	25.8%	26.3%	18.5%	8.8%	7.2%	13.4%	100%	2009	24.4%	26.7%	20.4%	2.5%	6.8%	19.1%	100%
1996	28.7%	24.8%	18.4%	7.6%	6.9%	13.7%	100%	2010	30.8%	30.1%	24.3%	0.2%	6.0%	8.6%	100%
1997	25.5%	26.6%	19.2%	8.9%	6.7%	13.2%	100%	2011	36.6%	31.1%	23.2%	-3.3%	4.9%	7.6%	100%
1998	16.4%	31.1%	22.0%	14.1%	7.0%	9.5%	100%	2012	37.6%	30.9%	23.6%	-5.3%	4.3%	8.8%	100%
1999	14.5%	32.0%	22.4%	15.8%	7.1%	8.2%	100%	2013	31.9%	33.5%	20.6%	-0.3%	4.0%	10.4%	100%
2000	25.1%	29.8%	21.8%	9.4%	6.0%	7.9%	100%	2014	27.0%	34.1%	23.1%	3.9%	1.5%	10.4%	100%
2001	20.9%	30.4%	22.2%	11.8%	5.4%	9.4%	100%	2015	13.0%	38.8%	22.2%	11.1%	2.1%	12.7%	100%
2002	14.9%	32.2%	22.1%	13.8%	5.6%	11.5%	100%	2016	8.6%	39.9%	22.2%	11.5%	2.4%	15.3%	100%
2003	23.7%	29.7%	22.5%	10.4%	5.2%	8.5%	100%	2017	11.3%	40.3%	21.4%	9.6%	2.5%	14.8%	100%

De acuerdo con la tabla 7, existe una alta variabilidad de la proporción que representan los ingresos petroleros como parte de los ingresos públicos federales. Aunque el declive más fuerte se puede apreciar después del 2008, cuando pasa del 44.2% al 11.3 en 2017, llegando a su nivel más bajo en 2016 al representar solo el 8.6%.

Respecto al IEPS, se puede destacar que es un componente del precio de las gasolinas y el diésel que es utilizado por el gobierno federal para ajustar el precio de estos combustibles a nivel nacional respecto al precio de referencia internacional de los mismos. Esto, para evitar cambios drásticos en los precios, de tal forma que,

si el precio internacional se encuentra por encima del nacional, este impuesto se considera negativo (un subsidio). En el caso contrario, cuando el precio internacional es menor al nacional, el IEPS se considera propiamente como un impuesto.

En el periodo analizado en la tabla 7, el IEPS fue negativo por última vez en 2013, a partir de ese momento ha sido el tercer impuesto de mayor recaudación, solo detrás del ISR e IVA. En enero de 2017 los precios de las gasolinas aumentaron entre un 14 y 20% respecto al precio registrado el año anterior. Esto es consecuencia, en parte, por la aplicación de la reforma energética, que establece la apertura del mercado al capital privado en dos aspectos: la instalación de estaciones de servicio y la importación de gasolinas y diésel. Además, el precio de estos ya no sería establecido por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP), sino por el propio mercado. Aunado a lo anterior, ya no se tendría un solo precio a nivel nacional, sino que habría diferencias entre regiones e incluso entre estaciones de trabajo de la misma región, en función de los costos de logística y transporte.

Capítulo 5 Impactos de los impuestos en la demanda de gasolinas y en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en México

En este capítulo se presentan 3 modelos econométricos para estimar la elasticidad precio de la demanda y la elasticidad ingreso de la demanda de la gasolina magna, gasolina premium y del diésel. Posteriormente, con las ecuaciones de los modelos, se construyeron 2 escenarios alternativos. El primero, calculando la demanda con el precio base de la gasolina antes de impuestos. El segundo, considerando el precio base y el Impuesto al Valor Agregado (IVA) correspondiente. Finalmente, se evalúa la cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para cada escenario.

Actualmente, existe consenso científico, tanto a nivel nacional como internacional, respecto al origen antropogénico del fenómeno del cambio climático. Si bien el transporte es una actividad muy importante para una economía, al estar basada casi su totalidad en combustibles fósiles, genera externalidades negativas tanto a nivel local como global. De acuerdo con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2015, publicado por el INECC, México es el décimo segundo emisor de GEI, aportando el 1.4% de las emisiones mundiales. Siendo el sector autotransporte el principal contribuyente a la generación de estos gases, con el 23% del total, seguido de la generación eléctrica, la industria, la producción de petróleo y gas y la producción agropecuaria con el 19%, 17.3%, 12.1% y 12% respectivamente.

5.1 Situación de México ante el cambio climático

México es considerado un país vulnerable a los efectos del cambio climático, ya que se encuentra localizado entre dos océanos, además por su latitud y relieves, está expuesto a fenómenos meteorológicos extremos. Los costos económicos asociados a eventos meteorológicos han ido en aumento. De acuerdo con el INECC (2015) el impacto económico promedio en el periodo 1980-1999 fue de 730 millones de

pesos, mientras que en el periodo 2000-2012 alcanzó los 22,000 millones, esto es, treinta veces más.

La vulnerabilidad de cada región del país tiene un efecto diferenciado. En algunas zonas, una pequeña disminución de lluvia puede tener fuertes impactos económicos, sociales y ambientales. Mientras que en otras (principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Baja California y Yucatán), se muestra gran vulnerabilidad ante las olas de calor. Aunado a lo anterior, existe evidencia respecto al aumento de la temperatura en el país en las últimas cinco décadas, donde en promedio ha aumentado 0.85°C. De acuerdo con diversos escenarios de cambio climático, la precipitación podría disminuir hasta un 10% y la temperatura incrementarse entre 1 y 1.5°C para el año 2025 (Ibid., 42).

Existe también un alto grado de vulnerabilidad de la población que depende directamente de las actividades del sector primario, que se ve afectado fuertemente por la presencia de fenómenos meteorológicos extremos (Semarnat, 2014). Por lo anterior, es necesario que México tome un rol activo y sea ejemplo internacional en la aplicación de medidas, tanto de mitigación como de adaptación al cambio climático.

En el presente capítulo se analizará el efecto que ha tenido el aumento en el precio de las gasolinas en los últimos años, para estimar los efectos sociales y ambientales de este incremento y determinar si es una medida suficiente para lograr una disminución suficiente en las emisiones que permitan alcanzar las metas establecidas en el Acuerdo de París.

5.2 Planteamiento de los modelos econométricos

Para calcular la demanda de los tres tipos de combustible analizados, se utilizará el modelo econométrico de la ecuación 1:

Ecuación 1.

Modelo econométrico para la estimación de la demanda de gasolinas y diésel

$$g_l = a + \beta p_l + \gamma y_l + \varepsilon_l$$

Donde la variable dependiente g_l representa la demanda global de gasolina, a es una constante, $\beta < 0$ y $\gamma > 0$ significan las elasticidades del precio y del ingreso, respectivamente. El error del modelo se encuentra representado por ε . El subíndice l representa el logaritmo natural de las series de tiempo. La cantidad demandada de cada tipo de combustible se obtuvo del Sistema de Información Energética. En cuanto al precio, se optó por utilizar los precios corrientes. Por su parte, la variable ingreso se calculó con el valor del Producto Interno Bruto (PIB) a precios corrientes. Las series de cada variable son de frecuencia trimestral y abarcan el periodo 2000 a 2018, considerando un total de 76 observaciones. El software utilizado para calcular la ecuación es el Eviews 20, mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

5.3 Cálculo de emisiones de CO2e

Para estimar la generación de emisiones de efecto invernadero, se utilizó el método de nivel 2, propuesto por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006), en el cual se calculan las emisiones de bióxido de carbono equivalente (CO2e), mediante la demanda de gasolinas, de acuerdo con la ecuación 2.

$$Emisión = \sum [combustible_a * EF_a]$$

Ecuación 2. Estimación de emisiones mediante el método 2 del IPCC

Donde:

Emisión = emisiones de CO₂e (kg)

combustible_a = combustible vendido en Terajoules

EF_{α} = Factor de emisión del combustible (Kg/TJ). Es igual al contenido de carbono que contiene el combustible

α =Tipo de combustible. Para el presente estudio se refiere a las gasolinas Magna y Premium

De acuerdo con la información del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) los factores de emisión de las gasolinas para automóviles se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1

Factores de emisión de gasolinas en México

Factor de emisión (Kg de CO ₂ /litro)		
Magna	Premium	Diésel
2.3417	2.3013	2.6180

Fuente: Construcción propia con base en INECC (2014)

5.4 Resultados de los modelos

A continuación, se presentarán los resultados de los modelos para los tres tipos de combustibles, así como la interpretación de cada una de las variables y las pruebas de homocedasticidad, normalidad y no autocorrelación.

5.4.1 Modelo de demanda de la gasolina magna

De acuerdo con el cuadro 2, la variación en la demanda de gasolina muestra una relación inversa respecto al precio, con lo que se asume que un incremento de 1% en el precio, influye en la disminución de la demanda en 0.76026%. Por lo que la demanda de este producto es poco elástica. Por su parte el coeficiente del ingreso muestra un comportamiento directo, lo cual se puede interpretar que con el aumento en el 1% del PIB se incrementa en 1.07804% la demanda de gasolina, lo que representa una mayor sensibilidad a los cambios en el ingreso que en el precio de este combustible.

Cuadro 2

Principales variables y coeficientes del modelo de magna

Variable dependiente	Δg	
Variables independientes	Coefficiente	Probabilidad
Δy	1.07804	0.00000
Δp	-0.76026	0.00000
AR(1)	0.902971	0.00000
R cuadrada	0.96843	
R cuadrada ajustada	0.96711	
Durbin-Watson	1.84655	
Jarque-Bera	9.48138	(0.00873)
Prueba Breusch-Pagan-Godfrey	1.57199	(0.4557)

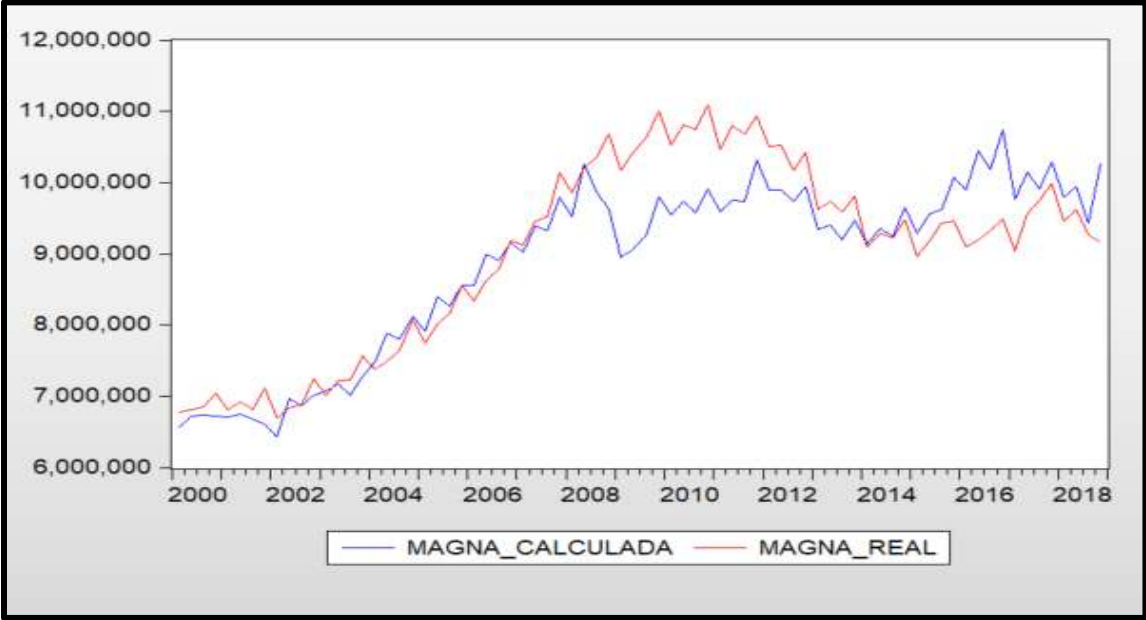
Con base en los resultados del modelo, las variables independientes tienen un nivel de significación por encima del 95%. El coeficiente de determinación es superior al 0.97, lo que supone un alto nivel explicativo del modelo. La prueba de Durbin-Watson, se encuentra con un coeficiente cercano a 2, por lo que se acepta la hipótesis nula y se considera que no existe autocorrelación. En la prueba de normalidad de Jarque-Bera se acepta la hipótesis alternativa, con lo que se asume

que no se cumple el supuesto de normalidad, básicamente por un problema de asimetría. Finalmente, con la prueba de heterocedasticidad Breusch-Pagan-Godfrey, se acepta la hipótesis nula y se considera que existe homocedasticidad.

En la gráfica 2 se muestra una comparación entre la demanda real y la demanda estimada de gasolina con el modelo, puede apreciarse que ambas series tienen un comportamiento muy similar.

Gráfica 2

Demanda de gasolina magna real y calculada mediante el modelo (miles de litros)



Fuente: Construcción propia

5.4.2 Modelo de demanda de la gasolina premium

Cuadro 3 Principales variables y coeficientes del modelo

Variable dependiente	Δg	
Variables independientes	Coeficiente	Probabilidad
Δy	1.089174	0.00000
Δp	-1.630092	0.00000
AR(1)	0.978880	0.00000
R cuadrada	0.86624	
R cuadrada ajustada	0.86067	
Durbin-Watson	2.37173	
Jarque-Bera	0.647246	(0.72352)
Prueba Breusch-Pagan-Godfrey	13.16734	(0.0014)

Fuente: Construcción propia

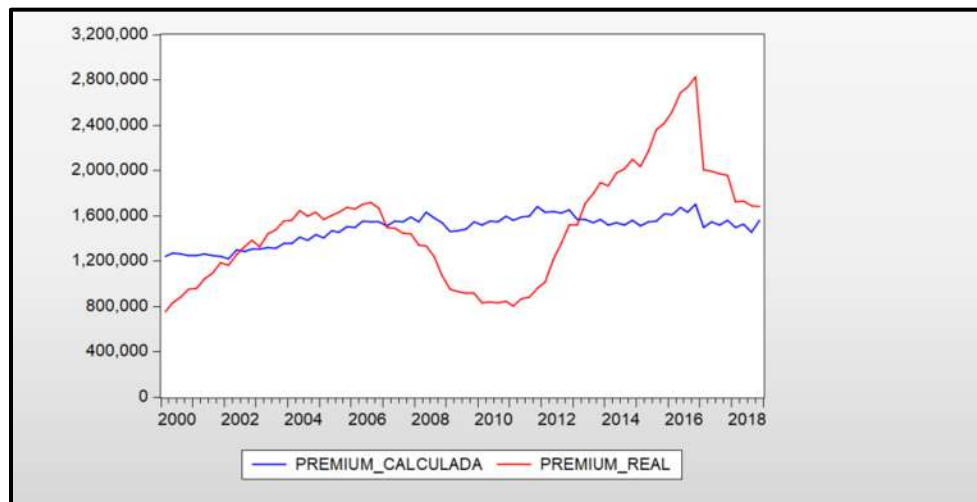
De acuerdo con el cuadro 3, la variación en la demanda de gasolina muestra una relación inversa respecto al precio, con lo que se asume que un incremento de 1% en el precio, influye en la disminución de la demanda en 1.630092%. Por lo que la demanda de este producto es elástica. Por su parte el coeficiente del ingreso muestra un comportamiento directo, lo cual se puede interpretar que con el aumento en el 1% del PIB se incrementa en 1.089174% la demanda de gasolina, lo que representa una mayor sensibilidad a los cambios en el precio del combustible que en el ingreso.

Con base en los resultados del modelo, las variables independientes tienen un nivel de significación por encima del 95%. El coeficiente de determinación es superior al 0.97, lo que supone un alto nivel explicativo del modelo. La prueba de Durbin-Watson, se encuentra con un coeficiente dentro del rango 1.5 y 2.5, por lo que se acepta la hipótesis nula y se considera que no existe autocorrelación. En la prueba de normalidad de Jarque-Bera se acepta la hipótesis nula, con lo que se asume que se cumple el supuesto de normalidad. Respecto a la prueba de heterocedasticidad Breusch-Pagan-Godfrey, se acepta la hipótesis alternativa ya que se considera un problema de heterocedasticidad.

En la gráfica 3 se muestra una comparación entre la demanda real y la demanda estimada de gasolina premium con el modelo, si bien ambas series muestran una tendencia similar, puede apreciarse una mayor variabilidad en el comportamiento de los datos reales respecto a los calculados.

Gráfica 3

Demanda de gasolina premium real y calculada mediante el modelo (miles de litros)



Fuente: Construcción propia

5.4.1 Modelo de demanda del Diésel

A continuación, se describen los resultados del modelo y pruebas de no autocorrelación, normalidad y heterocedasticidad de diésel

Cuadro 4
Principales variables y coeficientes del modelo de diésel

Variable dependiente	Δg	
Variables independientes	Coeficiente	Probabilidad
Δy	1.032594	0.00000
Δp	-0.721996	0.00000
AR(1)	0.951116	0.00000
R cuadrada	0.93485	
R cuadrada ajustada	0.93214	
Durbin-Watson	1.90844	
Jarque-Bera	4.9838	(0.08275)
Prueba Breusch-Pagan-Godfrey	6.7987	(0.0334)

Fuente: construcción propia

De acuerdo con el cuadro 4, la variación en la demanda del combustible diésel muestra una relación inversa respecto al precio, con lo que se asume que un incremento de 1% en el precio, influye en la disminución de la demanda en

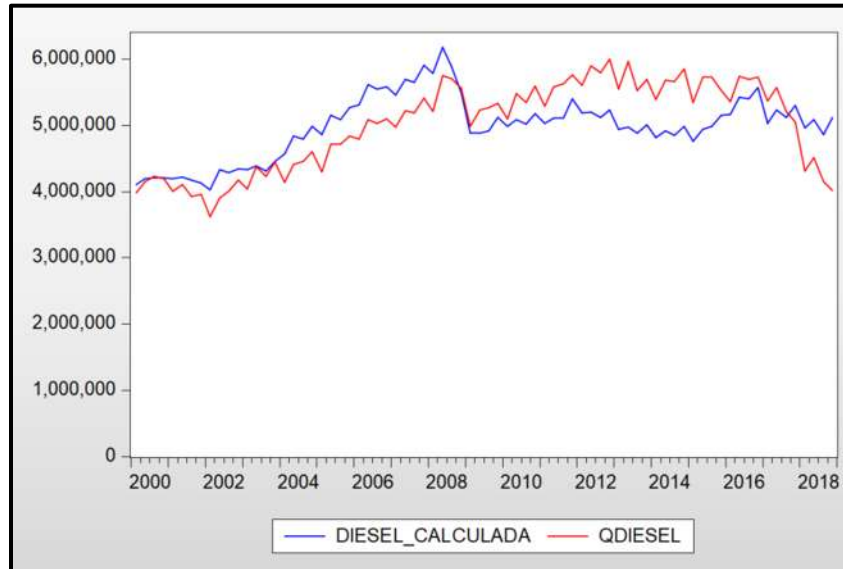
0.72199%. Por lo que la elasticidad precio de la demanda de este producto es poco elástica. Por su parte el coeficiente del ingreso muestra un comportamiento directo, lo cual se puede interpretar que con el aumento en el 1% del PIB se incrementa en 1.032594% la demanda de gasolina, lo que representa una mayor sensibilidad a los cambios en el ingreso que en el precio de este combustible.

Con base en los resultados del modelo, las variables independientes tienen un nivel de significación por encima del 95%. El coeficiente de determinación es superior al 0.93, lo que supone un alto nivel explicativo del modelo. La prueba de Durbin-Watson, se encuentra con un coeficiente cercano a 2, por lo que se acepta la hipótesis nula y se considera que no existe autocorrelación. En la prueba de normalidad de Jarque-Bera se acepta la hipótesis nula, con lo que se asume la existencia de normalidad. Sin embargo, al aplicar la prueba de Breusch-Pagan-Godfrey, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa al encontrar que existe heterocedasticidad.

En la gráfica 4 se muestra una comparación entre la demanda real y la demanda estimada de gasolina con el modelo, puede apreciarse que ambas series tienen un comportamiento muy similar.

Gráfica 4

Demanda del Diésel real y calculada mediante el modelo (miles de litros)



Fuente: Construcción propia

Una vez estimado el modelo de demanda de las gasolinas y el diésel, se analizará el efecto de los impuestos IEPS e IVA en la composición del precio de este combustible.

Cuadro 5

Composición del precio de las gasolinas y el diésel 2000-2018

Composición del precio de las gasolinas y el diésel															
Trimestre	Magna					Premium					Diésel				
	Precio base	IEPS	IVA	Precio final	Porcentaje del precio	Precio base	IEPS	IVA	Precio final	Porcentaje del precio	Precio base	IEPS	IVA	Precio final	Porcentaje del precio
I/2000	2.60	1.83	0.41	4.85	46%	2.55	1.9	0.40	4.85	48%	2.41	1.23	0.38	4.02	40%
II/2000	2.88	1.62	0.46	4.96	42%	2.87	1.63	0.46	4.96	42%	2.47	1.26	0.39	4.12	40%
III/2000	3.07	1.54	0.49	5.09	40%	3.07	1.54	0.49	5.09	40%	2.60	1.21	0.41	4.22	38%
IV/2000	3.06	1.67	0.49	5.21	41%	2.91	1.84	0.46	5.21	44%	3.00	0.85	0.48	4.32	31%
I/2001	2.95	1.89	0.47	5.31	44%	2.78	2.09	0.44	5.31	48%	2.76	1.20	0.44	4.4	37%
II/2001	3.10	1.80	0.49	5.39	43%	3.04	1.87	0.48	5.39	44%	2.51	1.56	0.40	4.47	44%
III/2001	2.70	2.36	0.43	5.48	51%	2.53	2.55	0.40	5.48	54%	2.45	1.70	0.39	4.54	46%
IV/2001	2.57	2.58	0.41	5.56	54%	2.35	2.83	0.37	5.56	58%	2.36	1.89	0.37	4.62	49%
I/2002	2.34	2.92	0.37	5.63	58%	2.08	3.22	0.33	5.63	63%	2.03	2.32	0.32	4.67	56%
II/2002	2.77	2.48	0.44	5.69	51%	2.55	2.73	0.41	5.69	55%	2.32	2.03	0.37	4.72	51%
III/2002	2.90	2.40	0.46	5.76	50%	2.69	2.64	0.43	5.76	53%	2.45	1.93	0.39	4.77	49%
IV/2002	3.06	2.21	0.49	5.76	47%	2.82	2.49	0.45	5.76	51%	2.75	1.64	0.44	4.82	43%
I/2003	3.39	1.82	0.54	5.75	41%	3.02	2.25	0.48	5.75	47%	3.15	1.22	0.50	4.87	35%
II/2003	3.34	1.91	0.53	5.77	42%	3.08	2.2	0.49	5.77	47%	2.97	1.45	0.47	4.9	39%
III/2003	3.41	1.88	0.54	5.83	41%	3.14	2.19	0.50	5.83	46%	2.91	1.56	0.46	4.94	41%
IV/2003	3.43	1.90	0.54	5.87	42%	3.21	2.15	0.51	5.87	45%	3.07	1.43	0.49	4.98	38%
I/2004	3.75	1.60	0.60	5.94	37%	3.37	2.03	0.54	5.94	43%	3.35	1.14	0.53	5.02	33%
II/2004	4.36	1.00	0.69	6.05	28%	4.07	1.33	0.65	6.05	33%	3.57	0.91	0.57	5.05	29%
III/2004	4.48	0.90	0.71	6.10	26%	4.14	1.3	0.66	6.10	32%	3.82	0.67	0.61	5.09	25%
IV/2004	4.73	0.67	0.75	6.15	23%	4.30	1.17	0.68	6.15	30%	4.38	0.05	0.70	5.13	15%
I/2005	4.46	1.02	0.71	6.19	28%	3.91	1.65	0.62	6.19	37%	4.26	0.23	0.68	5.17	18%
II/2005	5.12	0.33	0.81	6.26	18%	4.74	0.77	0.75	6.26	24%	4.49	0.00	0.71	5.2	14%
III/2005	5.30	0.18	0.84	6.32	16%	5.09	0.42	0.81	6.32	19%	4.52	0.00	0.72	5.24	14%
IV/2005	5.12	0.46	0.81	6.39	20%	5.13	0.44	0.81	6.39	20%	4.56	0.00	0.72	5.28	14%
I/2006	5.43	0.22	0.86	6.51	17%	5.09	0.61	0.81	6.51	22%	5.27	-0.79	0.84	5.32	1%
II/2006	6.56	-0.93	1.04	6.67	2%	6.32	-0.65	1.00	6.67	5%	6.08	-1.66	0.96	5.38	-13%
III/2006	7.03	-1.43	1.12	6.71	-5%	7.11	-1.53	1.13	6.71	-6%	6.68	-2.31	1.06	5.43	-23%
IV/2006	5.52	0.30	0.88	6.70	18%	5.33	0.52	0.85	6.70	20%	5.57	-0.89	0.88	5.57	0%
I/2007	5.54	0.38	0.88	6.79	18%	5.22	0.74	0.83	6.79	23%	5.55	-0.71	0.88	5.73	3%
II/2007	6.87	-1.04	1.09	6.92	1%	6.71	-0.86	1.07	6.92	3%	6.32	-1.54	1.00	5.79	-9%
III/2007	6.88	-0.97	1.09	7.01	2%	6.79	-0.86	1.08	7.01	3%	6.57	-1.73	1.04	5.88	-12%
IV/2007	7.15	-1.24	1.13	7.04	-2%	6.89	-0.94	1.09	7.04	2%	7.30	-2.55	1.16	5.91	-24%
I/2008	7.45	-1.59	1.18	7.04	-6%	6.99	-1.07	1.11	7.04	1%	7.77	-3.13	1.23	5.88	-32%
II/2008	8.29	-2.50	1.32	7.11	-17%	7.98	-2.14	1.27	7.11	-12%	9.36	-4.88	1.49	5.96	-57%
III/2008	8.98	-3.12	1.43	7.29	-23%	8.56	-2.62	1.36	7.29	-17%	10.03	-5.39	1.59	6.23	-61%
IV/2008	7.59	-1.32	1.20	7.47	-2%	7.28	-0.96	1.16	7.47	-3%	8.27	-2.73	1.31	6.85	-21%
I/2009	5.56	1.08	0.88	7.52	26%	5.24	1.44	0.83	7.52	30%	6.14	0.27	0.97	7.39	17%
II/2009	6.55	0.06	1.04	7.65	14%	6.33	0.31	1.01	7.65	17%	6.19	0.49	0.98	7.66	19%
III/2009	7.59	-1.13	1.20	7.66	1%	7.33	-0.84	1.16	7.66	4%	7.25	-0.60	1.15	7.81	7%
IV/2009	7.75	-1.31	1.23	7.67	-1%	7.34	-0.83	1.16	7.67	4%	7.65	-0.90	1.21	7.96	4%
I/2010	8.03	-1.42	1.27	7.88	-2%	7.52	-0.84	1.19	7.88	5%	7.91	-0.98	1.26	8.19	3%
II/2010	8.27	-1.48	1.31	8.11	-2%	8.07	-1.24	1.28	8.11	0%	8.21	-1.11	1.30	8.41	2%
III/2010	7.98	-0.90	1.27	8.34	4%	7.81	-0.71	1.24	8.34	6%	8.07	-0.70	1.28	8.65	7%
IV/2010	8.24	-0.97	1.31	8.58	4%	8.11	-0.82	1.29	8.58	5%	8.45	-0.90	1.34	8.89	5%
I/2011	9.14	-1.78	1.45	8.82	-4%	8.98	-1.59	1.43	8.82	-2%	9.35	-1.69	1.48	9.14	-2%
II/2011	10.44	-3.05	1.66	9.04	-15%	10.51	-3.13	1.67	9.04	-16%	10.50	-2.80	1.67	9.36	-12%
III/2011	10.14	-2.44	1.61	9.30	-9%	10.40	-2.75	1.65	9.30	-12%	10.37	-2.41	1.65	9.61	-8%
IV/2011	10.80	-2.97	1.71	9.54	-13%	11.16	-3.39	1.77	9.54	-17%	11.40	-3.36	1.81	9.85	-16%
I/2012	11.21	-3.19	1.78	9.80	-14%	11.72	-3.78	1.86	9.80	-20%	11.63	-3.35	1.85	10.12	-15%
II/2012	11.71	-3.51	1.86	10.06	-16%	12.42	-4.33	1.97	10.06	-23%	11.81	-3.30	1.87	10.38	-14%
III/2012	11.01	-2.42	1.75	10.34	-7%	12.35	-3.97	1.96	10.34	-19%	11.36	-2.51	1.80	10.66	-7%
IV/2012	11.40	-2.60	1.81	10.61	-7%	12.35	-3.7	1.96	10.61	-16%	11.81	-2.76	1.87	10.92	-8%
I/2013	11.05	-1.90	1.75	10.91	-1%	12.00	-2.99	1.90	10.91	-10%	11.55	-2.14	1.83	11.24	-3%
II/2013	10.76	-1.23	1.71	11.24	4%	11.85	-2.5	1.88	11.24	-5%	10.88	-1.03	1.73	11.58	6%
III/2013	11.10	-1.29	1.76	11.57	4%	12.16	-2.53	1.93	11.57	-5%	11.15	-1.02	1.77	11.9	6%
IV/2013	10.79	-0.65	1.71	11.85	9%	11.59	-1.58	1.84	11.85	2%	11.53	-1.13	1.83	12.23	6%
I/2014	11.30	-0.85	1.79	12.24	8%	12.22	-1.92	1.94	12.24	0%	11.85	-1.02	1.88	12.71	7%
II/2014	11.60	-0.89	1.84	12.55	8%	12.55	-1.99	1.99	12.55	0%	11.76	-0.58	1.87	13.05	10%
III/2014	11.54	-0.58	1.83	12.79	10%	12.63	-1.84	2.00	12.79	1%	11.58	-0.05	1.84	13.37	13%
IV/2014	10.64	0.58	1.69	12.90	18%	11.73	-0.69	1.86	12.90	9%	10.97	1.00	1.74	13.71	20%
I/2015	8.37	3.34	1.33	13.04	36%	9.04	2.57	1.43	13.04	31%	8.93	3.75	1.42	14.1	37%
II/2015	9.49	2.25	1.51	13.25	28%	10.32	1.29	1.64	13.25	22%	9.38	3.25	1.49	14.12	34%
III/2015	10.05	1.68	1.60	13.33	25%	11.68	-0.21	1.85	13.33	12%	9.19	3.47	1.46	14.12	35%
IV/2015	8.56	3.27	1.36	13.19	35%	9.37	2.33	1.49	13.19	29%	8.60	4.17	1.36	14.13	39%
I/2016	7.89	4.02	1.25	13.16	40%	8.67	3.11	1.38	13.16	34%	11.88	0.01	1.89	13.77	14%
II/2016	8.12	3.75	1.29	13.16	38%	8.83	2.92	1.40	13.16	33%	11.88	0.00	1.89	13.77	14%
III/2016	8.85	3.52	1.41	13.78	36%	9.52	2.75	1.51	13.78	31%	12.14	0.00	1.93	14.067	14%
IV/2016	9.66	2.78	1.53	13.98	31%	10.28	2.07	1.63	13.98	26%	12.62	0.00	2.00	14.63	14%
I/2017	12.62	1.15	2.00	15.77	20%	13.20	0.47	2.10	15.77	16%	14.57	0.00	2.31	16.88	14%
II/2017	12.78	0.69	2.03	15.50	18%	13.38	0	2.12	15.50	14%	14.23	0.00	2.26	16.49	14%
III/2017	11.80	2.21	1.87	15.88	26%	12.82	1.02	2.04	15.88	19%	14.59	0.00	2.32	16.91	14%
IV/2017	12.77	1.48	2.03	16.28	22%	13.99	0.07	2.22	16.28	14%	14.96	0.00	2.38	17.34	14%
I/2018	12.19	3.00	1.94	17.13	29%	12.95	2.12	2.06	17.13	24%	16.19	0.00	2.57	18.76	14%
II/2018	12.88	2.90	2.04	17.82	28%	12.36	3.5	1.96	17.82	31%	16.59	0.00	2.63	19.23	14%
III/2018	13.50	3.26	2.14	18.90	29%	13.25	3.55	2.10	18.90	30%	17.50	0.00	2.78	20.28	14%
IV/2018	11.64	4.50	1.85	17.99	35%	12.16	3.9	1.93	17.99	32%	17.33	0.00	2.75	20.09	14%
Promedio					18.75%					18.52%					12.49%

Fuente: Construcción propia con información de Banxico y SENER

De acuerdo con el cuadro 5, la suma del IVA y el IEPS para cada caso tiene una fuerte variabilidad en el periodo de análisis, al encontrar valores mínimos y máximos que oscilan entre -61% y 65% como porcentajes del precio final de estos combustibles. Los valores negativos se deben a que el IEPS está integrado por 3 componentes: el primero es la cuota para Estados y Municipios, el segundo es el impuesto al carbono, vigente desde enero del 2014, siendo el único componente ambiental, por estar basado en el grado de emisiones que genera cada tipo de combustible, que corresponde a 12.77 y 14.76 centavos por litro de gasolinas y diésel respectivamente, de acuerdo con la Ley del IEPS de 2018. El último componente, es la cuota general del IEPS, la cual se ajusta periódicamente tomando como base el precio spot de la gasolina regular sin plomo vigente en la Costa del Golfo de los Estados Unidos de América. Por lo que se utiliza como un instrumento para evitar que los precios sufran grandes fluctuaciones en cortos periodos de tiempo. Así, cuando el precio de la gasolina nacional está por debajo del referente mencionado, se considera como un subsidio implícito. Este fue el caso para el periodo 2006-2014. Además, considerando la suma de IEPS e IVA, en los años 2007 a 2013 se tuvo un precio después de impuestos inferior al precio base, esto es, con subsidio.

En promedio, la suma de ambos impuestos analizados representó el 18.75%, 18.52% y 12.49% del precio final de las gasolinas magna, premium y el diésel respectivamente. Además de presentar una alta variabilidad al tener un coeficiente de variación arriba del 100% para los tres casos.

5.5 Estimación de demanda de gasolina y de las emisiones en la ausencia de impuestos.

A continuación, se presentarán los resultados del modelo para dos escenarios estimados. En el primero se calculará la demanda de gasolina sin incorporar el IEPS al precio final. En el segundo se omitirán tanto el IEPS como el IVA del precio. Finalmente se estimarán las emisiones de CO₂e correspondiente a cada escenario.

5.5.1 Estimación de demanda y emisiones de CO₂e para la gasolina magna

Cuadro 6

Estimación de demanda de gasolina magna y emisiones para los 3 escenarios.

Año	Escenario base		Escenario sin IEPS		Escenario sin IEPS e IVA	
	*Demanda	**Emisiones	*Demanda	**Emisiones	*Demanda	**Emisiones
2000	27,484,269	64,358,997	36,364,824	85,154,295	40,675,221	95,247,808
2001	27,652,305	64,752,481	39,402,275	92,266,994	44,072,708	103,203,590
2002	27,654,123	64,756,738	42,422,227	99,338,715	47,450,620	111,113,536
2003	29,029,566	67,977,567	38,394,519	89,907,165	42,945,500	100,564,046
2004	30,578,847	71,605,467	36,189,878	84,744,631	40,479,539	94,789,586
2005	32,472,043	76,038,701	35,316,484	82,699,433	39,502,619	92,501,966
2006	34,922,454	81,776,746	34,093,257	79,835,043	38,134,400	89,298,054
2007	38,238,395	89,541,575	34,953,525	81,849,503	39,096,637	91,551,293
2008	41,094,723	96,230,143	32,366,063	75,790,530	36,202,478	84,774,137
2009	42,229,556	98,887,544	36,235,239	84,850,851	40,530,276	94,908,397
2010	43,158,648	101,063,167	34,966,266	81,879,340	39,110,889	91,584,666
2011	42,858,758	100,360,925	32,718,341	76,615,449	36,596,513	85,696,835
2012	41,623,574	97,468,536	32,574,450	76,278,504	36,435,567	85,319,952
2013	38,743,688	90,724,803	34,549,850	80,904,232	38,645,115	90,493,977
2014	37,087,750	86,847,148	36,475,161	85,412,668	40,798,636	95,536,806
2015	37,023,261	86,696,136	45,786,144	107,215,888	51,213,270	119,924,407
2016	37,094,886	86,863,858	52,003,994	121,776,020	58,168,134	136,210,381
2017	38,326,197	89,747,178	43,020,321	100,739,252	48,119,608	112,680,082
2018	37,498,767	87,809,613	46,385,256	108,618,809	51,883,396	121,493,619
Total	684,771,810	1,603,507,322	724,218,074	1,695,877,324	810,061,127	1,896,893,139

Fuente: Construcción propia con datos de SENER y BANXICO

*Miles de litros

**Toneladas de CO₂e

Con base en el cuadro 6 en el escenario donde no se consideró el IEPS en el precio, la demanda de gasolina magna habría aumentado un 5.76% respecto al escenario base, que representa un incremento en las emisiones de 92,370,002 toneladas de CO₂e para el periodo 2000-2018. En el mismo sentido, el escenario donde se excluyen tanto el IEPS como el IVA en el precio, se estimó un aumento en la demanda del 18.30%, lo que representa 293,385,817 toneladas adicionales de CO₂e.

5.5.2 Estimación de demanda y emisiones de CO₂e para el diésel

Cuadro 7

Estimación de demanda de diésel y emisiones para los 3 escenarios.

Año	Escenario base		Escenario sin IEPS		Escenario sin IEPS e IVA	
	*Demanda	**Emisiones	*Demanda	**Emisiones	*Demanda	**Emisiones
2000	16,563,659	43,363,659	20,121,490	52,678,061	22,380,000	58,590,840
2001	16,004,421	41,899,574	21,857,061	57,221,785	24,310,378	63,644,569
2002	15,706,070	41,118,491	24,075,558	63,029,812	26,777,888	70,104,511
2003	17,101,401	44,771,468	21,359,534	55,919,261	23,757,007	62,195,845
2004	17,613,545	46,112,261	20,553,456	53,808,947	22,860,451	59,848,662
2005	18,576,459	48,633,170	19,737,003	51,671,473	21,952,357	57,471,270
2006	20,012,189	52,391,911	18,560,127	48,590,413	20,587,262	53,897,453
2007	20,796,843	54,446,135	18,383,694	48,128,510	20,447,147	53,530,632
2008	22,226,443	58,188,828	15,735,462	41,195,439	17,501,668	45,819,366
2009	20,831,479	54,536,812	18,703,379	48,965,445	20,802,715	54,461,507
2010	21,533,297	56,374,172	18,021,801	47,181,076	20,044,635	52,476,854
2011	22,259,497	58,275,363	16,660,346	43,616,786	18,530,365	48,512,494
2012	23,306,322	61,015,951	16,587,599	43,426,333	18,449,452	48,300,665
2013	22,731,044	59,509,873	17,495,946	45,804,385	19,459,755	50,945,639
2014	22,596,922	59,158,742	18,531,499	48,515,463	20,611,542	53,961,018
2015	22,326,904	58,451,835	23,538,296	61,623,258	26,180,321	68,540,079
2016	22,532,213	58,989,334	27,933,275	73,129,314	31,068,609	81,337,618
2017	21,207,629	55,521,573	21,383,529	55,982,078	23,783,695	62,265,712
2018	16,992,144	44,485,433	22,078,830	57,802,378	24,557,040	64,290,330
Total	380,918,481	997,244,583	381,317,883	998,290,216	424,062,286	1,110,195,064

Fuente: Construcción propia con datos de SENER y BANXICO

*Miles de litros

**Toneladas de CO₂e

De acuerdo con el cuadro 7, si consideramos el cambio en el precio final que representa la ausencia del IEPS, tenemos ligero incremento en la demanda de este combustible de apenas 0.10%, lo que representa a su vez 399,402 miles de litros más de demanda y 1,045,633 toneladas de CO₂e en el periodo de análisis. Si consideramos el cambio en el precio en ausencia del IEPS y el IVA, se esperaría una demanda mayor en aproximadamente 43,143,805 miles de litros y 112,950,481 toneladas de CO₂e, lo cual es un incremento del 11.33%.

5.6 Estimación del precio implícito al carbono por el efecto del IEPS

A continuación, se realizará un análisis de la incidencia del IEPS en el precio de las gasolinas, al ser, la naturaleza de este impuesto, la de gravar aquellos bienes y servicios con daño potencial a la salud y al ambiente, centrándonos en la emisión de gases de efecto invernadero, por tipo de combustible.

Cuadro 8

Cálculo del precio del carbono por el IEPS para la gasolina magna

(I) Año	(II) Precio	(III) IEPS por litro	(IV) Porcentaje del precio	(V) Precio por tonelada de CO ₂ e
2000	5.03	1.67	33.12%	711.17
2001	5.44	2.16	39.67%	920.76
2002	5.71	2.50	43.81%	1068.38
2003	5.81	1.88	32.30%	800.77
2004	6.06	1.04	17.22%	445.58
2005	6.29	0.50	7.89%	211.91
2006	6.65	-0.46	-6.90%	-195.96
2007	6.94	-0.72	-10.37%	-307.25
2008	7.23	-2.13	-29.49%	-910.35
2009	7.63	-0.32	-4.26%	-138.69
2010	8.23	-1.19	-14.50%	-509.32
2011	9.18	-2.56	-27.93%	-1094.21
2012	10.20	-2.93	-28.74%	-1252.03
2013	11.39	-1.27	-11.13%	-541.31
2014	12.62	-0.43	-3.45%	-185.74
2015	13.20	2.64	19.97%	1125.79
2016	13.52	3.52	26.02%	1502.49
2017	15.86	1.38	8.72%	590.39
2018	17.96	3.42	19.01%	1458.36
Promedio	9.21	0.46	5.84%	194.78

Fuente: Construcción propia con base en SENER y BANXICO

En el cuadro 8 se menciona la evolución del precio nominal de la gasolina (columna II), el IEPS pagado por litro (columna III), el porcentaje del IEPS que representa del precio (columna IV, calculada mediante la división de la columna III entre la columna II). Finalmente, para calcular la columna V, se dividió la columna III entre el factor

de emisión de la gasolina, que es de 2.3417 Kg/CO₂e. Posteriormente este resultado se multiplicó por mil para convertirse a toneladas de CO₂e.

De acuerdo con el cuadro 8, el precio intrínseco del carbono ha oscilado fuertemente en el periodo de análisis, entre -1,252.79 en el año 2012 y 1,502.49 en el año 2016. Encontrándose la media anual en \$194.78 pesos por Ton/Co₂e.

A continuación, se presentarán los resultados del mismo análisis para el Diésel.

Cuadro 9

Cálculo del precio del carbono por el IEPS para el Diésel

(I) Año	(II) Precio	(III) IEPS por litro	(IV) Porcentaje del precio	(V) Precio por tonelada de CO ₂ e
2000	4.17	1.14	27.27%	434.44
2001	4.51	1.59	35.18%	605.76
2002	4.75	1.98	41.72%	756.15
2003	4.92	1.42	28.77%	540.97
2004	5.07	0.69	13.66%	264.74
2005	5.22	0.06	1.11%	22.17
2006	5.43	-1.41	-26.00%	-538.68
2007	5.83	-1.63	-28.00%	-623.23
2008	6.23	-4.03	-64.74%	-1540.56
2009	7.71	-0.18	-2.37%	-69.73
2010	8.54	-0.92	-10.79%	-351.78
2011	9.49	-2.57	-27.04%	-980.32
2012	10.52	-2.98	-28.33%	-1138.33
2013	11.74	-1.33	-11.33%	-508.19
2014	13.21	-0.16	-1.24%	-62.34
2015	14.12	3.66	25.93%	1398.32
2016	14.06	4.79	34.05%	1828.69
2017	16.91	1.74	10.32%	666.35
2018	19.59	3.50	17.88%	1337.85
Promedio	9.05	0.28	1.90%	107.49

Fuente: Construcción propia con base en SENER y BANXICO

Nuevamente se puede observar una alta oscilación entre las cuotas de IEPS aplicadas a este combustible (entre -1540.56 para el año 2008 y 1828.69 en 2016). Encontrando un promedio para el periodo 2000 a 2018 de 107.49 pesos por tonelada de CO₂e.

5.7 Niveles de precios para alcanzar los objetivos de México establecidos en el Acuerdo de París (COP21)

En diciembre de 2015 se llevó a cabo la Conferencia de las Partes número 21 en París, Francia, participando en total 195 países. Se estableció como objetivo alcanzar un nivel de emisiones lo suficientemente bajo como para que la temperatura media del planeta se mantuviera por debajo de los 2°C más para el año 2100 comparado con la temperatura anterior a la era industrial. Además de hacer lo posible para que el aumento se mantenga por debajo de 1.5°C.

Si bien desde la celebración de la Convención Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático en 1992, se habían establecido entre las naciones responsabilidades comunes pero diferenciadas, donde los países mas desarrollados debían establecerse metas de reducción de emisiones más ambiciosas que los países menos desarrollados, es a partir de la COP21 que, dada la urgencia por disminuir emisiones, se considera una responsabilidad general de todas las naciones, independientemente de su nivel de desarrollo, el establecer metas de mitigación. Es así, que México asume el compromiso de disminuir sus emisiones de CO₂e en un 22% para el 2030 y en un 50% para el 2015, tomando como base las emisiones del año 2000.

Bajo este contexto y utilizando los modelos de demanda de combustibles anteriormente planteados, se estimará el precio que deberían tener para alcanzar las metas de disminución de emisiones en el sector de autotransporte. Para lo cual, fue necesario hacer una proyección del Producto Interno Bruto del país hasta el 2030, considerando la ecuación de la línea de regresión con los datos trimestrales obtenidos del año 2000 al 2018 y posteriormente se evaluó el nivel de precios que

podría permitir la disminución de la demanda y por ende, de las emisiones para lograr dicho objetivo.

Cuadro 10

Nivel de precios necesario para lograr las metas del Acuerdo de París

Acuerdo de París (COP21)		
Año	2030	2050
Meta de mitigación	22%	50%
Nivel de precios		
Magma	65	219
Diésel	57	199

Fuente: construcción propia

De acuerdo con el cuadro 10, los niveles de precios de los combustibles automotores tendrían que aumentar 3 veces su valor actual en 12 años para poder cumplir con las metas de mitigación asumidas por México en la COP21. Aunado a lo anterior, para cumplir la meta del año 2050, ambos tipos de combustibles deberían alcanzar precios de casi 10 veces los valores actuales. Esto, bajo el supuesto de tener el mismo ritmo del crecimiento del PIB del año 2000 al 2018. En el caso de la gasolina premium se omite el resultado, ya que como se mostró anteriormente, el modelo de demanda de este combustible no es lo suficientemente significativo como los modelos de la gasolina magna y el diésel.

5.8 Algunas consideraciones sobre los impuestos ambientales

Los impuestos ambientales son instrumentos económicos que permiten desincentivar la producción y el consumo de ciertos productos y servicios perjudiciales para el medio ambiente. De acuerdo con la evidencia empírica, en México a diferencia de otros países de la OCDE los impuestos no parecen obedecer principalmente a fines ambientales sino más bien recaudatorios, además de que los

ingresos obtenidos de los impuestos a los combustibles como el IEPS e IVA aplicado a las gasolinas, no son utilizados para mejorar o mantener la calidad del medio ambiente. Además, no existe disponibilidad de combustibles alternativos con precios asequibles para la mayoría de la población, que se puedan adquirir en el país para reducir las emisiones de contaminantes a la atmosfera.

De acuerdo con Moreno (2001), los impuestos ambientales aplicados a bienes de uso masivo, como lo es el caso de la energía, son socialmente regresivos, esto es, afectan más a los hogares de bajo ingreso. Diversos autores como Galindo (2005), Johansen (2009) y Crotte, Noland y Graham (2010), que analizan las elasticidades del precio de las gasolinas por deciles de ingreso a nivel hogar, corroboran la anterior afirmación, ya que una mayor proporción del ingreso de los hogares de bajo ingreso, es destinada al uso de combustibles y transporte público, este último también tiende a incrementarse por el aumento en los precios de las gasolinas, por lo que se traslada parte de este costo a los usuarios.

Para corregir los efectos regresivos en los impuestos ambientales, la CEPAL (2005) menciona que en algunos países de la OCDE han aplicado diversas políticas compensatorias como: la atenuación, que se refiere a reducir las tasas de los impuestos ambientales para disminuir la carga fiscal en hogares de bajo ingreso. La devolución o reembolso de los impuestos pagados por cierto grupo de hogares vulnerables o en situación de pobreza; y, la traslación de impuestos, es decir, la reducción de otros impuestos que gravan al capital y al trabajo. De esta manera, el efecto regresivo del impuesto ambiental quedará compensado con la reducción de otros impuestos.

En el caso de México, el incremento en el precio de las gasolinas como se mostró en la tabla 3, se ha debido en parte por el aumento de los impuestos, principalmente el IEPS. Pero también por el aumento en el tipo de cambio del peso respecto al

dólar, ya que cerca del 50% de la gasolina demandada en el país es importada de Estados Unidos, lo cual representa un aumento en el precio de estos combustibles.

Lavandeira, Rodríguez, López-Otero y Xiral (2007) consideran que para que una reforma fiscal pueda ser calificada como verde, es condición necesaria la creación o aumento de impuestos que graven actividades o bienes que causan daño ambiental, acompañado de una disminución de otros impuestos no ambientales. Este no es el caso de México, ya que los otros impuestos importantes desde el punto de vista recaudatorio no han disminuido, por lo que no estamos en presencia de una Reforma Fiscal Verde (RFV).

Comentarios Finales

De acuerdo con los resultados del modelo, la demanda de gasolinas es poco elástica respecto al precio, esto se puede explicar, en parte, por la falta de un transporte público de mejor calidad en la mayoría de los municipios del país, ya que, en la mayoría de los casos, el transporte público es poco competitivo respecto al transporte privado. Sin embargo, la no aplicación de impuestos a estos combustibles habría representado un aumento cercano al 35% en las emisiones de GEI.

En términos ambientales es deseable aplicar tasas de impuestos más elevados a las gasolinas y otros energéticos, pero debe ser acompañados de algunas medidas para disminuir su regresividad, como las ya descritas anteriormente. Aunado a lo anterior, existe el reto de mejorar la calidad del transporte público, para que pueda ser una alternativa más atractiva al uso del transporte privado.

En este trabajo se consideró la demanda global de gasolinas, pero no es claro el cambio en el comportamiento de los hogares considerando el nivel de ingreso, con lo que se esperaría que aquellos hogares de más bajo ingreso tendrían una elasticidad mayor. Esto se abordará en el siguiente capítulo.

Capítulo 6 Demanda de gasolina por decil de ingreso en los hogares de México

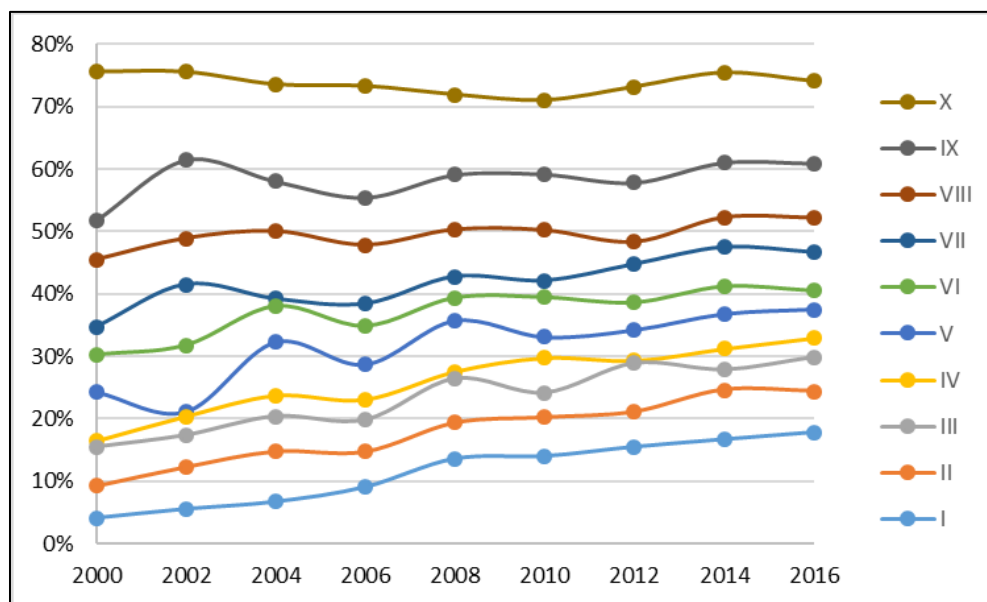
En el capítulo 5 se abordó la incidencia de los impuestos aplicados a las gasolinas sobre su precio final, así como su efecto en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En este capítulo se analizará el mismo efecto, pero considerando únicamente la demanda de los hogares, divididos en deciles por nivel de ingreso per cápita. Además, se considera únicamente como combustible a la gasolina magna, la cual mostró ser un bien demandado de forma consistente en todos los deciles y para todos los años en que se trabajó la ENIGH (2000-2016).

6.1 Hogares que utilizan el transporte privado

El análisis se realiza con base en la información de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) en el periodo 2000 al 2016. Los resultados muestran que la demanda en gasolina es heterogénea y que el ingreso es una variable significativa para los deciles de más bajos ingresos.

Gráfica 5

Porcentaje de hogares que utilizan el transporte privado



Fuente: Construcción propia con base en la ENIGH.

De acuerdo con la gráfica 5, el porcentaje de los hogares que utilizan el transporte privado (automóviles, motocicletas, camionetas, etc.) muestra un incremento en la mayoría de los deciles, como opción de movilidad, durante el periodo de análisis. Esta tendencia se da, principalmente en los deciles de menores ingresos.

Los deciles del I al V tuvieron incrementos de 4.5, 2.5, 2, 2 y 1.6 veces, respectivamente, en el porcentaje de hogares que utilizan este tipo de transporte. Mientras que los deciles VI al IX, tuvieron menores incrementos. Únicamente el decil X, que es el de mayores ingresos, mostró una tendencia ligeramente a la baja. En promedio, en el año 2000 el 31% de los hogares usaba el transporte privado, mientras que para el año 2016 este porcentaje alcanzó el 42%.

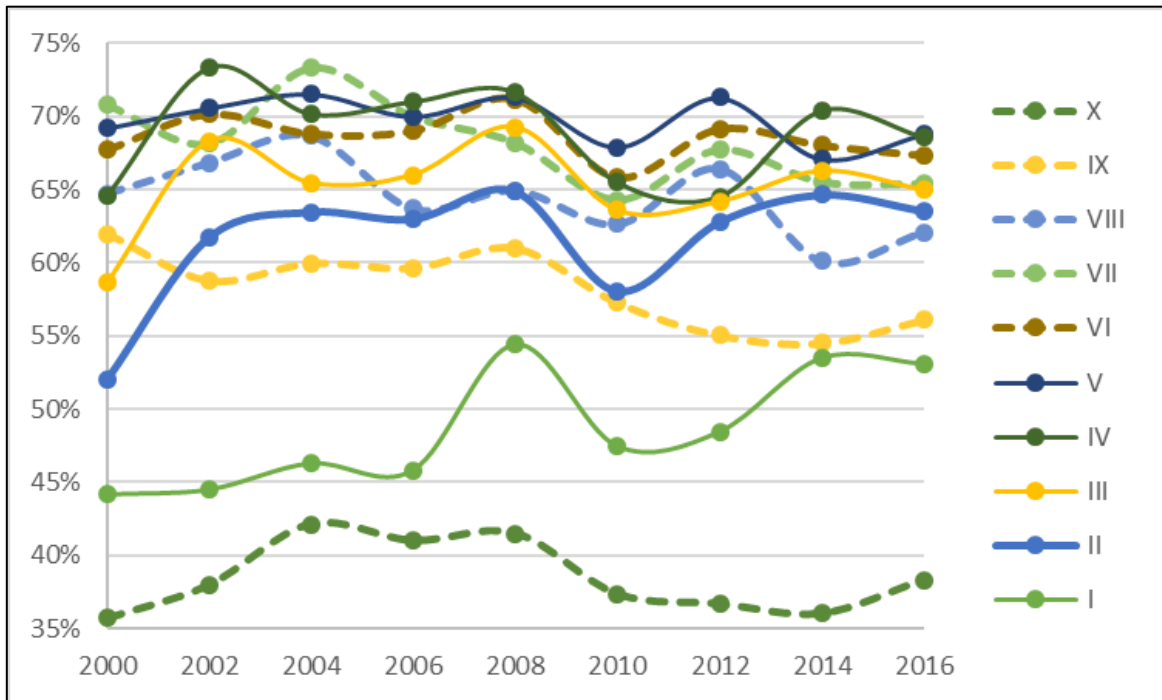
6.2 Hogares que utilizan el transporte público

Al analizar el número de hogares que utilizan el transporte público, podemos observar un comportamiento más estable en el periodo de análisis, donde entre el 55 y 75 por ciento de los deciles del II al IX, utilizan esta alternativa como medio de transporte. Respecto a los hogares de menores ingresos (decil I), cerca del 50% lo utilizan. Finalmente, es el decil X el que menos optó por el uso del transporte público, con un promedio menor al 40% durante este periodo.

En promedio, los 5 deciles de menores ingresos mostraron un incremento del 12% en el uso del transporte público, mientras que los 5 deciles de mayores ingresos tuvieron una disminución del 3%. A diferencia del transporte privado, donde se observó un crecimiento global del 84%, incremento que es mayor incluso en los deciles de menores ingresos. Estos datos permiten concluir que en México el transporte público no es lo suficientemente competitivo, respecto al transporte privado, como medio de movilidad, al reportar un crecimiento inferior.

Gráfica 6

Porcentaje de hogares que utilizan el transporte público



Fuente: Construcción propia con base en la ENIGH.

6.3 Gasto y porcentaje del ingreso destinado a gasolina

A continuación, se analiza el gasto promedio trimestral destinado a compra de gasolina que reportaron los hogares.

De acuerdo con la tabla 8, el gasto destinado en la compra de gasolina tiende a incrementarse por cada decil a medida que se tiene un mayor ingreso. Así, en todos los años del periodo analizado, el decil X gastó entre 2.6 y 4.3 veces más que el decil I en la adquisición de gasolina (en términos absolutos). Sin embargo, si consideramos el nivel de ingreso, son los deciles más pobres los que destinan una mayor proporción de su ingreso en la compra de este combustible (en términos relativos).

El decil I destinó entre el 17% y el 22% de su ingreso en la compra de gasolina, mientras que para el decil X solo representó entre el 4% y 7% del mismo.

Tabla 8

Gasto y porcentaje del ingreso destinado a gasolina.

DECIL	2000		2002		2004		2006		2008		2010		2012		2014		2016	
	Gasto	Porcentaje del ingreso	Gasto	Porcentaje del ingreso	Gasto	Porcentaje del ingreso	Gasto	Porcentaje del ingreso	Gasto	Porcentaje del ingreso	Gasto	Porcentaje del ingreso	Gasto	Porcentaje del ingreso	Gasto	Porcentaje del ingreso	Gasto	Porcentaje del ingreso
I	740	18%	957	18%	1,048	18%	1,458	20%	1,565	22%	1,663	24%	1,359	17%	1,551	19%	1,616	20%
II	822	11%	1,129	12%	1,180	11%	1,655	12%	1,516	12%	1,645	13%	1,410	11%	1,649	12%	1,817	12%
III	973	10%	1,246	11%	1,302	10%	1,883	10%	1,642	11%	1,738	10%	1,724	10%	1,784	10%	2,096	11%
IV	1,009	9%	1,375	10%	1,573	10%	1,979	10%	1,842	9%	1,755	9%	2,009	9%	2,143	10%	2,504	11%
V	1,385	9%	1,593	10%	1,579	8%	1,993	8%	2,023	9%	2,132	9%	2,336	9%	2,220	9%	2,666	10%
VI	1,366	8%	1,524	8%	1,760	8%	2,138	8%	2,217	8%	2,515	9%	2,543	9%	2,596	9%	3,071	10%
VII	1,576	7%	1,873	8%	2,013	8%	2,189	7%	2,291	7%	2,586	8%	2,890	8%	3,063	9%	3,461	10%
VIII	1,732	7%	2,092	7%	2,376	7%	2,441	7%	2,803	7%	3,063	8%	3,251	8%	3,743	9%	4,022	9%
IX	2,225	6%	2,661	7%	2,771	6%	3,015	6%	3,237	6%	3,557	7%	3,913	7%	4,810	8%	4,873	9%
X	3,192	4%	3,780	5%	3,879	5%	3,813	4%	4,109	4%	5,015	5%	5,517	5%	6,432	5%	6,504	7%

Fuente: Construcción propia con base en la ENIGH.

6.4 Gasto y porcentaje del ingreso destinado al transporte público

El uso del transporte público es considerado desde el enfoque de la economía clásica convencional, como un bien inferior. Por tanto, se puede esperar que los deciles de mayores ingresos opten por utilizar más el transporte privado como opción de movilidad. De acuerdo con la tabla 8, si bien los deciles de mayor ingreso gastaron más que los de menores ingresos, esta diferencia fue, en promedio, de un 30% mayor, considerando las diferencias del gasto de los cinco deciles de menor ingreso con el gasto de los cinco deciles de mayor ingreso. Tendencia que disminuye aún más, en los últimos años del periodo analizado.

Tabla 9

Gasto y porcentaje del ingreso destinado al transporte público.

DECIL	2000		2002		2004		2006		2008		2010		2012		2014		2016	
	Gasto	Porcentaje del Ingreso	Gasto	Porcentaje del Ingreso	Gasto	Porcentaje del Ingreso	Gasto	Porcentaje del Ingreso	Gasto	Porcentaje del Ingreso	Gasto	Porcentaje del Ingreso	Gasto	Porcentaje del Ingreso	Gasto	Porcentaje del Ingreso	Gasto	Porcentaje del Ingreso
I	573	14%	707	13%	854	14%	998	16%	1,141	17%	1,365	19%	1,220	15%	1,352	16%	1,627	23%
II	816	12%	942	12%	1,207	12%	1,337	13%	1,468	13%	1,529	13%	1,441	12%	1,810	13%	2,005	15%
III	990	11%	1,200	11%	1,376	11%	1,485	11%	1,593	11%	1,717	11%	1,845	11%	2,077	12%	2,184	12%
IV	988	9%	1,326	11%	1,350	9%	1,563	10%	1,776	10%	1,831	10%	1,880	10%	2,264	11%	2,408	11%
V	1,219	9%	1,577	11%	1,667	10%	1,758	9%	1,849	8%	2,152	10%	1,995	9%	2,423	10%	2,597	10%
VI	1,210	8%	1,504	9%	1,602	8%	1,776	8%	1,950	8%	2,048	8%	2,113	8%	2,476	9%	2,571	9%
VII	1,238	7%	1,510	7%	1,844	8%	1,874	7%	1,905	6%	2,211	8%	2,239	7%	2,483	8%	2,677	8%
VIII	1,469	7%	1,537	6%	1,723	6%	1,835	6%	1,946	6%	2,120	6%	2,009	6%	2,449	7%	2,649	7%
IX	1,392	5%	1,570	5%	1,688	5%	1,802	5%	1,916	4%	2,220	5%	2,167	5%	2,505	5%	2,738	6%
X	1,752	3%	1,424	3%	1,554	3%	1,742	3%	1,930	2%	2,282	3%	1,940	2%	2,425	3%	2,683	3%

Fuente: Construcción propia con base en la ENIGH.

En términos relativos, los 5 deciles de menores ingresos destinan entre el 11% y el 14% de su ingreso al transporte público, mientras que los 5 deciles de mayores ingresos, este porcentaje es de apenas de entre 5% y 7%. En el caso más extremo, al comparar los deciles I y X, resulta que el primero destinó en promedio el 16% de su ingreso, mientras que el segundo solamente el 3% del mismo al transporte público.

6.5 Modelo de datos panel para evaluar la elasticidad precio de la demanda y la elasticidad ingreso de la demanda por decil de población

A continuación, se presentan los resultados del modelo de datos panel con efectos fijos.

Cuadro 11

Elasticidad precio y elasticidad ingreso de la demanda por decil de ingresos de la población

Dependent Variable: LOG(DEM?)				
Method: Pooled Least Squares				
Date: 08/04/19 Time: 12:44				
Sample (adjusted): 2002 2016				
Included observations: 8 after adjustments				
Cross-sections included: 10				
Total pool (balanced) observations: 80				
Convergence achieved after 8 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.624126	0.497413	9.296355	0.0000
LOG(PRE?)	-0.575009	0.049208	-11.68521	0.0000
LOG(ING?)	0.217933	0.049235	4.426414	0.0000
AR(1)	0.407443	0.094884	4.294112	0.0001
Fixed Effects (Cross)				
I--C	-0.235978			
II--C	-0.276994			
III--C	-0.219868			
IV--C	-0.129742			
V--C	-0.095235			
VI--C	-0.016663			
VII--C	0.051969			
VIII--C	0.166340			
IX--C	0.298336			
X--C	0.457834			
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
R-squared	0.970351	Mean dependent var	5.589446	
Adjusted R-squared	0.965040	S.D. dependent var	0.412708	
S.E. of regression	0.077166	Akaike info criterion	-2.138047	
Sum squared resid	0.398959	Schwarz criterion	-1.750967	
Log likelihood	98.52187	Hannan-Quinn criter.	-1.982856	
F-statistic	182.7285	Durbin-Watson stat	2.008219	
Prob(F-statistic)	0.000000			

De acuerdo con el cuadro 11, se tiene un coeficiente C de 4.6241 que representa la demanda base promedio de gasolina para todos los deciles de la población. El coeficiente de la variable precio, representa la elasticidad precio demanda de gasolina, la cual implica que por cada 1% que aumenta el precio disminuye 0.5750% la demanda de este combustible. Respecto al coeficiente de la variable ingreso, se asume que por cada 1% que aumenta el ingreso para cada decil, se tiene un incremento en la demanda de gasolina de 0.2193%, esto es, la elasticidad ingreso

de la demanda. En todos los casos los valores PROB. Son representativos al 99% de significancia. Además, el coeficiente Durbin Watson es prácticamente 2, con lo que se aprueba la hipótesis nula al considerarse que no existe autocorrelación en la variable dependiente. El coeficiente de determinación ajustado es cercano a 0.97, con lo que el modelo muestra tener un alto nivel explicativo.

El valor de los coeficientes del intercepto para cada decil, también es acorde a la teoría económica, ya que los deciles de menores ingresos (particularmente del I al VI), tienen un valor negativo, mientras que los de mayor ingreso (deciles VII a X), muestran coeficientes positivos.

6.6 Elasticidad cruzada de la demanda del transporte público

En el siguiente apartado se analizará el modelo de datos panel para evaluar la elasticidad cruzada de la demanda, en la cual se mide el cambio porcentual en el gasto destinado al transporte público, provocado por el cambio porcentual en la gasolina magna, siendo un bien sustituto. Se considera también el cambio porcentual en el ingreso por cada decil de población de acuerdo con la ENIGH.

Cuadro 12

Elasticidad cruzada de la demanda del transporte público

Dependent Variable: LOG(TPUB?)				
Method: Pooled Least Squares				
Date: 08/04/19 Time: 13:30				
Sample: 2000 2016				
Included observations: 9				
Cross-sections included: 10				
Total pool (balanced) observations: 90				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.875289	0.454661	8.523467	0.0000
LOG(PRE?)	0.568873	0.034220	16.62417	0.0000
LOG(ING?)	0.234190	0.048410	4.837673	0.0000
Fixed Effects (Cross)				
I-C	-0.177323			
II-C	-0.060096			
III-C	0.027897			
IV-C	0.045743			
V-C	0.119991			
VI-C	0.084851			
VII-C	0.088323			
VIII-C	0.045958			
IX-C	0.000287			
X-C	-0.175631			
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
R-squared	0.925482	Mean dependent var	7.426304	
Adjusted R-squared	0.914973	S.D. dependent var	0.311777	
S.E. of regression	0.090912	Akaike info criterion	-1.834277	
Sum squared resid	0.644674	Schwarz criterion	-1.500969	
Log likelihood	94.54245	Hannan-Quinn criter.	-1.699867	
F-statistic	88.06579	Durbin-Watson stat	2.061449	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: construcción propia

En el cuadro 12 se tienen los resultados del modelo de datos panel para evaluar la elasticidad cruzada de la demanda, esto es, el cambio porcentual en la demanda de transporte público, ocasionada por el cambio porcentual en el precio de la gasolina, considerando también el cambio porcentual en el ingreso por cada decil de la población. De acuerdo con el coeficiente del precio de la gasolina, se puede interpretar que por cada 1% que aumenta este, se espera también un incremento de 0.5688% en la demanda de transporte público. En el mismo sentido el coeficiente

de la variable ingreso implica que por un crecimiento del 1% en el ingreso de cada decil, se espera un aumento en la demanda del transporte público.

Si contrastamos estos resultados con la evidencia estadística presentada en el gráfico 6.2, resultan similares, ya que en el gráfico los 3 deciles con menor demanda en transporte público son el I, II y X, mismos que en los resultados de datos panel analizado, muestran un coeficiente en el intercepto con signo negativo.

Capítulo 7 Principales resultados y recomendaciones de política

El tema del transporte y la movilidad es un de un ámbito multidisciplinario y complejo, pues intervienen variables muy diversas, ya que se incluyen por ejemplo aspectos políticos, de diseño y desarrollo urbano, sociales, tecnológicos, económicos, ambientales, etc. Sin embargo, solo se analizarán desde el punto de vista económico, algunas propuestas generales para mejorar la problemática que representa el transporte, desde el punto de vista ambiental.

Los modelos econométricos presentados en los capítulos 5 y 6 de la presente investigación, demuestran la baja sensibilidad que tiene la demanda de gasolinas y diésel en México, tanto a nivel general como por estrato socioeconómico de la población. Esto puede explicarse que es uno de los requerimientos más importantes para la economía. Como se muestra en el cuadro 13, el gasto destinado a la gasolina se ha aumentado de manera considerable, además el número de hogares que utilizan el transporte privado también se ha incrementado. Del año 2000 al 2016, se tuvo un aumento del 92% en los hogares que utilizan este tipo de transporte.

Cuadro 13

Gasto promedio en gasolina por hogar y uso del transporte privado

Año	Gasto promedio por hogar en gasolina	Porcentaje del ingreso	Número de hogares que utilizan vehículo privado
2000	1,502	8.96%	7,275,224
2002	1,823	9.60%	8,241,818
2004	1,948	9.12%	9,120,125
2006	2,256	9.29%	8,673,355
2008	2,324	9.45%	10,760,574
2010	2,567	10.26%	11,324,495
2012	2,695	9.32%	12,359,196
2014	2,999	9.86%	13,126,968
2016	3,263	10.85%	13,946,277

Fuente: Construcción propia

Además, de acuerdo con los modelos generales de demanda planteados en el capítulo 5, se requiere de incrementos entre tres y diez veces en los niveles de precios de los combustibles automotores, para cumplir con las metas de reducción de emisiones establecidas en el *Acuerdo de París*. Esto hace que por si sola una política de incrementar los precios no sea viable por tres motivos: las familias actualmente utilizan cerca del 10% de su ingreso en su movilidad, por lo que incrementar exponencialmente los precios de los combustibles tendría un fuerte costo social; se generaría una fuerte presión inflacionaria, ya que los costos de distribución y logística se verían afectados considerablemente y con ello el costo de las mercancías; y, mientras no se ofrezcan opciones de movilidad alternativa para la mayoría de la población, que compitan con los actuales medios de transporte como los automóviles ya sean de uso público o privado, no hay condiciones para la aplicación de esta política.

Aunado a lo anterior, en México no se ha implementado aun una reforma fiscal verde, esto implicaría no solo gravar aquellas actividades contaminantes, o más específicamente para los fines de este estudio, aquellas actividades que contribuyen al cambio climático. Si bien en el caso de las gasolinas y el diésel se están pagando 2 impuestos (IVA y IEPS), se hacen con fines solamente recaudatorios, pero no se les puede considerar como impuestos ambientales. Es necesario que la recaudación de estos impuestos sea destinada a mantener o mejorar la calidad ambiental para ser considerados impuestos ambientales. A continuación, se mostrará un análisis para contextualizar la falta de inversión ambiental en el país.

7.1 Hacia un equilibrio entre la política impositiva y el Pago de Servicios Ambientales

A continuación, se hace un comparativo entre la política forestal, en lo particular la del pago de servicios ambientales y el cobro del impuesto IEPS ya analizado anteriormente para el caso de los combustibles automotores.

Cuadro 14

Ingresos por captura de carbono e impuesto por emisiones

Pago de Servicios Ambientales en programas de CONAFOR (2019)				IEPS por generación de emisiones		
Captura de CO2 por especie		Reforestación y restauración	Mantenimiento de zonas reforestadas	Factor de emisión Kg/litro	IEPS (2018)	Precio implícito /KgCO2e
Especie	Captura KgCO2/ha/año	\$ 5,000	\$ 1,500	Gasolina Magna		
Pinus douglasiana	10,512	0.48	0.14	2.3417	3.415 /l	1.46
Eucalyptus saligna	10,800	0.46	0.14	Diésel		
Quercus sororia (encino)	3,880	1.29	0.39	2.618	3.5025 /l	1.34

Fuente: Construcción propia con datos de CONAFOR (2019), FAO (2003); Pichardo, et. al. (2008) y Escobar (2011)

Al analizar el cuadro 14, podemos discernir la diferencia entre el costo de contaminar mediante el uso de combustibles como la gasolina y el diésel y el ingreso que tienen las comunidades que se dedican al cuidado y manejo de los recursos forestales. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), de acuerdo con sus reglas de operación para el año 2019, apoya con \$5,000 por hectárea reforestada o restaurada. Si consideramos la captura de carbono de las tres especies señaladas, de acuerdo con su potencial captura de carbono, se estaría pagando entre 0.46 y 1.29 pesos por Kg/CO2. Además, si se considera el componente de mantenimiento de zonas reforestadas, el apoyo es de entre 0.14 y 0.39 pesos por hectárea.

En cambio, si se analiza la cuota pagada de IEPS en los combustibles para el año 2018, de acuerdo con su potencial de contaminación determinado por el factor de emisión, se está pagando entre 1.34 y 1.46 pesos por Kg/CO2. Al comparar, en el caso más extremo, el pago por mantenimiento de zonas reforestadas con el impuesto pagado por la gasolina magna, se tiene una diferencia de más de diez veces en el precio del carbono.

Por tanto, para construir una política de mitigación del cambio climático más adecuada, considero que es necesario mejorar el balance de emisiones y captura de carbono, mediante un esquema más congruente de Pago de Servicios Ambientales, que mejore los incentivos para apoyar las actividades de captura de carbono.

7.2 Un sistema de transporte público más competitivo

En el capítulo 6 se evaluó la elasticidad cruzada de la demanda del transporte público respecto a los precios de la gasolina magna, concluyendo que con una elasticidad de 0.5688, es poco elástica. Esto es, que, a pesar de los incrementos en el precio de las gasolinas, no es incentivo suficiente para migrar del transporte privado al transporte público.

Cuadro 15

Gasto promedio por hogar y uso del transporte público

Año	Gasto promedio por hogar en gasolina	Porcentaje del ingreso	Número de hogares que utilizan el transporte público
2000	1,164	8.50%	13,952,450
2002	1,330	8.81%	15,217,259
2004	1,487	8.68%	16,098,844
2006	1,617	8.62%	17,685,202
2008	1,747	8.56%	17,794,558
2010	1,948	9.34%	17,438,632
2012	1,885	8.47%	19,134,475
2014	2,226	9.41%	19,196,255
2016	2,414	10.36%	20,352,976

Fuente: construcción propia

De acuerdo con el cuadro 15, aunque se observó un incremento en el número de hogares que utilizan el transporte privado durante el periodo 2000 a 2016, fue considerablemente menor al registrado por el uso del vehículo privado, con un 46% de incremento contra el 92% respectivamente. Si bien el tipo de transporte público es muy variado en el país, lo cual hace el análisis complejo, se deben tomar algunas medidas para incentivar su uso.

Se debe dejar de concebir a este tipo de movilidad como un bien inferior, donde solo las personas de menores ingresos deban utilizarlo. Por el contrario, se deben

generar condiciones e incentivos no solo económicos que permitan ser una opción atractiva para todos los sectores de la población. Centrándonos en el área urbana, es necesario disminuir el número de vialidades para el vehículo privado y destinarlo tanto al transporte público como a otros modos de transporte más ecológicos como la bicicleta. Como ejemplo de esto se encuentra la ciudad de México con diversos modos de transporte masivo que cuentan con vías exclusivas como el sistema metro y el Metrobús. Cabe señalar que las tarifas de estos medios de transporte están subsidiadas.

Con una combinación de medidas como las señaladas, es posible que disminuya el uso del transporte privado al incentivar en términos de mayor velocidad de desplazamiento, tarifas más económicas y mayor comodidad en el transporte público.

Bibliografía consultada

Alves, D.C.O. y De Losso da Silveira Bueno, R., 2003. Short-run, Long-run and Cross Elasticities of Gasoline Demand in Brazil. *Energy Economics*, in the same way as the rich? *Transportation*.

Amador, Carlos y Moreno, Hortensia (2011). La ética del cambio climático. *Revista Relaciones Internacionales de la UNAM*, num. 110, mayo-agosto de 2011, pp. 12-137.

Arribas, Fernando (2010). La miseria del negacionismo climático: el pensamiento liberal y la sostenibilidad ecológica, en *Sistema*, no. 214, Madrid, España.

Banco Mundial (2016). State and trends of carbón pricings. World Bank Group Climate Change.

Benítez, R. (1990), "México 1920-1945. La expropiación petrolera y la reinsertión de México al sistema internacional", en *Historia Crítica*, No. 4, pp. 47-56.

Biggs, Andrew. Sarney, Mark y Tamborini, Christopher (2009). A Progressivity Index for Social Security. Estados Unidos.

Disponible en: <https://www.ssa.gov/policy/docs/issuepapers/ip2009-01.pdf>

Caballero, Margarita, Lozano, Socorro, Ortega, Beatriz (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*. DGSCA- UNAM.

Caballero, Karina (2012). Finanzas Públicas y Cambio Climático en México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México.

Carrillo, Ana María (2005). Salud pública y poder en México durante el Cardenismo, 1934-1940. En *Dynamis: Acta Hispanica ad Medicinæ Scientiarumque Historiam Illustrandam*, Vol. 25 , p. 145-178. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Dynamis/article/view/114016/142473>

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (1985). Políticas de ajuste y renegociación de la deuda externa en América Latina. Cuadernos de la CEPAL no. 48 Chile, pp. 6-17.

CEPAL (2005). Política fiscal y medio ambiente. Santiago de Chile. Obtenido en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/2430-politica-fiscal-medio-ambiente-bases-agenda-comun>.

CEPAL (2010). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Disponible en:

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656_es.pdf

Colón, Gustavo (2008). Calentamiento global: ¿el punto de no retorno? En *Humanía del Sur*. Año 3, N° 4. Enero-junio, 2008, pp. 53-70. Venezuela.

Colmenares, Francisco. (2008). Petróleo y crecimiento económico en México 1938-2006. *Economía UNAM*, 5(15), 53-65. Recuperado en 26 de enero de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2008000300004&lng=es&tlng=es

Comisión Nacional Forestal. Reglas de operación para los programas de manejo forestal sustentable 2019.

Constanza, Robert (1999). Una introducción a la economía ecológica. Ed. Cecsca. México.

Crotte, Amado; Noland, Roberto y Graham, Daniel (2010). An Analysis of Gasoline Demand Elasticities at the National and Local Levels in Mexico. *Energy Policy*, 38

Cuevas, Tello y Bertha, Ana (2016). *México ante el compromiso internacional del cambio climático: vulnerabilidad, marco legal y financiamiento.* En: *El desarrollo regional frente al cambio ambiental global y la transición hacia la sustentabilidad.* Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., México.

De la Cuadra, Fernando (2013). Cambio climático y justicia ambiental. Lo público desde los movimientos sociales, las comunidades y las personas. En *Cambio ambiental global, Estado y valor público: La cuestión socio-ecológica en América Latina, entre Justicia Ambiental y "Legítima depredación"*. Andrea Lampis, Editor. CLACSO.

Engle, R.F. y Granger C.W.L., 1987. Co-integration and Error Correction: Representation, estimation and testing. *Econometrica*.

Eskeland, G.S. y Feyzioglu, T.N., 1997. Is Demand for Polluting Goods Manageable? An econometric study of car ownership and use in Mexico. *Journal of Development Economics*.

Espósito, Carla y Zandvliet, Hans (2013). Las negociaciones sobre el Cambio Climático en Naciones Unidas y la realidad de las emisiones. Perspectivas desde el Sur global. En *Crisis socioambiental y cambio climático.* Gian Carlo Delgado, María Espina y Héctor Sejenovich (coordinadores). CLACSO-CROP.

- Foladori, Guillermo y Pierri, Naína (2005).** ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México: Miguel Ángel Porrua, UAZ.
- Gago, Alberto. Lavandeira, Xavier y López-Otero, Xiral (2013).** Impuestos energético ambientales en España.
- Galindo, Luis (2005).** Short- and Long Run Demand for Energy in Mexico: A cointegration approach. *Energy Policy*, 33, pp. 1179-1185.
- García Arbeláez, C. G Vallejo, M. L. Higgings y E. M. Escobar (2016)** El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático 1°ed. WWF-Colombia Cali, Colombia 52 pp.
- Guillén Romo, H. (2007)** "De la orden cepalina del desarrollo al neoestructuralismo en América Latina", *Comercio Exterior*, vol. 57, núm. 4, abril.
- Harris, Paul (2010).** World Ethics and Climate Change: From International to Global Justice, Edinburgh. University Press, Edimburgo.
- IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) (2006).** IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.
- IPCC (2014).** Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Dirección de internet: <http://www.ipcc.ch/index.htm>.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) (2012).** Bases para una estrategia de desarrollo bajo en emisiones.
- Johansen, Soren (1988),** "Statistical Analysis of Cointegration Vectors", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12 (2-3), pp. 231-254.
- Johansen, Soren (1992),** "Cointegration in Partial Systems and the Efficiency of Single-Equation Analysis", *Journal of Econometrics*, 52 (3), pp. 389-402.
- Johnson, T.; Alatorre, C.; Romo, Z. y Liu, F., 2009.** *México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono.* Banco Mundial. Disponible en: http://awsassets.panda.org/downloads/estudio_sobre_la_disminucion_de_emisiones_de_carbono.pdf (Consultado el 05 de febrero del 2017).

- Lavandeira, Xavier. Rodríguez, Miguel y López-Otero, Xiral (2007).** La regulación ambiental del sector energético y sus alternativas correctoras. *Economía Industrial* 365, pp. 127-136. España. Disponible en: <https://labandeira.eu/publicacions/economiaindustrial.pdf>.
- Leff, Enrique (2013).** Límites y desafíos de la dominación hegemónica. La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza. En *Temas de Economía Mundial*. Edición Especial - Cambio Climático, 2013. Cuba.
- Martín Vide, Javier (2009).** Conceptos previos y conceptos nuevos en el estudio del cambio climático reciente. *Revista de investigaciones geográficas*, no. 49 pp. 51-63. Universidad de Alicante.
- Martínez Alier, Joan y Roca, Jordi (2001).** Economía ecológica y política ambiental. 2º Edición. FCE. México.
- Méndez, Silvestre (2004).** Problemas económicos de México. Mc Graw Hill. 5º ed. México pp. 54-60.
- Moreno Arellano, Graciela (2001).** Impuestos ambientales, lecciones en países de la OCDE y experiencias en México, Instituto Nacional de Ecología. México
- Myers, Norman y Kent, Jennifer (2002).** New consumer: The influence of affluence on environment. United Kingdom. Recuperado en www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0438061100
- Organización de las Naciones Unidas (1992).** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Organización de las Naciones Unidas (1998).** Protocolo de Kioto.
- Palacio, Germán (2013).** Cambio climático, retórica política y crisis ambiental: una nueva interfase entre ciencias naturales y ciencias sociales. En Cambio climático, movimientos sociales y políticas públicas. Una vinculación necesaria. CLACSO 2013.
- PEMEX (1978).** Anuario estadístico 1977. Recuperado en: http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Anuario%20Estadistico%20Archivos/1977_ae_00_vc_e.pdf Consultado el 15 de enero de 2018.
- Pichardo V., Chávez H., Gallegos, A. (2008).** Estimación de carbono en plantaciones forestales de Pinus douglasina, a partir de biomasa aérea. Universidad de Guadalajara. ISBN:978-607-00-2083-4

- Ponce, Yasmin y Cantú, Pedro (2012).** Cambio climático. Bases científicas y escepticismo. *Revista Cultura Científica y Tecnológica*, primer cuatrimestre, pp. 5-12. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Ramanathan, R., 1999.** Short- and Long-run Elasticities of Gasoline Demand in India: An empirical analysis using cointegration techniques. *Energy Economics*
- Reyes, Orlando. Escalante, Roberto y Matas, Anna (2010).** La demanda de gasolinas en México: Efectos y alternativas ante el cambio climático. *Revista Economía teoría y práctica* No. 32. UAM. México.
- Roca, Jordi (2005).** El protocolo de Kioto: la importancia y limitaciones de un tímido acuerdo. *Revista de Economía Crítica*, nº 4. Julio de 2005, pp. 5-16 ISSN: 1696-0866. España.
- Rostow, W. (1970)** *The Process of Economic Growth*, The Clarendon Press, Oxford.
- Ruíz de Elvira, Antonio (2016).** Contra el cambio climático. Un cambio en mente. *Revista Ambienta*, 1º trimestre pp. 114-123. Gobierno de España.
- Santiago, Judith** (15 de agosto de 2016). México va por mercado de carbono. *El economista*.
- Santibáñez, José Luis (2016).** Legislación de los recursos naturales aplicables a cambio climático. En *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. México.
- Semarnat (2012).** Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. México.
- Semarnat. (2014).** Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. Recuperado el 20 de agosto de 2014 en: www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014
- Semarnat (2015).** Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México.
- Sheinbaum-Pardo, C. y Chávez-Baheza, C., 2011.** Fuel Economy of New Passengers Cars in Mexico: Trends from 1988 to 2008 and prospects. *Energy Policy*
- Stern, Nicholas. (2006).** Stern Review: The Economics of Climate Change. Her Majesty's Treasury.

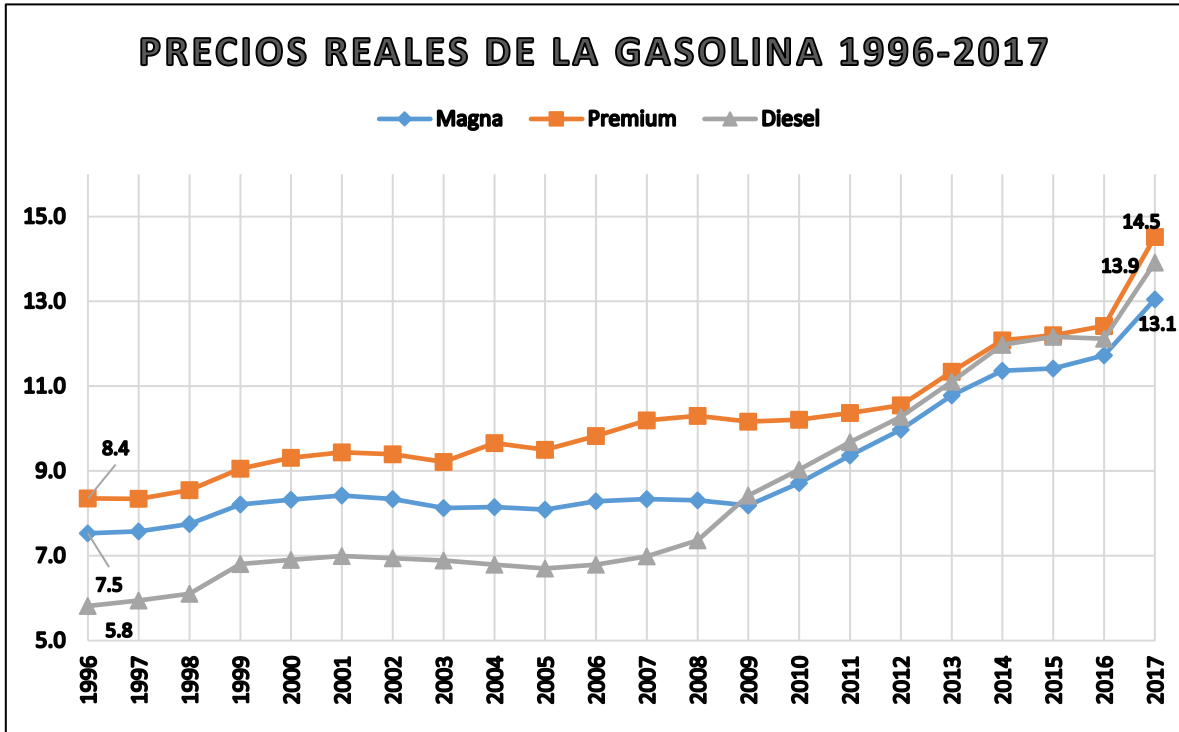
Torres, David (2016). Análisis de la equidad del sistema tributario colombiano 2000-2013. Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito. Colombia.

Wadud, Z., Graham, D.J. y Noland, R.B., 2009. Modelling Fuel Demand for Different Socio-economic Groups. *Applied Energy*.

Wang, T. y Chen, C., 2014. Impact of Fuel Price on Vehicle Miles Traveled (VMT): Do the poor respond

Anexos

Anexo 1

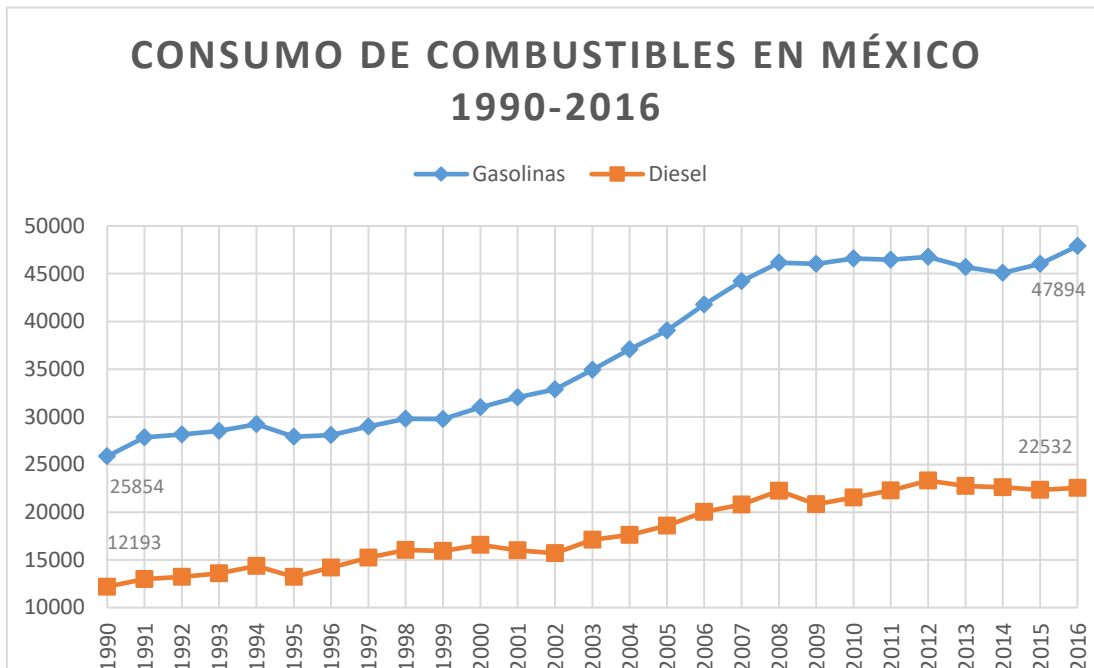


*Pesos de diciembre del 2010

Fuente: Construcción propia con datos de SENER y BANXICO

El precio de las gasolinas y el diésel ha tenido un incremento considerable de 1996 a la fecha, registrando un aumento real del 74% en ambas gasolinas y de 139% en el diésel. Se puede observar que este incremento se ha acelerado en el periodo del 2011 al 2017.

Anexo 2



*Millones de litros

Fuente: Construcción propia basado en SENER

El consumo de gasolinas y diésel en México ha ido al alza, a pesar del incremento gradual en los precios. De 1990 a 2016 creció en un 85% el consumo tanto de gasolinas como de diésel.

Anexo 3

Datos para modelos econométricos del capítulo 5							
Trimestre	Magna		Premium		Diésel		PIB
	Demanda (m3)	Precio	Demanda (m3)	Precio	Demanda (m3)	Precio	
I/2000	6,777,113	4.85	756,875.28	5.35	3,981,441	4.02	6,412,026
II/2000	6,815,450	4.96	833,307.11	5.47	4,149,208	4.12	6,660,435
III/2000	6,851,293	5.09	883,769.83	5.68	4,235,585	4.22	6,803,750
IV/2000	7,040,413	5.21	951,820.16	5.85	4,197,425	4.32	6,898,520
I/2001	6,810,494	5.31	961,486.95	5.95	4,007,289	4.40	6,972,344
II/2001	6,918,969	5.39	1,046,653.16	6.04	4,111,303	4.47	7,097,269
III/2001	6,815,324	5.48	1,091,166.51	6.13	3,924,627	4.54	7,098,961
IV/2001	7,107,518	5.56	1,186,862.12	6.23	3,961,202	4.62	7,108,935
I/2002	6,686,814	5.63	1,165,850.75	6.31	3,622,595	4.67	6,989,365
II/2002	6,834,858	5.69	1,259,552.66	6.38	3,905,293	4.72	7,583,212
III/2002	6,883,144	5.76	1,327,031.03	6.46	4,005,639	4.77	7,550,711
IV/2002	7,249,307	5.76	1,382,315.06	6.53	4,172,543	4.82	7,698,549
I/2003	7,007,015	5.75	1,329,985.86	6.58	4,038,344	4.87	7,745,443
II/2003	7,216,462	5.77	1,443,263.10	6.64	4,379,202	4.90	7,880,575
III/2003	7,237,322	5.83	1,479,064.52	6.61	4,235,468	4.94	7,771,537
IV/2003	7,568,767	5.87	1,555,162.01	6.64	4,448,387	4.98	8,077,684
I/2004	7,369,408	5.94	1,560,113.53	6.94	4,140,159	5.02	8,346,933
II/2004	7,496,583	6.05	1,642,942.23	7.06	4,413,024	5.05	8,882,221
III/2004	7,639,238	6.10	1,594,439.82	7.24	4,458,177	5.09	8,844,033
IV/2004	8,073,618	6.15	1,628,968.75	7.29	4,602,185	5.13	9,240,283
I/2005	7,741,436	6.19	1,566,533.64	7.34	4,300,984	5.17	9,061,147
II/2005	8,013,877	6.26	1,607,044.14	7.40	4,719,139	5.20	9,643,592
III/2005	8,164,358	6.32	1,634,689.76	7.45	4,716,336	5.24	9,574,367
IV/2005	8,552,372	6.39	1,675,785.20	7.47	4,840,000	5.28	9,971,486
I/2006	8,340,003	6.51	1,659,673.85	7.66	4,796,587	5.32	10,100,429
II/2006	8,628,422	6.67	1,703,490.08	7.81	5,087,850	5.38	10,757,668
III/2006	8,779,268	6.71	1,717,704.11	7.85	5,032,973	5.43	10,703,482
IV/2006	9,174,761	6.70	1,670,264.00	8.06	5,094,779	5.57	10,962,178
I/2007	9,118,269	6.79	1,494,471.66	8.31	4,979,389	5.73	10,923,992
II/2007	9,463,461	6.92	1,493,307.26	8.43	5,221,845	5.79	11,486,481
III/2007	9,509,714	7.01	1,446,687.76	8.53	5,183,117	5.88	11,518,670
IV/2007	10,146,951	7.04	1,441,807.40	8.65	5,412,492	5.91	12,087,160
I/2008	9,849,589	7.04	1,343,491.02	8.72	5,209,294	5.88	11,782,115
II/2008	10,216,125	7.11	1,333,147.21	8.85	5,750,838	5.96	12,721,061
III/2008	10,352,594	7.29	1,240,040.15	9.00	5,708,135	6.23	12,484,779
IV/2008	10,676,415	7.47	1,070,107.75	9.31	5,558,176	6.85	12,427,427

Datos para modelos econométricos del capítulo 5 (continuación)							
Trimestre	Magna		Premium		Diésel		PIB
	Demanda (m3)	Precio	Demanda (m3)	Precio	Demanda (m3)	Precio	
I/2009	10,170,698	7.52	953,655.19	9.26	4,991,410	7.39	11,655,060
II/2009	10,416,673	7.65	930,820.87	9.42	5,236,895	7.66	11,942,369
III/2009	10,633,856	7.66	919,387.21	9.53	5,267,423	7.81	12,197,785
IV/2009	11,008,329	7.67	916,501.59	9.52	5,335,751	7.96	12,855,837
I/2010	10,521,848	7.88	830,519.40	9.64	5,103,649	8.19	12,783,165
II/2010	10,806,536	8.11	841,821.17	9.76	5,486,120	8.41	13,282,275
III/2010	10,735,926	8.34	832,516.05	9.87	5,351,677	8.65	13,346,022
IV/2010	11,094,338	8.58	849,101.89	9.96	5,591,851	8.89	14,054,047
I/2011	10,462,550	8.82	800,732.87	10.12	5,288,045	9.14	13,909,662
II/2011	10,794,745	9.04	866,171.41	10.24	5,578,309	9.36	14,375,963
III/2011	10,677,502	9.30	882,337.34	10.36	5,633,709	9.61	14,641,737
IV/2011	10,923,961	9.54	960,083.74	10.49	5,759,434	9.85	15,734,943
I/2012	10,501,704	9.80	1,012,660.90	10.62	5,610,875	10.12	15,412,528
II/2012	10,526,282	10.06	1,216,690.77	10.78	5,897,279	10.38	15,710,731
III/2012	10,172,820	10.34	1,358,410.98	10.95	5,793,127	10.66	15,770,759
IV/2012	10,422,768	10.61	1,515,512.80	11.20	6,005,041	10.92	16,377,001
I/2013	9,620,968	10.91	1,516,975.46	11.51	5,552,805	11.24	15,769,664
II/2013	9,735,093	11.24	1,710,449.55	11.84	5,960,731	11.58	16,200,084
III/2013	9,586,260	11.57	1,794,415.00	12.17	5,524,332	11.90	16,203,444
IV/2013	9,801,367	11.85	1,893,090.76	12.47	5,693,176	12.23	16,935,557
I/2014	9,095,791	12.24	1,867,650.79	12.91	5,396,161	12.71	16,741,493
II/2014	9,284,750	12.55	1,975,422.15	13.26	5,683,252	13.05	17,416,240
III/2014	9,231,341	12.79	2,015,726.91	13.56	5,659,566	13.37	17,453,184
IV/2014	9,475,868	12.90	2,099,857.71	13.75	5,857,943	13.71	18,284,448
I/2015	8,956,766	13.04	2,035,149.10	13.92	5,343,020	14.10	17,765,640
II/2015	9,181,211	13.25	2,168,560.34	14.13	5,726,631	14.12	18,469,227
III/2015	9,430,813	13.33	2,360,422.68	14.23	5,732,754	14.12	18,658,843
IV/2015	9,454,471	13.19	2,420,644.71	14.10	5,524,499	14.13	19,312,127
I/2016	9,091,696	13.16	2,520,903.47	13.96	5,355,661	13.77	18,978,850
II/2016	9,195,635	13.16	2,688,463.29	13.98	5,744,864	13.77	19,971,372
III/2016	9,321,461	13.78	2,734,477.30	14.66	5,701,004	14.07	20,154,193
IV/2016	9,486,094	13.98	2,827,410.60	14.81	5,730,684	14.63	21,362,339
I/2017	9,035,272	15.77	2,007,491.03	17.59	5,371,920	16.88	21,287,810
II/2017	9,562,747	15.50	1,991,126.53	17.31	5,568,710	16.49	21,809,931
III/2017	9,747,693	15.88	1,969,885.70	17.70	5,208,329	16.91	21,713,133
IV/2017	9,980,485	16.28	1,960,428.49	18.07	5,058,670	17.34	22,874,094
I/2018	9,465,970	17.13	1,724,444.13	18.84	4,315,055	18.76	22,643,004
II/2018	9,614,909	17.82	1,730,967.41	19.31	4,509,353	19.23	23,611,445
III/2018	9,268,264	18.90	1,685,773.07	20.46	4,148,343	20.28	23,422,519
IV/2018	9,149,624	17.99	1,679,495.79	19.49	4,019,393	20.09	24,493,981