



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
CHETUMAL

DIVISION DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICO
ADMINISTRATIVAS

“Contaminación atmosférica (CO₂) en relación con el crecimiento económico en México (1971-2013) y el papel de las políticas públicas ambientales bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Maestría en Economía del Sector Público

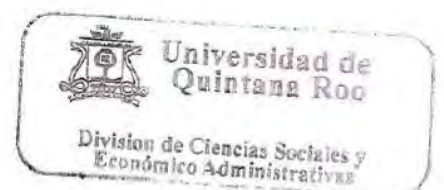
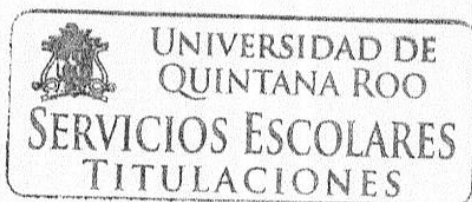
P R E S E N T A:



Lic. RICARDO MADERA UC

DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Francisco J. Güemez Ricalde
(profesor-investigador)

(2017)





Universidad de Quintana Roo

División de Ciencias Sociales y Económicas Administrativas

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:


Maestro en Economía del Sector Público

COMITÉ DE TESIS

Director:


Dr. Francisco Javier Güemes Ricalde.

Lector:

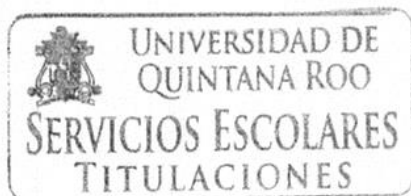

Dr. José Luis Esparza A.

Lector:


MESP. José Antonio Olivares A.



Chetumal, Quintana Roo, Enero de 2017



AGRADECIMIENTOS

A mi Dios el soberano y creador del universo que durante las etapas de mis estudios me ha suplido su protección y sus bendiciones, así mismo le doy gracias a mi familia por apoyarme, en especial a mi padre que ha demostrado su compromiso y lucha constante en brindarme una carrera universitaria. Gracias Bartolomé Madera Tamay y Ernestina Uc Cohuo.

A los catedráticos de la universidad por aportarme sus conocimientos para forjar y hacer de mí una persona competitiva y productiva, en especial al Dr. Francisco J. Güemez Ricalde, al MESP José Antonio Olivares y al Dr Jose Luis Esparza.

A mis compañeros Adrián Isaías Tun Gonzales, Yesenia Magali Canul Alcocer y Judith Cornelio por apoyarme en todo tiempo en cuestión de trabajos universitarios.

“Cada individuo está siempre esforzándose para encontrar la inversión más beneficiosa para cualquier capital que tenga. Al orientar esa actividad de modo que produzca un valor máximo, él busca sólo su propio beneficio, pero en este caso como en otros una mano invisible lo conduce a promover un objetivo que no entraba en sus propósitos. Al perseguir su propio interés frecuentemente fomentará el de la sociedad mucho más eficazmente que si de hecho intentase fomentarlo”

Adam Smith 1776

Contenido

Introducción.....	9
Capítulo 1 Crecimiento económico, curva Ambiental de Kuznets y políticas públicas Ambientales.	
1.1 Teoría del Crecimiento Económico.....	11
1.2 Variables macroeconómicas que causan crecimiento económico respecto a la teoría de la demanda agregada.....	14
1.2.1 Exportación de petróleo y consumo energético.....	15
1.3 Modelo de la Curva de Kutznets Ambiental	17
1.4 La Curva Ambiental de Kutznets y las medidas para reducir la degradación ambiental.....	21
1.5 Componentes de la curva ambiental de Kuznets.....	23
1.5.1 Efecto de escala.....	23
1.5.2 Efecto de desplazamiento.....	24
1.5.3 Efecto de composición.....	24
1.5.4 El ambiente como bien lujo.....	25
1.5.5 Innovación tecnológica.....	26
1.5.6 Políticas ambientales.....	26
1.6 Estudios Previos y evidencia empírica de la Curva ambiental de Kuznets.....	27
1.7 Políticas e instituciones en la planeación ambiental.....	29
1.7.1 Políticas ambientales correctivas.....	32
1.7.2 La regulación directa.....	32
1.7.3 La regulación en manos del mercado.....	34
1.7.4 Enfoque judicial.....	35
Capítulo 2 Análisis de emisiones de contaminantes en el aire, densidad poblacional y Crecimiento económico en México (1971-2013).	
Introducción:.....	37
2.1 Crecimiento económico en México y Dióxido de carbono (1971-2012).....	37
2.2 Fuentes de emisiones de Dióxido de carbono a través del sector industrial, Hogares y móvil (1971-2012).....	41
2.3 Emisiones de contaminantes en México y sus efectos en la salud (1980-2012)....	50
2.4 Consumo Energético (Gas Natural y Derivados de petróleo.) en México (1980-2013).....	60
2.5 Densidad Poblacional en las grandes ciudades y sus efectos ambientales en México.....	64

2.6 Conclusiones	69
Capítulo 3 Crecimiento económico vs degradación Ambiental. (Modelo econométrico bajo la Hipótesis de la Curva ambiental de Kuznets).	
Introducción.....	71
3.1 Variables de crecimiento económico y la contaminación ambiental en México (1971-2013).....	72
3.2 Relación entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental en México (1971-2013).....	73
3.3 Situación del crecimiento económico y la contaminación ambiental bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets en México (1971-2013).....	78
3.4 Elasticidades.....	98
3.4.1 Elasticidad entre el crecimiento económico y contaminación ambiental.....	99
3.4.2 Estimación de la demanda de la gasolina y su relación entre la emisión de Dióxido de carbono.	102
3.5 Conclusiones	106
Capítulo 4 Propuestas de políticas públicas para el control de emisiones de gases tóxicos en las grandes ciudades en México.	
Introducción.....	108
4.1 Análisis de políticas públicas ambientales aplicadas en México y sus resultados	108
4.2 Políticas públicas y gestión de alternativas para el control de gases tóxicos en las grandes ciudades de México.....	118
4.2.1 Multas automovilísticas respecto emisiones de gases de dióxido de Carbono CO2.	119
4.2.2 Subsidios Automovilísticos para Reducción la Contaminación atmosférica (CO2).	121
4.3 Simulador de políticas públicas ambientales para la reducción de la contaminación atmosférica (CO2) en México.....	123
4.4 conclusiones.....	127
CONCLUSION GENERAL	129
Bibliografía	133
ANEXOS Pruebas econométricas.....	139

Índice de Tablas

Tabla 1 Teorías del crecimiento económico.....	13
Tabla 2 Estudios empíricos (Crecimiento económico y Contaminación Ambiental)	29
Tabla 3 Instrumentos de regulación directa.	33
Tabla 4 Instrumentos económicos de política ambiental.	34
Tabla 5 Instrumentos Judiciales.	35
Tabla 6 Tasa de crecimiento media anual de CO2 (Millones de toneladas).....	48
Tabla 7 Inventario de gases tóxicos México SCIAN, 2008.	50
Tabla 8 Industrias manufactureras que emiten CO2, México 2008.	51
Tabla 9 Emisión de gases tóxicos por el sector energético, México.	53
Tabla 10 Estructura de subsectores de Energía que emiten CO2 en México.	53
Tabla 11 Estructura de subsectores de proceso industrial que emiten CO2 en México.	54
Tabla 12 Costos ocasionados por la contaminación del aire, México.....	57
Tabla 13 Costos ocasionados por la contaminación del aire acumulativos 2010-2013.	57
Tabla 14 Análisis de Integración y Raíces Unitarias. Primer Modelo	74
Tabla 15 Análisis de Causalidad de Granger. Primer Modelo	76
Tabla 16 Resultado econométrico de las ecuaciones por el método MCO. Primer Modelo	77
Tabla 17 Análisis de integración y raíces unitarias.....	79
Tabla 18 Análisis de causalidad de Granger	80
Tabla 19 Resultado econométrico de la ecuación funcional de la curva ambiental de Kuznets (1971-2013).....	80
Tabla 20 Resultado econométrico de la ecuación funcional de la curva ambiental de Kuznets y precios Energéticos (1980-2013).	82
Tabla 21 Test de Cointegración Engle-Granger.....	83
Tabla 22 Resultado econométrico de la ecuación funcional de la curva ambiental de Kuznets con energía limpia e urbanización (1980-2013).....	85
Tabla 23 Test de Cointegración Engle-Granger.....	86
Tabla 24 Prueba de Hausman Test.....	89
Tabla 25 Resultado econométrico de datos panel método MCG con efectos fijos de para los países la OCDE (1990-2012)	91
Tabla 26 Estimación de Turning Point en modelo de datos panel.	93
Tabla 27 Clasificación de los países de acuerdo con el nivel de Renta en función del punto de quiebre del modelo Panel con efectos fijos.	94
Tabla 28 Resultado de las elasticidades estimados por el método MCO (1980-2013).....	99
Tabla 29 Elasticidades ingreso y precio de corto y largo plazos.....	101
Tabla 30 Estimación de la elasticidad Precio-Demanda de gasolinas en México.....	102
Tabla 31 Estimación de la elasticidad Precio- toneladas de CO2 en México.	104
Tabla 32 Ventajas y desventajas del programa Hoy No Circula y verificación Vehicular	114
Tabla 33 Resultados de modelo econométrico (elasticidades).....	124
Tabla 34 Resultados de simulador de políticas públicas ambientales.	127

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Curva Ambiental de Kuznets	18
Gráfico 2 Tipos de formas de la curva ambiental de Kuznets.....	20
Gráfico 3 Evolución de la curva ambiental de Kuznets y las políticas públicas.	22
Gráfico 4 Evolución de la curva ambiental de Kuznets y sus etapas en el tiempo.	25
Gráfico 5 Avances en la conformación de la estructura nacional de toma de decisiones (%)	30
Gráfico 6 Avances en la implementación de instrumentos y programas (%)	31
Gráfico 7 Avances en la instrumentación de políticas, programas y legislación (%)	31
Gráfico 8 Tasa de Crecimiento del PIB Per Cápita por Países.....	39
Gráfico 9 Emisión de dióxido de carbono en los países de la OCDE.	41
Gráfico 10 Emisiones dióxido de carbono por Sectores	42
Gráfico 11 Emisión CO2 por Sectores en México.....	43
Gráfico 12 Emisión de dióxido de carbono por sectores.....	44
Gráfico 13 Comparación de Emisión CO2 por país en el Sector Industrial.....	44
Gráfico 14 Emisión de dióxido de carbono por basura.	46
Gráfico 15 Tasa de crecimiento media anual de emisiones de CO2 en México.	46
Gráfico 16 Emisiones de dióxido de carbono por carbón, gas, marino y aviación.	49
Gráfico 17 Contaminantes en el aire de México, 2010.	52
Gráfico 18 Muertes ocasionadas por la contaminación del aire por ciudad en México por cada 100,000 Habitantes.....	55
Gráfico 19 Número de muertes prematuras vs Hospitalizaciones por problemas respiratorias. 56	
Gráfico 20 Correlación entre tasa de muerte prematura y pérdida de productividad ocasionada por la contaminación del aire.	58
Gráfico 21 Correlación de gastos por problemas respiratorios y número de hospitalizaciones por problemas respiratorios.	58
Gráfico 22 Correlación entre gastos por problemas respiratorios y número de consultas por causa de problemas respiratorios.....	59
Gráfico 23 Tasa de Crecimiento del PIB y Consumo Energética en México.	61
Gráfico 24 Consumo de energía por sectores en México 1980-2014	62
Gráfico 25 Emisión de dióxido de carbono en México en el sector industrial.....	62
Gráfico 26 Consumo de Energía por el sector de Transporte.	63
Gráfico 27 Correlación entre dióxido de carbono y número de vehículos.....	63
Gráfico 28 Relación entre densidad poblacional y CO2.	65
Gráfico 29 Correlación entre Densidad poblacional y CO2.....	66
Gráfico 30 Relación entre densidad poblacional y número de vehículos.....	66
Gráfico 31 Correlación entre densidad poblacional y número de vehículos.	67
Gráfico 32 Relación entre la densidad poblacional y toneladas de basura.....	68
Gráfico 33 Correlación entre densidad poblacional y toneladas de basura.	68
Gráfico 34 Diagrama de dispersión entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental en los países del OCDE	87
Gráfico 35 Curva Ambiental de Kuznets en forma "N".....	93
Gráfico 36 Curva de la demanda de gasolina.....	103
Gráfico 37 Relación de precios- Tons/Co2.....	105
Gráfico 38 Impuestos Ambientales en los países de la OCDE 2010.	116

Gráfico 39 Tasa de crecimiento Real de los gastos dirigidos al cuidado del medio ambiente..	117
Gráfico 40 Simulador de políticas públicas ambientales para la reducción de CO2.....	125
Gráfico 41 Reducción de emisiones de CO2 por política pública (2014-2050).....	127

Introducción.

El presente trabajo de investigación pretende relacionar el análisis de la contaminación ambiental con el crecimiento económico y el papel de las políticas públicas ambientales bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets para el caso de México. La importancia del estudio de la contaminación ambiental ha tenido relevancia en el análisis económico y su impacto en los costos de largo plazo. El crecimiento económico y la participación de los instrumentos de política ambiental, han sido de las variables explicativas relacionado a la problemática de la contaminación ambiental en el aire. Los países con mayor crecimiento económico han presentado un mayor incremento de concentración de contaminación de dióxido de carbono (CO₂), no obstante, al incrementar la riqueza de los países, conlleva a mejorar la situación de la contaminación ambiental, así como también la exigencia por parte de los ciudadanos en demandar mayor calidad ambiental en los países democráticos. Este efecto es conocido como la curva ambiental de Kuznets en forma de “U” invertida.

Grossman, G. M. y Krueger , A, (1991), sugieren que los países tienden a aumentar su contaminación en su primera fase de crecimiento económico, no obstante, en la segunda fase, el crecimiento económico actúa en reducir la contaminación en el aire. Por otro lado, las políticas públicas ambientales juega un papel importante para la reducción de la contaminación en el aire, ya que el crecimiento económico no es suficiente para mitigar la contaminación en mayoría de los países en desarrollo. Esto se traduce que los países en desarrollo con tasas bajas de crecimiento económico estén condenados a la degradación ambiental en su totalidad, no obstante, esto puede ser corregidos a través de los instrumentos de política pública ambientales para reducir la contaminación ambiental (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002). Estos criterios y relaciones estarán vinculados en esta investigación para el caso de México en un periodo de 1971 a 2013.

En el capítulo se 1 incorporan los aspectos teóricos de la curva ambiental de Kuznets, crecimiento económico y de los instrumentos correctivos a través de las políticas públicas ambientales. También se plasman estudios empíricos recientes respecto la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets en relación en la contaminación ambiental y el crecimiento económico.

En el capítulo 2 se analizan estudios relacionados a contaminantes ambientales (Gases de efecto invernadero), Densidad Poblacional y Crecimiento económico en México. También se detalla los efectos en la salud y el costo monetario por contaminación en el aire para las entidades federativas.

En el capítulo 3 se desarrolla la metodología econométrica para la obtención de la relación de contaminación ambiental (CO_2) en relación con el crecimiento económico (PIB) y las variables proxys de instrumentos de política pública, es decir, la comprobación de la existencia o no de la curva ambiental de Kuznets para el caso de México. También se determinaron elasticidades de corto y largo plazo para el consumo de combustibles fósiles y su relación en la emisión de CO_2 . De igual forma se construyó la función de la demanda de combustibles con el fin de analizar el comportamiento de la contaminación ambiental para el caso de México.

El capítulo 4 incluye la evaluación de las políticas públicas ambientales implementadas en México y sus resultados. De igual forma se demuestra una simulación de políticas públicas ambientales para la reducción de Dióxido de carbono (CO_2) en un horizonte de 30 años. Por último, se proponen alternativas para contrarrestar la contaminación en el aire a través de multas y subsidios para el sector automotriz (parque Vehicular).

El último punto de esta investigación, es la conclusión general de los resultados obtenidos de los modelos econométricos y de las evaluaciones de las políticas públicas ambientales en México.

CAPÍTULO I

Crecimiento económico, curva Ambiental de Kuznets y políticas públicas Ambientales.

1.1 Teoría del Crecimiento Económico

Kuznets (1966), determinó la definición del crecimiento económico de la siguiente forma «*es un incremento sostenido del producto per cápita o por trabajador*» (Kuznets, 1966: 1). De esta premisa sugiere que la producción agregada del país implica un mejoramiento sostenido de los trabajadores, ya que un aumento de la actividad económica se traduce mayores ingresos por cada individuo dentro del país. El crecimiento económico ha sido una de las variables con mayor importancia para los economistas tal como señala Bell (1976: 237) «*el crecimiento económico se ha convertido en la religión secular de las sociedades industriales para avanzar*». Tal razón sobre el crecimiento económico ha sido una variable significativa para medir la prosperidad y la riqueza de los países a través del indicador macroeconómico como es el PIB Real (Layard, 1997). Para el análisis del crecimiento económico, se emplean valores constantes, es decir, deflactar los valores nominales respecto la inflación en el tiempo, permitiendo la construcción de tasas de crecimiento económico que tiene como objeto medir los cambios de la economía a nivel macroeconómico.

El crecimiento económico ha sido un tema relevante para las investigaciones económicas. Existen un gran universo de teorías que estudian esta variable económica. Desde la teoría clásica de Adam Smith, Malthus y D. Ricardo hasta la teoría neoclásica y Keynesiana han intentado explicar las causas en que se da la riquezas de las naciones y los factores de su intervención. Algunos de las teorías del crecimiento económico se basan desde las formas de producir hasta las capacidades tecnológicas de la producción. Adam Smith señala “que todas las naciones, gracias al desarrollo económico

que experimenten, alcanzarán un estado estacionario¹, ya que las oportunidades de inversión se van agotando y con ello el crecimiento”. También señala Adam Smith (1777), que el crecimiento económico depende de dos factores significativos para el desarrollo: el primero es el factor trabajo que dinamiza las actividades económicas y el segundo factor, es el progreso técnico que se necesita para la eficiencia del trabajo. Estos dos factores son las estructuras de la prosperidad de las naciones. Por otro lado, Malthus (1820) indica que los factores que obstaculizan el crecimiento económico a largo plazo son: el exceso de ahorro, un consumo escaso y la dinámica de la población. Es evidente que ambos factores no estimulan al crecimiento económico. Esto implica que una mayor inversión no significa un mayor prosperidad. Es necesario que tanto la demanda vaya conjuntamente en un aumento con la oferta. El aumento de la población no estimula el crecimiento económico, ya que esta variable conlleva a crear rendimientos decrecientes. Para finalizar las aportaciones de los clásicos, Schumpeter (1911), señala que las innovaciones de tecnología y las formas de producir son factores que fortalecen al crecimiento económico, así como también el papel de los empresarios en la introducción de las innovaciones en el sector industrial. La ciencia, la tecnología y la I+D son las bases para el crecimiento económico de forma particularmente amigable con lo ambiental, ya que las innovaciones tecnológicas permiten mejorar las formas de producción conllevando a un futuro sustentable. No obstante, esta escuela clásica dió las pautas para el nuevo surgimiento de la teoría económica Neoclásica. Esta nueva corriente económica se enfoca de igual forma en el estudio de la primera escuela del crecimiento económico.

En la siguiente tabla 1, describe las teorías Neoclásicas y Keynesianas. Dichos teorías intentan analizar los factores que influyen en el crecimiento económico a través de supuestos e hipótesis de las corrientes económicas.

¹ Daly H (2008): plantea la existencia de un estado sostenible óptimo de la economía humana a partir de conceptos previos de los economistas neoclásicos que tenían una opinión favorable de este estado.

Tabla 1 Teorías del crecimiento económico.

Corriente	Teorías y modelo	Hipótesis	Supuestos básicos
Keynesiano	Keynesianas y postkeynesianas (Harrod, Domar, Kaldor, Robison, Etc)	El libre juego del mercado genera desempleo y acentúa las desigualdades.	El crecimiento depende fundamentalmente de la tasa de Ahorro. Concurrencia Imperfecta y Rendimientos Crecientes.
Neoliberal Med 70's	Neoclásica de Crecimiento y Movilidad de Factores (Meade, Solow, Ramsay, Swam. Etc)	El libre juego de las fuerzas del mercado propicia la convergencia económica.	El crecimiento a largo plazo depende fundamentalmente del progreso técnico. Concurrencia Perfecta, rendimientos constantes, rendimiento decreciente del capital; progreso técnico explicado exógenamente.
Endógeno	Nuevas teorías neoclásicas del crecimiento o del crecimiento endógeno (Romer, Lucas, Barro, Revelo, etc.)	El juego de las fuerzas del mercado no asegura la convergencia económica.	El crecimiento económico a largo plazo depende de la acumulación de capital físico, de capital humano y de conocimientos, explicado endógenamente en función de expectativas de ganancia; externalidades y rendimientos crecientes.

Fuente: Nuevas Teorías del Crecimiento ; de Mattos, Carlos A. (2000)

Agenor (2000), señala que el crecimiento económico presenta diversas diferencias entre los países desarrollados y no desarrollados. Estos problemas son explicados con las teorías anteriores, ya que cada país no tiene los mismos formas de producir, el capital humano, la tecnología y las políticas económicas. Agenor (2000:398-415) afirma lo siguiente:

- 1) El producto por trabajador crece a niveles muy diferentes entre los distintos países.
- 2) El crecimiento del capital y del trabajo no explica totalmente la tasa de crecimiento del producto. Ello implica, en definitiva, que a la hora de analizar el crecimiento resulta imprescindible introducir otros elementos que influirían sobre él.
- 3) Las tasas de crecimiento del producto entre los diferentes países parece que no están relacionadas con los niveles iniciales de la renta per cápita.

- 4) Las tasas de crecimiento de la población se relacionan negativamente tanto con el nivel de renta per cápita como con la tasa de crecimiento de la renta per cápita existente en los países.
- 5) Las naciones con bajas (altas) tasas de ahorro y de inversión tienden a presentar bajos (altos) niveles de renta y tasas de crecimiento per cápita.
- 6) Las tasas de pobreza parecen estar relacionadas negativamente con el crecimiento. Los datos empíricos vienen a destacar un efecto asimétrico del crecimiento sobre la pobreza, ya que el nivel de pobreza en algunos países iberoamericanos solo mejora ligeramente, a pesar de haber experimentado un importante crecimiento en términos relativos (Lipton y Ravallion, 1995).
- 7) La inflación afecta negativamente al crecimiento.

Estos factores influyen con el crecimiento económico. Es evidente, que las teorías neoclásicas y las nuevas teorías del crecimiento describen las razones en que los países son más ricos o mas pobres. El crecimiento económico crece por muchas razones. Los economistas neoclásicos Solow (1956) y Swan (1956), explican que el crecimiento económico crece exógenamente a largo plazo a través del progreso tecnológico, el ahorro e inversiones en capital. Por otro lado, los modelos de crecimiento endógeno se dan por las innovaciones tecnológicas, el capital humano, y el gasto público (Barro, 1999) SALA-I-MARTÍN (1995) y Keynes (1939).

1.2 Variables macroeconómicas que causan crecimiento económico respecto a la teoría de la demanda agregada.

Desde el nacimiento de la economía como ciencia económica, los economistas clásicos buscaban explicaciones acerca de la generación de riqueza y la expansión de la producción en la economía. Adam Smith (1776), señaló que el crecimiento del producto se debe al incremento en la productividad causada por la división del trabajo. Esta explicación alude a factores de oferta; sin embargo, Smith señala que la división del trabajo requiere de un mercado amplio para llevarse a cabo. Esto implica que los países generan riquezas a causa del trabajo y de la productividad. Por otro lado, David Ricardo se centró en el estudio de la tierra y su capacidad de

producir bienes que permitiera a un país especializarse y exportar bienes en otros países que no tuvieran los suficientes insumos para producir (Ventajas Absolutas). Este enfoque fue evolucionando a lo largo del tiempo y mejorándose hasta llegar a un nuevo enfoque denominado “la economía internacional”. Economistas Keynesianos y neoclásicos asumen que los países crecen cuando se especializan en producir bienes y servicios con menores insumos y costes de producción. David Ricardo y Smith (1776), fueron quienes determinaron que no solo la oferta genera crecimiento económico, sino que también la especialización en producir bienes que permitiera exportar a otros países, de ahí nace la rama de la economía internacional bajo el enfoque de un mercado global democrático. (Harrod, 1939) y (Sen, 1999), explican que los países crecen cuando la productividad de trabajo es alta y por definición competitiva en producir bienes y servicios a menores costos. Por otro lado, los poskeynesianos explican otros factores que estimulan al crecimiento económico del lado de la demanda, por ejemplo, en los trabajos de Barro (1991) y Sen (1979) explican que a través del gasto público en gasto de capital genera crecimiento económico. Existen diferentes factores que estimulan al crecimiento económico del lado de la demanda, por ejemplo, Thirlwall (2002) las exportaciones y balanza de pagos son variables que actúan positivamente en el país.

1.2.1 Exportación de petróleo y consumo energético.

Las investigaciones empíricas han demostrado que el crecimiento económico depende de otros factores que permiten al país crecer y desarrollarse a largo plazo. Es evidente, que las teorías económicas desde el factor trabajo de Smith (1777), hasta las innovaciones (Progreso tecnológico) Swam (1956), han permitido analizar el comportamiento del crecimiento económico en los distintos países, sin embargo, existen trabajos empíricos que demuestran que no solamente las variables mencionadas causan crecimiento económico. (Gomez L., 2011), señala que los países dependen del consumo energético y producción de petróleo, y existe una relación bidireccional entre el consumo energético y el crecimiento económico. En el trabajo de Gomez L. (2011), afirma a través de modelos econométricos de causalidad de Granger que el consumo energético impulsa a la economía del país. A mayor

crecimiento mayor consumo energético o viciversa a través de modelos econométricos de panel por Marthur (2014) y Kraft (1978).

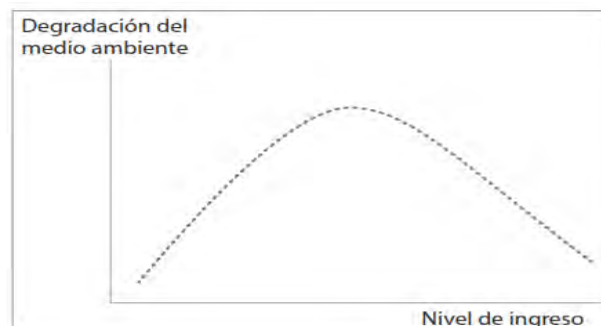
Sin embargo, los efectos del consumo energético generan externalidades negativas como es la contaminación del aire (Romerio, 2006). Por otro lado, los países con mayores índices de desarrollo humano conllevan a mayor consumo de energía, ya que el crecimiento económico determina el comportamiento de la actividad económica (Romerio, 2006), (Kraft, 1978) y (Marthur, 2014). El crecimiento económico y el consumo energético tienen una relación a largo plazo, están cointegradas y existe evidencia de causalidad de Granger (Chiang, 2005). El aumento de la actividad económica implica mayor bienestar y poder adquisitivo para el consumo interior del país. Esta relación conlleva a que los países mejoren su situación inicial a un mayor bienestar social económico. La exportación de petróleo ha sido uno de los principales ingresos en las finanzas públicas, dado que las entradas de ventas de dicho recurso son significativas para financiar el gasto público y para el fortalecimiento de la actividad económica de los países petroleros industrializados (Comenares , 2008). No es de dudar, que las exportaciones y el consumo energético fortalecen al crecimiento económico, sin embargo, dicha actividad genera externalidades negativas perjudiciales para el medio ambiente como es la contaminación en el aire a través de emisiones de gases tóxicos como el CO₂. Las investigaciones empíricas indican que el crecimiento económico depende del consumo energético, sin embargo, existe una situación inversa con los precios de la energía, debido a que, al imponer impuestos a los precios de los energéticos el crecimiento disminuye (Beltran, 2009). Es evidente, que existe una relación inversa entre los precios de la energía con el crecimiento económico. Por tal razón, se entiende que el consumo energético y las exportaciones petroleras juegan un papel importante en la economía, puesto que son muy sensibles a los precios, sin embargo, a pesar de dicha sensibilidad el crecimiento económico depende de los hidrocarburos, así como los efectos causados de dicha actividad en el medio ambiente.

1.3 Modelo de la Curva de Kuznets Ambiental

La contaminación ambiental y el calentamiento global han tomado relevancia en la agenda de los gobiernos locales y del diseño de las políticas públicas. La razón recae en que el daño ambiental es causado por las actividades económicas especialmente por las grandes industrias y sector energético. El crecimiento económico y la degradación ambiental han sido polémica entre los economistas e investigadores, dado que argumentan que el incremento de las actividades económicas dañarán simultáneamente al medio ambiente, debido a que el incremento del crecimiento económico implicará mayor contaminación ambiental. Algunos economistas argumentan que el aumento del crecimiento económico no dañará al medio ambiente, dado que por sí misma solucionaría el problema de la contaminación a través de las innovaciones tecnológicas. Esta relación recae en la hipótesis de la curva de Kuznets que se explica a través de una campana invertida. Este análisis implica que el crecimiento económico crecerá y así mismo la contaminación, sin embargo, en un momento del tiempo el crecimiento económico mejorará la situación inicial de la contaminación (Grossman, G. M. y Krueger, A., 1991). Esto indica, que los países industrializados de alguna forma mejorarán sus condiciones de producir, debido que presentan mejores ingresos y mayores oportunidades de innovar tecnología en comparación con los países en desarrollo. Es importante señalar que los países que entran en una transición de pobreza a lo industrial, la calidad ambiental cambiará en dicha fase (Deacon R. T. y Norman C. S., 2006). En los trabajos de Grossman y Krueger (1991) han demostrado que la curva de Kuznets tiene una forma de una U invertida. Este análisis ha demostrado que el crecimiento económico y la contaminación ambiental tienen una relación a largo plazo utilizando el Per Cápita Real y las emisiones de dióxido de carbono. Por otro lado, la apertura comercial ha conllevado a los países a crear zonas industriales incrementando el crecimiento económico y la contaminación ambiental presentando una curva ambiental de Kuznets. En el gráfico 1, siguiente indica la evolución del crecimiento económico y el aumento de la contaminación ambiental, sin embargo, en el tiempo existe un punto de inflexión que permite mejorar el daño ambiental a través de las innovaciones tecnológicas en función del crecimiento económico. Es importante señalar que las innovaciones tecnológicas es probable que

se desarrollen en los países avanzados en comparación con los países en desarrollo.

Gráfico 1 Curva Ambiental de Kuznets



Fuente: Catalan (2014): Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. Economía Informa, Noviembre-Diciembre, 2014.

El análisis, que sugiere la curva ambiental de Kuznets indica que en la fase inicial de los países pocos desarrollados presentan altos costos sociales en el proceso de la industrialización. Por otro lado, los ciudadanos buscan mayores rendimientos y salarios en sus trabajos olvidando al medio ambiente, así mismo los países no desarrollados no presentan regulaciones y leyes adecuadas, ya que tienen otros objetivos más importantes como es la mitigación de la pobreza (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002). La hipótesis de la curva ambiental de Kuznets ha sido uno de los temas más relevantes en la investigación en materia de economía ambiental, ya que el crecimiento económico implica mayor desarrollo en tecnología y la calidad ambiental (Grossman, G. M. y Krueger, A., 1991). Por otro lado, (Andreoni, J.; y Levinson, A., 1998) indican que es necesario insertar otros factores que permitieran mejorar la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets como: la innovación tecnológica, las políticas públicas ambientales y el mejoramiento de las actividades económicas (Stokey, 1998). Es evidente, que dicha hipótesis necesita de otras variables significativas que permitiera que la contaminación ambiental disminuyera. En la investigación empírica demuestran que en la fase inicial entre el crecimiento económico (PIB per cápita) y contaminación ambiental medido por dióxido de carbono son crecientes, sin embargo, dicha relación se vuelve negativa a largo plazo

(SARAVIA, 2005). Otros han insertado otras variables como la desigualdad , libertades civiles, libertad económica para una mejor interpretación de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets (Correa F. R., 2007). Por otro lado, la utilización de otros indicadores como: Nitrógeno y Azufre obtuvieron una relación con el crecimiento económico de una U invertida [Panayotou (1993), Cancelo, y Diaz-Vasquez, (2009)]. La hipótesis de la curva ambiental parte de la lógica que a largo plazo las industrias sucias y productos contaminantes desarrollarán tecnología, ya que el crecimiento económico permitirá mayores inversiones en ciencia y tecnología a través de una participación de las empresas (Stern & Common, 1997).

La forma funcional de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets toma la siguiente forma en base al modelo de los trabajos de Díaz-Vasquez (2009) y Cancelo (2010).

$$\frac{Cont}{POB} = \alpha + \beta_1 LOG \left[\frac{PIB}{POB} \right] + \beta_2 LOG \left[\frac{PIB}{POB} \right]^2$$

donde

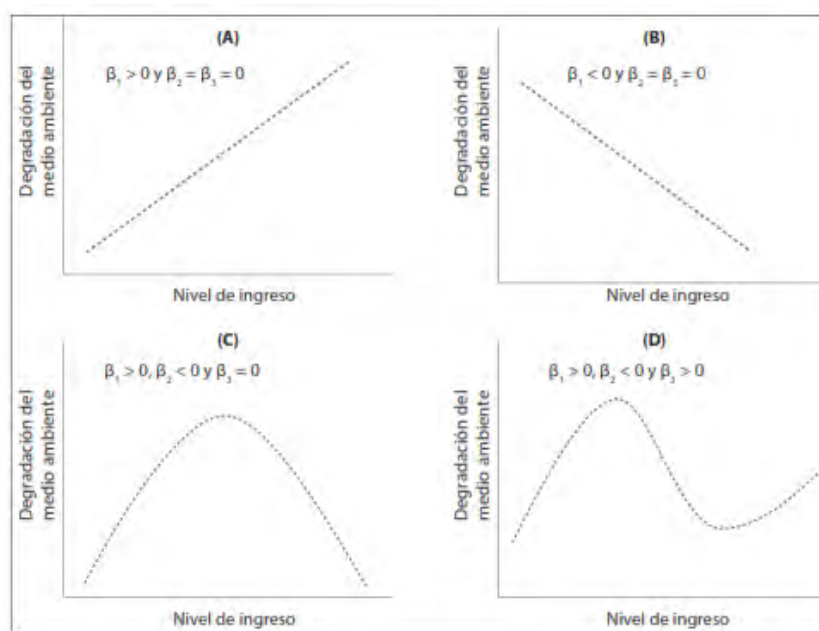
1. Cont= Contaminación (C02)
2. PIB= Ingresos del país
3. POB= Población

En los trabajos de [Grossman y Krueger (1995) y Correa (2007)] sintetizan a través de un modelo econométrico de la siguiente forma paramétrica.

$$EP_{it} = \alpha_{i,t} + \beta Y_{i,t} + \beta Y p^2_{i,t} + \beta Y^3_{i,t} + \sum_{j=1}^k X_{j,it} + U_t$$

Donde EP_{it} representa la contaminación ambiental en el país, $Y p^2_{i,t}$ PIB per cápita y $X_{j,it}$ es la variable que incide sobre la presión del medio ambiente tales como la densidad poblacional (Selden, T. y D. Song. , 1994), desigualdad (Correa F. , 2007), parque vehicular (Calvo, 2012) y consumo energético fósil (Catalan, 2014). En el siguiente gráfico 2, se demuestran las distintas formas que puede adoptar la curva ambiental de Kuznets tomada de las investigaciones de Catala (2014).

Gráfico 2 Tipos de formas de la curva ambiental de Kuznets



Fuente: Catalan (2014): Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. Economía Informa, Noviembre-Diciembre, 2014.

Condiciones	Situación
$\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$	Situación Lineal, Mayor deterioro Ambiental. (Tendencia creciente).
$\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$	Situación Lineal e inversa, Mayor crecimiento significa menor Contaminación. (Tendencia Decreciente).
$\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$	Situación de una U invertida y existe un punto de inflexión y se determina $-\beta_1/2\beta_2$.
$\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$	Situación en forma de N. Implica que mayor crecimiento no reduce la contaminación ambiental.

Elaboración Propia con base la investigación Catalan, 2014.

1.4 La Curva Ambiental de Kutznets y las medidas para reducir la degradación ambiental.

En la teoría económica se indica que el crecimiento económico es capaz de corregir los fallos de mercado a largo plazo, dado que al transcurrir en el tiempo los países fomentarán mayores inversiones en materia de tecnología e investigación permitiendo desarrollar energía limpia libre de contaminantes. No obstante, el crecimiento económico no será capaz por sí solo de contrarrestar los fallos de mercado, debido que se necesita instrumentos de políticas públicas ambientales que permitan mejor control de la degradación ambiental. Es necesario insertar nuevas variables e instrumentos de control como: el progreso tecnológico, innovaciones, políticas públicas dirigidas al reciclaje entre otras. Estas variables e instrumentos fomentarán con más vigor la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets independientemente que existiera una U invertida, puesto que dichos variables contribuirían a mayores resultados en resolver los problemas de degradación ambiental (Andreoni, J.; y Levinson, A., 1998). Es inverosímil, que el crecimiento económico resuelva la totalidad de los problemas ambientales, es necesario cambiar la estructura a través de integración de políticas medioambientales tales como: campañas, educación ambiental, y protección de las propiedades para brindar mayor control de la degradación ambiental y de políticas públicas a la conservación de los recursos naturales [(Selden, T. y D. Song. , 1994); (Cantos. J. y Balsalobre L.D., 2011)]. Por otro lado, (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002) Indican alternativas para aminorar las emisiones de dióxido de carbono en los países que aún están lejos de alcanzar el umbral económico, en otras palabras, los países que aún están en un predesarrollo industrial. La aplicación de instrumentos fiscales y leyes que conlleven a corregir los fallos de mercado son alternativas que disponen los países para resolver las externalidades negativas. Los instrumentos de política pública han sido factores significativos para la reducción de la degradación ambiental (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002). Otras alternativas, complementarias a la regulación ambiental tradicional, subrayadas por Dasgupta y otros (2002) incluyen:

- a) La presión por parte de los agentes del mercado (sistema financiero, consumidores).
- b) Mejorar los instrumentos de políticas públicas ambientales que refuercen el cuidado de los recursos naturales y mayor regulación en el mercado.
- c) Mejorar y planificar sobre el cuidado del medio ambiente a través de la vinculación entre el sector público, privado y social.

Es evidente, que tales alternativas complementarias son significativas para la reducción de la degradación. Es necesario que las alternativas de mitigación (Políticas ambientales) estén vinculadas con el crecimiento económico, puesto que es necesario que ambos estén equilibrados en el tiempo. La siguiente gráfica 3, resalta la interpretación respecto al modelo de la curva ambiental de Kuznets.

Gráfico 3 Evolución de la curva ambiental de Kuznets y las políticas públicas.



Fuente: A partir de Dasgupta y otros (2002).

En los trabajos de Correa F. (2007), se indica que la demanda de las políticas públicas ambientales en los países desarrollados conducen a mayores niveles de calidad de vida y mejoramiento del medio ambiente. Es evidente, que la gestión por parte del ciudadano de alguna forma esté conllevando en mitigar los problemas de contaminación derivados del sector industrial. Es importante señalar, que dicho resultados es más evidente en los países desarrollados, ya que al tener mayores ingresos y mayor prosperidad de dichos países empiezan a demandar mayor calidad ambiental a través de gestión de

políticas públicas ambientales en comparación con los países en desarrollo donde lo más primordial son las políticas de mitigación de la pobreza, desempleo y marginación, que en gestionar políticas ambientales, debido que no existe ningún interés en lo ambiental (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002).

1.5 Componentes de la curva ambiental de Kuznets.

La existencia de la curva ambiental de Kuznets depende de otros factores significativos que definen sobre el comportamiento de la “U” invertida. No es de dudar, que el crecimiento económico de alguna forma mitiga el problema de la contaminación ambiental. No obstante, en los estudios realizados [Gitili E., Hernandez G., (2002); Rothman, (1998); Torras, M.; & Boyce, J., (1998); Pereyra, (1996) y Grossman, G. M. y Krueger , A, (1991)] han demostrado que existen 6 efectos en que destacan a la existencia de la curva ambiental de Kuznets. Tales efectos son:

- ❖ Efecto de escala.
- ❖ Efecto de desplazamiento.
- ❖ Efecto de composición.
- ❖ El ambiente como bien lujo.
- ❖ Innovación tecnológica.
- ❖ Políticas ambientales.

1.5.1 Efecto de escala.

El efecto de escala se define de la siguiente forma “el efecto escala puede interpretarse como el deterioro en la calidad ambiental necesario para sostener el crecimiento del producto (Zilio, 2012:46). De otra forma, mayor actividad económica se traduce en mayor cantidad de residuos no valorados (Residuos contaminantes), mayor entropía, por ende mayor emisión de gases tóxicos contaminantes y daño ambiental. Por otro lado, (Díaz-Vasques., Cancelo M., 2010:25) definen el efecto escala “*Si todo lo demás permanece constante, el crecimiento de la actividad económica debería producir un incremento proporcional de las emisiones contaminantes*”.

1.5.2 Efecto de desplazamiento

El efecto de desplazamiento está sincronizado con el efecto de composición, ya que los países desarrollados al cambiar su estructura productiva de industrial a servicios, han disminuido sus niveles de contaminación. Estos demandan productos manufacturados producidos por los países en desarrollo permitiendo a los primeros disminuir su contaminación y los segundos en aumento, ya que los países en desarrollo producen productos con mayor intensidad contaminante. Tal como señala (Gitili E., Hernández G., 2002:3) *“Diversos estudios han encontrado que la reducción en los niveles de contaminación de los países desarrollados está asociada a un aumento de las emisiones de contaminantes en los países en desarrollo (PeD)”*. (Gitili E., Hernández G., 2002:3).

1.5.3 Efecto de composición.

El efecto composición se trata de un cambio radical en las formas de producir que implica un desplazamiento a un cambio estructural productivo. Los países desarrollados han pasado de una economía de transición productiva de productos agrícolas industriales a una economía de servicios menos contaminantes. Dicho efecto se denomina *efecto de composición*. Tal como señala (Gitili E., Hernández G., 2002: 3) de la siguiente forma.

“A medida que el nivel de industrialización se acelera el sector servicios va adquiriendo mayor relevancia dentro de la estructura productiva de los países. Una vez alcanzado un alto nivel de industrialización, los países desarrollados tienden a orientar sus economías hacia los servicios, con la consecuente disminución del peso del sector industrial en la formación del producto, pasando a adquirir los bienes manufacturados que consumen desde los países en vías de desarrollo o de reciente industrialización” (Gitili E., Hernández G., 2002: 3)

En la siguiente gráfica 4, se muestra la evolución de las formas de producir y su cambio de estructura productiva a través del tiempo.

Gráfico 4 Evolución de la curva ambiental de Kuznets y sus etapas en el tiempo.

Fuente: Panayotou. T. "Economic growth and the environment". Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. 2003 citado por (Calvo, 2012).

1.5.4 El ambiente como bien lujo.

Al determinar al ambiente como un bien de lujo implica que la elasticidad ingreso es mayor a uno, es decir, a mayor ingreso se traduce en mayor demanda en la calidad ambiental. Esto significa que los países desarrollados con mayor poder adquisitivo implica mayor demanda de productos menos contaminantes (Gitili E., Hernandez G., 2002). No es de dudar, que los países en desarrollo se concentran en reducir los niveles de pobreza, desempleo marginación, por ende no hay estímulo para demandar calidad ambiental. Por otro lado, al tener un menor poder adquisitivo implica menos demanda de bienes lujos como el ambiente (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002). Sin embargo, algunos estudios indican todo lo contrario, son los países en desarrollo que demandan calidad ambiental² (Pereyra, 1996). Para (Ekins, 2000) indica que la gente pobre que depende de los recursos naturales protegen dicho recurso ante la degradación, ya que dicho recurso depende de sus recursos económicos. Es evidente, que ambos agentes tienen la preocupación de cuidar los recursos naturales independientemente de los ingresos.

² Pereyra, (1996) Analiza los ingresos del país de Uruguay y demuestra que las familias tienen mayor demanda de calidad ambiental a través de modelos econométricos.

1.5.5 Innovación tecnológica

Los países desarrollados con mayor crecimiento económico se han caracterizado por optar en desarrollo de tecnología e innovación en sus formas de producir. Es evidente, que el crecimiento económico se compensa a través de promover el uso de insumos más limpios y verdes. La teoría del crecimiento económico indica que a través del progreso tecnológico se genera mayor desarrollo y económico en los países. Partiendo de esta premisa, (Schumpeter, 1978) indica que es necesario que la tecnología y la innovación sean determinantes para el crecimiento y la sustentabilidad ambiental, debido que al utilizar con mayor vigor los insumos conlleva a mejorar la situación económica y ambiental de los países. Por otro lado, (Gitili E., Hernandez G., 2002) indica que un cambio en relación $\frac{Ambiente}{PIB}$ implica un mejoramiento de los insumos como es la tecnología a través del progreso tecnológico. Mejorar la situación ambiental implica sustituir productos altamente contaminantes a productos verdes, así como también eficientar la producción industrial. Es evidente, que la tecnología genera externalidades positivas como son los productos sustentables que promueven mayor cuidado al medio ambiente.

1.5.6 Políticas ambientales.

Las políticas públicas han sido instrumentos significativos para el control de la contaminación ambiental. Es importante señalar, que dichos instrumentos están en función de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Las instituciones son importantes para regular el mercado y la protección de las propiedades, así como garantizar los contratos en los agentes económicos (North, 2003). No obstante, dichas instituciones actúan como mecanismos para regular el medio ambiente a través de instrumentos de política pública. Existe en gran escala evidencia empírica que sugiere que la implantación de políticas ambientales contribuyen en una mejoría a la curva ambiental de Kuznets (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002). Por lo general, los países desarrollados muestran con mayor rigidez diseños de políticas públicas ambientales que han resultado con gran relevancia en el combate de la contaminación ambiental. Por tal razón, los países desarrollados son más sensibles a los diseños de políticas públicas ambientales, por ejemplo,

los impuestos verdes, mayor gasto público en I+D en el sector energético entre otras. Es importante señalar, que a mayores ingresos, los ciudadanos exigen mayor demanda de políticas públicas ambientales³ por parte del gobierno [(Torras, M.; & Boyce, J., 1998); citado por (Correa F. , 2007)]. Por otro lado (Gitili E., Hernandez G., 2002:7) indica que *“el ingreso no parece ser el principal determinante para la legislación ambiental. La educación y las posibilidades de organizarse son probablemente buenos candidatos alternativos”*. Es importante señalar que los países con mayor capital humano y conocimiento implican mayor demanda de políticas públicas ambientales.

1.6 Estudios Previos y evidencia empírica de la Curva ambiental de Kuznets.

El modelo de la hipótesis de la curva de Kuznets propuesto por (Panayotou, 1993) indica que el aumento del crecimiento económico permitirá mayor contaminación, pero al llegar a un punto umbral máximo la contaminación ambiental decrece. Esto implica que el crecimiento económico es capaz de solucionar los fallos de mercado como es la contaminación ambiental. En los estudios más recientes se ha encontrado una “U” invertida entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental a través de los indicadores contaminantes en el aire como: NO_x (dióxido de Nitrógeno), SO_x CO_2 (Dióxido de carbono), plomo y partículas suspendidas (Grossman, G. M. y Krueger , A, 1991). Por otro lado (Arrow; Bolin; Costanza; Dasgpta; Folke; Holling; Jansson; Levin; Maler; Perrings, 1995) indican que dicha curva de la “U” no se refleja a largo plazo en el caso del contaminante de CO_2 y Smog, ya que al parecer esta relación presenta una “U” invertida a corto plazo, sin embargo, dicho contaminante empieza a crecer a largo plazo. Por lo mismo, Arrow (1995:3) afirma que “mientras indican que el crecimiento puede estar asociado con mejoras en algunos indicadores ambientales no indican que el crecimiento económico es suficiente para la mejora ambiental en general, tampoco que los efectos ambientales del crecimiento deben ser ignorados” (Arrow, 1995: 92). Algunos trabajos empíricos ha demostrado a través del

³ Torras y Boyce (1998) a través de modelos econométricos utilizando como proxy el índice de libertades civiles y políticos para analizar el impacto de la contaminación sobre la gestión de políticas públicas ambientales para los países desarrollados.

indicador SO_2 una relación de una “U” invertida entre esta variable y el ingreso con un punto umbral de US\$12,831 (Correa F. , 2007), US\$ 20,000 (Cancelo, 2010), (Basalobre , 2016), US\$20,483 (Canas A., Ferrao P., conceicao P., 2003). Por otro lado, algunos han encontrado una relación “N” a través del indicador CO_2 entre este variable y el ingreso con un punto de umbral de US\$25,556 en primera fase de una “U” invertida, no obstante a largo plazo la contaminación crece en un punto umbral de US\$75,871 (Basalobre , 2016). Otro estudio, en el caso del indicador de contaminación del agua presenta una forma “N” traduciéndose un mejoramiento a corto plazo, no obstante este a largo plazo la contaminación crece. Esto implica que los países desarrollan tecnología implicando un mejoramiento de las emisiones contaminantes, no obstante estos desarrollos tecnológicos empiezan en ser obsoletos por efectos de escala (Torrás, M.; & Boyce, J., 1998) para lidiar con la degradación ambiental implicando un aumento de dicho contaminante. Por otro lado, Díaz-Vazquez (2009) hace un análisis econométrico con el método MCO para los países de la OCDE utilizando como la variable dependiente CO_2 y la PIB Per Cápita real independiente. Los resultados fueron que el aumento del crecimiento económico se traduce en un aumento de la contaminación ambiental y evidenciando una “U” invertida para los países de la OCDE. Parrilla (2003), hace una investigación para los países de Europa utilizando las variable emisiones per cápita Dióxido de Azufre, Gases de Efecto invernadero y óxido de nitrógeno hallando una “U” invertida. Teresa- Cancelo (2010) y Restrepo F. (2007) descubrieron que a través de la desigualdad social, derechos políticos y libertades civiles se traduce en mayor demanda de calidad ambiental. Tal como afirma Saravia (2005: 22) “la presencia de la mayor desigualdad en la distribución del ingreso tiene el poder de disminuir el efecto positivo del crecimiento económico en el mejoramiento de la calidad ambiental”. Por otro lado, Torrás y Boyce (1998: 33) indican “*mayores derechos políticos y libertades civiles conducen a una mayor efectividad de las demandas por calidad ambiental*”. Es importante señalar, que dichos resultados empíricos son resultados significativos en la relación entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental. En el siguiente tabla 2, indican los autores que han encontrado una curva ambiental de kuznets a través de modelos econométricos.

Tabla 2 Estudios empíricos (Crecimiento económico y Contaminación Ambiental)

Autor	Modelo	Variables	Resultados.
Restrepo F. (2007)	MCS (América Latina)	CO2, PIB per cápita, densidad poblacional, derechos políticos y libertades civiles, Coeficiente de Gini.	El aumento del PIB per cápita, la densidad poblacional obtuvieron los signos esperados. Por otro lado la desigualdad social y derechos políticos exigen mayores demandas de calidad ambiental.
Maxwell Navarrete, Mauricio Brull Arturo Torre, David Gómez y Diana G. Torres (2009)	Granger y MCO (Caso México)	CO2, PIB per cápita	El aumento del crecimiento económico, la contaminación aumenta. Tiene una línea inicial y no se obtuvieron una curva invertida.
DIAZ -VAZQUEZ (2009)	MCO n= países Europeos.	Gases de Efecto invernadero. Óxido de Nitrógeno y monóxido de carbono.	El aumento del crecimiento económico, la contaminación aumenta. Curva invertida de "U".
Teresa- Cancelo (2010)	MCO países (OCDE)	Emisiones de CO2, PIB, Desigualdad	Relación Positiva entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental. Curva Invertida. Curva Invertida de "U".
Gonzales (2011)	MCO (Países Caribeños)	Emisiones CO2, PIB per cápita y coeficiente de Gini.	Relación Positiva entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental. Curva Invertida. Curva Invertida de "U".

Elaboración Propia con base a resultados obtenidos por los autores.

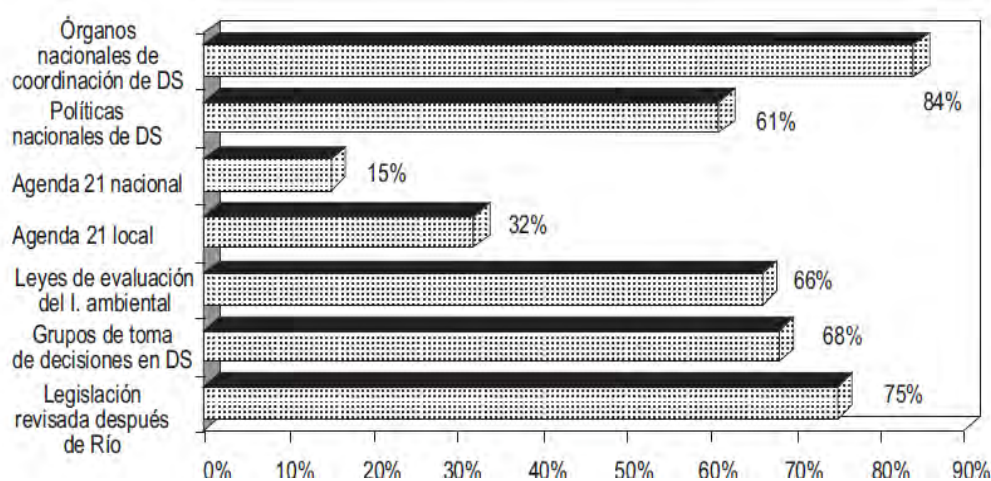
1.7 Políticas e instituciones en la planeación ambiental.

Los informes del Banco Mundial y de la OCDE apuntan que las emisiones de gases de efectos invernadero se han multiplicado en los últimos años en los países en desarrollo. La entropía y los residuos no valorados han crecido conduciendo a mayor fase de contaminación en los países. El calentamiento global ha sufrido cambios significativos en la temperatura y los recursos naturales son cada vez más dañados por las actividades económicas. Es importante señalar que el crecimiento económico no es suficiente para garantizar el bienestar ambiental, ya que es necesario aplicar instrumentos de políticas públicas ambientales para regular la contaminación.

El informe GEO 1 citado por (Prevencio, 1997) indica que no se ha cumplido con las medidas preventivas para mitigar la contaminación ambiental, los gases de efectos invernadero han alcanzado niveles extremos en la atmósfera, la deforestación agrícola masiva, la falta de políticas eficientes ambientales, entre otras. Por otro lado, el aumento de la urbanización y la densidad poblacional está generando un aumento en el parque vehicular

conllevando a mayor emisión de CO₂. El informe de GEO 1 citado (Prevencio, 1997) indica un gran esfuerzo sobre los resultados a favor de mitigar el problema ambiental. Por ejemplo, la gestión de tecnología limpia por parte de la cooperación entre los países, así como también el diseño de instituciones e instrumentos legales para el combate de la degradación ambiental. En la gráfica 5, se indica los grandes avances en los países emitida por la comisión de desarrollo sustentable 1997.

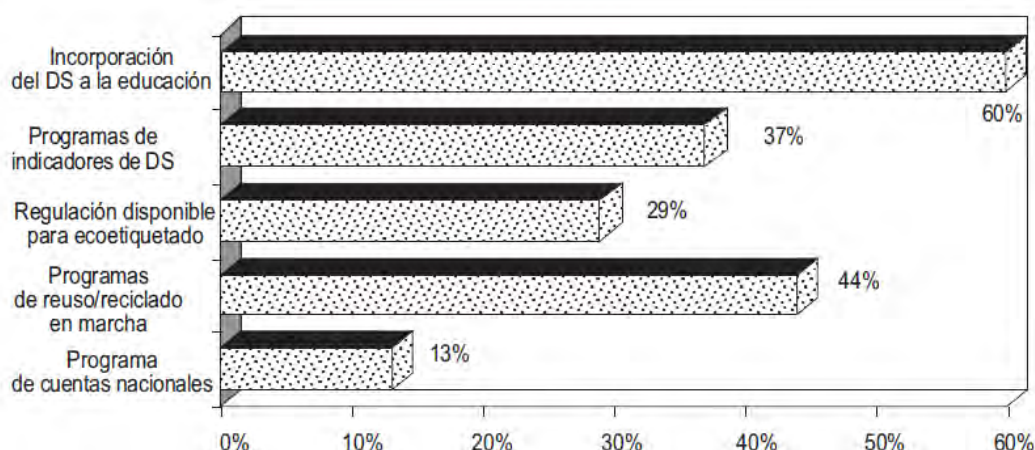
Gráfico 5 Avances en la conformación de la estructura nacional de toma de decisiones (%)



Fuente: CDS, ONU citada por Prevencio (1997).

Es importante señalar, que es necesaria la integración de mecanismos que conlleven a una mejor responsabilidad al usar los recursos no valorados (Residuos contaminantes) adecuadamente. En la gráfica 6, indica el porcentaje de los programas de desarrollo sustentable ejecutados según el informe de la Comisión de Desarrollo Sustentable. Es evidente, que la integración de programas de desarrollo sustentable es más incorporada en el sistema educativo. No obstante, existe un gran rezago de los programas de cuentas nacionales (Prevencio, 1997). Véase en la gráfica 6 siguiente.

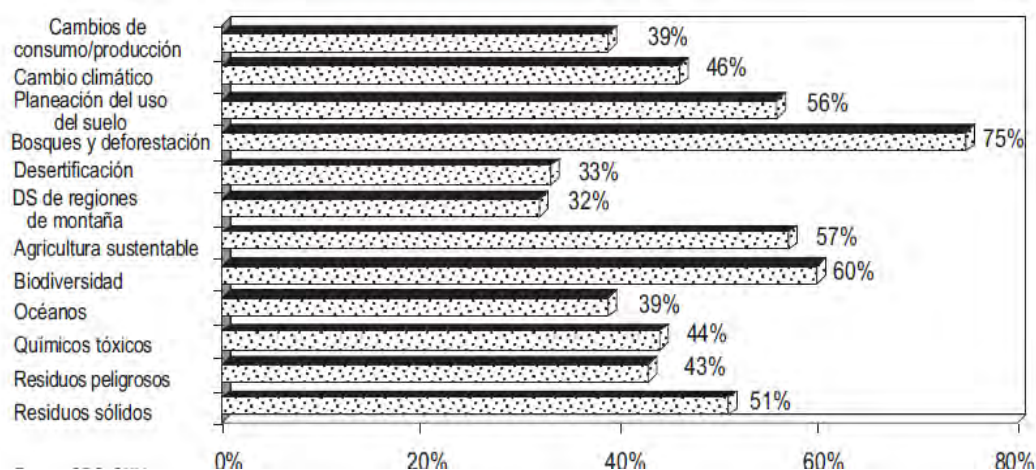
Gráfico 6 Avances en la implementación de instrumentos y programas (%)



Fuente: CDS, ONU citada por Prevencio (1997).

Los instrumentos de política públicas ambientales según el informe de la Comisión de Desarrollo Sustentable citado por (Prevencio, 1997), indican que los programas de desarrollo sustentable han tenido mayor participación en la planeación del uso del suelo bosques y deforestación, así como también programas dirigidos al tema del calentamiento global y biodiversidad. No obstante se necesita reforzar los cambios de consumo/producción. En la siguiente gráfica se analiza los avances de instrumentos de políticas, programas y legislación emitida según el informe de la comisión de desarrollo sustentable. Véase en la gráfica 7

Gráfico 7 Avances en la instrumentación de políticas, programas y legislación (%)



Fuente: CDS, ONU citada por (Prevencio, 1997)

1.7.1 Políticas ambientales correctivas.

Los instrumentos de políticas públicas ambientales han tenido mayor participación como método para la corrección de los fallos de mercado como son las externalidades negativas. Es importante señalar, que el crecimiento económico no es suficiente para garantizar el control de la degradación ambiental y se necesita la implantación de programas de desarrollo sustentable para garantizar la sobrevivencia de la biodiversidad y el medio ambiente. En la mayoría de los países aún existe un rezago en sus políticas ambientales y falta mayor participación de dichos instrumentos para mitigar la degradación ambiental. Diversos estudios han señalado que la implementación de una política correctiva como son los impuestos verdes han permitido regular a la contaminación y mejorar las finanzas públicas (Quadri, 1997). Los instrumentos de impuestos verdes actúan para mitigar directamente, es decir, utilizar los recursos económicos para reestructurar el daño ambiental. En relación a ello, Quadri (1997:31) señala que *“Los sistemas fiscales deben reestructurarse para incorporar impuestos correctivos ambientales, al mismo tiempo que se eliminan o desmantelan esquemas impositivos o de subsidios que distorsionan decisiones o favorecen fuertes impactos ambientales”* (Quadri, 1997:31)

1.7.2 La regulación directa

Los efectos directos obligan a los contaminadores a desarrollar comportamientos y acciones ambientales que son considerados socialmente deseables y del mismo modo a establecer controles que mantengan el mismo comportamiento (Cordero P., Sepulveda S., Adrian R., 2004). La regulación directa estimula el desarrollar mecanismos que permitan al sistema de producción e industrial ser más eficiente en el cuidado del medio ambiente. Por otro lado, es importante señalar que dicha regulación se enfoca en prevenir simultáneamente los efectos del sistema económico a largo plazo y garantizar que el sistema industrial y el agropecuario sean más responsables con el medio ambiente en utilizar adecuadamente los recursos naturales, así como también en utilizar insumos menos contaminantes. En la siguiente tabla 3, se indican las regulaciones directas aplicadas en la mayoría de los países.

Tabla 3 Instrumentos de regulación directa.

TIPO DE INSTRUMENTO	DEFINICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ESTÁNDAR DE CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Fijan la concentración máxima a la que puede estar un contaminante en el ambiente sin causar efectos adversos a la salud o al ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sientan las bases para evaluar la regulación vigente • Permite establecer prioridades y metas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige un alto conocimiento científico del efecto de los contaminantes. • Es difícil evaluar efectos combinados de contaminación.
ESTÁNDAR DE DESCARGA O EMISIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Establecen límites (valor medio o máximo) para la descarga de contaminantes por parte de fuentes individuales y en puntos específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medio directo y práctico para controlar la contaminación • Da flexibilidad a la firma para elegir la tecnología de control. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de fiscalización para las firmas.
ESTÁNDAR TECNOLÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> • Especifica la tecnología que la fuente debe utilizar. Ejemplo: mejor tecnología disponible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite un control máximo. 	<ul style="list-style-type: none"> • No da flexibilidad tecnológica. • Alto costo de monitoreo y de cumplimiento
ESTÁNDAR DE PRODUCTO Y PROCESO	<ul style="list-style-type: none"> • Se establece un "techo" a la descarga de contaminantes, por unidad de producto o por proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina o reduce la emisión de contaminantes antes de que éstos puedan generarse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es preciso contar con sustitutos para los productos prohibidos.
PERMISOS Y LICENCIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Se autoriza el funcionamiento de fuentes contaminantes, por medio de permisos o licencias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere el cumplimiento previo de estándares • Facilita las sanciones por incumplimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de monitoreo.
CONTROLES DE USO DE ESPACIO	<ul style="list-style-type: none"> • Permite zonificar los espacios donde se pueden ubicar fuentes contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impide el establecimiento de actividades contaminantes en lugares inapropiados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afecta el valor de las viviendas. • Es vulnerable a la presión local.
CUOTAS TOTALES DE EXTRACCION	<ul style="list-style-type: none"> • Se establecen topes a la extracción de recursos naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impide la sobreexplotación de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Genera gran ineficiencia económica. • Reduce el período de extracción.
VEDAS	<ul style="list-style-type: none"> • Se prohíbe la explotación de un recurso natural en ciertas áreas y en ciertas épocas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Protege especies en extinción o recuperación. • Protege períodos reproductivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de fiscalización.
RESTRICCIONES DE ESFUERZO	<ul style="list-style-type: none"> • Se restringe el uso de insumos en la explotación pesquera, la capacidad de las bodegas, el número de viajes, el tipo de motor, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite fiscalizar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta los costos de captura. • Genera la sobreexplotación Ya que no se pueden controlar todos los parámetros.

Fuente: O’Ryan (2002) citada por (Cordero P., Sepulveda S., Adrian R., 2004).

1.7.3 La regulación en manos del mercado

La regulación a través del mercado, ha sido uno de los métodos con mayor participación en cuanto a la implementación de impuestos correctivos ambientales (Pigou, 1946). Los fallos de mercado son una evidencia de los mercados imperfectos, ya que dichos costos marginales de contaminación no están contabilizados en los costos marginales de las empresas, por ello la contaminación ambiental es un costo para la sociedad. Las economías externas presentan males, *“cuando una fábrica emite una gran cantidad de humo negro, el daño hecho a la comodidad de sus vecinos...son parte del costo generado en la producción del producto de la empresa. Pero los dueños de la fábrica no se ven obligados a pagar esos costos”*. (Pigou, 1946:33).

O’Ryan (2002) y Rodríguez (2004) indican que existen instrumentos de regulación respecto a las emisiones de contaminantes de aquellos productos que contengan un alto insumo de contaminantes. En la siguiente tabla 4, se indica los instrumentos de regulación a través del mercado más comunes.

Tabla 4 Instrumentos económicos de política ambiental.

INSTRUMENTO	DEFINICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	EJEMPLOS
IMPUESTOS Y CARGOS POR CONTAMINACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Cobro por cantidad o calidad de un contaminante emitido en agua o aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Genera ingresos al Estado • Incentiva a quienes contaminan a reducir las emisiones • Promueve la reducción de costos • Estimula el empleo de nuevas tecnologías • Útil cuando el daño por unidad de contaminación varía poco con la cantidad de contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> • Difíciles de aplicar • Altos costos de fiscalización • Efectos distributivos potencialmente grandes • Efectos ambientales inciertos • Generalmente requiere de datos de monitoreo • Distorsionan el mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Cargos por emisiones • Cargos por efluentes • Cargos por desechos sólidos • Cargos por alcantarillados
SUBSIDIOS	<ul style="list-style-type: none"> • Se entrega una ayuda a los agentes que usan, promueven o investigan tecnologías o métodos de producción más limpios 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticamente populares • Bajos costos de fiscalización • Dirigidos a actividades específicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Perpetúan industrias contaminantes • Impacto financiero sobre el presupuesto del Gobierno • Efectos inciertos 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas de alcantarillado municipal • Uso del suelo por agricultura • Contaminación industrial

INSTRUMENTO	DEFINICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	EJEMPLOS
SISTEMAS DE DEPÓSITOS-REEMBOLSOS	<ul style="list-style-type: none"> Los agentes hacen efectiva su responsabilidad tomando un bono o depósito reembolsable por actividades que perjudiquen al ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Incentiva cumplimiento de normativa Disuade a los botadores de basura Estimula el reciclaje 	<ul style="list-style-type: none"> Altos costos administrativos Costos de transacción altos Producto debe ser reutilizable o reciclable 	<ul style="list-style-type: none"> Baterías de plomo-ácido Envases Carrocerías de automóviles
PERMISOS DE MERCADO	<ul style="list-style-type: none"> Se asignan permisos o derechos para emitir o descargar contaminantes. Pueden transarse en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> Incentiva reducción de costos Restringe contaminación Incentiva el cambio tecnológico 	<ul style="list-style-type: none"> Costos de transacción potencialmente altos Requiere variación en los costos de control marginales 	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones Efluentes Acceso a pesquería

Fuente: O’Ryan (2002) citada por (Cordero P., Sepulveda S., Adrian R., 2004).

1.7.4 Enfoque judicial

El instrumento de regulación ambiental a través del enfoque judicial permite un control entre los agentes involucrados en una situación ambiental. Este mecanismo conlleva a racionalizar entre el cuidado del medio ambiente y de los recursos naturales, así como también regular el uso del suelo a través de un monitoreo judicial (Cordero P., Sepulveda S., Adrian R., 2004). En la siguiente tabla 5, se analizan los instrumentos de regulación judicial al medio ambiente.

Tabla 5 Instrumentos Judiciales.

INSTRUMENTO	DEFINICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	EJEMPLOS
DERECHOS DE PROPIEDAD Y DE USO	<ul style="list-style-type: none"> Definen quién tiene el derecho sobre el recurso o qué uso debe dársele a éste. 	<ul style="list-style-type: none"> Se internaliza el costo de la contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> Son difíciles de determinar. 	<ul style="list-style-type: none"> Títulos de tierras Derechos de agua Concesiones
RESPONSABILIDAD AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> Se otorga la responsabilidad por los daños a recursos naturales. Puede aplicarse por medio de incentivos legales y tributarios o por medio de seguros de responsabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Provee incentivos fuertes El mercado se puede hacer cargo por medio de seguros. 	<ul style="list-style-type: none"> Los costos de evaluación y litigación pueden ser altos. Difíciles de aplicar. 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación de daño a recursos Molestias, invasión de propiedad

Fuente: O’Ryan (2002) citada por (Cordero P., Sepulveda S., Adrian R., 2004).

Es importante enfatizar que las regulaciones de los derechos de propiedad son temas significativas para el control de la degradación ambiental

y el uso eficiente de los recursos naturales. Es importante que los agentes económicos sean más responsables y conscientes en el uso de los recursos naturales o por el contrario, un exceso de utilización conllevaría a un agotamiento del medio ambiente. Este problema se le denomina como “la tragedia de los comunes”⁴ (Garret, 1968), ya que al no tener una regulación en los derechos de propiedad implica un mayor consumo de dichos recursos. Es necesario que los derechos de propiedad sean eficientes y óptimos para no generar desequilibrios en la naturaleza y económico (Coase, 1960). Por otro lado, [O’Ryan, (2002); (Korder P., Sepulveda S. y Rodriguez A., 2004) explican que a través de reglas o leyes se puede obtener un consenso entre los individuos y el medio ambiente a lo largo del tiempo. Este mecanismo busca en hacer responsables a quienes contaminan y por los daños causados por sus acciones, mediante el pago de una compensación a la parte afectada.

⁴ Describe una situación en la cual varios individuos, motivados solo por el interés personal y actuando independiente, pero racionalmente, terminan por destruir un recurso compartido limitado (el común) aunque a ninguno de ellos, ya sea como individuos o en conjunto, les convenga que tal destrucción suceda. “The Tragedy of Commons” en Science, v. 162 (1968), pp. 1243-1248.

Capítulo II

Estudios de Contaminantes ambientales, Densidad Poblacional y Crecimiento económico en México (1971-2013).

Introducción:

Este capítulo se enfoca al estudio de los contaminantes atmosféricos (CO₂) emitidos por diversas fuentes que lo componen, ya sea por el sector industrial o doméstico. También, se amplía el análisis de la relación del crecimiento económico respecto a la contaminación atmosférica (CO₂) y su impacto negativo en materia ambiental al incluir otros factores como el consumo energético, el parque vehicular y densidad poblacional como causales en el aumento de la contaminación atmosférica en México.

Por otro lado, se plasmó en este capítulo los costos efectuados de la contaminación atmosférica en materia de la salud humana, así como también la cuantificación monetaria emitida por los problemas de la contaminación por ciudades en el país de México en tema de salud bajo el estudio del IMCO (Instituto Mexicano para la Competitividad).

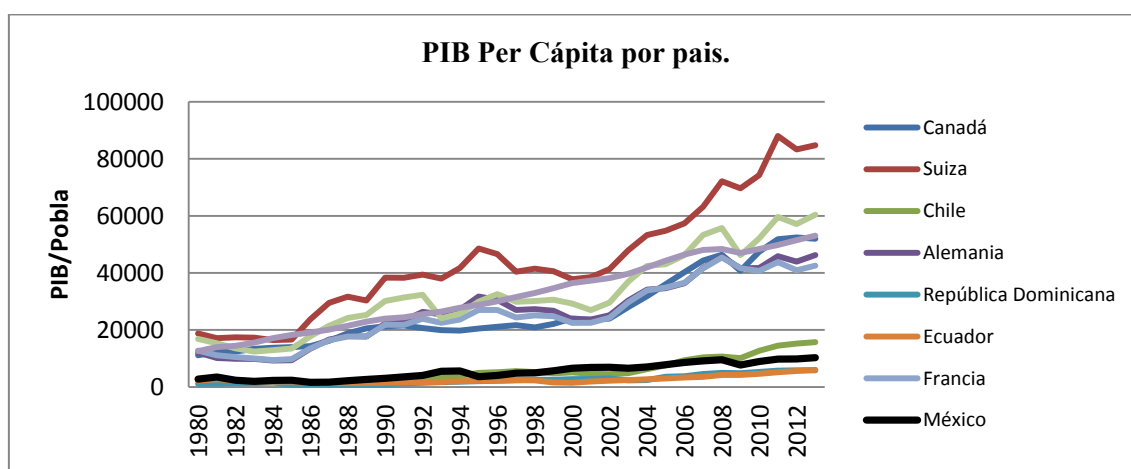
2.1 Crecimiento económico en México y Dióxido de carbono (1971-2012).

Como señala Bell (1976: 237), «*el crecimiento económico se ha convertido en la religión secular de las sociedades industriales para avanzar*». Es evidente que la mayor parte de los países emergentes y desarrollados se han enfocado a la acumulación de Capital y generación de Riqueza a través del mercado globalizado. Esta política económica ha conllevado a los países a salir de la pobreza detonando el desarrollo económico en su mayoría. Los países buscan maximizar sus ganancias a través de diversos mecanismos que inclinen al enriquecimiento de las grandes industrias. Sin embargo, este modelo de acumulación de riquezas y la aplicación de un sistema capital ha comenzado a presentar problemas muy significativos en materia ambiental. Dicho problema son las externalidades negativas, por ejemplo, la contaminación ambiental generada por los fallos de mercado. En la realidad no existe un mercado competitivo, ya que los costos marginales no contabilizan

los externalidades negativas, por ende existe un problema de fallos de mercado. Es evidente que las externalidades negativas son problemas derivados por el mercado, ya que no es capaz de resolverlos y se requiere la intervención del sector público para corregir dicho problema. En la gran parte de los modelos microeconómicos e incluso modelos macroeconómicos no es tomado en cuenta el bien ambiental para el análisis económico. Este problema radica en que dichos modelos solo han determinado los costos y beneficios privados en un sistema capitalista. Este problema de la falta de interés al medio ambiente, ha creado un sistema salvaje e irresponsable de consumo y producción de bienes con alto grado de valor residual. No es de dudar, que el crecimiento económico sea la pieza fundamental del éxito de los países y del desarrollo económico, sin embargo, es evidente que al aumentar la riqueza de alguna forma se está generado más contaminación ambiental a través de las grandes industrias y del uso de energía fósil para generar crecimiento económico. Al aparecer, un mayor crecimiento económico incide a mayor contaminación, ya que las actividades productivas, el consumo energético y el uso de bienes como automóviles han sido uno de los factores que inciden en el aumento de la contaminación ambiental. En el análisis, México en los últimos años ha mantenido baja su tasa de crecimiento económico en comparación con los países industrializados como: Canadá, Suiza, Alemania, entre otras. Es evidente observar en el gráfico 8 las tasas de crecimiento económico de los demás países en comparación con la baja tasa para México. No es de dudar, que México no crece económicamente por varias razones como: inseguridad, la falta de libertad económica, corrupción, democracia entre otras. La falta de crecimiento económico incide en el caso de México en carecer de innovación tecnológica en el sector industrial, Capital humano y políticas públicas ambientales. En la evidencia empírica sugiere que los países desarrollados con tasas de crecimiento económico alta, tienen la capacidad de mejorar su tecnología, capital humano y mayor responsabilidad en materia ambiental. En el caso de México, es todo lo contrario, ya que su tasa de crecimiento baja se traduce en carencia de tecnología y de capital humano en el país. De dicho problema, se desprenden otros problemas como la pobreza, el desempleo, el marginalismo, la desigualdad y contaminación ambiental.

El tema de la contaminación ambiental en el caso de México tiene una correlación positiva con el crecimiento económico. Los países con menos crecimiento económico presentan altos índices de degradación ambiental precisamente en la emisión de dióxido de carbono, ya que no son capaces de generar tecnología limpia por falta de inversiones por parte del gobierno. Es evidente, que los países menos desarrollados no tienen la intención en mejorar y combatir la contaminación, ya que solo buscan remuneraciones altas y programas sociales (combate al desempleo, pobreza, entre otras).

Gráfico 8 Tasa de Crecimiento del PIB Per Cápita por Países.



Elaboración propia con base a datos Banco Mundial 2012.

Por otro lado, la falta de libertad civil y política (Democracia) no admite a los ciudadanos gestionar políticas ambientales que favorezcan sus condiciones de vida a largo plazo (Torras y Beyonce, 1998)⁵. Es importante señalar que la democracia juega un papel importante para el crecimiento económico. Trabajos como de Barro (1990) han demostrado que los países crecen a través de la democracia, en contraposición al parecer, a lo que la teoría sugiere en materia democrática, México no es democrático traduciéndose en una escasez de participación ciudadana en el diseño de instrumentos de política pública ambiental, por ende, el país no crece económicamente y por lo tanto el problema ambiental es relevante para México. Por la razón anterior, México

⁵ Torras y Beyonce, (1998): evidenciaron que al aumentar las libertades civiles y políticos en los países conlleva a la disminución de la contaminación ambiental medido al Dióxido de Carbono. Su artículo llamado "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*". 25(2):147-160.

presenta tasas de crecimiento de dióxido de carbono altas como proxy a la contaminación ambiental (Véase en el gráfico 9).

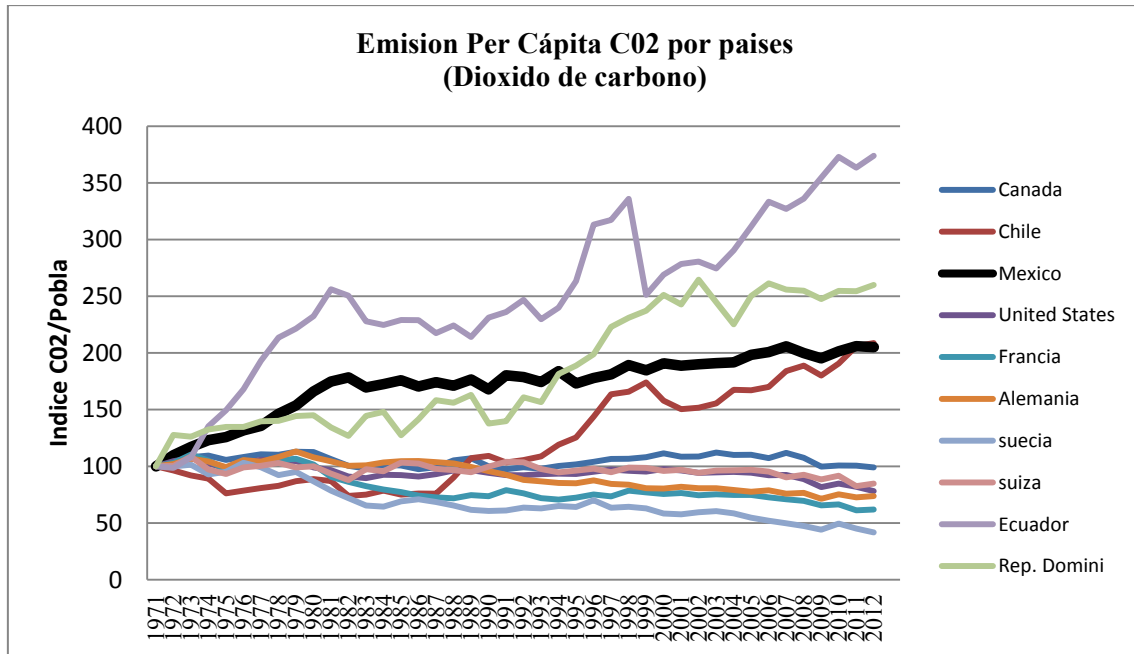
Los países con mayor crecimiento económico son calificados como democráticos, responsables en materia ambiental en el diseño de instrumentos de política pública ambiental e innovadores en tecnología sustentable. De aquí se desprende la hipótesis de Kuznets (1955), puesto que dicha hipótesis señala que los países con mayores tasas de crecimiento económico tienden a gestionar políticas ambientales y tecnología limpia que permita disminuir la contaminación. Los países con mayor crecimiento económico se caracterizan con un mayor poder adquisitivo definiendo una mayor demanda en calidad ambiental. No obstante, los países al tener mayores remuneraciones de encajes (Monetarios) de PIB per cápita demandan mayor calidad ambiental en comparación de los países en desarrollo que demandan políticas sociales en materia de bienestar social. En el caso de México se caracteriza por ser un país con mayor índice de pobreza, marginación, delincuencia, corrupción, salarios bajos y la falta de libertad económica. Estos factores inciden en que sean obligados por los organismos internacionales a diseñar sus políticas públicas para el combate de las deficiencias que presenta el país y por tal razón México se ha descuidado en materia ambiental.

En el gráfico 9 se observa la evolución de las emisiones del dióxido de carbono. Es evidente observar, que las emisiones de este contaminante tienen una tendencia creciente en los países menos desarrollados, por ejemplo, México. Por otro lado, se observa en la gráfica 9, que los países más desarrollados están reduciendo su contaminación con mayor significancia en el tiempo por varias razones, ya sea por políticas ambientales estrictas y/o por la creación de tecnología limpia. Los países con mayor crecimiento económico de alguna forma han aumentado sus contaminantes, no obstante han reducido su contaminación en apostarle a la energía limpia sustentable y la creación de instrumentos correctivos de las externalidades negativas.

Este análisis, explica que los países con tasas de crecimiento económicos per cápita alto, que se muestran en la gráfica 8 quedan como evidencia que la hipótesis de Kuznets se cumple, ya que sus emisiones tienen una tendencia decreciente en comparación con los países con tasa de

crecimiento bajo y con una creciente tasa de contaminación de CO₂ (Gráfica 9).

Gráfico 9 Emisión de dióxido de carbono en los países de la OCDE.



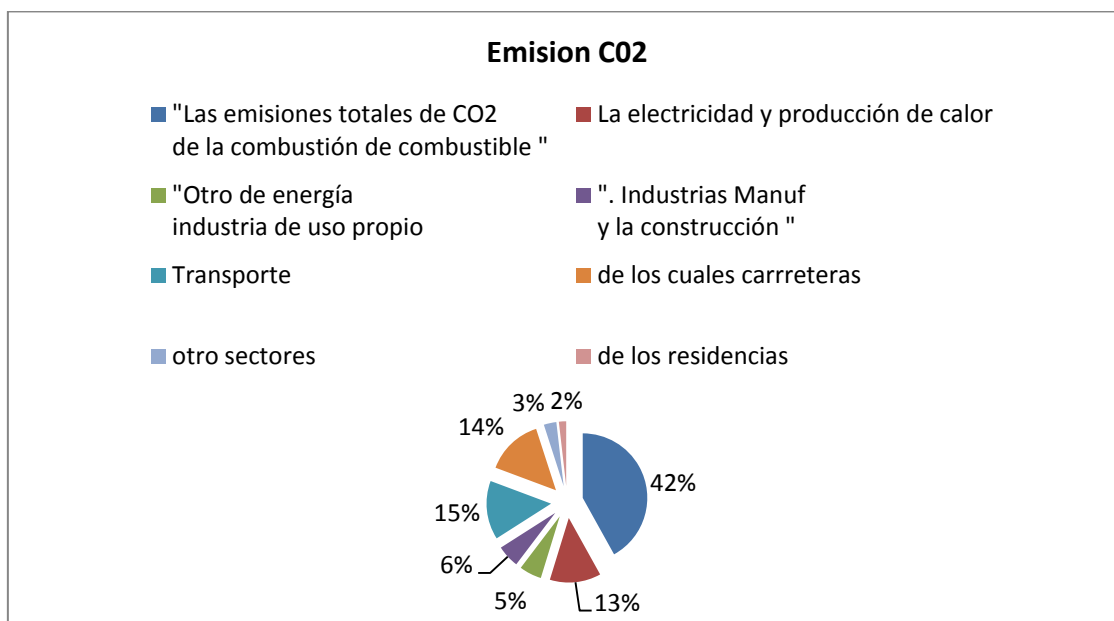
Elaboración Propia en base a datos IEA.

2.2 Fuentes de emisiones de dióxido de carbono a través del sector industrial, Hogares y móvil (1971-2012).

Se ha señalado anteriormente que el crecimiento económico genera fallos de mercado conocidos como externalidades negativas, debido que el mercado no es capaz de distribuir eficientemente los recursos, generando efectos negativos e indirectos a la sociedad como la contaminación ambiental por medio de las empresas industriales y automovilísticas. Es evidente, que dichas externalidades negativas son emitidas a través del sector industrial, puesto que utilizan insumos contaminantes y dañinos a la salud y al medio ambiente. Tal razón, se analizó los sectores que emiten contaminantes atmosféricos. En la gráfica 10, se observa los sectores que emiten dióxido de carbono en México. En análisis, el sector automovilístico en México genera un total de 41.9% de CO₂ por combustión de combustible fósil, el sector carretero genera el 14.33% de CO₂, en materia de transporte se genera el 14.7% de CO₂, en uso propio energético es del 12.8% y las industrias suman 6%. Es

evidente, que la mayor contaminación de dióxido de carbono en México es por combustión de combustible. El sector automovilístico es la primera causa de las emisiones de CO₂ en México. Es preciso señalar que los mexicanos utilizan en la mayor parte automóviles de modelos antiguos para su traslado y el uso de camiones pesados como herramienta de trabajo. Por tal razón, el consumo de gasolina aumenta cada año traduciéndose en mayor contaminación en el aire. La mayor parte de los automóviles pertenecen a modelos antiguos con motores internos deficientes en el consumo del combustible contribuyendo a mayor contaminación en comparación con los automóviles modernos. Es evidente, que la mayoría de los mexicanos no tiene suficiente poder adquisitivo (Ingresos) para la compra de un automóvil más moderno y eficiente en el consumo de gasolina o para darle mantenimiento constante. No es de dudar, que la situación del mexicano obstaculiza en mantener una postura de responsabilidad con el medio ambiente.

Gráfico 10 Emisiones dióxido de carbono por Sectores

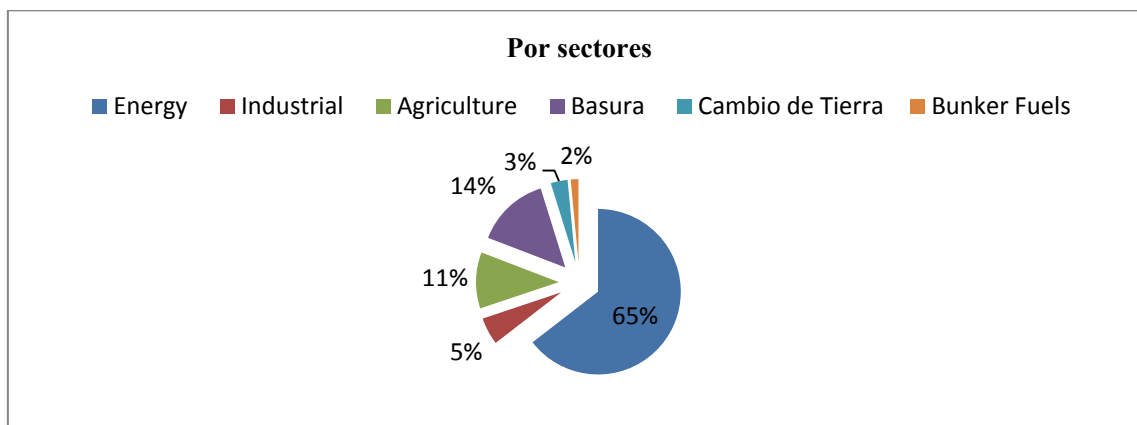


Elaboración Propia con base a datos IEA 2012.

En el gráfico 11 se observan otros sectores que emiten dióxido de carbono tomados de World Resources Institute por sus siglas en inglés (CAIT, 2012). Las estadísticas indican que la mayor parte de la emisión de CO₂ es emitida por el sector energético. Es importante señalar, que dicho sector está compuesto por el consumo de gas natural y de los combustibles fósiles. El alto

consumo energético fósil contaminante está conduciendo al país a una situación crítica en materia ambiental por la concentración alta de contaminantes en la atmósfera, por el consumo derivado en la energía no renovable. Por otro lado, el sector de residuos (Basura) es el segundo con mayor incidencia en la emisión de dióxido de carbono (CO₂). Es evidente que la gran parte de los residuos (Basura) en México es quemada en el sitio emitido, ya que el país presenta debilidad en reciclar residuos con alto concentración de valor residual dañina al medio ambiente. El tercer sector que emite con mayor significancia de CO₂ es la agricultura. Según el análisis de la FAO indica que dicho sector está generando emisiones de dióxido de carbono por el derrumbe de árboles, la creación de productos como el uso de estiércol que produce metano, el uso de fertilizantes sintéticos y la quema de sabanas. En el caso de México se presenta este problema de contaminación en el sector de la agricultura.

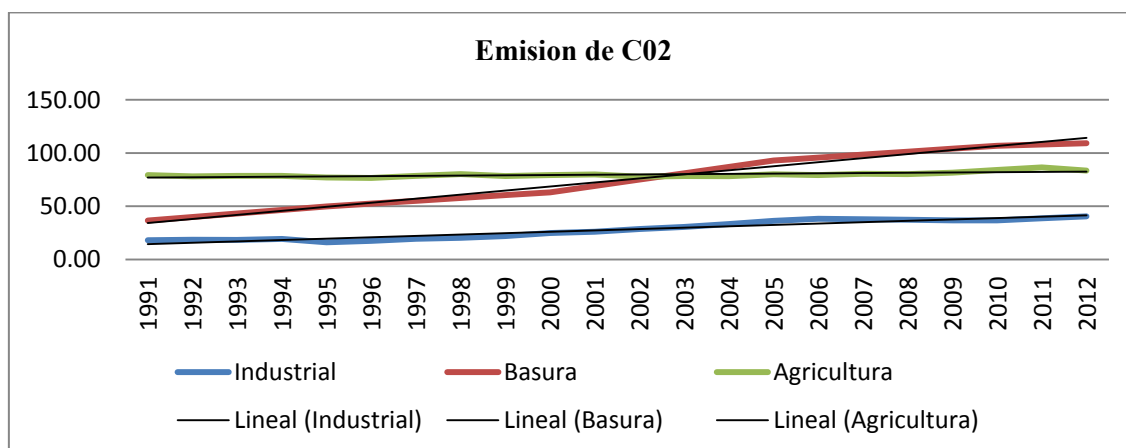
Gráfico 11 Emisión CO₂ por Sectores en México.



Elaboración Propia con base a datos World Resources Institute CAIT 2012.

En el gráfico 12 se observa la evolución de emisiones de dióxido de carbono por tres sectores significativos que afectan al aire. La basura tiene una tendencia creciente en emitir más contaminación en México, el segundo es la agricultura precisamente en la quema del campo y el uso de fertilizantes sintéticos para la siembra y, por último, las industrias manufactureras.

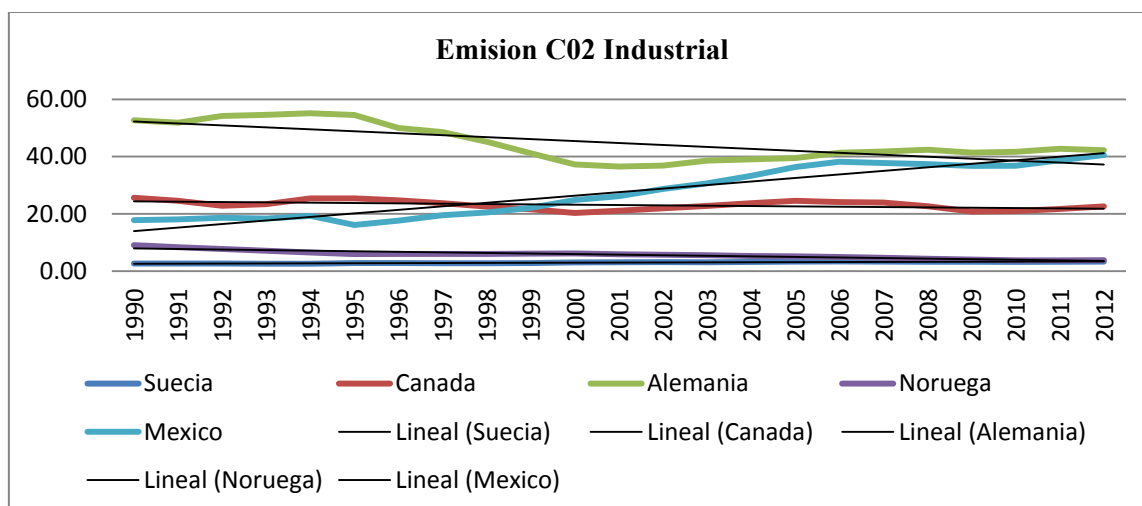
Gráfico 12 Emisión de dióxido de carbono por sectores.



Elaboración Propia con base a datos World Resources Institute CAIT 2012.

En el gráfico 12, se observa que la industria aparentemente no es muy significativa en emitir contaminación en el país a través de emisión del dióxido de carbono, sin embargo, al compararlo con otros países más desarrollados el panorama cambia significativamente. En el gráfico 13 se observa que la emisión de CO₂ en el sector industrial en miles de toneladas, México muestra una tendencia creciente en comparación con los países más desarrollados que presentan una tendencia decreciente. Esto pone en evidencia que los países con altas tasas de crecimiento económico imponen políticas ambientales estrictas para demandar mayor calidad ambiental e innovación tecnológica.

Gráfico 13 Comparación de Emisión C02 por país en el Sector Industrial.



Elaboración Propia con base a datos World Resources Institute CAIT 2012.

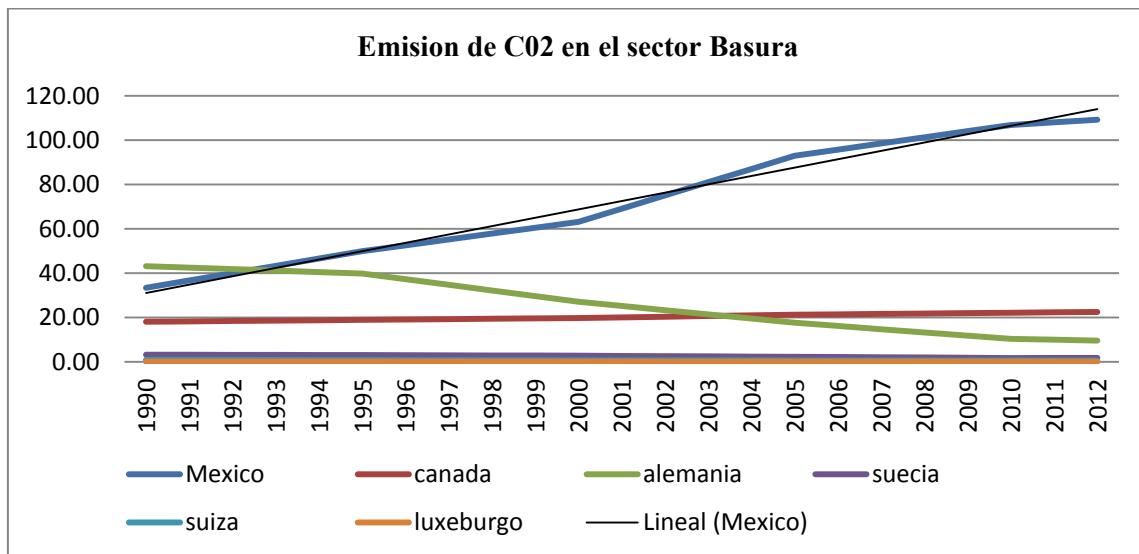
En la Gráfica 14 se observa que las emisiones de CO₂ en México a través de la quema de basura tiene una tendencia creciente. Esto implica que

los mexicanos no han tenido la responsabilidad de controlar la quema de residuos tóxicos, ejemplo, la concentración y la quema de basura en las grandes ciudades, así como también la poca participación del sector público en la gestión de alternativas que conlleven a reducir la quema de basura y reciclarla. Este problema de la basura en México, se ha caracterizado como uno de los problemas más relevantes para la salud de los mexicanos. Por otro lado, los países desarrollados están innovando mecanismos respecto a la quema de basura e imponiendo alternativas que estimulen la calidad del aire.

Es evidente, que los gobiernos democráticos y responsables con el medio ambiente han denotado una mejoría en disminuir la quema de basura. Por ejemplo, Suecia, Suiza, Canadá y Luxemburgo han demostrado un resultado significativo en promover la responsabilidad con el aire y sus tendencias de reducir el CO₂ emitido respecto a la basura han presentado una tendencia decreciente. Un ejemplo claro, es Suecia que ha demostrado a través de las políticas ambientales utilizar la basura para generar energía limpia, ya que el 96% de los desechos sólidos se recicla y el resto son dirigidos a las plantas de incineración. Por otro lado, los hogares participan en la responsabilidad de reciclar, por ejemplo separan los tipos de basura como: orgánicos, metales, pilas, vidrios de color, vidrios transparentes, plástico duro, plástico blando, cartón y Tetra Pak, papeles, periódicos y revistas. El país de Suecia también importa basura de otros países para generar energía limpia.

Es evidente que los países más desarrollados tienen la capacidad de innovar tecnología limpia, no obstante, la cultura de responsabilidad de los ciudadanos es la clave del éxito de Suecia en materia ambiental. En comparación en México es todo lo contrario, la falta de interés y la cultura de la responsabilidad de los mexicanos con el medio ambiente están terminando en degradar a la naturaleza, y es claro ver en la gráfica 14 que la tendencia es creciente, ya que no existe un mecanismo que controle la quema de basura en México.

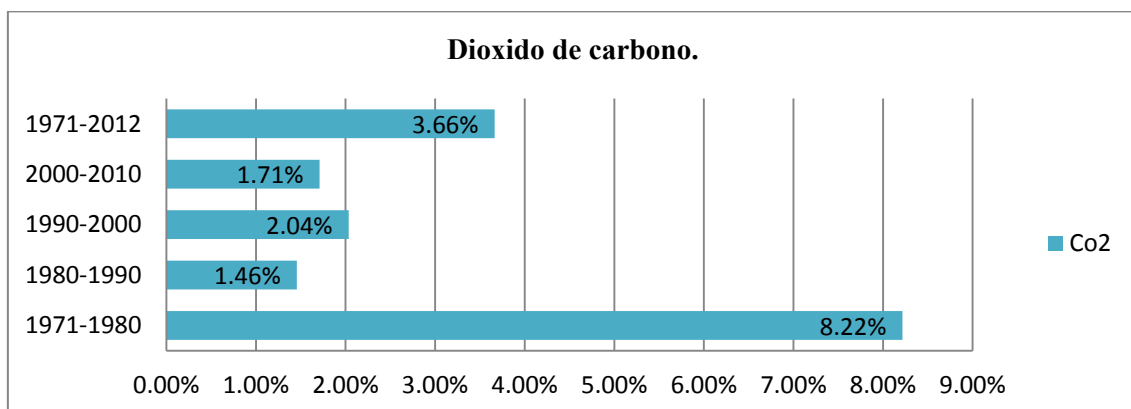
Gráfico 14 Emisión de dióxido de carbono por basura.



Elaboración Propia con base a datos World Resources Institute (CAIT 2012)

Se observa en la gráfica 15 la tasa de crecimiento media anual de dióxido de carbono emitido por combustión fósil la cual ha tenido cambios significativos cada 10 años. Se observa que en los años 70's la emisión de CO₂ tuvo mayor significancia, ya que, el país entró como productor de petróleo y exportador de combustible con una tasa de 8.22% de CO₂. A partir de los 80's México ha presentado una tendencia decreciente de emisiones de CO₂, sin embargo, el país no ha sido capaz de mejorar la situación de contaminación del aire traduciéndose en un crecimiento anual media de 1971-2012 a una tasa de 3.66%. Por otro lado, en comparación de países desarrollados, México no ha cumplido con los objetivos de protocolo de Kioto en disminuir las emisiones de efecto invernadero.

Gráfico 15 Tasa de crecimiento media anual de emisiones de CO₂ en México.



Elaboración Propia con base a datos CO₂ Emissions from Fuel Combustión, IEA, 2014.

Del análisis anterior se desprende que la tasa de crecimiento media anual de CO₂ para México es creciente, mientras que en la tabla 6, es evidente observar que las tasas de crecimiento de CO₂ en los países de la OCDE son decrecientes. Se observa que en México la tasa de crecimiento de emisiones de CO₂ son altas (3.64%) en comparación con la OCDE de América con una tasa de crecimiento media anual de 0.61% de 1971-2012. En gran parte de los países de la OCDE de Europa su tasa de crecimiento de emisión de dióxido de carbono es casi nula (0.05%). Esto significa que los países Europeos están aplicando instrumentos de política pública ambiental que reduzcan la contaminación en el aire. No es de dudar, que los países desarrollados y con mayor crecimiento económico estén desarrollando políticas públicas ambientales y tecnología sustentable que conlleve a la demanda de calidad ambiental. Otro factor que incide en reducir las emisiones de CO₂ es la participación ciudadana en creación de instrumentos de políticas ambientales en la gran parte de los países desarrollados y con mayor crecimiento económico (Dasgupta, Laplante, Wang, & Wheeler, 2002). Tal afirmación, se observa en los datos empíricos en la tabla 6. Es evidente que el caso de México no está cumpliendo con el tratado de protocolo de Kioto para la disminución de la contaminación de gases tóxicos y se observa que las tasas de crecimiento media anual tienden a una tendencia creciente a largo plazo. Este problema, no solamente se enfoca a México, sino también a los países menos desarrollados que no se encuentran en la OCDE. Por ejemplo, los países No-OCDE, sus tasas de crecimiento de CO₂ son similares al de México. Sus tasas son altas, por ejemplo, en 2000-2010 su tasa de crecimiento alcanzó el 4.84% en comparación con la OCDE de Europa que en la misma década fue negativo -0.37%. En términos reales, se evidencia la hipótesis de la curva de Kuznet para los países desarrollados. Los países en desarrollo no tienen la intención de mejorar la calidad ambiental, sino solo enfocarse en su crecimiento económico y a programas asistenciales. El caso de México, sus emisiones de CO₂ cada vez son más altas y sus efectos son significativos en la causa de enfermedades respiratorias y el deterioro ambiental. La falta de aplicación de políticas ambientales en México dirigidas en controlar la emisión de dióxido de carbono es ineficiente. Tal afirmación se denota empíricamente en el cuadro 6.

Tabla 6 Tasa de crecimiento media anual de CO₂ (Millones de toneladas)

Años	OCED América	OCED Europa.	Mundial	OCDE total	Asia	México	No-OCDE
1971-1980	1.15%	1.30%	2.52%	1.35%	2.43%	8.13%	4.94%
1980-1990	0.63%	-0.04%	1.63%	0.64%	2.67%	1.50%	2.99%
1990-2000	1.74%	-0.04%	1.18%	1.21%	2.17%	1.88%	1.01%
2000-2010	-0.23%	-0.37%	2.43%	-0.12%	0.69%	1.79%	4.84%
1971-2012	0.61%	0.05%	1.95%	0.62%	2.05%	3.64%	3.59%

Elaboración Propia con base a datos CO₂ Emissions from Fuel Combustion, IEA, 2014.

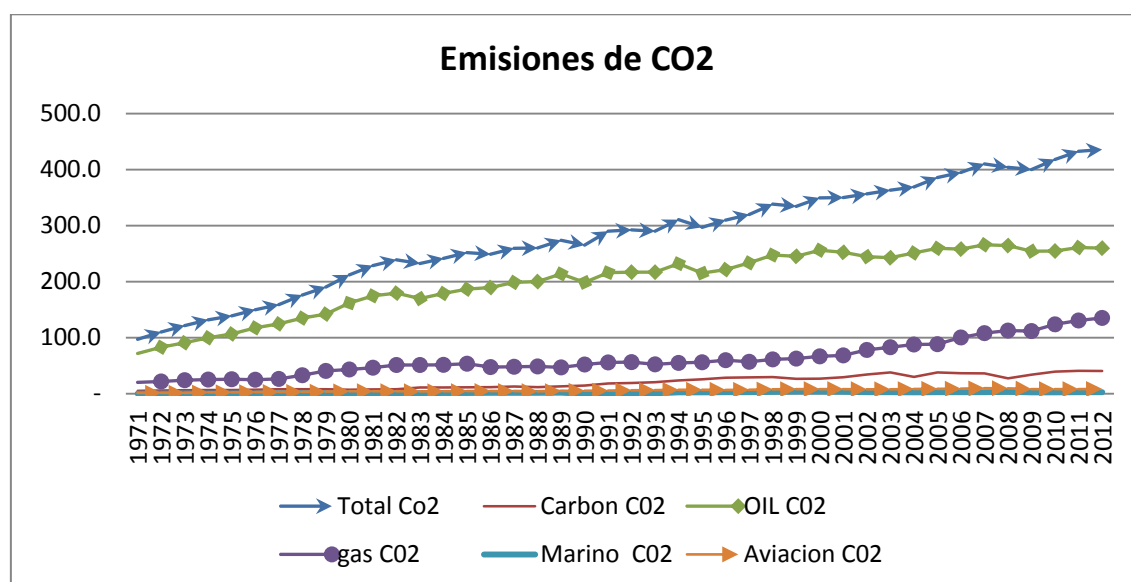
México ha presentado mayores tasas de crecimiento de emisiones de dióxido de carbono en las últimas décadas. Los resultados de la tabla 6 muestran que la emisión de CO₂ y otros gases de efecto invernadero son significativos. En la gráfica 16 se evidencia que las tendencias son crecientes para cada uno de los conceptos incluidos, la variable de OIL (otros emisores, gasolina de motor/Diésel/lubricantes) es más significativa en generar CO₂. Es evidente que el consumismo de dichos bienes está generando externalidades negativas como la contaminación del aire. El consumo de combustible fósil es más relevante en la afectación del medio ambiente. Por otro lado, el gas natural y carbón son variables que generan CO₂ que se derivan de la industria.

Como se menciona en el apartado anterior, la evolución del dióxido de carbono en México es creciente y se observa en la gráfica 16. Esto se traduce en que el país no está aplicando políticas ambientales que solucionen los problemas de contaminación en el aire. Es necesario, que al igual que México los países en desarrollo busquen alternativas para mitigar el aumento de CO₂ en la atmósfera. La acumulación de CO₂ en la atmósfera es la principal causa del calentamiento global y muertes prematuras por contaminación en el aire. Los trabajos de (Estrada y Martínez, 2010)⁶ indican que el cambio climático en México ha sido drástico y significativo en los problemas de salud precisamente en las grandes ciudades del país.

⁶ (Estrada y Martínez, 2010): Analizaron los cambios climáticos el caso de México, así como también el uso de estadísticas de temperatura en las aguas mexicanas. También, analizaron los impactos del cambio climático en la economía.

México ha sido uno de los principales países con mayores tasas de emisiones de CO₂ en América Latina. En los estudios realizados por Alarco⁷, (2006) explica a través de proyecciones de 2000 a 2030 de dióxido de carbono el país contribuirá a mas emisiones de dióxido de carbono. El problema del caso mexicano, se enfoca a la escasez de instrumentos de política pública ambiental eficientes para la reducción de las emisiones de CO₂. Al parecer, en las proyecciones de Alarco (2006) se indica que México no está desarrollado instrumentos que permitan mejorar la situación ambiental en el país a largo plazo.

Gráfico 16 Emisiones de dióxido de carbono por carbón, gas, marino y aviación.



Elaboración propia con base a datos CAIT, 2012.

Dicho lo anterior, la evidencia empírica sugiere que México no está adoptando mecanismos que conlleven al control de CO₂, sino a contrario, los encargados de la política pública en el país no le dan la importancia debida al cuidado del medio ambiente. Es necesario que el país desarrolle iniciativas reales que resulten eficientes en la reducción de CO₂ a largo plazo. Por otro lado, el problema que radica en México es que no se ha fijado un objetivo cuantitativo a alcanzar para la reducción de emisiones de CO₂ que permitan obtener un alcance significativo para el país. En los estudios realizados por

⁷ (Alarco, 2006): Crecimiento económico y emisiones de CO₂ por combustión energética en México 2000-2030. Este artículo analiza escenarios y proyecciones de Dióxido de carbono emitida por el país, así como también medidas necesarias para controlar CO₂.

Alarco (2006), argumenta que es necesario que México disponga de un objetivo cuantitativo o meta que permita cumplir el protocolo de Kioto a largo plazo.

2.3 Emisiones de contaminantes en México y sus efectos en la salud (1980-2012)

En México, a través del SEMARNAT se pueden analizar los diferentes gases tóxicos que emiten por cada sector de la economía mexicana. Como se ha mencionado, dichos gases son conocidos como los fallos de mercado denominados externalidades negativas, ya que el sistema de mercado es incapaz de resolverlo. Es evidente, que existen diversos sectores que generan con mayor significancia la contaminación en el aire. Por ello en la tabla 7 se observa la participación de los sectores en la emisión de gases tóxicos en México. En el análisis, el gas bióxido de azufre es emitido en la mayor parte por el sector de energía a través de la combustión de petrolíferos con una cifra del 48.49%, óxido de nitrógeno (Nox) 61.39% y partículas metálicas (Pm10) 39.86%. En el sector industria manufacturera, el gas que se emite con mayor significancia es monóxido de carbono (CO) 86.15%, amoníaco (Nh3) 86.08% y compuestos orgánicos volátiles (Cov) 77.12%. Por otro lado, transportes⁸, correos y almacenamiento generan 16.47% del gas compuesto por orgánicos volátiles.

Tabla 7 Inventario de gases tóxicos México SCIAN, 2008.

Sectores/Toneladas	SO2	CO	NOx	COV	PM10	PM2.5	NH3	Carbón Negro
Minería	20.28%	1.90%	9.05%	3.40%	2.84%	2.49%	0.94%	0.92%
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	48.49%	11.50%	61.39%	2.92%	32.58%	39.86%	12.80%	18.67%
Industrias manufactureras	27.80%	86.15%	27.84%	77.12%	64.25%	57.18%	86.08%	80.11%
Transportes, correos y almacenamiento	3.42%	0.44%	1.70%	16.47%	0.32%	0.45%	0.18%	0.29%
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	0.01%	0.01%	0.02%	0.09%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%

Elaboración Propia con base a datos INECC, 2008 SEMARNAT.

⁸ El transporte es únicamente utilizado para generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final.

En la tabla 8, se observa el número de industrias que se contabilizan en la tabla 7 en el sector de industrias manufactureras. Es evidente, que el 86.15% del gas de monóxido de carbono CO es emitida en el sector industrial.

Tabla 8 Industrias manufactureras que emiten CO₂, México 2008.

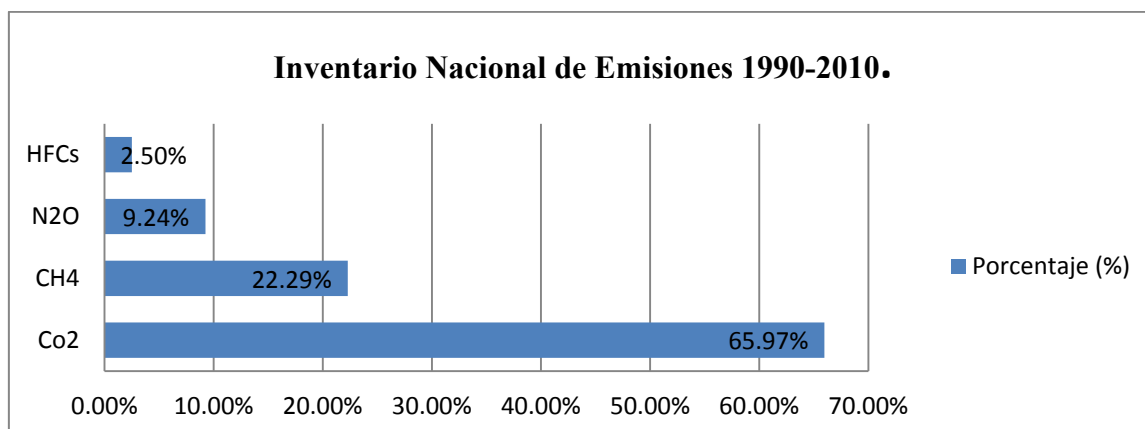
Industrias	N Empresas	CO/Toneladas
Industria alimentaria	887	39241.08
Industria de las bebidas y del tabaco	188	14030.77
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	271	1489.31
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	12	0.78
Fabricación de prendas de vestir	135	138.77
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	118	11.08
Industria de la madera	142	85.25
Industria del papel	459	31771.13
Impresión e industrias conexas	47	70.03
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	127	355455.54
Industria química	918	98334.53
Industria del plástico y del hule	631	5404.96
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	436	31693.81
Industrias metálicas básicas	494	25779.17
Fabricación de productos metálicos	980	160.4
Fabricación de maquinaria y equipo	36	13.04
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	586	15.44
Fabricación de equipo de transporte	367	49.2
Fabricación de muebles, colchones y persianas	49	0.05
Otras industrias manufactureras	2	3.81

Elaboración propia con base a datos Inventario Nacional de Emisiones de México 2008, México, 2013.

Los inventarios de emisiones de gases tóxicos generados por SEMARNAT son una herramienta significativa para el estudio de la contaminación en el aire y sus efectos en la salud humana. Es importante señalar, que el estudio de dichos gases conlleva a proponer alternativas a través de políticas ambientales que solucionen estas externalidades negativas y establezcan un vínculo en el cuidado de la calidad del aire. Por tal razón, es necesario analizar los gases tóxicos y los agentes que lo emiten. Unos de los principales sectores que emiten la gran mayoría de CO₂ en el aire, son los vehículos automotores y por tanto, su efecto en el medio ambiente es más adverso. Se observa en la gráfica 17, que según el inventario actualizado el CO₂ generados por los automotores concentrados en las grandes ciudades y de

las industrias manufactureras representan 65.97% en la concentración en el aire. Es evidente, que el alto consumo de gasolina y la deficiencia en los motores están generando mayor contaminación en el aire conllevando a enfermedades en la piel y en el sistema respiratorio. Es necesario, tomar en cuenta, que este problema radica en las grandes ciudades de México y las medidas de mitigación son escasas. Este problema implicaría costos a largo plazo para el gobierno.

Gráfico 17 Contaminantes en el aire de México, 2010.



Elaboración propia con base a datos Inventario Nacional de Emisiones GEI - 1990 -2010

De la gráfica anterior, como análisis se observa en la tabla 9 que el 82.10% de CO₂ es emitida por el consumo de combustibles fósiles. Es evidente que dicho sector es significativo como principal contaminante en el aire de México. En cuanto la industria, la energía emite el 32.88% de CO₂ en el aire. No es de dudar, que ambos subsectores pertenecientes al sector de energía sean mayor participativos en la problemática ambiental. Por otro lado, en la tabla 9 se observa que el sector de procesos industriales compuestos por industrias especializados en la producción de bienes con alto valor residual en la contaminación ambiental alcanza el 9% de emisiones de CO₂.

Tabla 9 Emisión de gases tóxicos por el sector energético, México.

Categoría de Emisión.	Emisiones de CO2	CH4	N2O
Energía	82.10%	51%	19.8%
Consumo de Combustibles fósiles	82.10%	1.11%	19.85%
Industrias de la energía	32.88%	0.10%	0.83%
Procesos Industriales	9%	0.0%	0.2%
Industria de los minerales	7.14%	0.00%	0.00%
Industria química	0.27%	0.04%	0.19%
Industria de los metales	1.11%	0.00%	0.00%

Elaboración propia con base a datos Inventario Nacional de Emisiones GEI - 1990 -2010

En la tabla 10 se observa los subsectores de Energía. La mayor contaminación es emitida en el sector energético en el subsector de industria de la energía 33%, manufacturas e industria de la construcción 11%, Transporte 31% y Otros sectores (Comercial, Residencial y Agropecuario) generan el 7% de CO2.

Tabla 10 Estructura de subsectores de Energía que emiten CO2 en México.

SECTOR	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
ENERGÍA	82%	51.0%	19.8%
Consumo de Combustibles fósiles	82%	1.1%	19.8%
Industrias de la energía	33%	0.1%	0.8%
Producción de electricidad	23%	0.1%	0.8%
Consumo propio	10%	0.0%	0.1%
Manufactura e industria de la construcción	11%	0.0%	0.3%
Hierro y Acero	2%	0.0%	0.0%
Metales no ferrosos	0%	0.0%	0.0%
Productos químicos	2%	0.0%	0.0%
Pulpa, papel e impresión	1%	0.0%	0.0%
Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	0%	0.0%	0.2%
Otros	7%	0.0%	0.1%
Transporte	31%	0.3%	18.2%
Aviación civil	1%	0.0%	0.1%
Autotransporte	29%	0.3%	18.1%
Ferrocarril	0%	0.0%	0.0%
Navegación	0%	0.0%	0.0%
Otros sectores (Comercial, Residencial y Agropecuario)	7%	0.7%	0.6%
Comercio y sectores institucionales	1%	0.0%	0.0%
Residencial	4%	0.7%	0.5%

SECTOR	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Agricultura, pesca y forestal	2%	0.0%	0.0%
Emisiones fugitivas	0%	49.9%	0.0%
Combustibles sólidos	0%	3.9%	0.0%
Minería de carbón	0%	3.9%	0.0%
Minas subterráneas	0%	3.9%	0.0%
Minas a cielo abierto (en superficie)	0%	0.0%	0.0%
Petróleo y gas natural	0%	45.9%	0.0%
Petróleo	0%	0.3%	0.0%
Gas natural	0%	13.6%	0.0%
Venteo y combustión en quemadores	0%	32.0%	0.0%

Elaboración propia con base a datos Inventario Nacional de Emisiones GEI - 1990 -2010

En la tabla 11 se muestra los subsectores del sector Proceso Industrial. El sector con mayor emisión de CO₂ es la industria de los minerales como: producción de cemento, producción de cal, uso de piedra caliza y dolomita de 7.1% de la totalidad nacional de emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Tabla 11 Estructura de subsectores de proceso industrial que emiten CO2 en México.

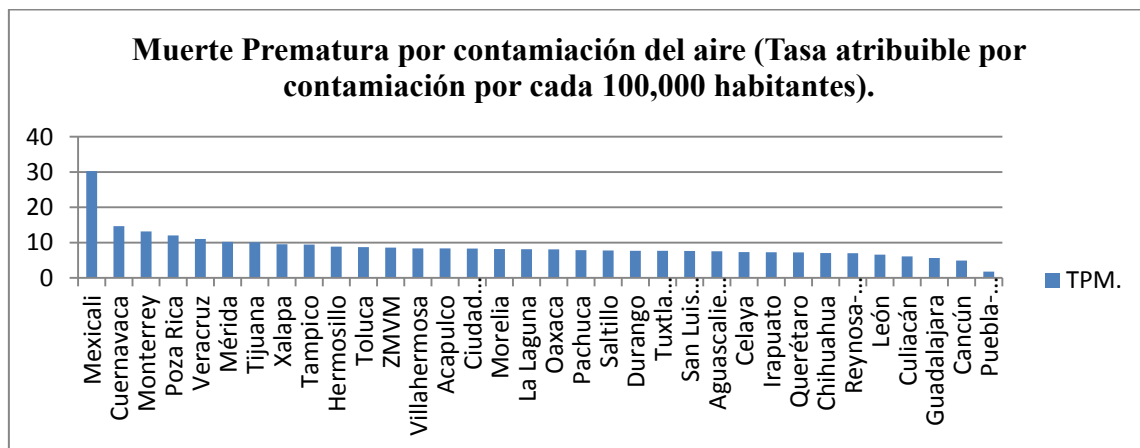
SECTOR	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
PROCESOS INDUSTRIALES	8.5%	0.041%	0.2%
Industria de los minerales	7.1%	0.0%	0.0%
Producción de cemento	4.1%	0.0%	0.0%
Producción de cal	0.5%	0.0%	0.0%
Uso de piedra caliza y dolomita	2.5%	0.0%	0.0%
Producción y uso de carbonato de sodio	0.0%	0.0%	0.0%
Industria química	0.3%	0.0%	0.2%
Producción de amoníaco	0.3%	0.0%	0.0%
Producción de ácido nítrico	0.0%	0.0%	0.2%
Producción de ácido adípico	0.0%	0.0%	0.0%
Producción de carburos	0.0%	0.0%	0.0%
Otros	0.0%	0.0%	0.0%
Industria de los metales	1.1%	0.0%	0.0%
Producción de hierro y acero	1.0%	0.0%	0.0%
Producción de ferroaleaciones	0.1%	0.0%	0.0%
Producción de aluminio	0.0%	0.0%	0.0%
Uso de SF6 en fundidoras de aluminio y magnesio	0.0%	0.0%	0.0%
Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre	0.0%	0.0%	0.0%
Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre	0.0%	0.0%	0.0%

Elaboración propia con base a datos Inventario Nacional de Emisiones GEI - 1990 -2010

Es necesario, tener en cuenta que la contaminación atmosférica es un tema relevante para la investigación. Trabajos empíricos han desarrollado instrumentos que permita cuantificar y medir los costos monetarios generados por la contaminación del aire. En el trabajo de Oyarzún (2010), se ha demostrado que a través de simulaciones respecto a los efectos de los gases tóxicos en el sistema respiratorio, éstos han sido significativos y sus efectos son más constantes en el tiempo en cuanto a la evolución de los gases de efecto invernadero. De acuerdo con el análisis de los gases tóxicos, el sector que emite mayor contaminación es el consumo de combustibles fósiles de un 82.10% de CO₂. El caso de los gases como: CH₄ y N₂O son altamente tóxicos para la salud al mezclarse en el aire (SEMARNAT, 2013).

En la gráfica 18, se observa la evolución de las muertes prematuras por causa de la contaminación en el aire registrada en las grandes ciudades en México. Estos datos fueron generados por el instituto mexicano de competitividad (IMCO). Mexicali es la ciudad que registra una mayor cantidad de muertes prematuras ocasionadas por la contaminación en el aire con 30 muertes, luego le sigue Cuernavaca con 15 muertes prematuras y Monterrey con 13. Existe una correlación positiva entre las ciudades con mayor concentración y las muertes prematuras. Esto sugiere que existe suficiente evidencia empírica que la contaminación conlleva a costos sociales y económicos.

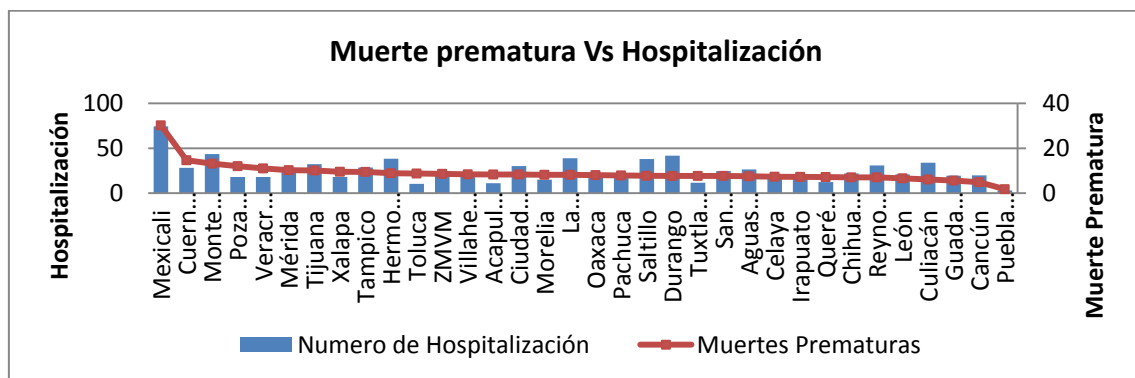
Gráfico 18 Muertes ocasionadas por la contaminación del aire por ciudad en México por cada 100,000 Habitantes.



Elaboración propia con base a IMCO, 2013

En el gráfico 19, se observa que existe correlación positiva entre el número de muertes prematuras y hospitalizaciones por la contaminación en el aire a través de PM10 (Partículas suspendidas, véase en la gráfica 22). Se observa que en la ciudad de Mexicali es donde existe mayor demanda en cuestión de hospitalizaciones y mayor muerte prematura por causa de la contaminación del aire en correspondencia con lo señalado anteriormente. Esto explica, que la alta concentración de aires tóxicos es más significativa en la afectación en la salud humana. Por otro lado, en análisis, la ciudad de Cancún, Quintana Roo está participando con mayor frecuencia en el tema de la contaminación del aire. Según la IMCO (2013), las estadísticas señalan que cada año mueren 33 muertes prematuras, 134 hospitalización y un costo anual de \$8,024,226 causada por el humo y los gases tóxicos emitidos por móviles y la quema de basura a través de las partículas suspendidas (PM10) y el Dióxido de carbono (CO₂).

Gráfico 19 Número de muertes prematuras vs Hospitalizaciones por problemas respiratorias.



Elaboración propia con base a IMCO, 2013

En la tabla 12, se analizan los costos ocasionados por la contaminación en el aire de acuerdo con el análisis emitido por la IMCO (2013). Según el análisis de la IMCO, cada año muere aproximadamente 5,065 niños prematuros, 14,002 personas están hospitalizados por problemas respiratorios y 81,8679 personas recurren a consultas por problemas respiratorios. Por otro lado, el IMCO a través de su metodología determinó que los costos en gastos de salud por cuestión de problemas respiratorios ascienden a \$727,8894, 014 con pérdidas de productividad en el trabajo de \$3,395,822,973 que sumados ascienden a un costo total de \$4,123,716,987 a nivel Nacional.

Tabla 12 Costos ocasionados por la contaminación del aire, México.

Muertes prematuras	Hospitalizaciones	Consultas
5,065	14,002	81,8679
Gastos en salud	Pérdidas en productividad	Total
\$ 727,894,014	\$ 3,395,822,973	\$ 4,123,716,987

Elaboración propia con base a IMCO, 2013

En la tabla 13 se analiza los costos acumulados por cuestión de contaminación del aire de 2010 a 2013. Es evidente, que la degradación ambiental ocasionada por los fallos de mercado, están generando externalidades negativas como es contaminación en el aire generando mayor acumulación en costos sociales y pérdidas económicas. En los años 2010-2013 se acumularon muertes prematuras de 19,242 muertes, 53,191 Hospitalizaciones, 3, 110, 072 consultas y con una pérdida económica de 13,979 millones de pesos. Estos resultados significativos están creciendo y tomando relevancia de los problemas causados por la degradación ambiental.

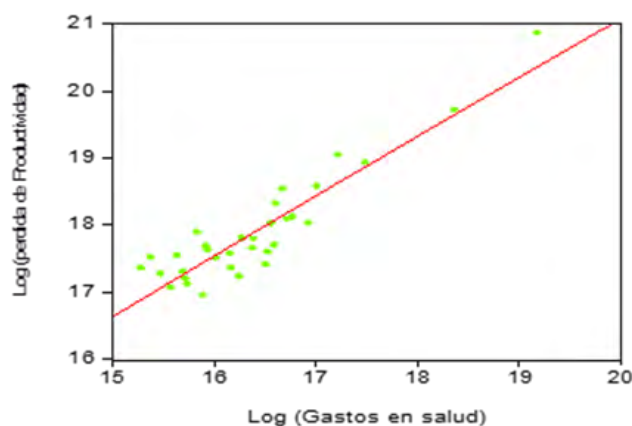
Tabla 13 Costos ocasionados por la contaminación del aire acumulativos 2010-2013.

Muertes prematuras	Hospitalizaciones	Consultas	Pérdida económica acumulada (Millones de pesos)
19,242	53,191	3,110,072	13,979

Elaboración propia con base a IMCO, 2013.

En el gráfico 20, se observa la correlación entre la tasa de muerte prematura por causa de la contaminación del aire y la pérdida de productividad laboral. El aumento de las muertes prematuras incide en una mayor pérdida económica de productividad de los trabajadores, ya que al recurrir a consultas y hospitalizaciones esto genera pérdidas que se derivan de sus sueldos. De alguna forma, la contaminación del aire está afectando de manera simultánea a la productividad laboral. Existe suficiente evidencia que las externalidades negativas generan costos sociales que no están registrados en los costos privados a contrario de lo que la teoría sugiere.

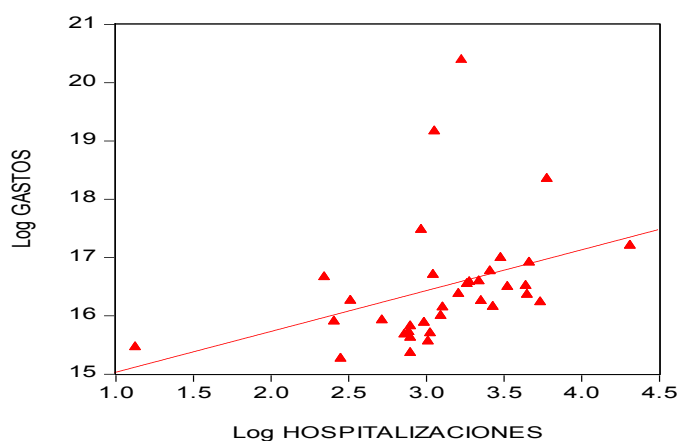
Grafico 20 Correlación entre tasa de muerte prematura y pérdida de productividad ocasionada por la contaminación del aire.



Elaboración Propia con base a datos IMCO, 2013.

En el gráfico 21, se observa la correlación positiva entre los costos de gastos por consultas por problemas respiratorios y el número de hospitalizaciones. Es evidente, que las personas que gastan en consultas médicas son aquellas que están hospitalizadas con mayor frecuencia, ya que la relación entre ambas variables es positiva. El aumento de hospitalizaciones genera mayores gastos relacionados con el problema respiratorio. Algunas enfermedades respiratorias (como cáncer bronquial y enfisema pulmonar), digestivas, vasculares y cardíacas (trombosis, coágulos, infartos) son registradas en su mayoría en los hospitales públicos.

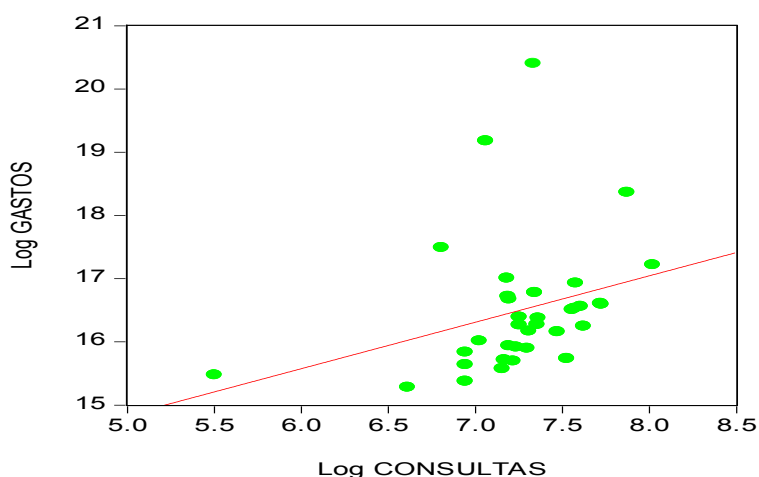
Grafico 21 Correlación de gastos por problemas respiratorios y numero de hospitalizaciones por problemas respiratorios.



Elaboración propia con base a datos IMCO, 2013.

En el gráfico 22, se observa la correlación entre los gastos económicos y las consultas por causa de la contaminación del aire. Esto sugiere según al IMCO (2013), que México es el segundo país en América Latina con mayor muerte prematura por causa de la contaminación del aire. Así lo reporta por la institución OMS y Clean Air Institute.

Gráfico 22 Correlación entre gastos por problemas respiratorios y número de consultas por causa de problemas respiratorios.



Elaboración propia con base a datos IMCO, 2013.

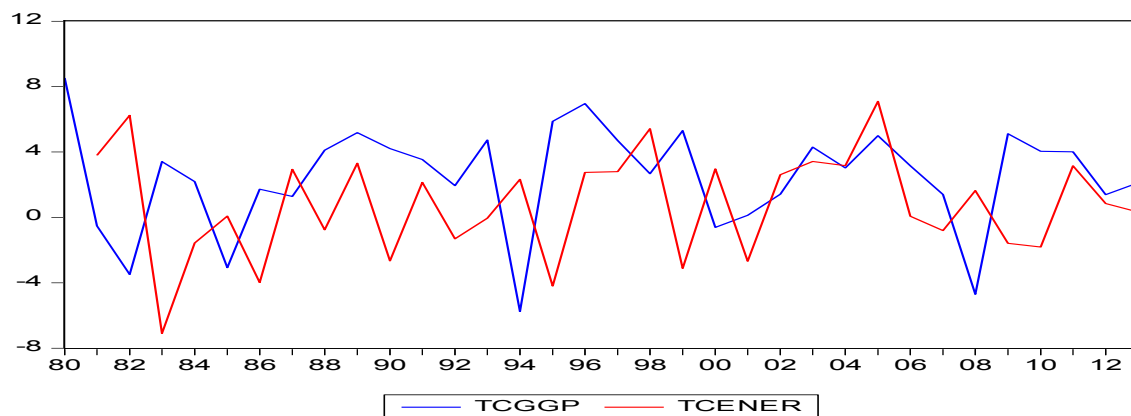
La relación entre los gases tóxicos en especial al Dióxido de Carbono (CO₂) sugiere que es necesaria la intervención del sector público a través de instrumentos de política ambiental que permita reducir las emisiones de gases tóxicos como el CO₂ en base a resultados eficientes y favorables para el medio ambiente y de la salud humana. Este problema se requiere de igual forma la participación ciudadana para el diseño de políticas ambientales que permita al país de México mejorar su situación ambiental en el tiempo.

2.4 Consumo Energética (Gas Natural y Derivados de petróleo.) en México (1980-2013).

El crecimiento económico es impulsado en la gran parte por la producción de energía a través de la explotación de petróleo y sus derivados petrolíferos. El modelo de lado de la demanda, por ejemplo las exportaciones de petróleo ha conllevado a los países a impulsar sus economías, así también de la solución de la pobreza (Catalan H y Sanchez L., 2009) México ha implementado políticas macroeconómicas dirigidas a la exportación de petróleo crudo con el objetivo de impulsar al crecimiento económico en el país y la gran parte de los ingresos son destinados en el gasto Público. Sin embargo, dicha actividad de producción de energía no renovable está generando externalidades negativas como es la contaminación del aire. Es importante señalar, que el aumento del consumo energético está promoviendo el aumento de emisiones de contaminantes en el aire. En 1980 el consumo energético per cápita era de 59.605 (GJ/hab.) y para el 2014 alcanzó 75.551 (GJ/hab.). Esto implica que el aumento de la población significa mayor consumo de energía. Según los estudios realizados por (Sánchez, 2009) sobre el tema de consumo energético y crecimiento económico, ha comprobado que las tendencias en los años 2000 a 2006 la tasa de crecimiento media anual fue de 1.1% con un nivel de 69 800 millones de joules para el 2000 y pasando para el 2006 a la cantidad de 75 277 millones de joules. Por otro lado, Sánchez y Catalán (2009) mencionan que cada habitante ha demandado 20 mega watts, lo que equivale a 500 fotos de 100 watts encendidos todo el año en México. Estos datos son muy significativos en tema de responsabilidad social que se da en el consumo energético. También existe una inconsistencia entre el crecimiento económico y el desarrollo sustentable, ya que, entre más aumente el crecimiento económico la degradación ambiental aumenta en función del incremento de la producción de energía no renovable que genera emisiones contaminantes en el aire (Galindo y caballero, 2007). Por tal motivo, la producción de energía va conjuntamente con el bienestar económico, así como también el aumento de emisiones de contaminantes (Dinda, S., D. Coondoo y M. Pal, 2000).

En la gráfica 23 se observa que el consumo energético y el crecimiento económico están correlacionados, es decir, ambas variables tienen una relación estrecha para el desarrollo económico.

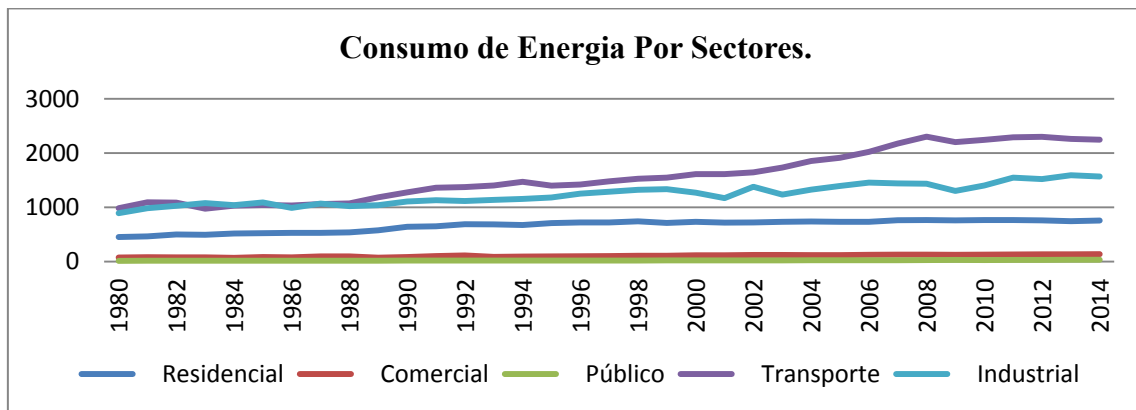
Gráfico 23 Tasa de Crecimiento del PIB y Consumo Energética en México.



Elaboración propia con base a datos INEGI, 2014 y SENER 2014.

Es importante señalar los sectores que representan mayor consumo de energía derivados de petróleo. En la Gráfica 24, se observa que el consumo de energía se concentra en los sectores de autotransporte, Industrial, residencial y público. Es evidente observar que en el sector de transporte se concentra el consumo de energía a través de gasolina y diésel. El segundo con mayor participación en el consumo de energía son las industrias mexicanas y le sigue la residencial. En 2010, en el sector del transporte el consumo energético era de 2243.647 millones de Joules, para 2014 fue de 2246.3899 Millones de Joules. Es evidente, que el consumo de energía presenta un crecimiento acelerado en dirección al sector del transporte. Como se ha mencionado la mayor parte de los automóviles son modelos antiguos que operan con deficiencias respecto al funcionamiento del motor. Este problema de la deficiencia en los motores incide en un mayor consumo de combustible y mayor emisión de CO₂ en el aire conllevando costos en la salud de los mexicanos.

Gráfico 24 Consumo de energía por sectores en México 1980-2014

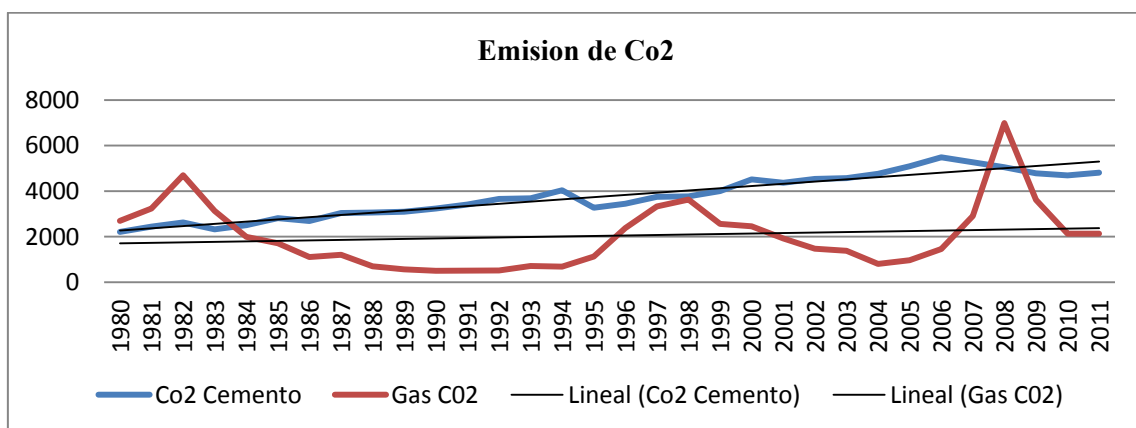


Elaboración propia con base a datos SENER, 2014.

Por otro lado, el sector industrial es el segundo sector que consume mayor energía para la producción. La energía que demanda este sector se deriva en el gas natural y combustible fósil. El alto consumo de energía por parte de la industria conlleva a un aumento de emisión de dióxido de carbono.

En la gráfica 25, se observa que la evolución del dióxido de carbono emitida por la industria de producción de cemento en México es creciente. En general es evidente, que las tendencias del dióxido de carbono son crecientes a largo plazo en el sector industrial. Este problema se traduce en que no hay control sobre las emisiones de CO₂ y son muy pocos las políticas ambientales que solucionen las externalidades negativas.

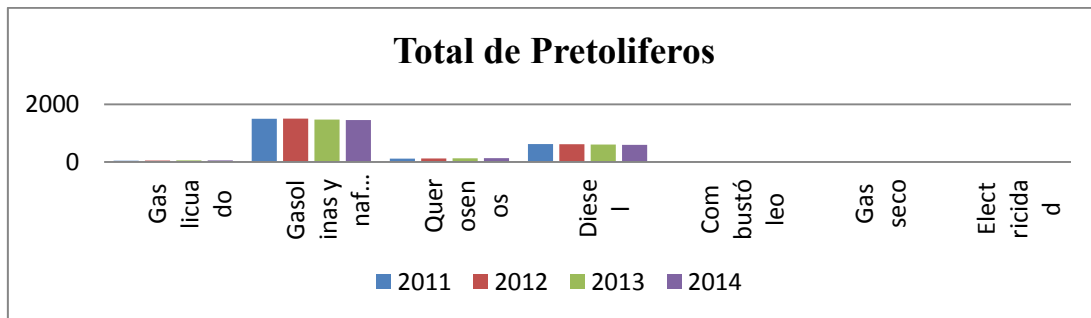
Gráfico 25 Emisión de dióxido de carbono en México en el sector industrial.



Elaboración Propia con base a datos IEA, 2012.

En la gráfica 26, se muestra la evolución del consumo de los combustibles fósiles. Es evidente, que la mayor parte del consumo es dirigido al consumo de la gasolina y diésel en México. Dicho consumo ha sido constante en el tiempo.

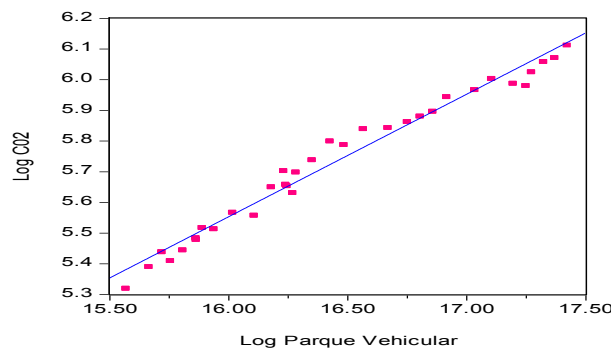
Gráfico 26 Consumo de Energía por el sector de Transporte.



Elaboración Propia con base a datos SENER, 2014.

En el gráfico 27, se observa la correlación entre la emisión de CO₂ y el número de vehículos en circulación. Es muy claro, que a mayor número de vehículos mayor emisión de CO₂ y mayor consumo energético de combustibles fósiles. Existe suficiente evidencia empírica que el sector automotriz tiene una relación positiva en la contaminación en el aire respecto el alto consumo energético fósil. Esta relación es más significativa en las grandes ciudades urbanizadas, ya que la mayor parte de este problema es más evidente con los problemas de salud y ambiental.

Gráfico 27 Correlación entre dióxido de carbono y número de vehículos.



Elaboración Propia con base a datos INEGI, INECC 2013

Gran parte del consumo energético también se relaciona con el sector de transporte por el exceso de consumo de combustibles fósiles permitiendo mayor contaminación en el aire.

2.5 Densidad Poblacional en las grandes ciudades y sus efectos ambientales en México.

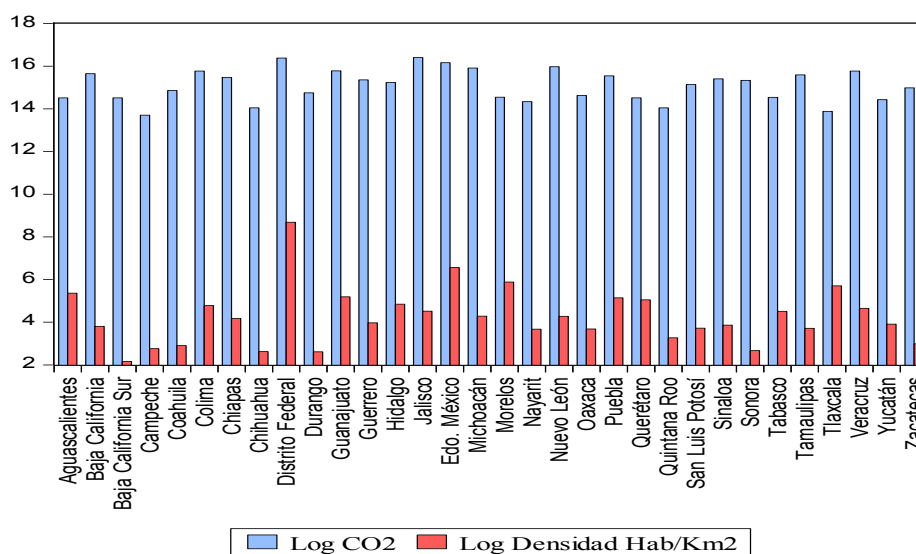
La densidad poblacional ha sido otro de los factores que ha contribuido a la degradación ambiental y sus efectos en biodiversidad. Es evidente, que la población está creciendo exponencialmente y cada vez está demandando a mayor escala bienes y servicios. Este problema de la demanda de bienes y servicios está impulsado a las industrias a aumentar sus niveles de producción y por ende, mayor concentración de contaminantes emitidas por las grandes industrias, ya que la mayor parte de ciertos productos son altamente contaminantes, por ejemplo, las llantas de automóviles, baterías, plásticos, consumo de petróleo, petroquímicos entre otras. Tal como señala Perlo (1999), el aumento de la densidad poblacional conduce a mayor aumento de personas en las ciudades y desorden urbanístico generando mayor cantidad de problemas en materia de bienes públicos y ambientales, dicho de otra forma, la densidad poblacional genera urbanización y polarización económica en ciertas áreas geográficas. Es importante señalar que la urbanización es un factor significativo que conlleva, a que las áreas geográficas se degraden y produzcan problemas ambientales como es el agotamiento y destrucción de los ecosistemas. Sin embargo, la urbanización contribuye con problemas aún más graves en el tiempo como: La contaminación del aire, agua y suelo.

Es importante señalar que el crecimiento económico es uno de los factores que impulsa el aumento de la densidad poblacional, y este a su vez el aumento de la urbanización de las grandes ciudades. La participación y la concentración de las instituciones privadas y gubernamentales han permitido que dichas regiones florezcan en el tiempo contribuyendo con mayor oportunidades de trabajo y de servicios, no obstante, esto impulsa al incremento de la urbanización (densidad poblacional) en regiones en que con el tiempo genere externalidades negativas, ya que al aumentar la población genera mayor contaminación ambiental. El problema radica en que la

urbanización está correlacionada positivamente con ciertas variables significativas y problemáticas como: el aumento de acumulación de la basura, aumento del parque vehicular incidiendo en mayor emisión de CO₂, problemas de alcantarillado entre otras.

En la gráfica 28, se observa las entidades federativas, su relación entre la densidad poblacional y el nivel de emisión de contaminante del aire CO₂. En análisis, el DF ahora nombrada como la ciudad de México presenta una mayor densidad poblacional ocasionando un alta concentración de contaminación atmosférica. Es importante señalar que la relación entre la densidad poblacional y la concentración de contaminantes atmosféricos es positiva y su relación estrecha a largo plazo es creciente incidiendo con mayor impacto en materia ambiental.

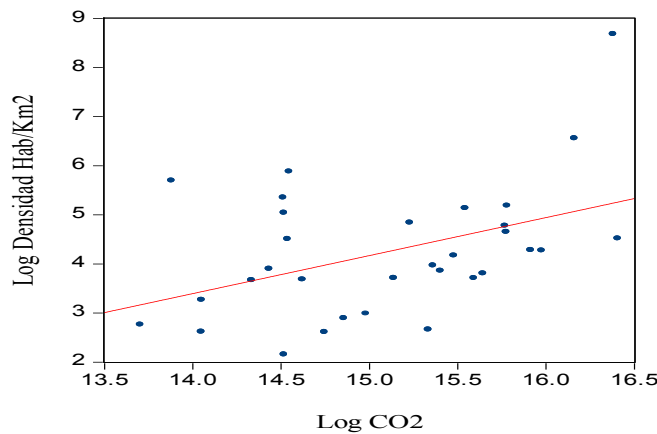
Gráfico 28 Relación entre densidad poblacional y CO₂.



Elaboración propia con base a datos INEGI, INECC.

En la Gráfica 29, se observa la correlación entre la densidad poblacional y la contaminación del aire a través del indicador CO₂. El aumento de la densidad poblacional genera mayores emisiones de dióxido de carbono. Los efectos son significativos y negativos para el bienestar humano y ambiental. Por tal razón, los gobiernos locales conjuntamente con la participación ciudadana deben participar en el diseño de instrumentos de política ambiental en materia de urbanización que permitan a las grandes ciudades ser sustentables con el medio ambiente a través del tiempo (Perlo H. , 2012)

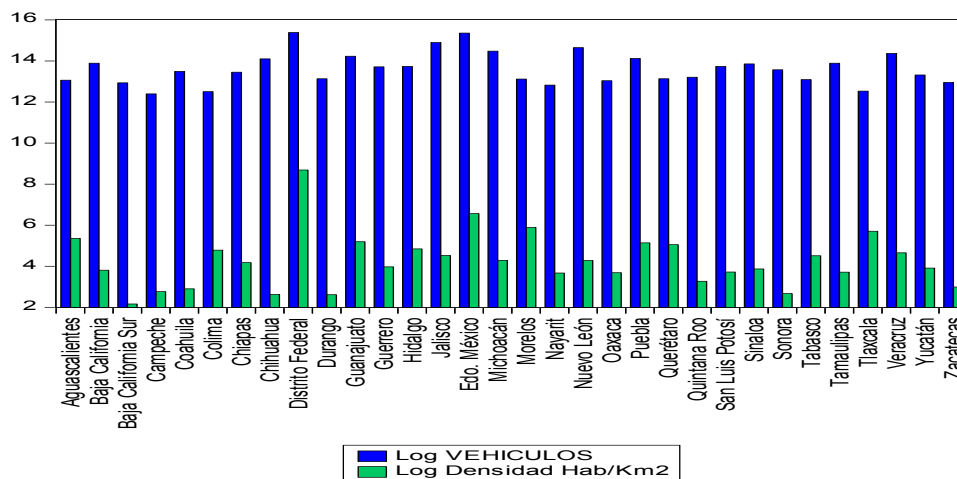
Gráfico 29 Correlación entre Densidad poblacional y CO2.



Elaboración propia con base a datos INEGI, 2010.

Otro análisis respecto a la densidad poblacional es la relación con el número de vehículos. En la gráfica 30, se observa que el Distrito Federal, Edo. De México y Morelos tienen alta concentración de densidad poblacional en comparación con las entidades federativas restantes, así como también con altos porcentajes del parque vehicular. Un análisis preciso indica que el aumento de la densidad poblacional ocasiona mayor contaminación del aire a través de los transportes, industrias, parques vehiculares entre otras. Es necesario señalar que este problema no se ha combatido eficientemente con las supuestas políticas ambientales aplicadas en el país. Las estadísticas señalan todo lo contrario. Es evidente que el crecimiento de la población y el crecimiento económico están generando efectos nocivos al medio ambiente, económico y social.

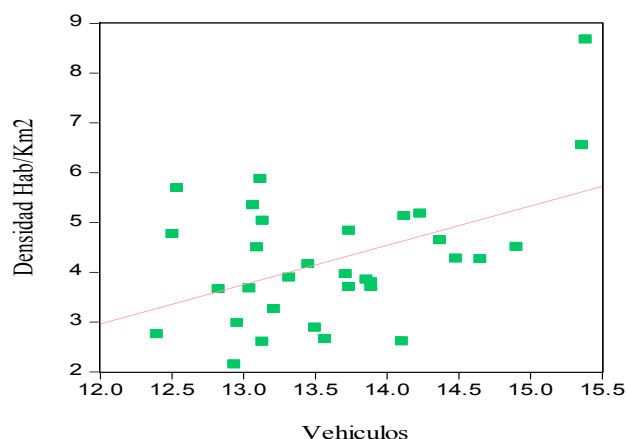
Gráfico 30 Relación entre densidad poblacional y número de vehículos.



Elaboración propia con base a datos INEGI, 2010.

En la gráfica 31 se observa una correlación positiva entre la densidad poblacional y el parque vehicular. Es evidente que a mayor aumento de la densidad poblacional incide en un aumento del parque vehicular traduciéndose mayor emisión de CO₂ en las ciudades en México.

Gráfico 31 Correlación entre densidad poblacional y número de vehículos.



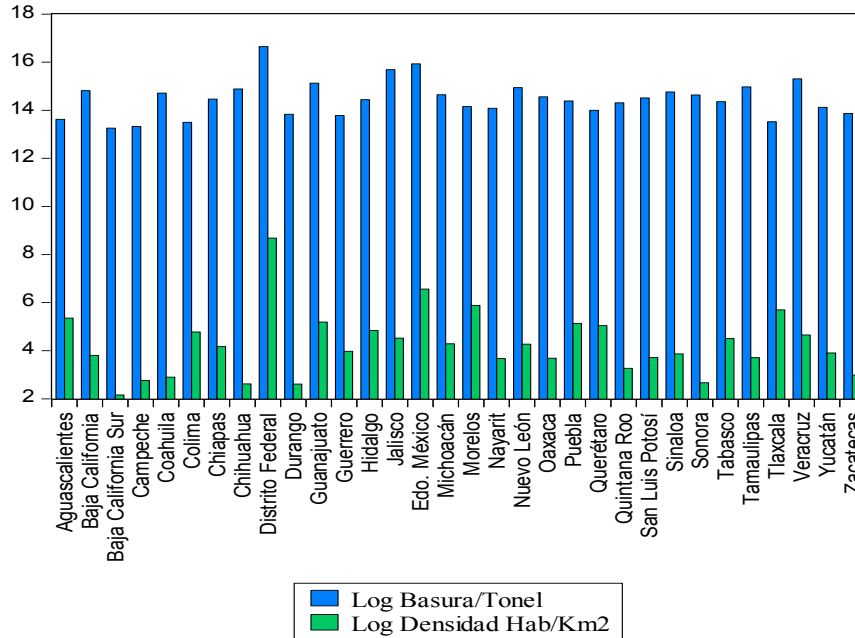
Elaboración propia con base a datos INEGI, 2010.

Por otro lado, otra problemática ocasionada por el aumento de la densidad poblacional, es la acumulación de basura. Tal como señala Perlo (1999), el crecimiento urbano genera un desorden partiendo desde lo ambiental y económico. Es evidente, que la dinámica de las grandes ciudades está en función de los recursos naturales, el crecimiento de las ciudades termina en acabar dichos recursos, por ejemplo, la destrucción de los manglares de “Tajamar” en la ciudad de Cancún, Quintana Roo.

En la gráfica 32 se presenta otro análisis de los efectos del aumento de la población en materia ambiental. Se observa que a mayor densidad poblacional implica mayor concentración de basura y por ende, mayor contaminación del aire a través de la quema de la basura, ya que la mayor parte de las entidades federativas no recicla y el manejo de la basura es inadecuado. No es de dudar, que la densidad poblacional ocasiona desorden como son las alteraciones climatológicas causado en el aumento de los gases tóxicos como CO₂ y PM10. Existe suficiente evidencia empírica que la densidad poblacional ocasiona mayor contaminación en el aire y suelo, por ejemplo, en el DF, Valle de México, Edo México, Monterey se concentran

mayores emisiones de dióxido de carbono emitida por los automóviles y la basura.

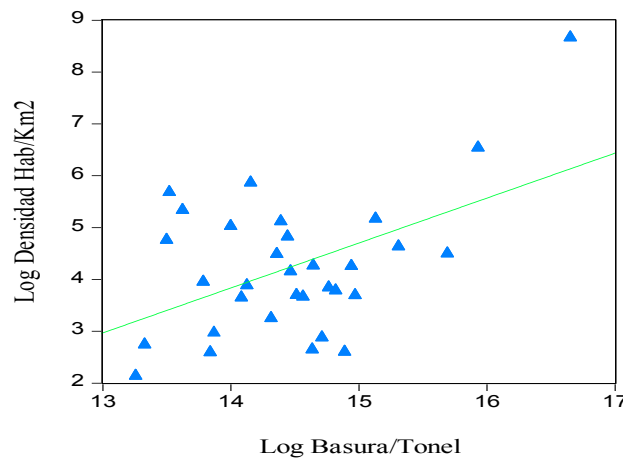
Gráfico 32 Relación entre la densidad poblacional y toneladas de basura.



Elaboración propia con base a datos INEGI, 2010.

En la gráfica 33, se muestra la correlación entre la densidad poblacional y la acumulación de toneladas de basura. Esto se traduce en que un mayor aumento en la densidad incide en mayor consumo de bienes y servicios conllevando a una acumulación masiva de basura en las entidades federativas en México.

Gráfico 33 Correlación entre densidad poblacional y toneladas de basura.



Elaboración Propia con base a datos INEGI, 2010.

2.6 Conclusiones

La situación de la contaminación del aire en México ha sido alarmante y preocupante, debido que en las últimas décadas se ha registrado a través de organismos institucionales internacionales el alto crecimiento de gases tóxicos como es PM10, CO, CO₂ y SO₂. También se ha demostrado la existencia de una relación estrecha entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental en México. Es evidente, que esta relación ha tenido una tendencia creciente, ya que las tasas de crecimiento de CO₂ en México han presentado tendencias crecientes durante dos décadas. La gran parte de la contaminación atmosférica proviene del sector de transporte, debido al exceso del consumo de combustibles fósiles incide que dicho sector provoque un mayor emisión de contaminantes atmosféricos en el caso del dióxido de carbono. Por otro lado, el sector de la industria manufacturera es el segundo con mayor participación en la contaminación en el aire. No es de dudar, que los problemas de la contaminación en el aire radican de igual forma en la densidad poblacional, ya que dicho variable es un factor significativo, en que la gran parte de la problemática proviene por el aumento de la densidad poblacional. Esto incide en el aumento del parque vehicular, mayor acumulación de basura y la concentración de grandes industrias buscando la rentabilidad en las grandes ciudades.

Es evidente, que la densidad poblacional es ocasionada por el crecimiento económico o viceversa, no obstante, esto conlleva problemas ambientales y efectos sociales a largo plazo. Por ejemplo, gran parte de las hospitalizaciones y muertes prematuras se deben a la contaminación en el aire, se ha demostrado que la contaminación y el gasto en tema de problemas respiratorios están correlacionados positivamente y en su mayoría ocurre en las ciudades urbanizadas. Dichos problemas deben ser contrarrestados en la gran parte por el sector público (Gobierno) a través de instrumentos de políticas públicas que permitan que las grandes ciudades sean sustentables, puesto que el mercado es incapaz de solucionar dichos problemas.

Es necesario buscar alternativas inéditas que promuevan la sustentabilidad ambiental a través de la innovación tecnológica, la

responsabilidad en el consumo energético e instrumentos de política ambiental que permita solucionar el problema de la contaminación ambiental en México.

Capítulo III

Crecimiento Económico vs Degradación Ambiental en México. (Modelo econométrico bajo la Hipótesis de la Curva ambiental de Kuznets)

Introducción.

En este apartado se hace un análisis respecto a la comprobación empírica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental. Se construyeron varios modelos econométricos de series de tiempo y de datos panel que permitieran observar las variables que influyen en la degradación ambiental en México. El Objetivo de este apartado es comprobar empíricamente la existencia de una curva ambiental de Kuznets de una “U” invertida para el caso de México, o en su caso, si fuera lo contrario se concluye que la relación entre crecimiento económico y contaminación ambiental a través del gas CO₂ presenta una tendencia creciente en el tiempo, esto explicaría que no existe un empuje para mitigar el problema de la contaminación y por tanto es necesario la aplicación de instrumentos de políticas públicas ambientales, ya que la teoría indica, que el aumento del crecimiento económico en primera fase conduce a mayores emisiones de contaminación, no obstante a largo plazo esto conlleva en mejorar la situación ambiental. Por tal motivo en este capítulo se busca dicha comprobación en México. También es importante señalar el papel de las políticas públicas ambientales para el control de la degradación ambiental, ya que el crecimiento económico no es suficiente para garantizar un mejor control de la degradación ambiental y es necesario impulsar los instrumentos de políticas públicas para un mejor control de la calidad ambiental. Por otro lado, se estiman las elasticidades en relación al crecimiento económico y la degradación ambiental con el fin de comprobar su relación a corto plazo y largo plazo, también se insertaron otras variables que influyen en el aumento de la contaminación ambiental en México a través de elasticidades.

3.1 Variables de crecimiento económico y la contaminación ambiental en México (1971-2013)

La relación entre el crecimiento económico y la contaminación ha tomado gran relevancia en los estudios entre los economistas y ambientalistas. Por tal razón, el objetivo de este capítulo es analizar y comprobar las variables que influyen en el aumento de la contaminación ambiental. La primera variable que se tomó para el modelo econométrico fue CO_2 (dióxido de carbono per cápita) como proxy a la degradación ambiental como endógena, en los trabajos de Díaz-Vasquez (2009) y Cancelo (2010) toman esta variable como el grado de contaminación de un país. La segunda variable que se utilizó en el modelo fue el ingreso nacional per cápita denominado como el crecimiento económico del país. En esta variable se espera una relación positiva con el aumento de la contaminación ambiental.

Los trabajos de (Grossman, G. M. y Krueger, A., 1991) indican una relación positiva en primera fase, esto se traduce que entre mayor sea el crecimiento económico mayor es la contaminación ambiental, sin embargo, a largo plazo actúa como regulador de la contaminación ambiental como segunda fase. La tercera variable es la intensidad del consumo energético de la que se espera una relación positiva con el aumento de la contaminación. Esta variable indica que a mayor intensidad energética conduce a mayores emisiones de CO_2 . En su trabajo Beltran (2009), encontró una relación positiva entre la intensidad energética y la contaminación ambiental (CO_2). La cuarta variable es la energía renovable (Eólica e hidrológica) se espera que sea un signo negativo respecto a la disminución de la contaminación ambiental. En el trabajo de Nuñez (2015), ha demostrado que una política ambiental en promover e impulsar el aumento de energía limpia conduce a mejorar las condiciones ambientales, es decir, el aumento del consumo de energía limpia reduce las emisiones de dióxido de carbono. La quinta variable es la protección de áreas verdes como porcentaje de lugares protegidos a nivel nacional. Este indicador es promovido por las políticas públicas ambientales para la protección de áreas verdes en diversos países, se espera un signo negativo en la disminución de la contaminación ambiental, se traduce que entre mayor sea la protección de áreas verdes mayor es la calidad ambiental. Por último, la

variable precios de los combustibles, se espera una relación negativa en la disminución de la contaminación ambiental, ya que un aumento de los precios de los combustible reduce el dióxido de carbono ante el supuesto de menor consumo. Estas variables se utilizaron con el objetivo de analizar y comprobar empíricamente que a través de modelos econométricos se puede determinar una relación entre la contaminación ambiental y la comprobación de la curva ambiental de Kuznets.

3.2 Relación entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental en México (1971-2013)

El primero modelo, se determinó a través de indicadores de series de tiempo compuesto por dióxido de carbono (CO₂) tomado dicho indicador del International Energy Agency por sus siglas en inglés (IEA), el ingreso nacional a través de la OCDE y el consumo energético a través de la Secretaría de Energía (SENER) de México. El modelo funcional de regresión adoptó la siguiente forma.

$$CO_2 = \alpha + \beta_1 PIB + \beta_2 CENER + \varepsilon$$

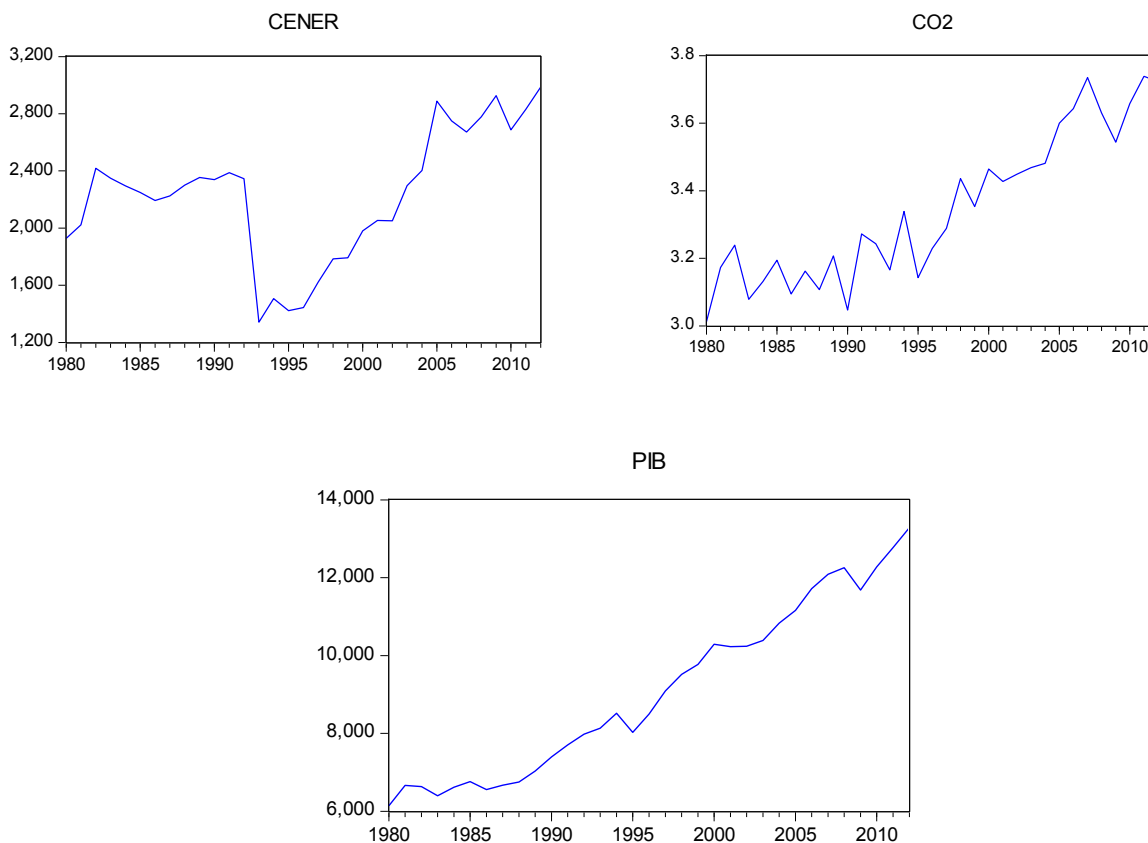
Dónde:

CO₂= dióxido de carbono per cápita de 1970 a 2013 en México. Fuente IEA

β_1 PIB= ingresos per cápita de 1970 a 2013 en México. Fuente OCDE

β_2 CENER= consumo energético 1970 a 2013. Fuente SENER

Una vez expresada la función de regresión, se estipuló el comportamiento de las variables a través de gráficas para comprobar la posibilidad de evidenciar si son o no estacionarias. A continuación se demuestra las siguientes gráficas.



Fuente: Elaboración propia

Es evidente observar, que las gráficas no presentan una tendencia estacionaria a largo plazo. Esto se traduce, que existe en un orden de integración. Esto implica una realización de prueba de test unitarias a través de Augmented Dickey-Fuller. En la siguiente tabla 14 presenta el análisis de las raíces unitarias de cada variable.

Tabla 14 Análisis de Integración y Raíces Unitarias. Primer Modelo

Test	Hipótesis nula	Hipótesis Alternativa,	Resultado
DFA CENER	Tiene raíz unitaria level	Primeras diferencias no hay raíz unitaria	Integrada (1) T= -5.15 p=0.000
DFA CO2	Tiene raíz unitaria level	Primeras diferencias no hay raíz unitaria	Integrada (1) T= -8.27 p=0.0000
DFA PIB	Tiene raíz unitaria level	Primeras diferencias no hay raíz unitaria	Integrada (1) T= -3.51 p=0.0123
COINTEGRACION CENER, PIB, CO2. (Engle-Granger)	Ho>0.05 no esta cointegrada	Ha< 0.05 esta cointegrada	0.0000 < 0.05 están cointegradas.

Test	Hipótesis nula	Hipótesis Alternativa,	Resultado
COINTEGRACION CENER, PIB, CO2. (Test Park)	Ho > 0.05 no está cointegrada	Ha < 0.05 esta cointegrada	Chi-squared 24.24 p=0.0000. Están cointegradas.
NORMALIDAD	Hay normalidad Ho > 0.05	No hay normalidad Ha < 0.05	0.175 > 0.05 Se acepta la hipótesis nula, hay normalidad.
HETEROCEDASTICIDAD	Son Homocedásticos Ho > 0.05	No son homocedásticos Ha < 0.05	0.90 > 0.05 son homocedásticos.
AUTOCORRELACION.	No hay autocorrelación Ho > 0,05	Hay autocorrelación Ho < 0.05	0.90 > 0.05 se acepta la hipótesis nula. No hay autocorrelación.

Elaboración Propia

En el análisis, todas las variables tienen el mismo orden de integración, dado que al aplicar las primeras diferencias las variables se transforman en series estacionarias. Por ejemplo, el PIB y CENER en las primeras diferencias se vuelven estacionarias, dado que presentan una probabilidad menor al 5%, y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Esto permite determinar un modelo econométrico de series de tiempo con series integradas en las primeras diferencias, no obstante podría existir algún variable que sea espuria. Por tal razón, se corrió el modelo econométrico y se determinó la raíz unitaria sobre los residuos del modelo para determinar la existencia de cointegración a largo plazo del modelo funcional entre la contaminación ambiental como endógena y las otras variables explicativas. A continuación se indica el test de raíz unitaria de Augmented Dickey-Fuller a través del software Eviews 9.

Null Hypothesis: U1 has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=8)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.623922	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.653730	
5% level	-2.957110	
10% level	-2.617434	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Elaboración Propia

Al evaluar el orden de integración de la regresión, se observa que estos no presentan raíz unitaria, debido que su Tau es de -7.62 con una probabilidad de 0.0000 menor al 5%. Esto se traduce en que las tres variables están integradas a largo plazo. Al obtener el grado de cointegración de las series de tiempo, se realizó también el análisis de causalidad de Granger para determinar si las variables del crecimiento económico y el consumo energético causan mayor contaminación ambiental. En la tabla 15 indica el test de Granger/Causality⁹.

Tabla 15 Análisis de Causalidad de Granger. Primer Modelo

Test Granger Casuality.	Hipótesis nula	Hipótesis Alternativa,	Resultado
PIB→CO2	No hay causalidad Ho> 0.05	Hay causalidad Ha< 0.05	0.000 < 0.05 se rechaza la hipótesis nula de no causalidad. El PIB si causa emisión de C02.
CENER →CO2	No hay causalidad Ho> 0.05	Hay causalidad Ha< 0.05	0.0420 < 0.05 se rechaza la hipótesis nula de no causalidad. El CENER si causa emisión de C02.

Elaboración Propia Nota: Elaboración Propia Nota p= ***10%, **5%, ***1% probabilidad de aceptación.

Al evaluar la causalidad de Granger de las variables del crecimiento económico y el consumo energético, sugiere que el PIB causa una mayor contaminación, así como también el consumo energético, dado que sus probabilidades son menores al 5% implicando el rechazo de la hipótesis nula de “no causalidad” se acepta la hipótesis alternativa de que la variable PIB y CENER causan mayor contaminación ambiental a largo plazo. Esto implica, que existe suficiente evidencia empírica que la contaminación ambiental aumenta a través del crecimiento económico y el consumo energético en el país de México.

⁹ El test de Causalidad de Granger se utiliza para determinar la existencia de un equilibrio a largo plazo, es decir, una relación a largo plazo, que permitiera concluir que las variables no sean espurias. Los variables espurias son variables que aparentan tener una relación con la endógena, sin embargo, puede concluir interpretaciones graves. Tal razón, se utiliza la cointegración de las variables a través del test Augmented Dickey-Fuller de las raíces unitarias y el test de Granger/Causality para determinar su relación a largo plazo.

El resultado del primer modelo econométrico indica que el aumento del crecimiento económico y el consumo energético (CENER) implican mayor contaminación y degradación ambiental en México. Los signos esperados fueron positivos y consistentes. Es importante señalar, que el modelo presentó autocorrelación, sin embargo se corrigió un AR(1) autoregresivo permitiendo al modelo ser más consistente. También los regresores fueron explicativos a un 5%.

$$CO2 = 0.9321 + 0.0000264PIB + 0.0000156 CENER + \varepsilon$$

Tabla 16 Resultado econométrico de las ecuaciones por el método MCO. Primer Modelo

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PIB	2.64E-05	1.20E-06	21.92143	0.0000
CENER	1.56E-05	5.57E-06	2.797028	0.0092
C	0.932180	0.011752	79.32137	0.0000
AR(1)	-0.345731	0.131874	-2.621682	0.0140
R-squared	0.941429	Mean dependent var		1.209462
Adjusted R-squared	0.935154	S.D. dependent var		0.063567
S.E. of regression	0.016187	Akaike info criterion		-5.292695
Sum squared resid	0.007337	Schwarz criterion		-5.109478
Log likelihood	88.68312	Hannan-Quinn criter.		-5.231964
F-statistic	150.0174	Durbin-Watson stat		2.038646
Prob(F-statistic)	0.000000			

Elaboración propia

Este modelo evidencia que a largo plazo el crecimiento económico y el consumo energético generan mayores emisiones de dióxido de carbono (CO2) para el caso de México. Esto se traduce en que dichas variables explicativas son los impulsores y causales del aumento de la contaminación en diversos países del mundo y particularmente para el caso de México como se demuestra.

3.3 Situación del crecimiento económico y la contaminación ambiental bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets en México (1971-2013).

El segundo modelo, se determinó a través de un modelo funcional dirigido a la comprobación de la curva ambiental de Kuznets para México. Para realizar la comprobación empírica econométrica, se utilizó series de tiempo como: el PIB per cápita de 1971 a 2013 obtenidos en la OCDE y el indicador de contaminación ambiental CO₂ per cápita en toneladas obtenidos a través de International Energy Agency (IEA por sus siglas en ingles). El siguiente modelo se presenta de la siguiente forma funcional bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets propuesta por Panayotou (1993).

$$CO2 = \alpha + \beta_1 PIB + \beta_2 PIB^2 + \varepsilon$$

Donde

CO₂= dióxido de carbono de 1970 a 2013 en México. Fuente IEA

β_1 PIB= Ingresos per cápita de 1970 a 2013 en México. Fuente OCDE

β_2 PIB²= ingresos per cápita al cuadrado de 1970 a 2013 en México. Fuente OCDE

E= término de error aleatorio.

Antes de correr el modelo econométrico, es necesario determinar si ambas variables son estacionarias, debido que es importante trabajar con datos de series de tiempo con el mismo orden de integración. Debido a que se trabaja con datos de series de tiempo, es necesario utilizar técnicas econométricas para garantizar que ambas variables presenten el mismo orden de integración o por lo contrario las regresiones serán espurias. Para evitarlas se comprobó a través de análisis de raíces unitarias, con el resultado de los datos se comprobó que no son estacionarios en su nivel, pero se optó en determinar su primeras diferencias comprobando la existencia de un mismo orden de integración en las variables y se comprobó la existencia de primer orden de cointegración, así mismo se empleó el test de Granger a largo plazo y se comparó la existencia de causalidad a largo plazo. Esto se puede observar en la tabla 17 y 18.

Tabla 17 Análisis de integración y raíces unitarias

Variables	Nivel		Diferencias (DFA)		
	P*	T student	P*	t Student	Integración
PIB per cápita	0.999	2.063	0.0006	-4.63	[1]
PIB per cápita al cuadrado.	1	3.63	0.0055	-3.824	[1]
C02	0.1012	-2.5998	0	-7.52	[1]

Elaboración Propia. Toma decisión Nota: 1%=-3.56; 5%=-2.921; 10%=-2.599

En la tabla anterior, se ha demostrado la existencia del mismo orden de integración en las variables del modelo econométrico. Este análisis conlleva en determinar que el modelo no presenta variables espurias y es eficiente en el análisis económico. Por otro lado, en la tabla 18, se demuestra la prueba de causalidad de Granger, indicando que al menos el PIB causa mayor contaminación ambiental en su primera fase de crecimiento. También el PIB elevado al cuadrado, indica de manera inversa, que un aumento del PIB tiende a disminuir la contaminación, es decir, al duplicar el crecimiento de México incidiría en la disminución de la contaminación, en teoría, al alcanzar su segunda fase. Lo anterior como resultado, indicaría que al alcanzar una segunda fase en el crecimiento económico al cuadrado se obtendría un resultado positivo para la contaminación, sin embargo, la teoría sugiere que una fase inicial y lineal indican que el PIB actúan como factor en provocar mayor daño ambiental en el corto plazo, dado que los países en fase de transición de una economía en desarrollo a una economía desarrollada tendrían que incurrir en un mayor costo ambiental, y en la segunda fase, el mayor crecimiento económico a largo plazo implicaría una menor contaminación, dado que los países con mayor crecimiento económico tienen la capacidad de mejorar la calidad ambiental a través de fomentar las inversiones en tecnología, la educación, instituciones y mayor responsabilidad en lo ambiental entre otras.

Tabla 18 Análisis de causalidad de Granger

Variables	Probabilidad	Efecto
PIB→C02	0.004***	Positivo
PIB al cuadrado →C02	0.0315**	negativo
C02→PIB	.2487	No hay relación
PIB al cuadrado →PIB	0.2219	No hay relación
C02→PIB al cuadrado	0.2047	No hay relación
PIB →PIB al cuadrado	0.1319	No hay relación

Elaboración Propia Nota: Elaboración Propia Nota p= ***10%, **5%, ***1% probabilidad de aceptación.

Dada que existe el mismo orden de integración y de causalidad de Granger se corrió un modelo de mínimos cuadrados ordinarios por MCO. En la tabla 19, se indican los resultados obtenidos de la regresión econométrica.

Tabla 19 Resultado econométrico de la ecuación funcional de la curva ambiental de Kuznets (1971-2013).

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	0.000283	1.99E-05	14.20354	0.0000
GDP2	-9.75E-09	1.06E-09	-9.237983	0.0000
C	1.605809	0.079477	20.20468	0.0000
R-squared	0.937916	Mean dependent var		3.063409
Adjusted R-squared	0.934812	S.D. dependent var		0.509636
S.E. of regression	0.130120	Akaike info criterion		-1.173510
Sum squared resid	0.677245	Schwarz criterion		-1.050635
Log likelihood	28.23046	Hannan-Quinn criter.		-1.128198
F-statistic	302.1466	Durbin-Watson stat		0.454031
Prob(F-statistic)	0.000000			

Elaboración Propia.

De la tabla anterior se ve que la relación del PIB lineal es positiva respecto al dióxido de carbono, esto coincide en indicar que un mayor crecimiento económico implica mayor contaminación ambiental. Por otro lado, el PIB al cuadrado su signo es negativo respecto a la contaminación ambiental, puesto que como se citó anteriormente en una segunda fase, el crecimiento económico actúa como regulador de la contaminación ambiental.

En el siguiente estudio econométrico bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets propuesto por Panayotou (1993) se insertaron variables adicionales que expliquen la relación con el aumento en la contaminación ambiental. Por ello, se corrió el tercer modelo econométrico de series de tiempo con una variable adicional denominada los precios relativos de gasolina. Es importante señalar, que respecto a los precios de los energéticos (gasolina) se intenta evidenciar, que una política de aumento en los precios de los combustibles implica una aparente disminución en el consumo de combustibles conllevando una reducción significativa de la contaminación emitida por los automóviles. No es de dudar, que los impuestos “piguvianos” son conocidos como impuestos verdes que buscan controlar y mitigar las externalidades negativas, que en este caso se representan por la contaminación del aire. Estos impuestos en su naturaleza implican efectos directos a los precios, debido que se busca racionalizar el consumo energético y de productos contaminantes. El economista Pigou (1946) fue el padre de la economía ambiental por sus aportaciones respecto a las mitigaciones de las externalidades negativas generadas por los fallos de mercado a través de los impuestos correctivos o piguvianos. Galindo y Salinas (1997), indican que utilizar los precios de los combustibles es una alternativa para mitigar el consumo energético y combatir el aumento de la contaminación ambiental de CO₂, debido que la elasticidad demanda-precio de combustibles es inelástica¹⁰. Sin embargo, no mencionado por dichos autores, una política de aumento de precios no impacta de manera significativa en el consumo en México, dado que es inelástica, sin embargo, dicha política sí impactaría a los ingresos de los

¹⁰ Galindo y salinas (1997) evidenciaron que la elasticidad precio-demanda de combustibles es inelástico, es decir, un aumento de los precios de los combustibles disminuye levemente la demanda. Utilizaron modelo econométrico de cointegración con datos de series de tiempo y obtuvieron una elasticidad precio-demanda de -0.285 y por lado de los ingresos fue de 1.004.

ciudadanos, así como el aumento de los precios de otros productos implicando un efecto inflacionario de los productos del mercado, puesto que la economía depende del combustible fósil. Esta política es una alternativa, pero con efectos nocivos para la economía por tal motivo la política de aumento de los precios es discutida en el congreso de la nación.

La tabla 20 arroja los resultados del tercer modelo econométrico funcional de la curva ambiental de Kuznets con la variable de los precios de los combustibles. El modelo intenta explicar que una política de aumento de los precios de los combustibles implica una disminución del consumo de combustible traduciéndose en una disminución de la contaminación ambiental en México.

Tabla 20 Resultado econométrico de la ecuación funcional de la curva ambiental de Kuznets y precios Energéticos (1980-2013).

Variable endógena CO2	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	5.39E-05	1.10E-05	4.883833	0.0000
GDP2	-1.43E-09	4.48E-10	-3.185765	0.0034
LOG(PG)	-0.008141	0.004235	-1.922429	0.0641
C	0.827935	0.057446	14.41238	0.0000
R-squared	0.944889	Mean dependent var		1.185685
Adjusted R-squared	0.939378	S.D. dependent var		0.080347
S.E. of regression	0.019783	Akaike info criterion		-4.897880
Sum squared resid	0.011741	Schwarz criterion		-4.718308
Log likelihood	87.26396	Hannan-Quinn criter.		-4.836641
F-statistic	171.4522	Durbin-Watson stat		2.159725
Prob(F-statistic)	0.000000			

Elaboración Propia.

En la tabla 20, es evidente que los precios de los combustibles actúan de manera significativa, ya que un aumento a los precios de manera porcentual incide en disminuir la contaminación. El signo esperado de los precios es negativo y es significativo a un 10%. En el análisis del modelo el R-squared fué de 0.944 con un Durbin-Watson de 2.159 implicando un modelo eficiente ausente de autocorrelación. También no presentó Heterocedasticidad

implicando que los datos presentan normalidad, se puede observar en los anexos¹¹. Por otro lado, el PIB lineal tiene una relación positiva y el PIB al cuadrado tiene una relación negativa con la contaminación ambiental. Estas relaciones del crecimiento económico se han explicado en el primer modelo econométrico.

Al obtener el tercer modelo econométrico y los signos esperados se analizó una prueba de cointegración entre las variables con el objetivo de no caer en series espurias. Por lo anterior se analizó el Test de Cointegración Engle-Granger. En la siguiente tabla 21, se observa los resultados arrojados a través del uso del software Eviews 9.

Tabla 21 Test de Cointegración Engle-Granger

Cointegration Test - Engle-Granger
 Date: 04/23/16 Time: 19:26
 Equation: EQ02
 Specification: LOG(C02P) (GDP) GDP2 LOG(PG) C
 Cointegrating equation deterministic: C
 Null hypothesis: Series are not cointegrated
 Automatic lag specification (lag=0 based on Schwarz Info Criterion, maxlag=7)

	Value	Prob.*
Engle-Granger tau-statistic	-6.332745	0.0008
Engle-Granger z-statistic	-37.43938	0.0004

Elaboración Propia.

En la tabla 21, se observa que el Tau-Statistic es de -6.33 con una probabilidad de 0.0008 menor al 5% indicando que existe cointegración entre las variables. Es importante señalar que la cointegración a largo plazo indica un equilibrio entre las variables, ya que ambos tienen una relación estrecha en el tiempo. Esto se traduce, en que el crecimiento económico y los precios de los combustibles tienen efectos significativos entre la contaminación ambiental en México.

El siguiente modelo econométrico bajo la forma funcional de la ecuación de la curva ambiental de Kuznets se corrió el cuarto modelo econométrico anexando dos variables que expliquen la contaminación ambiental en México. La primera variable es la densidad poblacional, dado que este variable actúa de

¹¹ Véase en el anexo 3

manera significativa en la contaminación ambiental descrita en el capítulo 2. En los trabajos econométricos realizados por Kaufmann [R. K., B. Davidsdottir, S. Garnham y P. Pauly (1998)] evidenciaron a través de un modelo de mínimos cuadrados generalizados que la contaminación ambiental (CO_2) tiende a aumentar cuando la densidad poblacional aumenta, debido que la densidad poblacional implica mayor concentración de contaminantes como el Smog, PM10 (Partículas suspendidas), SO_2 (Dioxido de carbono) y CO_2 (Dioxido de Carbono) emitidas por los automoviles y las fábricas concentradas en las ciudades. Es evidente, que la concentración de la población implica un mayor grado de contaminación en el aire y mayor degradación ambiental. Por tal razón, se anexó esta variable como principal motor que incentiva el aumento de la contaminación. Es importante señalar, que el diseño de políticas públicas urbanas permiten una mayor eficiencia, puesto que en la evidencia empírica indican que la densidad poblacional implica mayor contaminación y se requiere una adecuada realización de instrumentos de políticas públicas urbanas.

Por otro lado, la segunda variable que se anexó en el modelo, es la energía renovable y se puede entender como un proxy de una política pública limpia respecto al uso de dicha energía. El uso de la energía limpia como es la hidrológica, solar, nuclear y eólica son las bases que permiten sustituir la energía fósil altamente contaminante en lo ambiental. Esto conlleva que al aplicar una política pública para fomentar al uso de energía limpia es apostar a grandes inversiones en innovación tecnología sustentable. En el trabajo de Nuñez (2015) a través de un modelo panel con efectos fijos puso en evidencia empírica que la energía limpia conlleva a reducir la contaminación ambiental (CO_2). Es evidente, que la sustitución de la energía fósil a energía limpia, implica un cambio estructural de la contaminación ambiental y sugiere presentar un mayor crecimiento económico al país para compensar los costos de innovación.

Por lo anterior, se corrió el cuarto modelo econométrico de series de tiempo para determinar la relación de la densidad poblacional y el consumo de energía limpia respecto a la contaminación ambiental. En la tabla 22, se observa los resultados del cuarto modelo econométrico series de tiempo.

Tabla 22 Resultado econométrico de la ecuación funcional de la curva ambiental de Kuznets con energía limpia e urbanización (1980-2013).

Variable endógena Log CO2	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(GDP)	0.443547	0.068347	6.489677	0.0000
GDP2	-3.49E-10	1.56E-10	-2.235877	0.0332
LOG(URBA)	0.342544	0.081855	4.184754	0.0002
LOG(LIMPIA)	-0.037104	0.017270	-2.148459	0.0402
C	-3.717570	1.092488	-3.402848	0.0020
R-squared	0.995006	Mean dependent var		5.733813
Adjusted R-squared	0.994317	S.D. dependent var		0.228097
S.E. of regression	0.017195	Akaike info criterion		-5.153292
Sum squared resid	0.008575	Schwarz criterion		-4.928827
Log likelihood	92.60596	Hannan-Quinn criter.		-5.076743
F-statistic	1444.411	Durbin-Watson stat		2.222756
Prob(F-statistic)	0.000000	Wald F-statistic		1916.274
Prob(Wald F-statistic)	0.000000			

Elaboración Propia.

En el cuarto modelo bajo la forma funcional de la curva ambiental de Kuznets de la tabla 22, la variable urbanización tiene un signo positivo de 0.342 e indica que un aumento del 1% de la densidad poblacional aumenta un 0.34% de contaminación de dióxido de carbono (CO₂) en México. En la variable de energía limpia se obtiene un signo negativo de -0.037, un resultado lógico que describe que un aumento del 1% de consumo de energía eléctrica limpia (Hidrología) reduce a un 0.037% el dióxido de carbono (CO₂). El modelo es consistente, ya que presenta un R-squared de 0.999, es decir, los regresores explican un 0.999 a la variable endógena. También el modelo econométrico series de tiempo no presentó autocorrelación en el modelo, dado que tiene una Durbin Watson de 2.2. Esto implica que el modelo es adecuado y consistente con sus resultados. Por otro lado, El PIB lineal es positivo, ya que en la primera fase del crecimiento económico conduce a mayor contaminación, no obstante la segunda fase del PIB cuadrado implica una reducción de la contaminación ambiental, dado que al obtener un crecimiento económico sostenido implica resultados favorables al medio ambiente, por ejemplo, mayor inversión en innovación de tecnología en Investigación y desarrollo (I+D).

Una vez determinado el modelo adecuado, se analizó cointegración a largo plazo a través del test de Engle-Granger. En la tabla 23 demuestra los resultados arrojado del análisis econométrico series de tiempo.

Tabla 23 Test de Cointegración Engle-Granger

Cointegration Test - Engle-Granger
Date: 04/23/16 **Time:** 19:39
Equation: EQ01
Specification: LOG(C02) LOG(GDP) GDP2 LOG(URBA) LOG(LIMPIA) C
Cointegrating equation deterministic: C
Null hypothesis: Series are not cointegrated
Automatic lag specification (lag=0 based on Schwarz Info Criterion, maxlag=6)

	Value	Prob.*
Engle-Granger tau-statistic	-6.521166	0.0015
Engle-Granger z-statistic	-38.78365	0.0007

Elaboración Propia

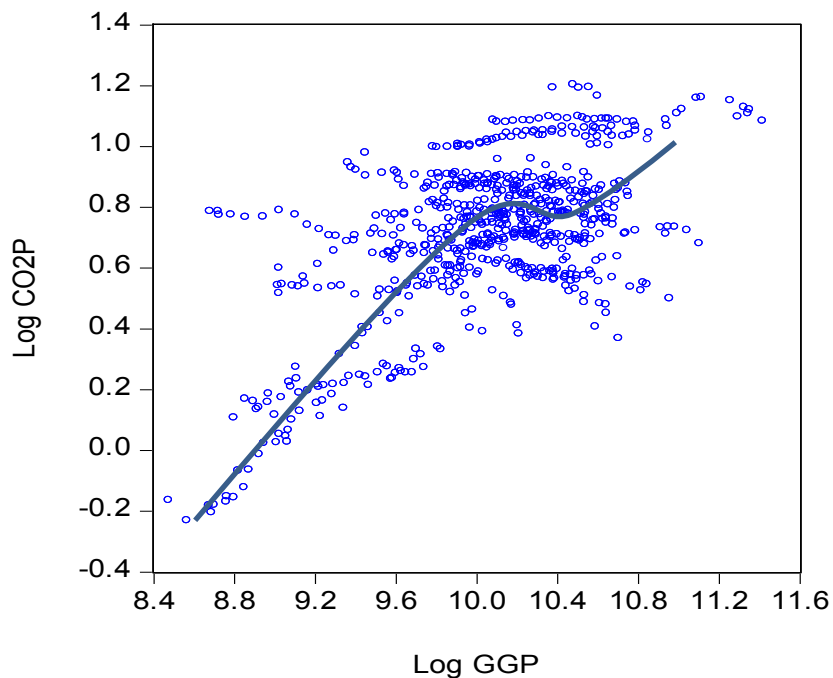
En la tabla 23 se indica el resultado obtenido del test de cointegración Engle-Granger. El tau-statistic es de -6.521 con una probabilidad de 0.0015 menor al 5%. Esto se traduce en que el modelo está cointegrado con las variables a largo plazo y existe un equilibrio a largo plazo, ya que ambas variables afectan a la endógena en el tiempo. También significa que las variables no son espurias, ya que existe cointegración a largo plazo. Esto indica que el crecimiento económico, urbanización y el consumo de energía limpia de alguna forma afectan a la endógena que es la contaminación ambiental en el tiempo.

El quinto modelo econométrico en la forma funcional de la ecuación de la curva ambiental de Kuznets se determinó a través de un modelo datos panel con efectos fijos para 31 países de la OCDE. Se utilizó datos panel con el objetivo de estudiar el comportamiento de la contaminación ambiental respecto al crecimiento económico en cada país. Es importante señalar que no solamente el crecimiento económico influye en la contaminación, sino existen otras variables significativas que se relacionan con la emisión del dióxido de carbono (contaminación ambiental). Las variables que se anexaron en el modelo econométrico es la intensidad energética, otra variable son los lugares protegidos como porcentaje del área geográfica de cada país, consumo de energía limpia y el PIB per cápita. Estas variables se consideraron debido que

tienen una relación estrecha en la mitigación y reducción de la contaminación ambiental en los 31 países de la OCDE. El primer análisis, se realizó al graficar el crecimiento económico (PIB per cápita) y la contaminación ambiental (Dióxido de carbono CO₂) a través de un diagrama de dispersión (Scatter).

En el gráfico 34, se observa la relación entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental.

Gráfico 34 Diagrama de dispersión entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental en los países del OCDE



Elaboración propia.

Es evidente observar en la gráfica 34 la existencia de una tendencia decreciente de CO₂ en los países con mayor crecimiento económico. Este resultado indica que a partir de 1970 hasta el 2013 en la mayoría de los países de la OCDE han conllevado en reducir sus contaminantes en el aire de manera significativa. Por otro lado, también indica la existencia de la curva ambiental de Kuznets para los países con mayor crecimiento económico, por ejemplo, Luxemburgo, Irlanda, Suiza, Suecia, Estados Unidos, Noruega, Canadá entre

otros, y han demostrado un comportamiento decreciente en sus emisiones de CO_2 . Esto implica, que el crecimiento económico en los países mencionados ha contribuido a disminuir sus emisiones de dióxido de carbono a través del tiempo. Tal como señala la teoría, una fase inicial de crecimiento económico incide en mayor contaminación, sin embargo, en la segunda fase dicha variable actúa como estabilizador de la contaminación en los países con mayor crecimiento económico. No obstante, no todos los países de la OCDE han contribuido a una reducción en sus emisiones de dióxido de carbono, sino han tenido una tendencia creciente en su contaminación.

En el caso de México, no existe una tendencia decreciente de CO_2 en el tiempo, se observa que durante el período de estudio de 1970-2013 sus emisiones han aumentado de manera significativa en el tiempo. No es de dudar, que este resultado se dé por la falta de crecimiento económico, se traduce que el país se encuentra en una fase inicial en su crecimiento económico. Esta fase implica costos ambientales, ya que no cuenta con suficiente tecnología para una producción sustentable para el país.

Es importante señalar que el crecimiento económico se da por muchas razones, por ejemplo Schumpeter (1978), indica que la innovación tecnológica incide en una mayor producción industrial competitiva y limpia. Es evidente que los países con menor crecimiento económico se asocian a la falta de tecnología para una mayor competitividad en sus productos; y que estos sean bioagradables con el medio ambiente. Por lo tanto, en los países en desarrollo están en una fase inicial. En teoría, implica que un mayor crecimiento económico en dichos países implica mayor contaminación, sin embargo, en la segunda fase del crecimiento económico los países inciden en un mayor control en sus emisiones de contaminantes.

En la gráfica 34, es evidente que en México no existe una evidencia de una curva ambiental de forma “U” invertida, es evidente que el país está en una fase inicial lineal. De estos resultados, se construyó un nuevo modelo econométrico con datos panel para 31 países de la OCDE para garantizar que México y otros países tengan o no una forma de “U” invertida respecto al crecimiento económico y la contaminación ambiental. La metodología que se

utilizó en el modelo econométrico fue con efectos fijos a través de un modelo Cross-Section Weights.

Se determinó el modelo adecuado a través del Test de Hausman para determinar si los efectos fijos o aleatorios son eficientes para el modelo econométrico. El test de Hausman dió como resultado que los efectos fijos es lo apropiado para el modelo econométrico, ya que su probabilidad es 0.0000 menor a 5%. En la mayoría de las investigaciones que trabajan con PIB per cápita se mantienen con los efectos fijos.

Tabla 24 Prueba de Hausman Test

Correlated Random Effects - Hausman Test

Equation: EQ01

Test cross-section random effects

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	70.809616	6	0.0000

Elaboración Propia

Según Verbeek (2000), si se pretende estudiar concretamente el comportamiento de una unidad, el efecto fijo es la elección obvia. Por otro lado, Judson y Owen (1999), indican que al estudiar N países es imposible la utilización aleatoria, por razones de amplitud y por la utilización de ingresos de los países, por ello es recomendable utilizar los efectos fijos. Una vez determinado el modelo adecuado se optó en utilizar los efectos fijos, ya que el Test de Hausman indica que son recomendables los efectos fijos en el modelo econométrico. En términos generales es presentada por Greene (1997:615), tratándose de un modelo lineal panel. $y_{it} = a_i + \beta x_{it} + \epsilon_{it}$

De manera que:

y_{it} Es la variable dependiente del i-ésimo individuo cross-section en el tiempo t.

a_i Es el intercepto individual de cada individuo cross-section.

β Es el vector de coeficientes de las variables independientes.

x_{it} Es un vector con k variantes independientes para el i-ésimo individuo cross section en el tiempo t.

ϵ_{it} Es un término de error aleatorio.

Partiendo del esquema Grossman y Krueger (1991), el modelo clásico de la curva ambiental de Kuznets al cubo lo determina de la siguiente forma.

$$CO2 = \alpha + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 PIB_{it}^2 + \beta_3 PIB_{it}^3 + \sum_{j=1}^k S_j Z_{jit} + \epsilon_{it}$$

De manera que:

PIB= Ingresos del país “i” en el tiempo “t”

Zit= Determina las otras “J” otras variables de influencia en la contaminación ambiental en el tiempo “t”.

ϵ_{it} Es un término de error aleatorio.

En el modelo de datos panel con efectos fijos los coeficientes β son idénticos en los 31 países de la OCDE con excepción del intercepto α . En el trabajo de Balsalobre (2016), construyó un modelo econométrico funcional de la curva ambiental de Kuznets a través de un modelo econométrico al cubo con datos panel. Los resultados fueron significativos y los signos esperados fueron lo esperado. El trabajo de Balsalobre¹² (2016), utilizó el PIB per cápita, el gasto público en I+D+i energético y energía renovable como sustitución de los combustibles fósiles. Por otro lado, en esta investigación de tesis, se utilizaron otras variables que inciden en la contaminación ambiental. A partir de estos supuestos y las variables utilizadas, se construyó el modelo funcional econométrico bajo el enfoque estructural de la curva ambiental de Kuznets de la siguiente forma.

$$CO2 = \alpha + \beta_1 PIB + \beta_2 PIB^2 + \beta_3 PIB^3 + \beta_4 IE_{t-3} + \beta_5 Limpia + \beta_6 Protec_{t-1} + \epsilon_t$$

Donde

CO2=Contaminación ambiental per cápita medido por CO2 (Dióxido de Carbono)

¹² El modelo econométrico de Balsalobre (2016), indica que un mayor gasto público en I+D+i en energía se reduce la contaminación ambiental, por otro lado, una sustitución de energía fósil a energía limpia reduce la contaminación ambiental en los países de la OCDE.

β_1 PIB= Ingresos Per cápita en los 31 países de la OCDE. Fuente de datos OCDE

β_2 PIB= Ingresos Per cápita al cuadrado en los 31 países de la OCDE. Fuente de datos OCDE

β_3 PIB= Ingresos Per cápita al cubo en los 31 países de la OCDE. Fuente de datos OCDE

β_4 IE= Intensidad energética en los 31 países de la OCDE. Fuente de datos IEA.

β_5 Limpia= Energía limpia (Hidrología, nuclear, eólica) en los 31 países de la OCDE. Fuente de datos IEA.

β_6 Protec= Lugares protegidas como porcentaje de área geográfica de cada país para los 31 países. Fuente de datos Banco Mundial

ε = Es el término error aleatorio.

Es importante señalar que se utilizó un modelo econométrico de forma de N, ya que en la gráfica presenta una curva ambiental de Kuznets de forma de N, es decir, algunos países presentan una “U” invertida, pero en el tiempo sus emisiones de dióxido de carbono tienden a crecer. Por esta razón, se optó en utilizar un modelo al cubo para comprobar el resultado emitido en la gráfica anterior. La tabla 25 muestra el modelo estimado a través de un modelo con datos panel con efectos fijos a través Cross-Section Weights.

Tabla 25 Resultado econométrico de datos panel método MCG con efectos fijos de para los países la OCDE (1990-2012) .

Dependent Variable: CO2P
 Method: Panel EGLS (Cross-section weights)
 Date: 03/05/16 Time: 15:43
 Sample (adjusted): 1994 2012
 Periods included: 18
 Cross-sections included: 31
 Total panel (balanced) observations: 558
 Iterate coefficients after one-step weighting matrix
 White diagonal standard errors & covariance (d.f. corrected)
 Convergence achieved after 33 total coef iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	3.32E-05	6.62E-06	5.020864	0.0000
GDP^2	-7.16E-10	1.48E-10	-4.847486	0.0000

GGP^3	4.49E-15	1.04E-15	4.310606	0.0000
LIMPIA	-7.88E-07	1.87E-07	-4.215766	0.0000
IE(-3)	0.001487	0.000561	2.652111	0.0082
PROTEC(-1)	-0.003139	0.000797	-3.939709	0.0001
C	1.619058	0.113348	14.28398	0.0000
AR(1)	0.815584	0.027211	29.97234	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

Weighted Statistics

R-squared	0.995600	Mean dependent var	2.736382
Adjusted R-squared	0.995287	S.D. dependent var	1.389916
S.E. of regression	0.048334	Sum squared resid	1.214807
F-statistic	3179.811	Durbin-Watson stat	2.140579
Prob(F-statistic)	0.000000		

Elaboración Propia.

La estimación de la β , ($\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$) indica que el modelo econométrico presenta una curva ambiental de Kuznets en forma de N. Por otro lado, la variable de $\beta_4 < 0$ energía limpia presenta un signo negativo e indica una relación positiva en la corrección medioambiental, ya que una sustitución de energía limpia incide en una reducción significativa en el dióxido de carbono. La intensidad energética con tres años rezagados indica una relación positiva $\beta_5 > 0$ con la contaminación ambiental, ya que un aumento de consumo intenso de energía fósil indica mayor emisión de dióxido de carbono (CO_2). Por otro lado, la variable de áreas protegidas como porcentaje de área geográfica de cada país rezagada a un año, presenta un signo negativo $\beta_5 < 0$ esto se traduce en que las áreas verdes protegidas inciden en una menor contaminación, ya que los árboles utilizan el CO_2 para su reproducción y purificación del aire. Es importante señalar, que las áreas verdes deben ser utilizadas como instrumento de política públicas y deben estar agendadas por parte del gobierno, ya que dichos áreas protegidas permiten mayor purificación del aire.

A partir de los coeficientes $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$ se calculan los puntos de quiebre (Turning Point)¹³ mostrados en la tabla 25.

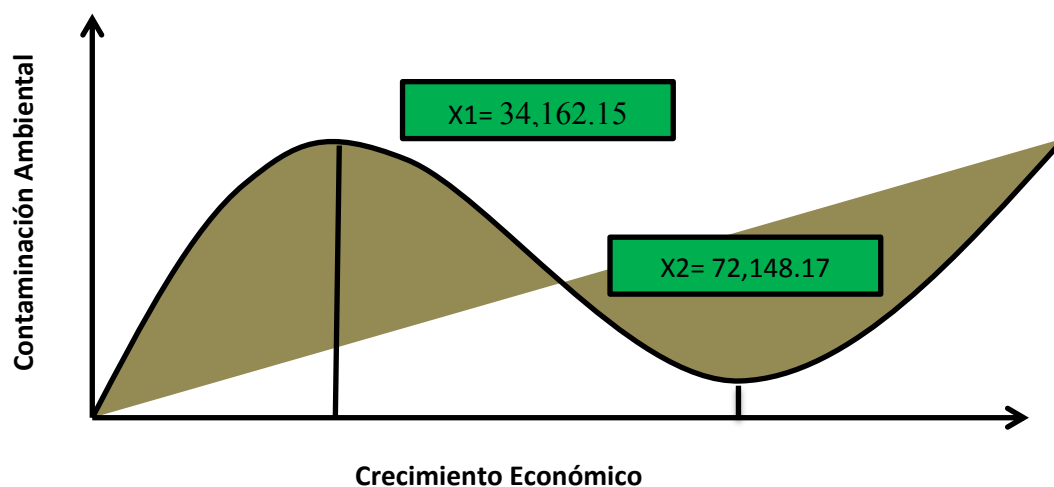
Tabla 26 Estimación de Turning Point en modelo de datos panel.

$CO_2 = 1.619058 + 3.32E-05 * PIB - 7.16E-10 * PIB^2 + 4.49E-15 * PIB^3 - 7.88E-07 * Limpia + 0.001487 * IE_{t-3} - 0.003139 * Protec$	
X1= 34,162.15	X2= 72,148.17

Elaboración Propia

En la gráfica 35, se observa la curva ambiental de Kuznets con los correspondiente puntos de quiebre (Turning Point) (X1 y X2) en el modelo de datos panel con efectos fijos. En el eje de las ordenadas, es la contaminación ambiental y las abscisas es el crecimiento económico.

Gráfico 35 Curva Ambiental de Kuznets en forma "N".



Elaboración Propia

Por otro lado, y debido a la evidente forma "N" de la curva ambiental de Kuznets que se traduce en un modelo cúbico de datos panel, ya que a partir del punto de quiebre X1=34,162.15 US\$ la contaminación de dióxido de carbono (CO2) comienza a decrecer en el tiempo para los 31 países de la OCDE. En el

¹³ Diao (2008) citado por Balsalobre (2016) calcularon los puntos de quiebre (Turning Point) de un modelo econométrico cúbico a través de la siguiente expresión $x = \frac{-\beta_2 \pm \sqrt{\beta_2^2 - 4\beta_1\beta_3}}{3\beta_3}$, $\forall j=1,2$; Donde X1 es el primer quiebre, a partir de este punto la contaminación empieza a decrecer, por otro lado X2 indica que el crecimiento económico incide en incrementar a la contaminación ambiental.

segundo punto de quiebre, un nuevo nivel de PIB per cápita $X_2 = 72,148.17$ US\$ implicaría un aumento de la contaminación ambiental a lo largo del tiempo justificando el efecto de escala [(Torres y Boyce, 1998) citado por Balsalobre (2016)], Esto justificaría que la innovación tecnológica a lo largo del tiempo habría alcanzado la obsolescencia técnica (Balsobre (2016), es decir, la tecnología estaría perdiendo eficiencia en cuanto a la mitigación de la contaminación ambiental. Es importante señalar, que la tecnología tiene una vida útil en el futuro, sin embargo, no garantiza la corrección de la contaminación en su totalidad. Esta evidencia empírica, sugiere que no es suficiente con el crecimiento económico para contrarrestar la contaminación ambiental. Se necesita aplicar otras medidas correctivas que generen corrección al medio ambiente a largo plazo.

Una vez determinado los puntos de quiebre (Turning Point) es necesario determinar los niveles de PIB per cápita para los 31 países de la OCDE. Es evidente, que algunos países se encuentran en una fase ascendente en su contaminación ambiental (CO_2) en el primer tramo, ya que dichos países aún no llegan al primer punto de quiebre estimado de $X_1 = 34,162.15$ PIB per cápita. Esto implica, que su crecimiento económico no permite llegar a dicho punto de quiebre. En el caso de México está lejos del punto de quiebre, ya que su PIB per cápita es US\$16,958.6. México necesita duplicar su crecimiento económico para llegar al punto de quiebre. En la siguiente tabla 27 se indica el análisis de los puntos de quiebre (Turning Point).

Tabla 27 Clasificación de los países de acuerdo con el nivel de Renta en función del punto de quiebre del modelo Panel con efectos fijos.

MENORES A PC US\$ 34,162.15		IGUAL A US\$34,162.15 Y MENOR \$ 72,148.17	MAYORES A US\$ 72,148.17
CO ₂ ↑ En desarrollo (Lineal) (/)	CO ₂ ↓ Desarrollados ("u" invertida) (∩)	CO ₂ ↑	
PAISES	PAISES	PAISES	
Chile US\$ 21294.7	Australia US\$ 43166.6		
Republica Checa US\$ 28732	Austria US\$ 45878.3		
Grecia US\$ 25177.4	Bélgica US\$ 42209.3		
Hungría US\$ 22701.5	Canadá US\$ 42337.9		

MENORES A PC US\$ 34,162.15 IGUAL A US\$34,162.15 Y MENOR \$ 72,148.17 MAYORES A US\$ 72,148.17		
CO2↑ En desarrollo (Lineal) (/)	CO2↓ Desarrollados ("u" invertida) (∩)	CO2↑
<u>PAISES</u>	<u>PAISES</u>	<u>PAISES</u>
Israel US\$ 32007	Dinamarca US\$ 44250.9	
Polonia US\$ 23310.2	Finlandia US\$ 40437.4	
Portugal US\$ 27125.3	Alemania US\$ 43600	
Turquía US\$ 18437.1	Islandia US\$ 40277.9	
México US US\$16958.6	Irlanda US\$ 46030.2	
Corea US\$ 32222.9	Países Bajos US\$ 46457.1	
	Suecia US\$ 44433.6	
	Suiza US\$ 57205.4	
	Estados Unidos US\$ 51368.2	
	Reino Unido US\$ 37566.6	
	Noruega US\$ 66357.7	
	Francia US\$ 37499.3	

Elaboración Propia.

Es evidente, que los países desarrollados estén por encima del punto de quiebre, ya que su crecimiento económico permite mitigar la contaminación ambiental. El único país que está en el segundo punto de quiebre es Luxemburgo. Es importante señalar, que el segundo punto de quiebre es donde la innovación tecnológica se vuelve obsoleta y la contaminación ambiental vuelve a crecer. Por otro lado, los países que aún no llegan al punto de quiebre de $X1=34,162.15$ PIB per cápita. Varios autores como [Shafic y Bandyopadhyay, (1992) citado por Balsalobre (2016)] indican lo siguiente.

“Los países que aún no alcanzan el punto de quiebre deben centrarse la atención en los procesos de reestructuración hacia sectores menos contaminantes, ya que para estas economías actualmente el efecto escala no ejerce la presión sobre la obsolescencia técnica que experimentan los países que se encuentran en un tramo de contaminación descendente; aun a pesar que las medidas de innovación contienen un efecto positivo en la reducción de emisiones GEIpc” [Shafic y Bandyopadhyay, (1992) citado por Balsalobre (2016:18)].

Es evidente, que en México no se presenta una curva ambiental de Kuznets, puesto que la evidencia empírica a través del modelo econométrico

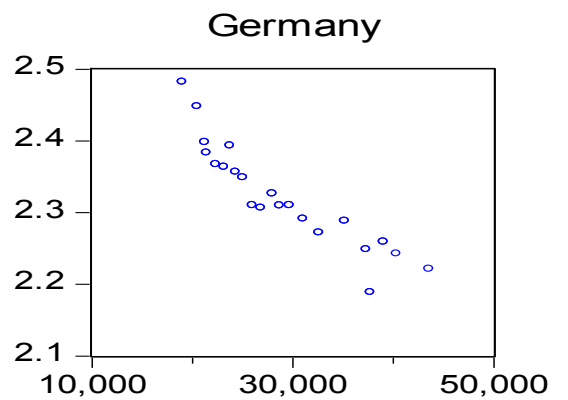
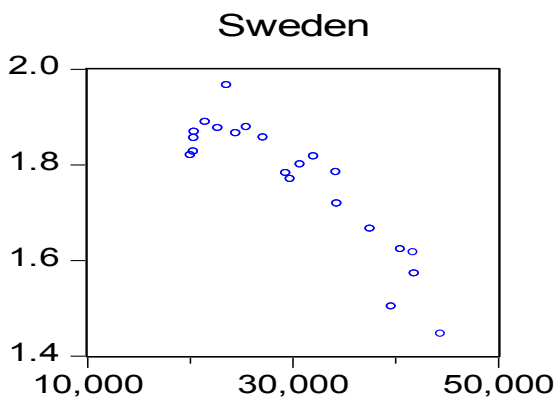
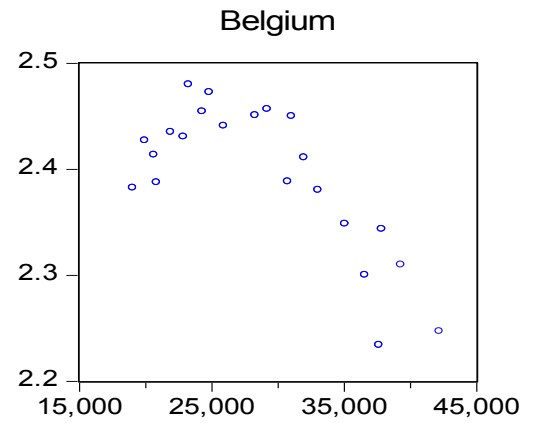
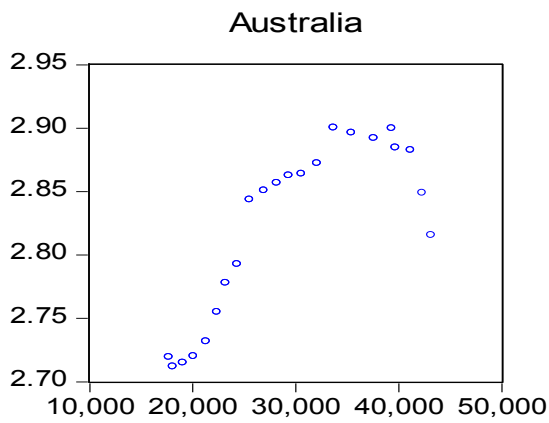
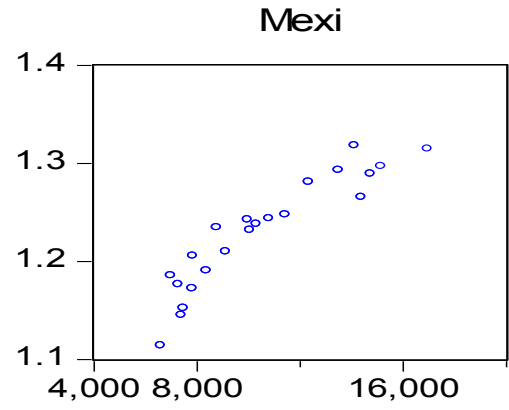
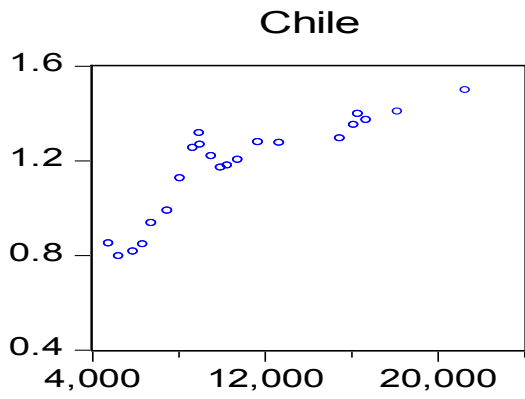
con datos panel con efectos fijos se encuentra lejos del punto de quiebre y está en una fase lineal. No obstante, esperar que el crecimiento económico resuelva la contaminación ambiental en el país resultaría costosa durante un cierto lapso de tiempo, puesto que para alcanzar el punto de quiebre en México se necesita duplicar los ingresos del país para que exista el efecto decreciente de la contaminación ambiental, pero para ello, ya habrá perjudicado de manera significativa al medio ambiente y a los recursos naturales. La realidad en México, es que, no alcanzará el punto de quiebre, debido que su crecimiento económico es mediocre durante las últimas décadas. Sin embargo, no solo el país de México está lejos del punto de quiebre, sino también se encuentra Chile, Polonia, Israel entre otros países.

La alternativa de dicho problema, es la utilización de instrumentos de políticas ambientales que permitan mitigar el problema de la degradación ambiental en México. En las siguientes gráficas se indica el comportamiento del crecimiento económico y la contaminación ambiental. Es evidente, que México y Chile no presentan una curva ambiental de Kuznets en forma de “U” invertida, sino presentan una línea a lo largo del tiempo con una tendencia creciente de contaminación ambiental. Por otro lado, Suiza, Alemania, Bélgica, Australia entre otros países, evidencian una curva ambiental de Kuznets en forma de “U” invertida. De alguna forma, su crecimiento económico ha conllevado a disminuir la contaminación ambiental de manera significativa en el tiempo.

Es importante señalar, que se graficaron algunos países en este apartado, sin embargo en los anexos¹⁴ se indica la totalidad de los países con sus respectivas gráficas. En las siguientes gráficas se analizan la evolución de la contaminación ambiental y el crecimiento económico. En las ordenadas es la contaminación ambiental y las abscisas el crecimiento económico.

¹⁴ Véase en el anexo 5

Gráficas sobre el comportamiento de la contaminación ambiental y el crecimiento económico.



3.4 Elasticidades

En la presente investigación se incluyó el cálculo de las elasticidades con el objetivo de determinar los efectos de las variables explicativas hacia la endógena. La variable endógena definida como la contaminación ambiental en relación con la variable explicativa en este caso el crecimiento económico. También se analizó la elasticidad del consumo de gasolina respecto al precio de los combustibles fósiles. Este último se determinó con el objetivo de evidenciar que un aumento de los precios de los combustibles no afectan al consumo, y por ende, un aumento de precios de combustibles incide en disminuir el CO₂.

Es importante señalar, que el uso de las elasticidades, es de gran importancia para determinar cambios porcentuales hacia una variable. Cervantes M. y Aparicio A., (1993:55) indican que la *“elasticidad es un útil instrumento para relacionar cualquier tipo de variables entre sí y medir fenómenos económicos”*. Existen condiciones para medir el grado del cambio del endógeno respecto a cambios de las variables explicativos. Si $\epsilon < 1$ es inelástico, si $\epsilon > 1$ es elástico, si $\epsilon = 1$ no hay cambios. Cuando existe una elasticidad inelástica, por ejemplo en la demanda, indica que un cambio porcentual de los precios no afecta de manera significativa a la demanda, por otro lado, si la elasticidad es elástica, en el mismo ejemplo señalado anterior, indica que un aumento de los precios afecta de manera significativa al consumo, ya que es muy sensible a cambios de los precios. La elasticidad depende del tipo de bien, ya que sea un bien normal, ordinario o Guiffen.

3.4.1 Elasticidad entre el crecimiento económico y contaminación ambiental.

Se estimó dos (6 y 7) modelos econométricos para determinar las elasticidades.

- 1- $LogCO2 = \alpha + \beta_1 logPIB + \varepsilon$
- 2- $Loggasolina = \alpha + \beta_1 logPIB + \beta_2 logPg + \varepsilon$

Primer Modelo (Elasticidad)

Log PIB= PIB per cápita anual. Fuente OCDE

Log CO2= Dióxido de carbono anual. Fuente IEA

Segundo Modelo (Elasticidad)

Log PIB= PIB per cápita mensual¹⁵. Fuente INEGI

Log Gasolina= Consumo de gasolina mensual¹⁶. Fuente SENER

En los anexos¹⁷ se demuestran las pruebas econométricas para el cálculo de las elasticidades. En la tabla 28 se indican los resultados obtenidos a partir de los resultados econométricos.

Tabla 28 Resultado de las elasticidades estimados por el método MCO (1980-2013)

Variable	A corto plazo		Largo plazo	
PIB y CO2	0.28 ↑	PIB↑CO2↑	0.26 ↑	PIB↑CO2↑
Ingreso y Consumo Gasolina	1.96 ↑	I↑ C↑	2.5 ↑	
Precio y Consumo Gasolina	-0.22 ↓	P↑C↓	-0.60 ↓	P↑C↓
Precio y CO2	-0.008 ↓	P↑CO2↓	n.a	n.a

Elaboración Propia.

En esta tabla se anotan cada una de las elasticidades obtenidas de las regresiones individuales. Es importante señalar que el cálculo de la elasticidad, es de relevancia, ya que permite determinar qué tan sensible es una variable respecto al cambio porcentual de la otra. Dado lo resultados obtenidos, la

¹⁵ Se tomó el indicador el IGAE como una proxy de los ingresos mensuales del país en México, ya que su correlación con el PIB trimestral es de 0.99988.

¹⁶ Se tomó los datos históricos de los precios de los combustibles emitidas por la Secretaría de Energía en México (SENER).

¹⁷ Véase en los anexos 5 y 7

elasticidad de crecimiento económico respecto a la contaminación ambiental a corto plazo es de 0.28 con signo positivo y se traduce en que un aumento de 1% del crecimiento económico implica un aumento de 0.28% de la contaminación a corto plazo, sin embargo, a largo plazo la elasticidad es de 0.26, se traduce en que un aumento de 1% de crecimiento económico implica un aumento de 0.26% de contaminación. Es evidente, que a largo plazo, el crecimiento económico tiende a mejorar la contaminación, ya que es menor a largo plazo $0.26 < 0.28$. Estos resultados son similares a los resultados de Navarrete M., Brull M., Torre A., Gomez D. y Torres D (2009)

Por otro lado, la elasticidad de consumo-ingreso es de $1.96 > 1$ que a corto plazo tiene signo positivo, se traduce en que un aumento del 1% de los ingresos implica un aumento de 1.96 de combustibles fósiles. La elasticidad se considera elástica, ya que el aumento de los ingresos influye de manera significativa en el consumo de combustibles. La elasticidad a largo plazo demuestra que la relación Consumo-Ingreso se vuelve más elástica de $2.5 > 1$, lo que se traduce en que un aumento del 1% en los ingresos induce a un mayor consumo de combustibles a largo plazo. También se determinó la relación de precios de las gasolinas respecto al consumo de combustibles. Los resultados fueron de $-0.22 < 1$ inelástica y se traduce en que un aumento de 1% de los precios de los combustibles disminuye -0.22% el consumo de combustibles fósiles; este resultado evidencia que a corto plazo la demanda es baja (Dahl C. y Sterner T., 1991). No obstante, a largo plazo se estimó una elasticidad de $-0.60 < 1$ inelástica que se traduce en que un aumento de 1% de los precios de los combustibles implica una reducción de -0.60 del consumo de combustibles energéticos.

Es evidente, que a largo plazo existe una mayor relevancia respecto al cambio de los precios de los combustibles, ya que en efecto de los precios en cuanto al consumo de gasolinas es más significativa, pero inelástica a largo plazo. En la siguiente tabla 29 se señalan los resultados obtenidos de Reyes O. Escalante R. y Mattas A., (2010). Estos resultados obtenidos fueron similares a los obtenidos de las elasticidades en la presente investigación.

Tabla 29 Elasticidades ingreso y precio de corto y largo plazos

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

Fuente: (Reyes O. Escalante R. y Mattas A., 2010)

Es evidente, que las elasticidades aportan un análisis relevante respecto a los cambios porcentuales de una variable respecto a otra. Utilizar las elasticidades implica evidencia empírica de que el crecimiento económico genera mayor contaminación a corto plazo, no obstante a largo plazo actúa como medida de mitigación de la contaminación ambiental. Por otro lado, el consumo de los combustibles es inelástico respecto a los precios de los combustibles lo que implica que una política pública de aumento en los precios no incide en el consumo de combustibles de manera significativa, sin embargo, esta política incide directamente en los precios de los productores y los costos de producción de todos los sectores económicos. Esto conllevaría a inflación en el largo plazo, No es de dudar, que esta aplicación del aumento de los precios de los combustibles es útil para racionar el consumo de combustibles conllevando a una reducción significativa de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) emitida por los automóviles. Tal como señala Reyes O. Escalante R. y Mattas A. (2010) *“Por tanto, un crecimiento económico continuo, sin una adecuada política de precios, generará un aumento en el consumo de gasolinas”* (Reyes O. Escalante R. y Mattas A., 2010).

Galindo y Salinas (1997), indican que es posible utilizar políticas públicas para reducir el consumo fósil a través de los precios de los combustibles, ya que implica un saldo positivo en reducir la contaminación de Dióxido de carbono. No obstante, tal como señala Reyes O. Escalante R. y Mattas A. (2010)

“Las políticas encaminadas a la reducción de emisiones pueden contraponerse con los objetivos de desarrollo y crecimiento de la sociedad. Esto indica que es necesario que se instrumenten diversas medidas para buscar separar el crecimiento económico del

consumo de combustibles y de las emisiones de CO2 asociadas” (Reyes O. Escalante R. y Mattas A., 2010).

Imponer una política pública respecto a reducir las emisiones de dióxido de carbono a través de los precios de los combustibles puede conllevar costos económicos a largo plazo, por ejemplo, la inflación y un menor poder adquisitivo de los ciudadanos.

3.4.2 Estimación de la demanda de la gasolina y su relación entre la emisión de dióxido de carbono.

De acuerdo con las elasticidades determinadas anteriormente se pretende construir la ecuación de la demanda de gasolina en función de los precios de los combustibles fósiles y de la misma forma determinar la relación de los precios respecto a las toneladas emitidas de CO₂ para el caso de México. La forma funcional de la demanda de gasolinas en función de los precios e ingresos es la siguiente.

$$\ln Q = \ln(A) + \beta_1 \ln P + \beta_2 \ln Y$$

$$Q_d = AP^{\beta_1} Y^{\beta_2}$$

Tabla 30 Estimación de la elasticidad Precio-Demanda de gasolinas en México.

Dependent Variable: LOG(GASOLINAS)
 Method: Least Squares
 Date: 01/26/16 Time: 17:20
 Sample: 1 191
 Included observations: 191

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(P/INPC)	-0.227905	0.066890	-3.407151	0.0008
LOG(Y)	1.960052	0.109056	17.97297	0.0000
C	2.499938	0.626226	3.992066	0.0001
R-squared	0.730580	Mean dependent var		12.02041
Adjusted R-squared	0.727713	S.D. dependent var		0.145516
S.E. of regression	0.075932	Akaike info criterion		-2.302384
Sum squared resid	1.083935	Schwarz criterion		-2.251302
Log likelihood	222.8777	Hannan-Quinn criter.		-2.281694
F-statistic	254.8971	Durbin-Watson stat		0.698583
Prob(F-statistic)	0.000000			

Elaboración propia

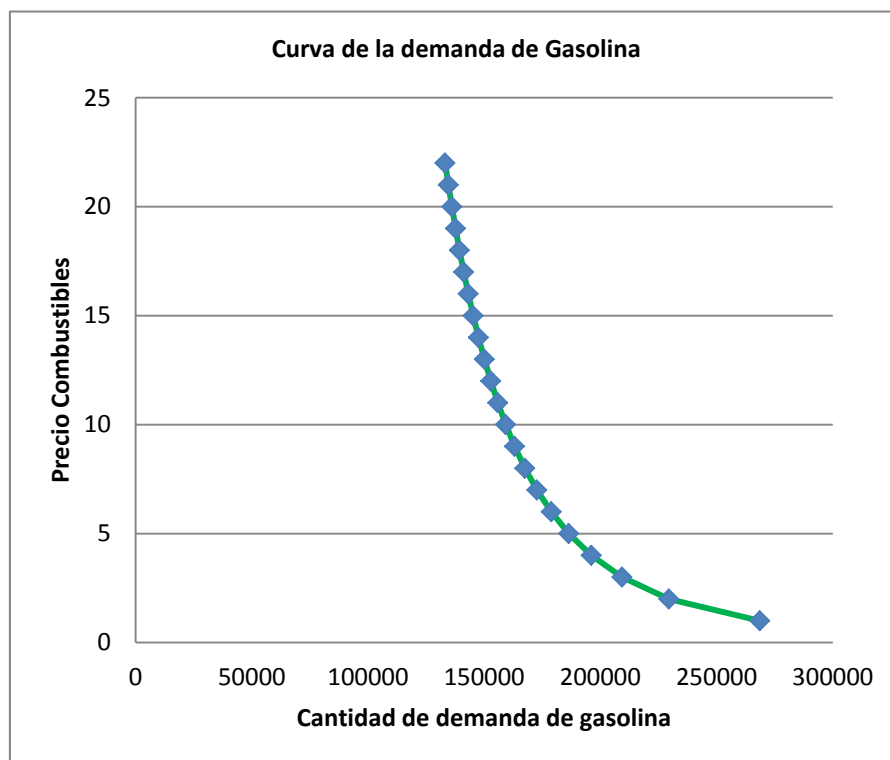
En la regresión que se estimaron los resultados que arrojaron lo que señala la teoría en una relación de los precios de los combustibles respecto a la demanda de gasolina, por tanto es negativa e inelástica para el caso de México. Por otro lado, la relación entre los ingresos respecto a la demanda de combustibles, resultó positiva y con demanda elástica. En el análisis, el modelo presentó autocorrelación con indicador Durbin Watson de 0.698583 y R² ajustada de 0.730580, no obstante, estos resultados no pronosticarán en el tiempo. Los coeficientes fueron estadísticamente significativos a un 5%, por lo que la ecuación que expresa esta relación es la fórmula de la demanda de gasolina con los resultados econométricos de la siguiente forma.

$$\ln Q = A^{18} - 0.2279 \ln(P) + 1.9600 \ln(Y)$$

$$Q_d = 268642.853 P^{-0.2279} Y^{1.9600}$$

p	Q
1	268642.853
2	229531.071
3	209347.976
4	196113.583
5	186427.124
6	178868.95
7	172718.173
8	167561.355
9	163140.67
10	159285.151
11	155875.964
12	152827.373
13	150075.622
14	147572.09
15	145278.911
16	143166.054
17	141209.328
18	139388.978
19	137688.676
20	136094.785
21	134595.801
22	133181.942

Gráfico 36 Curva de la demanda de gasolina



Elaboración propia

¹⁸ En la determinación de “A” una variable constante se obtuvo dividiendo la cantidad promedio de consumo de gasolina $Q_p = 167811.5$ Millo/Precio promedio gasolina (\$7.94). $A = \frac{167811.5}{7.94^{-0.22}} = 268642.85$.

Es evidente que la curva de la demanda de combustibles fósiles presentada en la gráfica 36 presenta una relación inelástica de la demanda de combustibles respecto a los precios. Esto significa, que la aplicación de la política de precios de combustibles para reducir las emisiones de CO₂ y reducir el consumo es irrelevante, ya que no incide en fomentar un consumo responsable de los energéticos. Esta problemática incide en que la contaminación no sea reducida de manera significativa en el tiempo. Estos resultados conllevaron a otro análisis respecto a la relación de las toneladas de emisión de CO₂ respecto a los precios de los combustibles, al no reducir a gran escala el consumo fósil se traduce en un mayor crecimiento de la contaminación, pero a menor escala en el tiempo. Se corrió el siguiente modelo econométrico expresando como endógena la variable emisión de CO₂ y la variable explicativa es el precio de los combustibles fósiles presentada en la siguiente tabla 31.

$$\ln Q = A^{19} - 0.3489 \ln(P)$$

$$Q_d = 653.4264 P^{-0.3489}$$

Tabla 31 Estimación de la elasticidad Precio- toneladas de CO₂ en México.

Dependent Variable: LOG(CO2)
Method: Least Squares

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(PR)	-0.348979	0.168035	-2.076817	0.0459
C	4.902891	0.401828	12.20146	0.0000
R-squared	0.118777	Mean dependent var		5.733813
Adjusted R-squared	0.091239	S.D. dependent var		0.228097
S.E. of regression	0.217442	Akaike info criterion		-0.156745
Sum squared resid	1.512995	Schwarz criterion		-0.066959
Log likelihood	4.664664	Hannan-Quinn criter.		-0.126125
F-statistic	4.313170	Durbin-Watson stat		0.184768
Prob(F-statistic)	0.045930			

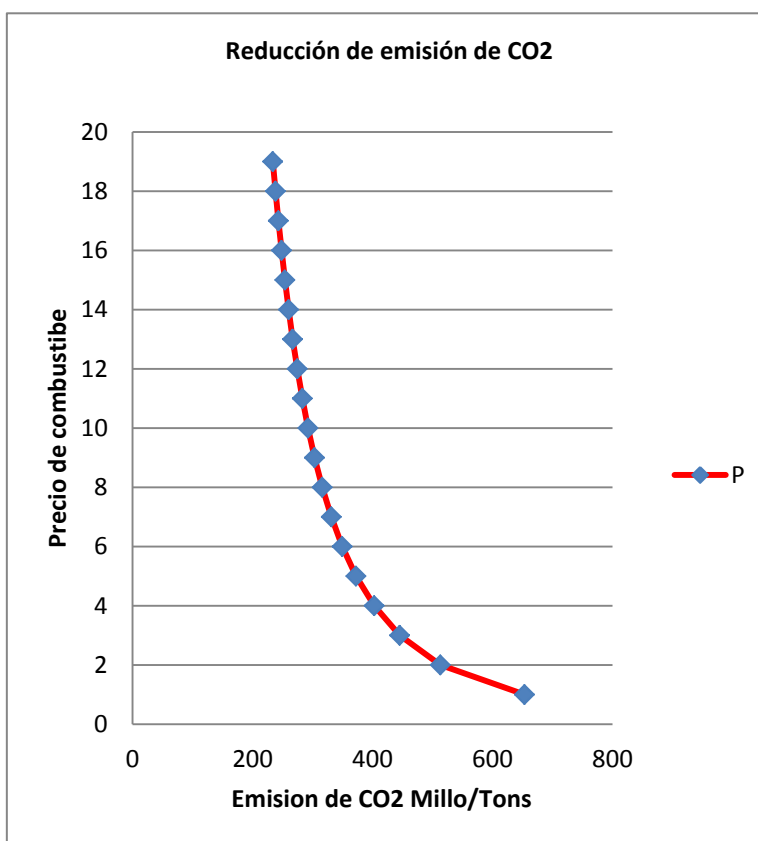
Elaboración propia

¹⁹ En la determinación de “A” una variable constante se obtuvo dividiendo la cantidad promedio de emisión de CO₂ QCO₂=316.981 Millo/Precio promedio gasolina (\$7.94). $A = \frac{316.981}{7.94^{-0.22}} = 653.4264$

Los resultados del modelo econométrico fueron los esperados, ya que el signo del coeficiente es negativo, es decir existe una relación inversa entre la variable endógena y la variable explicativa con un grado de significancia del 5%. Esto queda como evidencia de que los precios altos de los combustibles reducen las emisiones de CO₂. Una reducción menor respecto a la demanda de combustibles se vería reflejada en el largo plazo y por ende una reducción poca significativa en la reducción de emisiones de CO₂ como sugiere el modelo econométrico representando la relación precio- tone/CO2 en la gráfica 37.

Gráfico 37 Relación de precios- Tons/Co2

P	CO2
1	653.42642
2	513.030924
3	445.33968
4	402.800867
5	372.624012
6	349.653794
7	331.341033
8	316.25489
9	303.519148
10	292.561848
11	282.990928
12	274.527022
13	266.964709
14	260.148948
15	253.960129
16	248.304221
17	243.1061
18	238.304886
19	233.850626



Elaboración Propia

3.5 Conclusiones

Se ha demostrado que el crecimiento económico conlleva a un aumento de la contaminación ambiental en una fase inicial, sin embargo, en una segunda fase del crecimiento económico, al elevar al cuadrado la proyección en el modelo econométrico muestra una relación negativa respecto a la contaminación ambiental en México bajo la forma funcional de la curva ambiental de Kuznets. Lo anterior demuestra para el caso de México que está en una fase inicial de contaminación, ya que su crecimiento económico no es lo suficiente para mejorar y controlar la contaminación ambiental según la teoría. No obstante, al elevar los ingresos al cuadrado se obtiene una relación inversa en forma de una “U” invertida de Kuznets, sin embargo, bajo este supuesto México estaría disminuyendo sus niveles de contaminación al mismo tiempo que eleva sus ingresos, sin embargo, para que se dé esta duplicación de ingresos, se necesitarían décadas. Este argumento, se refleja en los resultados arrojados del modelo de panel con efectos fijos, ya que el punto de quiebre donde la contaminación ambiental comienza a decrecer es de $X_1 = \text{US\$ } 34,162.15$ PIB per cápita en los 31 países de la OCDE según se observa en la gráfica 35.

México tuvo un PIB per cápita en el año de 2013 de $\text{US\$ } 16,958.6$ mientras que el punto de quiebre (Turning Point) es de $X_1 = \text{US\$ } 34,162.15$. Es evidente que México necesita duplicar su PIB per cápita para alcanzar el punto de quiebre (Turning Point), sin embargo, dicho alcance está fuera de la realidad, ya que México necesitaría pasar a una economía en desarrollo a una economía desarrollada, pero para alcanzar que los ingresos se dupliquen, los recursos naturales y el medio ambiente necesitarán degradarse aún más. México, no necesita esperar de esa condición, es necesario aplicar instrumentos de políticas públicas que conlleven al control de la contaminación ambiental a corto plazo. Se espera que a largo plazo llegue a dicho punto de quiebre, sin embargo, tendrá costos significativos en dicha fase. Por lo anterior, se evidencia que el crecimiento económico a largo plazo conlleva una reducción de la contaminación ambiental, sin embargo, no es suficiente a corto plazo para el caso de México. Es necesario aplicar instrumentos de política pública que se enfoquen en reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Por otro lado, para el análisis de los resultados presentados en este capítulo, también se experimentó al insertar otras variables que permitieran contribuir en la reducción de la contaminación, por ejemplo, se corrió un modelo econométrico a través de una política de protección de áreas verdes como porcentaje de área geográfica del país. Los resultados fueron significativos, ya que al aumentar la protección de áreas verdes se reducen las emisiones de dióxido de carbono. También se corrió un modelo econométrico con objeto de pensar en aplicar una política de aumentar los precios de los combustibles fósiles (gasolina) cuyos resultados fueron significativos, ya que un aumento de los precios de los combustibles incide en disminuir la contaminación. Por último, se corrió un modelo con la forma funcional de la curva ambiental de Kuznets respecto al consumo de energía limpia. Los resultados fueron significativos y su relación con las emisiones de CO₂ es negativa, ya que al consumir energía limpia incide en disminuir el dióxido de carbono, ya que al sustituir la energía fósil por energía renovable implica una reducción significativa del contaminante.

Todo lo anterior deja en relieve, que es necesario aplicar políticas públicas ambientales para una reducción significativa de la emisión de CO₂ en México. Por otro lado, dejar que el crecimiento económico resuelva el problema no es factible, ya que muchos países están lejos del punto de quiebre de largo plazo por lo que se requiere una estrategia de corto plazo, lo cual solo se logrará a través de las políticas públicas ambientales que conduzcan al país a reducir sus emisiones de dióxido de carbono (CO₂) (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002). Es evidente, que el crecimiento económico no es suficiente para garantizar la corrección de la contaminación ambiental, es necesaria la intervención de instrumentos de política pública para la corrección de las externalidades negativas, en este caso la contaminación ambiental generados por los fallos de mercado.

Capítulo IV

Propuestas de políticas públicas para el control de emisiones de gases tóxicos en las grandes ciudades de México.

Introducción.

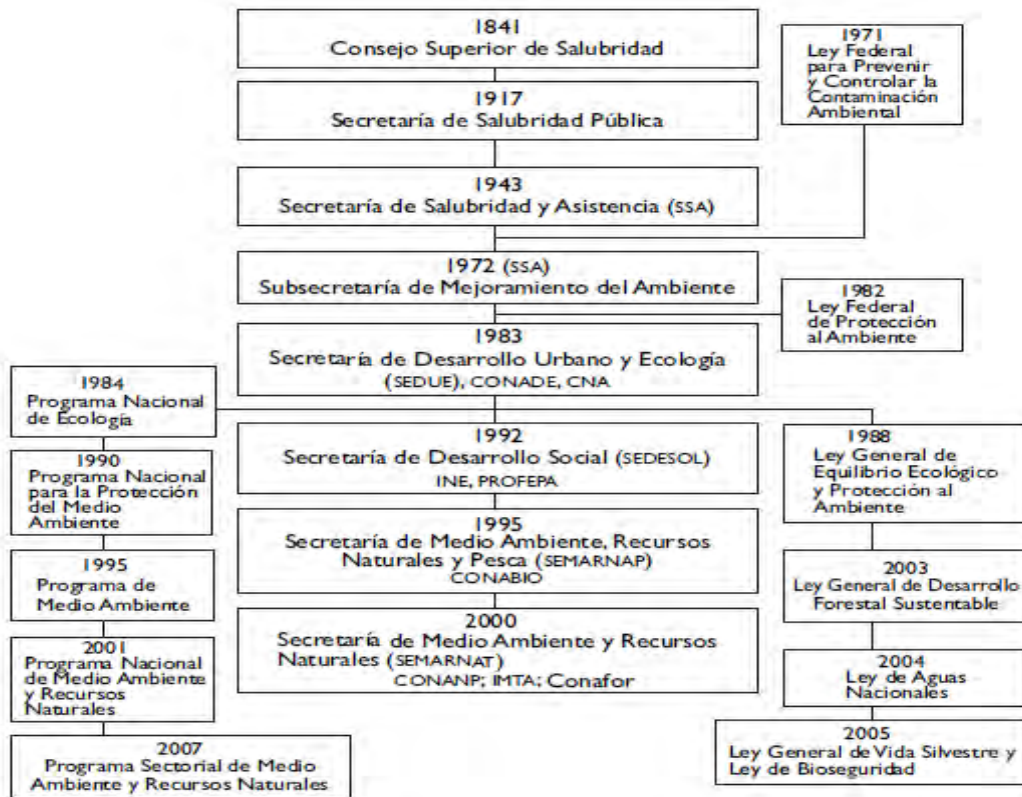
En este capítulo se analizan las políticas públicas ambientales dirigidas a la reducción de emisiones de gases tóxicos en México y sus resultados. También se propone políticas públicas ambientales como alternativas para la reducción de emisiones de CO₂ a corto plazo para el caso del parque vehicular, así como la construcción de una simulación de políticas públicas ambientales en un horizonte de 30 años para toma de decisión de los instrumentos adecuados para la reducción de emisiones de CO₂ en México.

4.1 Análisis de Políticas públicas ambientales aplicados en México y sus resultados

En México existen diversas instituciones gubernamentales que tienen como objetivo el cuidado del medio ambiente y del manejo de los recursos naturales. Desde la historia de México, se han creado diversos programas e instituciones que promueven el cuidado y el control de las actividades humanas a través de diseños de políticas públicas ambientales que indaguen al equilibrio entre el medio ambiente y las actividades económicas. Es importante señalar que las instituciones son las que rigen las reglas del juego y su participación es relevante en las actividades humanas (North, 2003).

Por otro lado, tal como señala Pérez (2010), es necesario contar con instituciones que diseñen políticas públicas ambientales cuyo objetivo sea el cuidado de los recursos naturales y el equilibrio sustentable respecto a las actividades económicas. Pérez (2010), diseñó el siguiente esquema de la evolución de los programas y organismos encargados del medio ambiente en México. En su análisis el autor demuestra la diversidad evolutiva de los programas y proyectos ambientales ejecutados a través de las secretarías que fueron desarrollándose durante el tiempo en México. Es importante señalar

que el enfoque normativo de las secretarías incide en crear leyes y reglamentos que permitan regular las actividades humanas y económicas.



Fuente: Pérez Calderón, Jesús, 2010: *La política ambiental en México*.

Es evidente, que México se ha esforzado en crear instituciones que promuevan la responsabilidad del medio ambiente desde cuidado del líquido vital (Agua) hasta los ecosistemas naturales a través del consenso entre las instituciones gubernamentales e internacionales. Es importante destacar, que los instrumentos de políticas públicas ambientales están en función en acuerdos normativos para el desarrollo económico y la sustentabilidad del país. Por tal razón, todas las instituciones involucradas en materia ambiental están sujetas a la directriz del Plan Nacional de Desarrollo (PND) con la finalidad de desarrollar instrumentos de políticas públicas ambientales que conduzcan al país en fomentar el equilibrio y la sustentabilidad ambiental. Gran parte de las políticas ambientales están dirigidas al cuidado del líquido vital (Agua) y del uso del suelo, no obstante, las instituciones presentan gran debilidad respecto al cuidado de aire. Es importante señalar, que dicha debilidad ha permitido que

las tasas de crecimiento de CO_2 no sean compensadas con instrumentos de políticas públicas ambientales dirigidos en mitigar la contaminación en el aire, ya que el país presenta una escasez de instrumentos eficientes para el control de la contaminación ambiental.

Las principales causas del exceso del aumento de la contaminación de gas de CO_2 en la atmósfera son por cuestiones de la concentración poblacional, el consumo energético, la quema de basura, aumento del parque vehicular e industrias cementeras. Se ha mencionado anteriormente que México es el segundo país con mayor muerte prematura por causa de la contaminación del aire en América Latina. Tal como lo señala OMS y Clean Aire Institute (2013) que la contaminación del aire ha sido uno de las primeras causas de muerte en México y Brasil.

Los efectos de la contaminación en el aire han sido significativos y nocivos en la salud de los seres humanos como son las enfermedades pulmonares (Asma, Bronquitis, Tos, pulmonía, muerte prematura) (Rojas, Leonora y Garibay, 2003). Las investigaciones académicas respecto a los efectos de la contaminación del aire, sugiere que los instrumentos de políticas públicas ambientales pueden mejorar las condiciones ambientales, a través de controles de estándares del uso de los recursos naturales, ejemplo, evitar la tala de árboles en las ciudades, mejorar las áreas verdes, fomentar el consumo responsable energético entre otras. De tal forma, esto conlleva a disminuir la contaminación ambiental (*la lluvia acida y el smog*) (Quadri, 1995; Camacho O. y Flamand L., 2008).

Es evidente, que el papel de las políticas públicas ambientales es importante para mejorar la calidad de vida (Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D., 2002). En México se han implementado diversos instrumentos de política pública ambiental para el monitoreo y control de las emisiones de contaminantes en el aire. Sin embargo, dichos instrumentos presentan deficiencias en sus evaluaciones y sus resultados han sido poco satisfactorios en reducir las emisiones de dióxido de carbono y del cuidado del medio ambiente (Camacho O. y Flamand L., 2008). No es de dudar, que dichos programas ambientales han sido las pautas para la iniciativa de una mayor responsabilidad para los recursos naturales, no obstante, en materia de calidad del aire, las políticas ambientales no han tenido resultados eficientes, debido

que los últimos años el CO₂ (Dióxido de carbono) y PM10 (Partículas suspendidas) han crecido de manera simultánea y sus efectos son más intensas en las grandes ciudades, por ejemplo, Monterrey, Edo México, Guadalajara, ciudad de México y Valle de México.

Gran parte de las emisiones emitidas proviene del parque vehicular. Por tal razón, las políticas ambientales en la actualidad están dirigidas en el sector automotriz, ya que la mayor parte de las emisiones de contaminantes son causadas por los transportes móviles (Lacy, Rodolfo, Lopez M., y Orteja L., 2000).

México ha contribuido en construir instrumentos de política pública ambiental con el objeto de reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y dichos programas son las siguientes:

- 1) **“Hoy no circula (Automóviles)”** (Valle de México, Monterrey, Edo de México, D.F). Objetivo: disminuir la contaminación (Dióxido de carbono CO₂, partículas suspendidas PM10 y dióxido de azufre S02). Este programa diversifica y jerarquiza a través de engomados a los automóviles en la cual controla la circulación del parque vehicular en función de los engomados, ya que los automóviles con engomado están en función al modelo de carro y la condición del motor.
- 2) **“Programa integral contra la contaminación atmosférica (PICCA)”**
Objetivo: reducir las emisiones de plomo, bióxido de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, así como los contaminantes causados por la deforestación y erosión. Su eje de acción se dividió estrategias que están centradas en las emisiones que provienen de las fuentes móviles: mejoras en la gasolina Pemex Magna
- 3) **“El Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del Valle de México 2002-2010”**
Objetivo: Monitorear la calidad de aire en las ciudades y determinar acciones que permitan reducir las emisiones de gases contaminantes.
- 4) **“Mejorar la calidad de aire en el valle de México (PCMCA)”**
Objetivo: Monitorear la calidad de aire en las ciudades.
- 5) **“Impuestos verdes o Pigouvianos”**

Objetivo: Disminuir el consumo de energía (Gasolina, Gas, productos petroquímicos) conocidos como IEPS a los combustibles fósiles. Este impuesto permite corregir las externalidades negativas como es la contaminación en el aire de México.

6) “Verificación vehicular”

Objetivo: Establecer el calendario y los lineamientos conforme a los cuales los vehículos automotores de combustión interna matriculados y/o que circulen en el Distrito Federal (cd de México) deberán ser verificados en sus emisiones contaminantes durante el primer semestre del año 2016.

Las políticas públicas ambientales mencionadas anteriormente tienen como objeto en fomentar la responsabilidad y el cuidado del medio ambiente precisamente en recurso natural del aire. Es evidente, que dichos programas han mejorado de manera significativa en la contribución del control de las emisiones de gases tóxicos, sin embargo, las expectativas esperadas no se han reflejado a través del tiempo, ya que las tasas de crecimiento de CO₂ han tenido una tendencia creciente durante 20 años.

Existen diversas críticas de los programas ambientales como es, el programa de “Hoy no circula” y “Verificación vehicular”. No es de dudar, que ha sido las bases para el fomento de la responsabilidad del uso vehicular. Sin embargo, dichos programa solo fomentan de manera temporal las emisiones de los gases tóxicos, debido que no contrarresta la problemática en su totalidad. Por ejemplo, el programa “Hoy no circula” tiene como objeto jerarquizar los autos antiguos y los autos nuevos. Los autos de modelo viejo con motor interno con deficiencia son condicionados en circular dos veces a la semana y los automóviles de más de 20 años es condicionada en circular un día a la semana (Rosales, 2014). Al parecer dicho programas no ha dado resultados significativos para la reducción de CO₂. La razón, es que dicho programa actúa como una píldora de aspirina, es decir, es temporal, ya que el programa de “Hoy no circula” solo neutraliza los efectos de la contaminación y no ha sido pertinente en la solución del problema desde la raíz, o sea se requiere de un cambio estructural. Es importante señalar, que la mayor parte del parque vehicular son vehículos con 20 años de antigüedad y por general

presenta un fuerte desgaste en el motor permitiendo mayor emisión de contaminación de CO₂. Esta problemática automotriz se ha intentado solucionar con el programa “Hoy no circula” y la “Verificación Vehicular”, no obstante, no ha sido una solución eficiente en el caso de México desde su creación. (Davis, 2007) en su investigación²⁰ respecto al programa “Hoy no circula” ha concluido que dicho instrumento no ha sido eficiente en la reducción del CO₂ a través de resultados de regresiones econométricos y ha dado como efecto el aumento del parque Vehicular y (Riveros, 2008), señala que los gases de efecto invernadero se desplazaron hacia una tendencia creciente desde 1990 hasta en la actualidad. Al parecer el programa “Hoy no circula” no dado resultados eficientes en la reducción de gases de efecto invernadero en el caso de la ciudad de México.

Por otro lado, en cuanto al programa “Verificación Vehicular” siendo parte fundamental del programa “Hoy no circula” ha tenido resultados favorables en cuanto a la recaudación fiscal del gobierno en las finanzas públicas, ya que los usuarios emiten un pago a los verificentros vinculados con la Secretaria del Medio Ambiente. Dicho programa genera ingresos a gran escala, sin embargo, dicho recursos no son utilizados para la creación de nuevos programas que contribuyan de manera significativa en la reducción de emisiones de CO₂. Al parecer el ingreso monetario de dicho programa no está definido como parte del combate de la contaminación ambiental, ya que la normativa en el reglamento no menciona el uso de los recursos generados del programa.

Es evidente, que tanto los programas “Hoy no circula y la Verificación Vehicular” presentan debilidades respecto a sus programas para la mitigación de la contaminación ambiental, por ejemplo, la corrupción que ha tenido una participación negativa para el cumplimiento de los programas ambientales (Lezama, 2016). No es de dudar, que ambos programas han contribuido significativamente en mejorar la calidad de aire, sin embargo, los resultados han sido temporales y poco eficientes. Se requiere programas que resuelvan al

²⁰ El investigador Davis (2007) en su artículo *The Effect of Driving Restrictions on Air Quality in Mexico city* evidenció que el programa HNC (Hoy no circula) no ha sido eficiente en la reducción de emisiones de efecto invernadero en la ciudad de México a través del uso de econometría por el método MCO. Al parecer el programa conllevó un aumento en el parque vehicular y la contaminación del aire aumento desde la creación de dicho programa.

problema desde la raíz y de forma estructural. No es simplemente la cuestión de controlar la circulación de los automóviles en función del engomado, se requiere de un programa que resuelva la contaminación ambiental a corto plazo. Por otro lado, es inverosímil cambiar al parque vehicular a un sistema innovadora de automóviles, pero es viable mejorar la situación de los motores a través de programas de subsidios y multas que más adelante se detallarán dichas propuestas en esta investigación. En la siguiente tabla 32 se muestran las ventajas y desventajas de los programas más relevantes en el control de la contaminación ambiental.

Tabla 32 Ventajas y desventajas del programa Hoy No Circula y verificación Vehicular

Programa	Ventajas	Desventajas
"Hoy no circula" (HNC)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduce en 25% a 70% las emisiones de CO2. (Molina, 2014) 2. Promueve la renovación del parque Vehicular. (Molina, 2014) 3. Es una medida exitosa en periodos de contingencia. (Molina, 2014) 4. fomenta el uso de otros esquemas de movilidad. (Molina, 2014) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Con el tiempo, algunos ciudadanos evitan la restricción mediante la adquisición de un vehículo, incrementando el parque vehicular alrededor del 3 %. (Molina, 2014) 2. No se aplica en toda ZMVM. (Molina, 2014) 3. Existe una falta de medidas complementarias para promover para promover la reducción de viajes en vehículos de bajo desempeño ambiental. (Molina, 2014) 4. Es temporal las reducciones de la contaminación del aire. 5. La corrupción por parte de los Verificentros. 6. Costos de viaje y de tiempo. Al no circular los vehículos los ciudadanos pierden tiempo y dinero.
"Verificación Vehicular"	<ol style="list-style-type: none"> 1. Induce el mantenimiento vehicular periódico. (Por la INECC) 2. Fomenta la renovación del sector transporte. (Por la INECC) 3. Incentiva la introducción de tecnologías y combustibles más limpios. (Por la INECC) 4. Salvaguarda la salud y el bienestar de las personas (Por la INECC) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corrupción en los establecimientos. 2. Los ingresos generados no es utilizado para la mitigación a la contaminación ambiental. 3. Diagnostica el automóvil y clasifica, pero no existe una participación gubernamental en cuanto la resolución del problemática.

Elaboración propia con el análisis de la INECC y por (Molina, 2014).

El programa gubernamental “mejorar la calidad de aire en el Valle de México 2002-2010”, ha sido uno de los programas que ha resultado muy evidente en materia de análisis estadístico y de implementación de ciertas políticas públicas ambientales como es la verificación vehicular entre otros

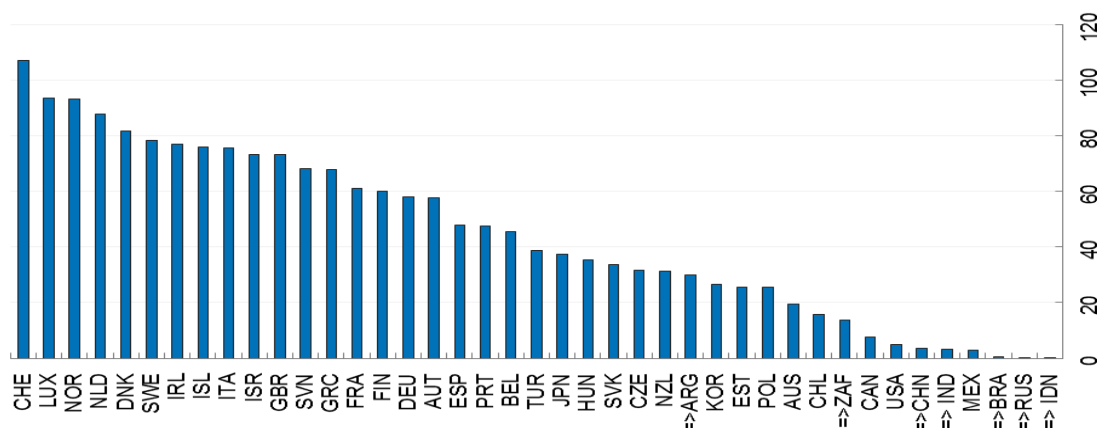
programas. Estos programas tienen como objeto la generación de datos estadísticos de la calidad del aire en ciertas ciudades como: Valle de México, Guadalajara y Monterrey desde la década de los 90's a través de los programas de calidad de aire del programa PROAIRE. Sin embargo, este programa no ha dado resultados significativos en la gran parte del país por escases de políticas públicas y extensión de equipo técnico de monitoreo de la calidad de aire. Es necesario que dicho programa esté relacionado simultáneamente con los instrumentos de políticas públicas ambientales para un mayor resultado a través del monitoreo y control de la calidad del aire. Es necesario que el programa sea extendido en todas las ciudades para una mayor instrumentación por parte de los gobiernos estatales y diseño de instrumentos de política pública ambiental.

Por otro lado, el país goza de impuestos verdes (*pigouvianos*) que tienen como objeto corregir las externalidades negativas generados por los fallos de mercado (Pigou, 1946). Dicho instrumento fiscal contribuye al fomento de un consumo responsable de ciertos productos con valor residual dañino al medio ambiente. El impuesto Pigouviano fue establecido a través del Congreso de la Nación con el nombre IEPS (Impuesto especial de producción y servicios a los energéticos). Este impuesto correctivo se deriva respecto a los productos como: la gasolina, diésel, gas natural, petroquímicos con el objetivo de disminuir el consumo de dichos bienes, y así reducir los gases tóxicos (Dióxido de Azufre, Pm10, CO₂, etc.), no obstante, esta política de impuestos correctivos no ha generado resultados eficientes respecto a la reducción de emisiones de contaminantes como el CO₂ (*Dióxido de carbono*). El primer problema surge, de que los impuestos correctivos respecto a los energéticos tienen un efecto inelástico respecto al consumo, por ende, al no contrarrestar el consumo las emisiones no se reducen. El segundo problema se deriva de los ingresos generados por los impuestos correctivos. Al parecer, los ingresos captados no son utilizados de manera eficiente, ya que no son destinados a programas de mejoramiento del medio ambiente en la normatividad que establece la ley de los impuestos a los combustibles. El problema radica en que los impuestos IEPS a los combustibles fósiles son dirigidos a gasto corriente, la mayor parte en el gasto público. Es necesario que dicho ingresos sean utilizados única y exclusivamente para la creación de programas y políticas públicas ambientales

que corrijan las externalidades negativas, en este caso, la contaminación ambiental o, por lo contrario, no se estaría cumpliendo con el objetivo del instrumento del impuesto correctivo, ya que su naturaleza de un impuesto pigouviano es corregir la externalidad respecto a los ingresos captados. Estas debilidades que presenta esta política pública ambiental aplicada en México no han permitido que la tasa de crecimiento de CO₂ sea reducida en el tiempo.

Otra debilidad que presenta México son las deficiencias en la instrumentación de instrumentos de impuestos correctivos. El país ejecuta únicamente los impuestos IEPS a los combustibles fósiles, no obstante, no ha sido un instrumento eficiente en la reducción de emisiones de CO₂. En la siguiente gráfica 38 es evidente observar que los países desarrollados implementan altos impuestos correctivos para reducir las emisiones de carbono.

Gráfico 38 Impuestos Ambientales en los países de la OCDE 2010.

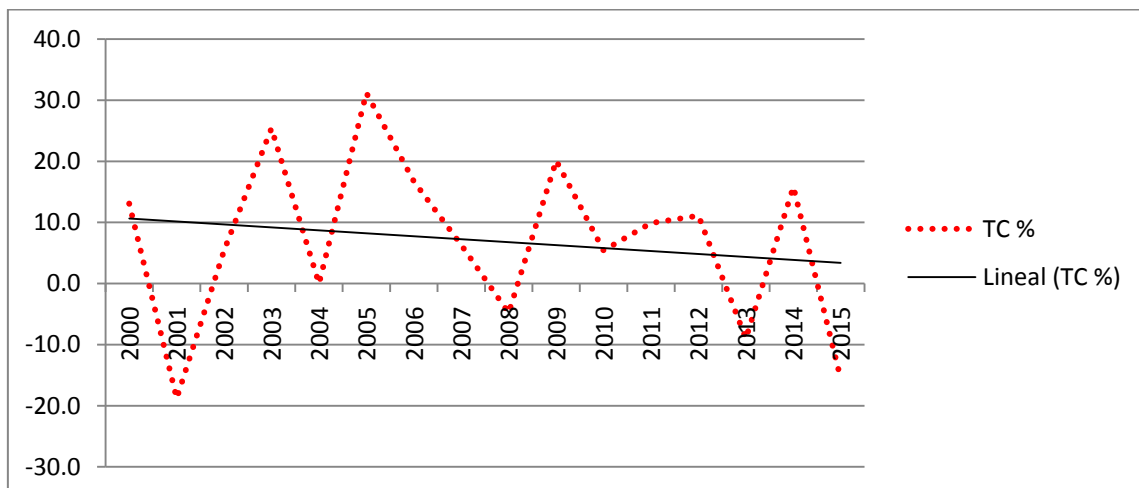


Elaboración Propia con base a datos OCDE 2010.

Es evidente, que los países desarrollados como Suiza, Noruega, Luxemburgo, Dinamarca entre otros países, se han preocupado del cuidado del medio ambiente y han conllevado al uso de instrumentos impositivos que permitan regular las actividades económicas favoreciendo el uso de energía renovable y la sustentabilidad. Lo interesante de dichos impuestos, es que los ingresos son utilizados directamente en el combate a la contaminación ambiental, por ejemplo, programas de reciclaje, innovación tecnológica (I+D) e inversiones en capital humano. El caso de México es diferente, ya que los ingresos generados de los IEPS respecto a los combustibles fósiles no es

destinado lo suficiente para la creación de programas y políticas públicas para el combate de la contaminación ambiental. Es evidente observar en la gráfica 39, que la tendencia es negativa respecto al gasto dirigido al cuidado del medio ambiente. Al parecer, en el país no se da la debida importancia al tema ambiental, ya que el gasto en este rubro es reducido cada año. Esta situación indica que los ingresos generados por las IEPS respecto a los combustibles fósiles no son utilizados para financiar programas y proyectos que permitan reducir las emisiones de gases tóxicos, sino es utilizada para el gasto corriente. No es de dudar, que los impuestos en su normatividad busquen la corrección de las externalidades negativas, sin embargo, en este caso los impuestos de México no están cumpliendo con la normatividad de los impuestos correctivos.

Gráfico 39 Tasa de crecimiento Real de los gastos dirigidos al cuidado del medio ambiente.



Elaboración propia con base a datos SCHP gasto programable 2000-2015.

Para finalizar, México se ha esforzado en diseñar políticas públicas ambientales a través de las instituciones gubernamentales que conlleven al control de las emisiones de gases tóxicos y promover la importancia del medio ambiente a través de instituciones como: la SEMARNAT (*Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*), INECC (*Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*) y CONAGUA (*Comisión Nacional del Agua*). Sin embargo, al país aún le falta combatir el problema de contaminación del aire a través de medidas y programas más eficientes, que resalten los instrumentos eficientes de la política pública ambiental, ya que es necesario buscar alternativas

innovadoras e instrumentos de políticas ambientales que contrarresten manera paulatinamente a los problemas del medio ambiente y garantizar los recursos naturales para las futuras generaciones.

4.2 Políticas públicas y gestión de alternativas para el control de gases tóxicos en las grandes ciudades en México.

En México existen diversos instrumentos de políticas públicas ambientales dirigidos a la mitigación y reducción de emisiones de CO₂ en las zonas urbanas como en el caso de la ciudad de México y del Valle de México. Es importante señalar que dichas políticas ambientales se analizaron anteriormente en este capítulo de la investigación. Los resultados de las políticas ambientales aplicados en México han sido poco significativos en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y su impacto ha sido pésimo para el bienestar ambiental. No es de dudar, que México siendo un país emergente ha dado las pautas necesarias para el fortalecimiento de instrumentos de políticas públicas ambientales dirigidas para el cuidado del medio ambiente y del bienestar ciudadano. Esto ha permitido que el gobierno mexicano adopte mecanismos instrumentales para la reducción de emisiones de Dióxido de carbono (CO₂). Por otro lado, el análisis econométrico de series de tiempo desarrollado en esta investigación ha comprobado que no existe una curva ambiental de Kuznets en el caso de México. En esta situación existen dos posibles respuestas. La primera, es que el crecimiento económico no es suficiente para la reducción de CO₂ como señala la teoría de la curva ambiental de Kuznets en el caso de México. El segundo es que las políticas públicas ambientales no son los suficientes apropiados para contrarrestar la contaminación en el aire.

Es importante señalar, que la curva ambiental de Kuznets se analiza a través de dos factores: El crecimiento económico y las políticas públicas ambientales. En el caso de México los dos factores importantes son débiles para evidenciar la curva ambiental de Kuznets. Por tal razón, en este capítulo se proponen algunos instrumentos de política pública ambiental para la reducción de emisiones de CO₂ en el país. También es importante señalar, que dichas propuestas de instrumentos de política pública son importantes para el

cumplimiento de la curva ambiental de Kuznets a largo plazo, es decir, el crecimiento económico no es suficiente para evidenciar dicha curva en ciertos países como el caso de México y por tanto se requiere de instrumentos de políticas públicas ambientales para el control de la contaminación ambiental.

4.2.1 Multas automovilísticas respecto emisiones de gases de dióxido de Carbono CO₂.

La primera propuesta para la reducción de Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) es la aplicación de multas dirigidas a los automóviles en condiciones pésimas en sus motores. Según la “confederation suisse” el 80% de la contaminación en el aire proviene de automóviles en mal estado. Es importante señalar, que la falta de mantenimiento en los motores móviles incide en emitir mayor contaminación ambiental. Por tal razón, el objetivo de la propuesta es controlar las emisiones de Dióxido de carbono a través de la regulación por instrumentos de multas automovilísticas.

No es de dudar, que en México existen diversos programas para la mitigación de la contaminación en el aire, por ejemplo, “hoy no circula”, no obstante, dicho programa en su estado normativo es eficiente, sin embargo, la realidad es otra, ya que dicho proyecto no ha dado resultados eficientes para la reducción de las emisiones de Dióxido de carbono.

Por tal razón, en esta investigación propone el siguiente programa gubernamental “**Motor limpio, Aire limpio**”.

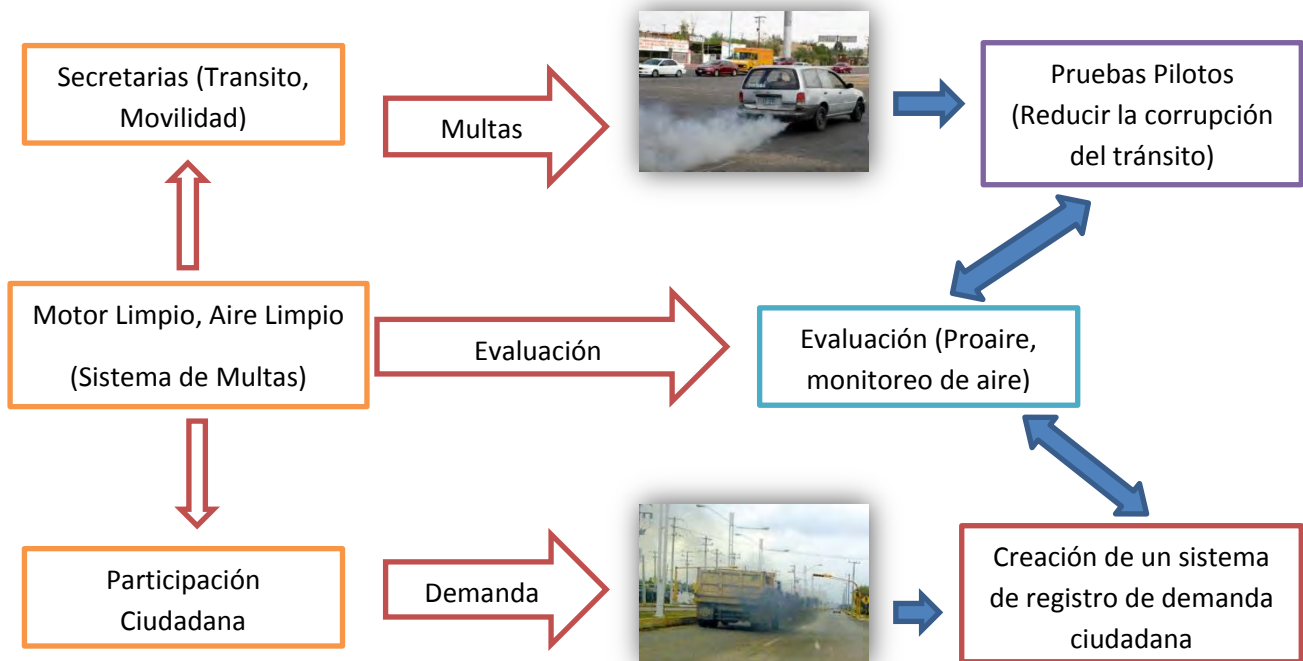
El programa es nuevo y consiste en castigar o multar a los agentes que contaminan con mayor impacto al medio ambiente. De esta forma, los agentes tendrán que asumir la responsabilidad de limpiar y mantener en condiciones favorables para el medio ambiente, y si fuera lo contrario el gobierno tendrá la facultad de multar dichos agentes que no asuman la responsabilidad en la limpieza en sus motores móviles.

El programa estará vinculado con dos sectores significativos para la ejecución eficiente del programa “Motor limpio, Aire limpio”. El primer sector, es la secretaria de tránsito cuyo objetivo es monitorear y verificar el comportamiento de los agentes automovilísticos en las ciudades. El segundo sector, es la participación ciudadana. Es importante señalar, que la participación ciudadana es la clave para el éxito de los programas sociales

gubernamentales. La función de la participación ciudadana en el programa “Motor limpio, Aire limpio” consiste en que los ciudadanos participen denunciando a los vehículos contaminantes con condiciones pésimos en sus motores, es decir, los móviles que emitan gran cantidad de humo en sus escapes. Las denuncias estarán registradas a través del número de placa y el modelo de automóvil. El gobierno se encargará de citar dichos agentes para la aplicación de la multa por presentar una pésima condición en su motor móvil.

Por otro lado, se ha señalado la participación del sector de la Secretaría del Tránsito, es evidente que el sector de tránsito presenta una deficiencia de credibilidad y Justicia, ya que la mayor parte de dicho sector comete delitos en cuanto a corrupción a través de mordidas y chantajes en el momento de una aplicación de una multa automovilística, para ello el gobierno aplicará pruebas pilotos para castigar a los agentes de tránsito que cometan corrupción. Las pruebas pilotos consisten en crear un agente ficticio que se haga pasar como un vehículo en condiciones de mal estado en su motor. Este agente tratará de ofertar un chantaje monetario al judicial del tránsito, si este acepta la oferta automáticamente el agente ficticio tomará el número de placa del vehículo y el nombre del agente del tránsito y en ese momento será informado al gobierno para ejecutar la baja de dicho agente de tránsito por aceptar chantajes o mordidas monetarias. Estas pruebas pilotos garantizarán que el programa “Motor limpio, Aire limpio” se ejecute con resultados eficientes y que la corrupción no sea un obstáculo para el control de la contaminación ambiental. Por otro lado, para garantizar que se cumpla el programa “Motor limpio, Aire limpio” se propone también instalar en todas las ciudades medidores de calidad de aire que permitan monitorear la limpieza del aire y este a la vez funcionará como un evaluador de las funciones de los dos sectores (Secretaría del tránsito y la participación ciudadana) en la reducción de emisiones de dióxido de carbono. De esta forma, el gobierno garantizará que el programa “Motor limpio, Aire limpio” se cumpla y obtenga resultados favorables para el medio ambiente a través de instrumentos de multas. En el siguiente esquema se muestra la distribución del programa gubernamental.

Esquema del Programa “Motor Limpio, Aire Limpio”.



Elaboración Propia.

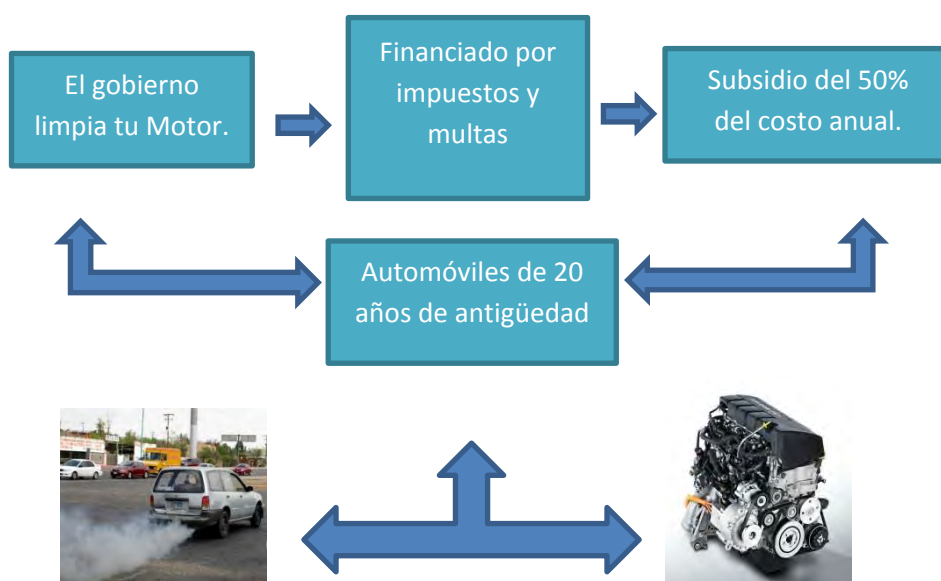
4.2.2 Subsidios Automovilísticos para Reducción la Contaminación atmosférica (CO₂).

La segunda propuesta para la reducción de emisiones de Dióxido de carbono (CO₂) es la creación del programa “El gobierno limpia tu Motor” con el objetivo de subsidiar a los automóviles con deficiencias en el motor. Es evidente, que la mayor parte que compone el parque vehicular en México son automóviles con modelos antiguos y con ciertas deficiencias en el motor. El problema radica en que los mexicanos en su mayoría son incapaces de comprar autos nuevos, ya que su presupuesto de ingresos es inalcanzable en la adquisición de autos con mayor eficiencia en el motor, por ejemplo, autos con menor consumo de gasolina y con menor contaminación emitida. Esta problemática se observa en la gran parte de los países en desarrollo.

Al parecer son escasos los programas que permitan resolver este problema de los autos que emiten una gran cantidad de contaminación por la deficiencia en el motor. Por tal razón, se propone el programa “**El gobierno limpia tu Motor**” que está dirigido exclusivamente para los automóviles que emiten mayor contaminación en el aire. El programa consiste en que el gobierno subsidie el 50% del costo de la limpieza del motor, ya que en promedio la limpieza de un motor móvil suele costar \$ 6000 (Seis Mil pesos). Es importante señalar que la limpieza de un motor es anual.

El proceso del subsidio a través del programa “El gobierno limpia tu Motor” se ejecutara anualmente en función del modelo del móvil y de su grado de deficiencia en el motor. Es importante señalar, que dicho programa no se aplicará en toda la población del parque vehicular, sino exclusivamente a los autos que presenten graves daños en el motor. Esta propuesta permitirá de manera eficiente la reducción de emisiones de CO₂, ya que permitirá mejorar la condición del motor y la vida útil del automóvil. Por otro lado, es evidente que la mayoría de los mexicanos son incapaces de adquirir automóviles nuevos, no obstante con la ejecución del programa “El gobierno limpia tu Motor” permitirá mejorar la situación de la contaminación ambiental en el aire en las ciudades. En el siguiente esquema demuestra la distribución del programa gubernamental.

Esquema del Programa “El gobierno limpia tu Motor”



Elaboración propia.

4.3 Simulador de políticas públicas ambientales para la reducción de la contaminación atmosférica (CO₂) en México.

En esta investigación de igual forma se proponen otras alternativas que permitan mitigar la contaminación en el aire. Por tal razón, se construyó un simulador de políticas públicas ambientales que permitan observar resultados a futuro en un horizonte de 30 años, así como la determinación de una adecuada política pública ambiental. Es importante señalar que el simulador fue construido a través de las elasticidades de cada variable calculadas a través de regresiones de series de tiempo con el método M.C.O. Se utilizaron tres proxys como políticas públicas ambientales. El primer proxy es la variable precio de la gasolina, el segundo proxy es la energía limpia (eólica, hidráulica y solar) y, el tercero, es el área selvática. Es importante señalar, que esta tercera variable es el porcentaje de selvas protegidas y del área selvática a nivel nacional de acuerdo a los datos de Banco Mundial.

En el análisis, el grado de eficiencia de las tres variables proxys está en función de su grado de elasticidad. En los resultados obtenidos de las regresiones de series de tiempo se obtuvieron elasticidades negativas de las tres variables como se esperaba respecto a la variable dependiente dióxido de carbono (CO₂). En la siguiente tabla 33 se observan los resultados de las elasticidades de los modelos econométricos de serie de tiempo de este modelo de investigación. En el análisis, la relación entre la aplicación de precios a la gasolina y el dióxido de carbono es -0.03914 negativa e inelástica, es decir, un aumento de los precios de la gasolina reduce las emisiones de CO₂ a menor escala. La segunda relación es la energía limpia y el dióxido de carbono obteniendo una elasticidad de -0.0840 que es negativo y presenta una mayor reducción en el CO₂, es decir, un aumento del 1% de la energía limpia se reduce con mayor escala la contaminación en el aire. La tercera relación es el área selvática (áreas protegidas y área selvática) respecto al dióxido de Carbono y presentó una elasticidad de -0.113359 que es negativo y reduce a mayor escala el CO₂.

Tabla 33 Resultados de modelo econométrico (elasticidades)

Modelo econométrico		Elasticidades
Política de precio de gasolina (Precio-CO2)	(1)	-0.039144
Política de energía (Limpia-CO2)	(2)	-0.084079
Política de protección de (SELVA-CO2)	(3)	-0.113359

Elaboración Propia

De acuerdo con las elasticidades obtenidas en los modelos econométricos se construyó un simulador para determinar la política eficiente para la reducción de las emisiones de CO₂. Para determinar el simulador se ajustó la tasa de crecimiento de dióxido de carbono respecto a las elasticidades de cada variable quedando de la siguiente forma.

$$TC_{ajustada} = TC_t + (\epsilon) * \alpha$$

Dónde:

TC_{ajustada} = Tasa ajustada CO₂ respecto la elasticidad de las variables.

TC_t = Tasa de crecimiento durante el período de estudio de CO₂ (1980-2013)

α = Ponderación para la reducción objetivo (5%)

ε = Elasticidad

De acuerdo de lo establecido se calcularon las tasas ajustadas para la proyección en un horizonte de 30 años. El primer ajuste fue de los precios de la gasolina,

$$TC_{ajus} = 0.00881 + (-0.039144 * 5\%)$$

$$TC_{ajus} = 0.02286695$$

El segundo ajuste, es la aplicación de la política ambiental de la energía limpia.

$$TC_{ajus} = 0.00881 + (-0.084079 * 5\%)$$

$$TC_{ajus} = 0.0206202$$

El tercer ajuste es la aplicación de la política ambiental de la protección de áreas selváticas.

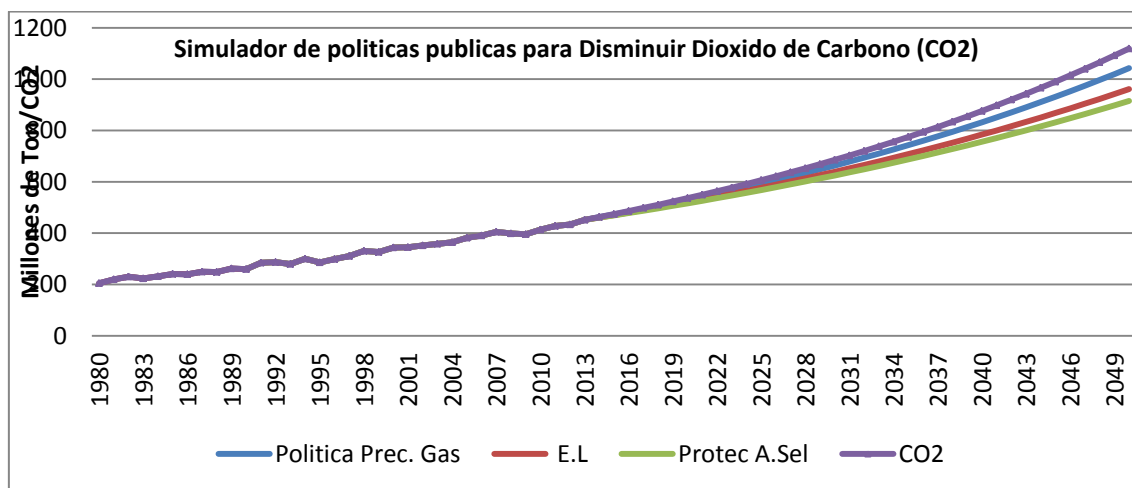
$$TC_{ajus} = 0.00881 + (-0.113359 * 5\%)$$

$$TC_{ajus} = 0.01925813$$

De acuerdo con las tasas ajustadas del crecimiento de CO₂ respecto a las elasticidades de cada variable se proyectó un horizonte de 30 años de 2014 a 2050 a través de la aplicación de la formula valor futuro. En la gráfica 40, se

observa la evolución del crecimiento de dióxido de carbono a través de la aplicación de las tres políticas públicas ambientales.

Gráfico 40 Simulador de políticas públicas ambientales para la reducción de CO2



Elaboración Propia

En el análisis de la gráfica anterior, se observa la evolución del dióxido de carbono (CO₂) respecto al tiempo. Es evidente que la aplicación de una política ambiental en el aumento de precios de los combustibles fósiles (*Política prec. Gas*) no incide de manera eficiente a la reducción de CO₂, ya que al parecer se reduce a menor escala. Esto se debe a que la elasticidad respecto a los precios de la gasolina en relación con la emisión de CO₂ es negativa e inelástica. Esto implica que dicha política de aumentar los precios de los combustibles no es una solución óptima al problema del contaminante de CO₂, no obstante, dicha política conlleva un severo daño a la economía, ya que al aumentar los precios de los combustibles se genera inflación en el país implicando un desequilibrio macroeconómico a corto plazo.

La segunda política ambiental es la producción de energía limpia (hidráulica, Eólica y Solar) y su sigla en (E.L), se observa en la gráfica 40 que la aplicación de dicha política ambiental en producir energía sustentable reduce las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a gran escala, ya que su elasticidad de la variable de energía limpia respecto al CO₂ es negativa y su elasticidad es superior respecto a la política de los precios de los combustibles fósiles. Esta política ambiental demuestra que apostar en invertir en tecnología sustentable repercute en la reducción de emisión de dióxido de carbono a largo plazo, ya

que estaría sustituyendo el combustible fósil a tecnología sustentable en el futuro. Existen países desarrollados como: Alemania, Suecia, Irlanda, suiza, Luxemburgo que han apostado en grandes inversiones monetarias en investigación y desarrollo (I+D) para la creación de tecnología sustentable. Los resultados han sido significativos y favorables en reducir las tasas de emisiones de CO_2 . En la gráfica 40, se observa que la aplicación de una política ambiental en producción de energía limpia reduce de manera significativa y eficiente el dióxido de carbono en México. Es importante señalar, que el país de México no ha reducido sus emisiones de CO_2 y es eminente observar que apostar a la energía sustentable repercute en reducir las tasas de CO_2 a largo plazo. Para entonces, México debe invertir en Investigación y Desarrollo (I+D) para generar capital humano que permita innovar tecnología sustentable que sea favorable para al medio ambiente.

La última política ambiental respecto al simulador construido es la aplicación de una política de protección de áreas selváticas. Esta política de acuerdo al simulador, es la que reduce con mayor eficiencia el CO_2 . Es importante señalar, que los recursos forestales actúan como catalizador de las emisiones de CO_2 , es decir, captura el dióxido de carbono y es transformado en oxígeno. Por tal razón, organismos como: ONU (Organización de las Naciones Unidas), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), han desarrollado mecanismos para el cuidado del medio ambiente como en el caso del programa REDD+ (*Reducción de emisiones por deforestación y degradación*), cuyo objetivo es reducir la tasa de deforestación forestal y permitir que los recursos forestales capturen a mayor escala las emisiones de CO_2 .

En la tabla 34, se demuestra los resultados finales de las políticas ambientales en la reducción de emisiones de CO_2 en un horizonte de 30 años. Al parecer la aplicación del aumento de los precios de los combustibles fósiles reduciría 1,117.34 millones de toneladas de CO_2 del 2014 a 2050. La aplicación de producción de energía limpia (E.L) reduciría 2,334.16 millones de toneladas

de CO₂ de 2014-2050. Por último, la aplicación del cuidado de áreas selváticas reduce 3,098.95 millones de toneladas de CO₂ de 2014-2050.

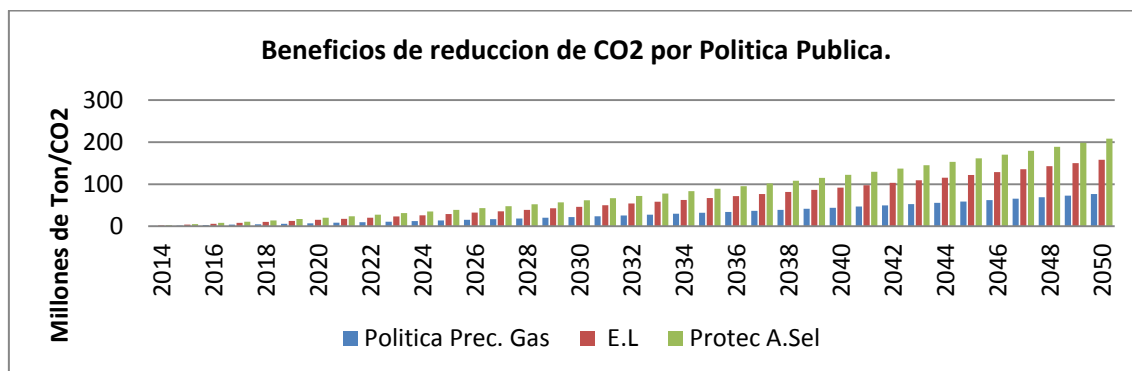
Tabla 34 Resultados de simulador de políticas públicas ambientales.

MODELO 1 (Precios-CO ₂) Reducción en Millones de Toneladas (2014-2050)	MODELO 2 (Limpia-CO ₂) Reducción de Millones de Toneladas (2014-2050)	MODELO 3 (Selva-CO ₂) Reducción de Millones de Toneladas (2014-2050)
1,117.34	2,334.16	3,098.95

Elaboración Propia

Es evidente, que las dos mejores políticas para la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) son el cuidado forestal y la inversión en energía limpia, ya que ambos son elásticos para la reducción de emisión de dióxido de carbono. En la gráfica 42, se observa que las políticas de energía limpia y la protección de áreas selváticas son las que inciden en reducir las emisiones de dióxido de carbono con mayor significancia en un horizonte de 30 años para México.

Gráfico 41 Reducción de emisiones de CO₂ por política pública (2014-2050)



Elaboración Propia.

4.4 conclusiones.

Las políticas públicas ambientales en México han tenido un papel importante en la determinación del cuidado del medio ambiente, no obstante, los resultados han sido pocos significativos en la reducción de gases de efecto invernadero en las distintas ciudades donde operan los programas. Al parecer, los programas más relevantes para el combate de la contaminación del aire como: “Hoy no circula” y “Verificación Vehicular” sus resultados han sido temporales y no un cambio estructural. Por otro lado, los impuestos

Pigouvianos como son los impuestos a los combustibles fósiles solo han generado una reducción poco significativa de la contaminación ambiental, ya que la política del aumento de los precios a través de los impuestos a los combustibles no ha contrarrestado el consumo energético fósil, por la relación inelástica precio-demanda, es decir, un cambio porcentual a los precios de los combustibles no reduce al consumo o la demanda de energéticos. Otro problema que radica respecto a los impuestos proviene de los ingresos generados, ya que dichos ingresos no son utilizados para mitigar y resolver las externalidades negativas como es la contaminación ambiental, sino es utilizado en financiar al gasto corriente.

A pesar que México tiene una carencia de impuestos verdes no es utilizada eficientemente para crear programas y proyectos para la mitigación de la contaminación ambiental. Por otro lado, México necesita programas de no corte temporal, sino de un cambio estructural de la contaminación ambiental, es evidente, que en la simulación de políticas públicas en un horizonte de 30 años México necesita apostarle a sustituir la energía fósil por energía sustentable, así como también apostar al cuidado de los árboles, ya que estos actúan con mayor significancia en reducir las emisiones de CO₂ en los próximos 30 años.

Es importante señalar, que las propuestas descritas en este capítulo “Motor Limpio, Aire Limpio” y “El gobierno limpia tu motor” son algunas soluciones inéditas para resolver el problema de la contaminación ambiental, ya que su naturaleza es garantizar que existan resultados notables a corto plazo. En fin, es necesario buscar alternativas frescas de corte estructural y no temporal para resolver las externalidades negativas a corto plazo y garantizar que los programas se ejecuten con transparencia y justicia para arrojar resultados eficientes en el tiempo.

CONCLUSION GENERAL

Para finalizar este trabajo de investigación, se pretende dar a conocer los resultados empíricos realizados en México en el tema de la contaminación ambiental. Es importante señalar que el objetivo principal de esta investigación, es determinar la relación entre la contaminación atmosférica (CO_2) con el crecimiento económico en México (1971-2013) y el papel de las políticas públicas ambientales bajo la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. Por otro lado, la hipótesis que sostiene esta investigación queda demostrada en que la relación entre la contaminación atmosférica (CO_2) con el crecimiento económico y las políticas públicas ambientales implementadas en México (1971-2013) presentan una fase inicial de la curva ambiental de Kuznets.

Los modelos econométricos de series de tiempo y de datos de panel permitieron evidenciar que la contaminación ambiental en relación con el crecimiento económico tienden a una fase inicial de contaminación en el aire a través del indicador de dióxido de carbono (CO_2) en forma lineal. De este resultado, se estableció una jerarquía de los países que presentan una “U” invertida a través de la tabla 27 del capítulo 3 de esta investigación.

México se encuentra en la fase inicial conjuntamente con otros países, ya que el punto inflexión decreciente de la contaminación es de US\$ 34,162.15 PIB Per Cápita, no obstante el país está fuera de la realidad de obtener dicho ingreso. Es evidente, que este resultado indica que el crecimiento económico no es suficiente para evidenciar la “U” invertida para el caso de México.

Por otro lado, las variables con mayor participación en la emisión de CO_2 , es el consumo energético y la densidad poblacional. No es de dudar, que dichas variables sean causales en la emisión de CO_2 explicado en el modelo econométrico de series de tiempo. El sector energético (GLP, Gasolinas, Diésel y electricidad), así como también la densidad poblacional son las variables que tienen mayor participación en la contaminación ambiental en el aire conllevando mayor acumulación de CO_2 en la atmósfera incidiendo el calentamiento global y efectos nocivos a la humanidad, por ejemplo, la gran parte de las enfermedades es causada por la contaminación en el aire. Esta problemática está correlacionada con la densidad poblacional, al aumentar la

demográfica tiende a aumentar el parque vehicular y mayor acumulación de basura (quema de basura) inciden en un aumento significativo de la contaminación en el aire a través del CO_2 .

Estos problemas son más comunes en la ciudad de México y en el valle de México. Los estudios realizados por el IMCO señalados en el capítulo 2 sugieren que la gran parte de las muertes prematuras es causada por los gases de efecto invernadero en las grandes ciudades en México demostrada en el gráfico 19. Es necesario que el gobierno implemente instrumentos de política ambiental para el desarrollo de ciudades sustentables y con mayor infraestructura verdes que permitan reducir el problema de contaminación en el aire, permitiendo una calidad de vida mejor para los ciudadanos a través de la política ambiental dirigida en las ciudades.

Otro análisis impactante que dió a conocer los modelos econométricos, sugiere que el papel de las políticas ambientales implementadas en México no han dado resultados significativos en la reducción de las emisiones de CO_2 . La teoría señala, que el crecimiento económico no es suficiente para evidenciar la curva ambiental de Kuznets de forma de "U" invertida, sino de igual forma la participación de los instrumentos de política pública ambiental inciden en evidenciar dicha curva, no obstante, en el caso de México las dos variables señaladas, el crecimiento económico y las políticas ambientales implementadas en el país, no han sido suficientes para promover que se diera esta curva ambiental de Kuznet en forma de "U" invertida.

Por otro lado, es importante señalar, que en México una de las políticas ambientales implementadas son los impuestos a los combustibles fósiles con el objetivo de reducir el consumo de gasolina y por ende, reducir las emisiones de CO_2 en el sector del parque vehicular, no obstante, se corrió modelos econométricos de series de tiempo y dió resultados significativos, que una política ambiental en aumentar los precios de los combustibles no reduce de manera significativa el consumo de combustibles fósiles traduciéndose en una reducción en menor escala, ya que el modelo econométrico, indica que la relación precio- cantidad es inelástica, pero negativa. Esto sugiere, que dicho

política de precios es ineficiente, ya que causa de manera directa inflación a largo plazo.

Otra política ambiental, es la verificación vehicular y Hoy no circula. Estos programas tienen el objetivo de restringir automóviles en el parque vehicular y reducir las emisiones de CO_2 , no obstante, esto actúa de manera temporal similar a una pastilla de aspirina, ya que no existe un cambio estructural en el tiempo. Dichos programas ambientales no han sido eficientes en la reducción de emisiones de CO_2 a través de los resultados econométricos. Es necesario aplicar políticas ambientales que tengan un gran impacto significativo en la reducción de CO_2 de corte estructural a largo plazo. De esta afirmación, se originaron propuestas en esta investigación con el afán de contrarrestar la contaminación en el aire para las ciudades de México. Los programas propuestos de esta investigación es “Motor limpio, Aire limpio” y “El gobierno limpia tu motor” sugiere una alternativa para reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) a largo plazo, ya que gran parte de la contaminación en el aire es emitida por el sector automotriz. Por otra parte, para el combate de la contaminación en el aire, el resultado del simulador de políticas públicas ambientales en un horizonte de 30 años creada en esta investigación indica que es necesaria que las políticas ambientales sean dirigidas a la producción de energía limpia y un mayor cuidado en el área Forestal, ya que el simulador sugiere un mayor eficiencia en la reducción de las emisiones de CO_2 en dichas variables en un lapso de 30 años.

En fin, México no se evidenció una curva ambiental de Kuznets de forma “U” invertida, sino presenta una fase inicial de contaminación y mayor deterioro en el tiempo en función a la baja tendencia del crecimiento económico. De igual forma, las políticas ambientales aplicadas en México no han dado resultados eficientes para contrarrestar la contaminación en el país. Es evidente, que México presenta dos problemas significativos (bajo crecimiento económico e ineficiencia de instrumentos de política ambiental). México debe apostarle a mejorar sus instrumentos de política ambiental, es la única forma de contrarrestar la contaminación en el aire a corto plazo, ya que esperar que el crecimiento económico actué y contrarreste la contaminación es imposible para el caso de México. Los países que han podido mejorar su situación ambiental

han presentado ingresos superiores y sus políticas ambientales son eficientes en comparación con México.

Es necesario que el país le apueste a las políticas ambientales eficientes para contrarrestar la contaminación en el aire con el objetivo de salvaguardar a los ciudadanos respecto a enfermedades derivadas de la contaminación y la protección de los recursos naturales.

Bibliografía

- Agenor , P. (2000). The Economics of Adjustment. *Academic Press, Londres*.
- Alarco, G. (2006). Crecimiento económico y emisiones de CO2 por combustión energético en México 2000-2030.
- Andreoni, J.; y Levinson, A. ((1998)). The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve. *NBER Working Papers, n. 6739*.
- Arrow; Bolin; Costanza; Dasgpta; Folke; Holling; Jansson; Levin; Maler; Perrings. (1995). "Economic growth, carrying capacity, and the environment". . *Ecological Economics* , Vol. 15 N°2. November.
- BARRO, R. J. (1991). «Economic Growth in a Cross. *Quarterly Journal of Economics*, páginas 407-443.
- BARRO, R., & MCCLEARY, R. (2003). «Religion and economic Growth Across Countries. *American Sociological*, páginas 760-781.
- Basalobre , D. (2016). La curva medioambiental de Kuznets y la innovacion energetica en los paises de las OCDE.
- Bell ML, Davis DL, Gouveia N, Borja-Aburto VH,. (2006). The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities Santiago São Paulo, and Mexico City. *Environ Res*.
- Bell, D. (1976). Las contradicciones culturales del capitalismo, Alianza editorial. *Alianza Editorial*.
- Beltran, A. (2009). Modelo cointegrado de emisiones totales de CO2 para el caso de los Estados Unidos: El impacto de los precios de la energia, 1955-2050. *Universidad Autonoma de México*.
- Calvo, L. (2012). Medición de la relación entre crecimiento económico y emisiones de CO2 y PM10 en Colombia:: Una estimación de la curva de Kuznets ambiental.
- Camacho O. y Flamand L. (2008). Políticas intergubernamentales para controlar la contaminación del aire en ciudades mexicanas. *Gestión y politica pública. VOLUMEN XVII, Numero 2*.
- Canas A., Ferrao P., conceicao P. (2003). A new environmental Kuznets curve? Relationship between direct material input and income per capita: evidence from industrialised countries.
- Cancelo, T. (2010). "Estimación econométrica por países del modelo de la curva de Kuznets ambiental para las emisiones de CO2".

- Cancelo, Teresa y Diaz-Vasquez. (2009). Emisiones de gases de CO₂ y Azufre y Crecimiento Económico ¿una curva Kuznets ambiental? *Regional and Sectoral Economic Studies*, Vol. 9-2.
- Cantos. J. y Balsalobre L.D. (2011). Las energías renovables en la Curva de Kuznets Ambiental: Una aplicación para España . *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 29, núm. 2, 2011, pp. 1-31.
- Catalan H y Sanchez L. (2009). Proyección del consumo de la energía y su impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Caso de México. *Economía Informa*.
- Catalan, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, Noviembre-Diciembre, 2014.
- Cervantes M. y Aparicio A. (1993). estudio de la Elasticidad y sus aplicaciones en el campo del comercio internacional. 50-55.
- Chiang, L. (2005). Energy consumption and GDP in developing. *Energy economic*, 415-427.
- Coase, R. (1960). El problema del coste Social. En Aguilera Klink F.1994. De la economía ambiental a la economía ecologica. Barcelona Editorial Icaria Fuhén DL.
- Comenares , F. (2008). Petróleo y crecimiento económico en México (1938-2006). *Economía UNAM Vol5 num 15*.
- Cordero P., Sepulveda S., Adrian R. (2004). Temas de comercio y medio ambiente.
- Correa, F. (2007). Crecimiento económico, desigualdad, social y medio ambiente: Evidencia empírica para América Latina. *Revista Ingeniería Universidad de Medellín*, 1-10.
- Correa, F. R. (2007). Crecimiento económico, Desigualdad social y Medio ambiente: Evidencia empírica para América Latina. *Revista Ingeniería Universidad de Medellín*.
- Dahl C. y Sterner T. (1991). "Analysing Gasoline Demand Elasticities: A Survey", *Energy Economics*. 203-210.
- Daly, H. (1974). La economía del Estado estacionario. 1.
- Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., & Wheeler, D. (2002). Confronting the Environmental Kuznets Curve. . *Journal of Economic Perspectives*, 16 (1), , 147-168.
- Davis, W. (2007). The Effect of Driving Restrictions on Air Quality in México City.
- Deacon R. T. y Norman C. S. (2006). Does the Environmental Kuznets Curve Describe How Individual Countries Behave? *Land Economics*, 82 (2), 291-315.
- Diaz-Vasques., Cancelo M. (2010). Analisis de los factores determinantes de la evolucion de las emisiones de CO₂ y de azufre en países OCDE mediante un descomposición econométrica. *Revista de Economía Mundial*.

- Dinda, S., D. Coondoo y M. Pal. (2000). "Air quality and economic growth: an empirical study", *Ecological Economics*, 409-423.
- Ekins, P. (2000). Economic growth and environmental sustainability: the prospects for green growth. *Rowledge. London. Chapter 3*.
- Estrada y Marinez. (2010). Cambio Climatico y estadística oficial.
- Galindo L. Salinas E. (1997). "La demanda de gasolinas en México: La condición de exogeneidad y el comportamiento de los agentes económicos" en ine-Semarnat (comp.), Instrumentos económicos y medio ambiente, México.
- Galindo y caballero. (2007). El consumo de energía en México y sus efectos en el producto y en los precios. *Problema de desarrollo, IEE, UNAM, México, enero-Marzo*, 127-152.
- Garret, H. (1968). La tragedia de los comunes. *México Gaceta Ecológica, núm. 37*, pp. 1243-1248.
- Gitili E., Hernandez G. (2002). La existencia de la curva ambiental de Kuznets y su impacto sobre las negociaciones internacionales.
- Gomez L., C. (2011). Crecimiento económico, consumo energético y emisiones de contaminantes en la economía mexicana. *Revista Fuente año 3 No. 9 Diciembre 2011*, 1-2.
- Greene, W. (1997). "Análisis econométrico Prentice –Hall New Jersey". 615.
- Grossman, G. M. y Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *NBER Working Papers, No. 3941*.
- Harrod, R. (1939). An essay in dynamic theory. *The Economic Journal*, 14-33.
- Judson y Owen. (1999). "Estimación de modelo dinámico de datos panel: Una guía para los macroeconomistas. 9-15.
- Kaufmann R. K., B. Davidsdottir, S. Garnham y P. Pauly. (1998). The determinants of atmospheric SO₂ concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve", *Ecological Economics*, 209-220.
- Keynes, J. (1936). The General Theory of Employment, *MacMillan, Londres*.
- Komen, M.H., S. Gerking y H. Folmer. (1998). "Income and environmental R&D: empirical evidence from OECD countries". *Environment and Development Economics*, 2, pp. 505-515.
- Korder P., Sepulveda S. y Rodriguez A. (2004). "Temas de comercio y medio ambiente". Cuaderno Técnico de Desarrollo Rural No. 25.
- Kraft, J. (1978). Sobre la relación entre la energía y el PNB. *Diario de Energía y Desarrollo*.

- Kuznets, S. y Simon, P.; (1955). Economic growth and income inequality. *American Economic Review*.
- Kuznets, S. (1996). *Modern Economic Growth*, Yale.
- Lacy, Rodolfo, Lopez M., y Orteja L. (2000). Conciencia ciudadana y atmosférica: estado situación (México), Santiago de Chile. *Comisión económica de América Latina y el Caribe*.
- Layard, R. (1997). La economía de la felicidad. *Ensayos de economía de economía*. 197-200.
- Lezama, L. (2016). *La contaminación en manos de los dioses mexicanos*.
- Lipton, M., & Revallion, M. (1995). poverty and policy», en Berhman, j. y Srinivasan, t. n. (eds.): *handbook of development economics*, northholland, amsterdam, volumen iii.
- Malthus, T. (1820). Principios de economía política. *Instituto de Estudios Fiscales, Madrid, 2008*.
- Marthur, S. (2014). Does Domestic Energy Consumption affect GDP of a Country? A panel Causality, Panel VAR and Panel Cointegration Study.
- Molina, M. (2014). Evaluación del programa "HOY NO CIRCULA". 2.
- Navarrete M. Brull M. Torre A. Gomez D. y Torres D. (2009). Verificación de la curva ambiental de Kuznets: El caso de México. 40-50.
- North, D. (1993). *"Instituciones, cambio institucional y desempeño económico. Fondo de cultura económica, México*.
- North, D. (2003). *El papel de las instituciones en el desarrollo económico*, no. 2003.2, octubre 2003.
- Nuñez, R. (2015). Crecimiento económico y Emisiones de CO2 para el periodo 1990-2010. 17-25.
- O'Ryan, R. (2002). "Diploma internacional Herramientas de la economía ambiental para el desarrollo sostenible".
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. *Geneva: International Labor Office, Technology and Employment Programme*.
- Pereyra, A. (1996). Los bienes ambientales, ¿constituyen un bien de lujo?. Universidad de la República. Uruguay.
- Perez, C. (2010). La política ambiental en México.
- Perlo, H. (2012). Crisis económica y desarrollo urbano: el papel de los gobiernos locales. 43.

- Perlo, C. (1999). Desastres en las grandes ciudades, en: Memoria del Seminario: La nación ante los desastres retos y oportunidades hacia el siglo XXI, Red mexicana de estudios interdisciplinarios para la prevención de desastres, México DF.
- Pigou, A. (1946). "Economía del bienestar. Londres, Ed. Macmillan".
- Prevencio, E. (1997). Oportunidades de integracion de instrumentos y politicas en la planeacion ambiental.
- Quadri, G. (1997). Teoría y práctica en política ambiental y uso de instrumentos económicos , Economía ambiental Lecciones para America Latina.
- Reyes O. Escalante R. y Mattas A. (2010). Demanda de gasolinias en México: Efectos y alternativas ante el cambio climatico. 90-96.
- Riveros, H. (2008). Fisica y contaminación atmosferica .
- Rojas, Leonora y Garibay. (2003). "Las particulas suspendidas aeroparticulas o aerosoles: Hacen daño a la salud? ¿Podemos hacer algo? *Gaceta ecologica numero 69*, 29-44.
- Romerio, F. (2006). La energia como fuente de crecimiento y desarrollo en la perspectiva del fin de la era de los combustibles fosiles.
- Rothman, D. (1998). "Environmental Kuznets curve-real progress or passing the buck?". *Ecological Economics. Vol. 25 N°2. May.*
- SALA-I-MARTIN, X. (1994). Apuntes de crecimiento. *Antoni Bosch, barcelona.*
- SARAVIA, A. (2005). "Evidencias de la Relación Medio Ambiente-Economía en el caso Latinoamericano", en Estay, Jaime (ed.): La Economía Mundial y América Latina: Tendencias, Problemas y Desafíos. *Collection Working Groups; CLACSO.*
- Schumpeter, S. (1978). "Teoría del desenvolvimiento económico. Quinta Reimpresión, Fondo de Cultura Económica, México".
- Selden, T. y D. Song. . (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emisions? *Journal of Environmental Economics and Management.* No. 27:147–162.
- Sen, A. (1999). Desarrollo y Libertad. *Editorial Planeta S.A.*
- Shafik, N.; & Bandyopadhyay, N. (1992). "Economic Growth and Environmental Quality: Time-series and Cross-Country Evidence",. *World Bank Working Papers*, n. 904, pp. 1-6. Washington D.C.
- Solow, R. (1956). "Una contribución a la teoría del crecimiento económico. *The Quarterly Journal of economico 70(1)*, 178-183.
- Stern, D., & Common, M. y. (1997). "Economic growth and environmental degradation: a critique of the environmental Kuznets curve". *World Development*, vol. 24.

Stern, D.I.; Common, N.S.; y Barbier, E.B. . (1996). "Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development". World Development.

Swan, T. (1956). Economic Growth and Capital. *Economic Record*, 32, 334-361.

Thirwall. (2002). The Nature of Economic Growth. An Alternative Framework for Understanding the Performance of Nations Cheltenham y Northampton: Edward Elgar".

Torras, M.; & Boyce, J. (1998). "Income, inequality, and pollution: a reassessment of the Environmental Kuznets Curve", *Ecological Economics*, , pp. 147-160.

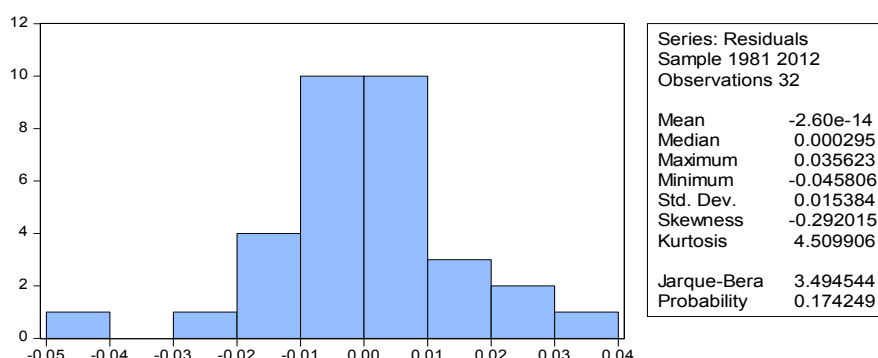
Verbeek, M. (2000). "Una guía para la econometría moderna John Wiley and sons , Londres".

Zilio, L. (2012). Curva de Kuznets ambiental, la validez de sus fundamentos en países en desarrollo.

ANEXO 1 Pruebas econométricas

Modelo 1

Prueba de normalidad



Prueba de Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.423768	Prob. F(9,22)	0.9082
Obs*R-squared	4.727881	Prob. Chi-Square(9)	0.8574
Scaled explained SS	6.352551	Prob. Chi-Square(9)	0.7042

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/27/16 Time: 10:43

Sample: 1981 2012

Included observations: 32

White heteroskedasticity-consistent standard errors & covariance

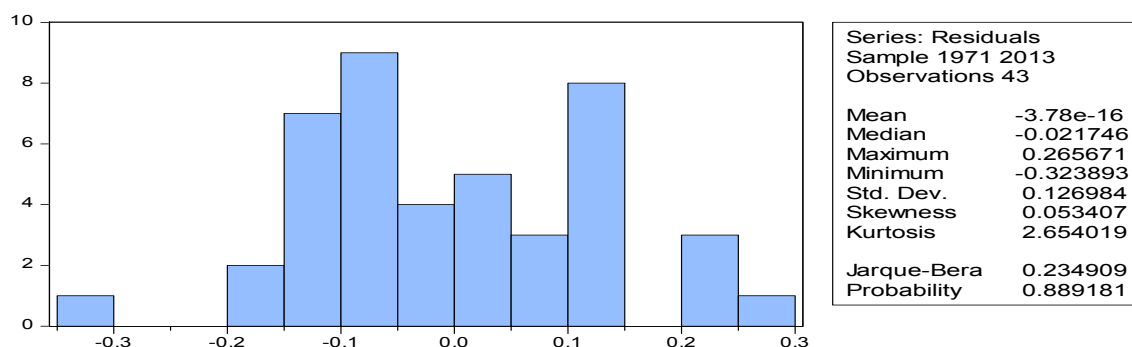
Collinear test regressors dropped from specification

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.000148	0.002166	-0.068325	0.9461
GRADF_01^2	-1.86E-11	3.33E-11	-0.556788	0.5833
GRADF_01*GRADF_02	-2.03E-11	1.62E-10	-0.125663	0.9011
GRADF_01*GRADF_03	3.35E-07	3.64E-07	0.919652	0.3677
GRADF_01*GRADF_04	-1.02E-06	1.82E-06	-0.560381	0.5809
GRADF_02^2	4.07E-10	3.70E-10	1.097687	0.2842
GRADF_02*GRADF_03	-1.29E-06	6.57E-07	-1.959659	0.0628
GRADF_02*GRADF_04	5.82E-06	6.52E-06	0.891551	0.3823
GRADF_03*GRADF_04	-0.001744	0.010089	-0.172901	0.8643
GRADF_04^2	-0.136860	0.170544	-0.802490	0.4309
R-squared	0.147746	Mean dependent var		0.000229
Adjusted R-squared	-0.200903	S.D. dependent var		0.000436
S.E. of regression	0.000478	Akaike info criterion		-12.20255
Sum squared resid	5.03E-06	Schwarz criterion		-11.74451
Log likelihood	205.2408	Hannan-Quinn criter.		-12.05072
F-statistic	0.423768	Durbin-Watson stat		2.146928
Prob(F-statistic)	0.908156			

ANEXO 2 Pruebas econométricas

Modelo 2

Prueba de Normalidad



Prueba de Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.899422	Prob. F(4,38)	0.1305
Obs*R-squared	7.164851	Prob. Chi-Square(4)	0.1274
Scaled explained SS	5.127442	Prob. Chi-Square(4)	0.2745

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/27/16 Time: 10:57

Sample: 1971 2013

Included observations: 43

Collinear test regressors dropped from specification

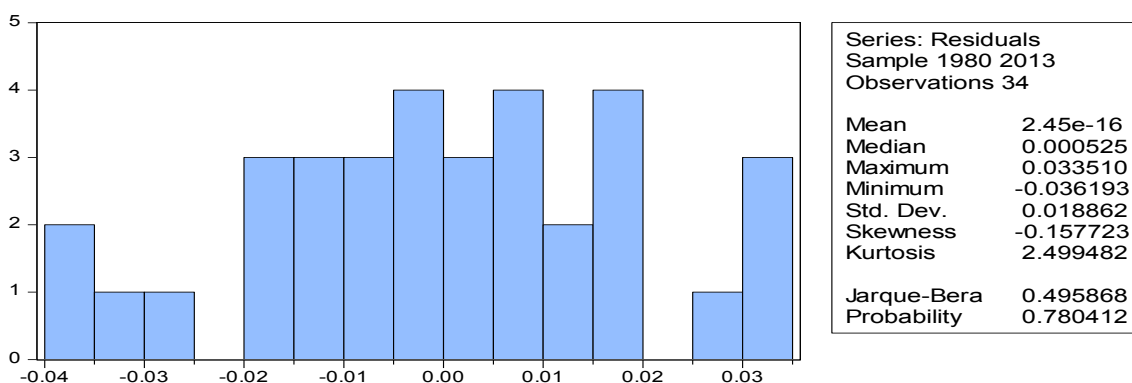
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.075232	0.039579	1.900813	0.0649
GDP^2	5.30E-09	5.03E-09	1.051834	0.2995
GDP*GDP2	-4.17E-13	3.96E-13	-1.053178	0.2989
GDP	-2.94E-05	2.50E-05	-1.172747	0.2482
GDP2^2	1.16E-17	1.06E-17	1.093195	0.2812

R-squared	0.166624	Mean dependent var	0.015750
Adjusted R-squared	0.078901	S.D. dependent var	0.020495
S.E. of regression	0.019670	Akaike info criterion	-4.910471
Sum squared resid	0.014703	Schwarz criterion	-4.705681
Log likelihood	110.5751	Hannan-Quinn criter.	-4.834951
F-statistic	1.899422	Durbin-Watson stat	0.955135
Prob(F-statistic)	0.130521		

ANEXO 3 Pruebas econométricas

Modelo 3

Prueba de normalidad



Prueba de Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	0.980010	Prob. F(8,25)	0.4740
Obs*R-squared	8.116991	Prob. Chi-Square(8)	0.4221
Scaled explained SS	4.737957	Prob. Chi-Square(8)	0.7852

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/27/16 Time: 10:39

Sample: 1980 2013

Included observations: 34

Collinear test regressors dropped from specification

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.037913	0.024786	-1.529623	0.1387
GDP^2	-2.41E-09	1.38E-09	-1.745412	0.0932
GDP*GDP2	1.47E-13	8.03E-14	1.832851	0.0788
GDP*LOG(PG)	1.38E-07	6.07E-07	0.227801	0.8217
GDP	1.63E-05	9.86E-06	1.651649	0.1111
GDP2^2	-3.28E-18	1.71E-18	-1.918622	0.0665
GDP2*LOG(PG)	8.08E-12	2.97E-11	0.272111	0.7878
LOG(PG)^2	1.47E-05	0.000118	0.124870	0.9016
LOG(PG)	-0.000993	0.003095	-0.320864	0.7510

R-squared	0.238735	Mean dependent var	0.000345
Adjusted R-squared	-0.004870	S.D. dependent var	0.000429
S.E. of regression	0.000430	Akaike info criterion	-12.44247
Sum squared resid	4.63E-06	Schwarz criterion	-12.03843
Log likelihood	220.5219	Hannan-Quinn criter.	-12.30468
F-statistic	0.980010	Durbin-Watson stat	2.636624
Prob(F-statistic)	0.474033		

Continuación....

Prueba de Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.255651	Prob. F(2,28)	0.7762
Obs*R-squared	0.609733	Prob. Chi-Square(2)	0.7372

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/27/16 Time: 10:40

Sample: 1980 2013

Included observations: 34

Presample missing value lagged residuals set to zero.

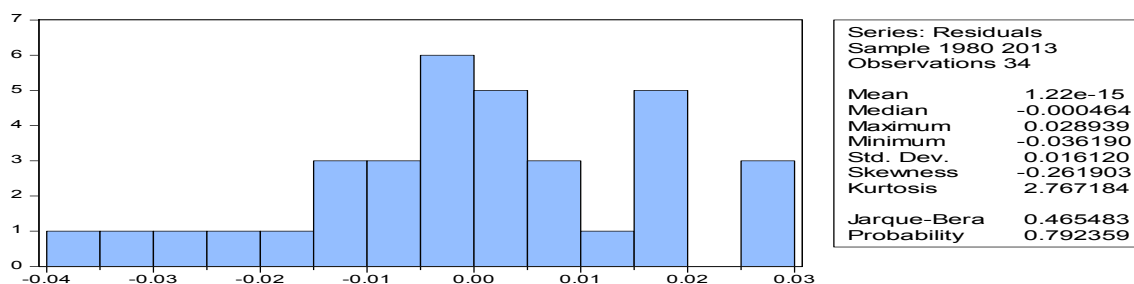
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
GDP	3.73E-07	1.16E-05	0.032184	0.9746
GDP2	-2.17E-11	4.73E-10	-0.045819	0.9638
LOG(PG)	-2.20E-05	0.004402	-0.004997	0.9960
C	-0.001414	0.060213	-0.023490	0.9814
RESID(-1)	-0.141737	0.198369	-0.714514	0.4808
RESID(-2)	-0.028620	0.203666	-0.140526	0.8893

R-squared	0.017933	Mean dependent var	2.45E-16
Adjusted R-squared	-0.157436	S.D. dependent var	0.018862
S.E. of regression	0.020293	Akaike info criterion	-4.798329
Sum squared resid	0.011530	Schwarz criterion	-4.528971
Log likelihood	87.57159	Hannan-Quinn criter.	-4.706470
F-statistic	0.102261	Durbin-Watson stat	1.907935
Prob(F-statistic)	0.990855		

ANEXO 4 Pruebas econométricas

Modelo 4

Prueba de normalidad



Prueba de Heterocedasticidad

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	1.771923	Prob. F(11,22)	0.1221
Obs*R-squared	15.97206	Prob. Chi-Square(11)	0.1422
Scaled explained SS	10.26717	Prob. Chi-Square(11)	0.5065

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/27/16 Time: 11:06

Sample: 1980 2013

Included observations: 34

White heteroskedasticity-consistent standard errors & covariance

Collinear test regressors dropped from specification

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6.064534	2.774058	2.186160	0.0397
LOG(GDP)^2	0.088329	0.046740	1.889781	0.0720
LOG(GDP)*GDP2	2.57E-09	1.14E-09	2.251343	0.0347
LOG(GDP)*LOG(URBA)	0.002264	0.011887	0.190435	0.8507
LOG(GDP)*LOG(LIMPIA)	0.007263	0.006390	1.136549	0.2680
LOG(GDP)	-1.533198	0.701650	-2.185133	0.0398
GDP2^2	-1.78E-18	7.34E-19	-2.422788	0.0241
GDP2*LOG(URBA)	8.00E-11	1.08E-10	0.740615	0.4668
GDP2*LOG(LIMPIA)	-3.73E-11	1.96E-11	-1.904603	0.0700
GDP2	-2.67E-08	1.22E-08	-2.196711	0.0389
LOG(URBA)*LOG(LIMPIA)	-0.001418	0.005126	-0.276677	0.7846
LOG(LIMPIA)^2	-0.000965	0.001059	-0.911255	0.3720
R-squared	0.469766	Mean dependent var		0.000252
Adjusted R-squared	0.204650	S.D. dependent var		0.000340
S.E. of regression	0.000303	Akaike info criterion		-13.09186
Sum squared resid	2.03E-06	Schwarz criterion		-12.55315
Log likelihood	234.5617	Hannan-Quinn criter.		-12.90815
F-statistic	1.771923	Durbin-Watson stat		2.770749
Prob(F-statistic)	0.122082			

Continuación...

Prueba de Autocorrelación

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.413572	Prob. F(2,27)	0.6654
Obs*R-squared	1.010628	Prob. Chi-Square(2)	0.6033

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/27/16 Time: 11:06

Sample: 1980 2013

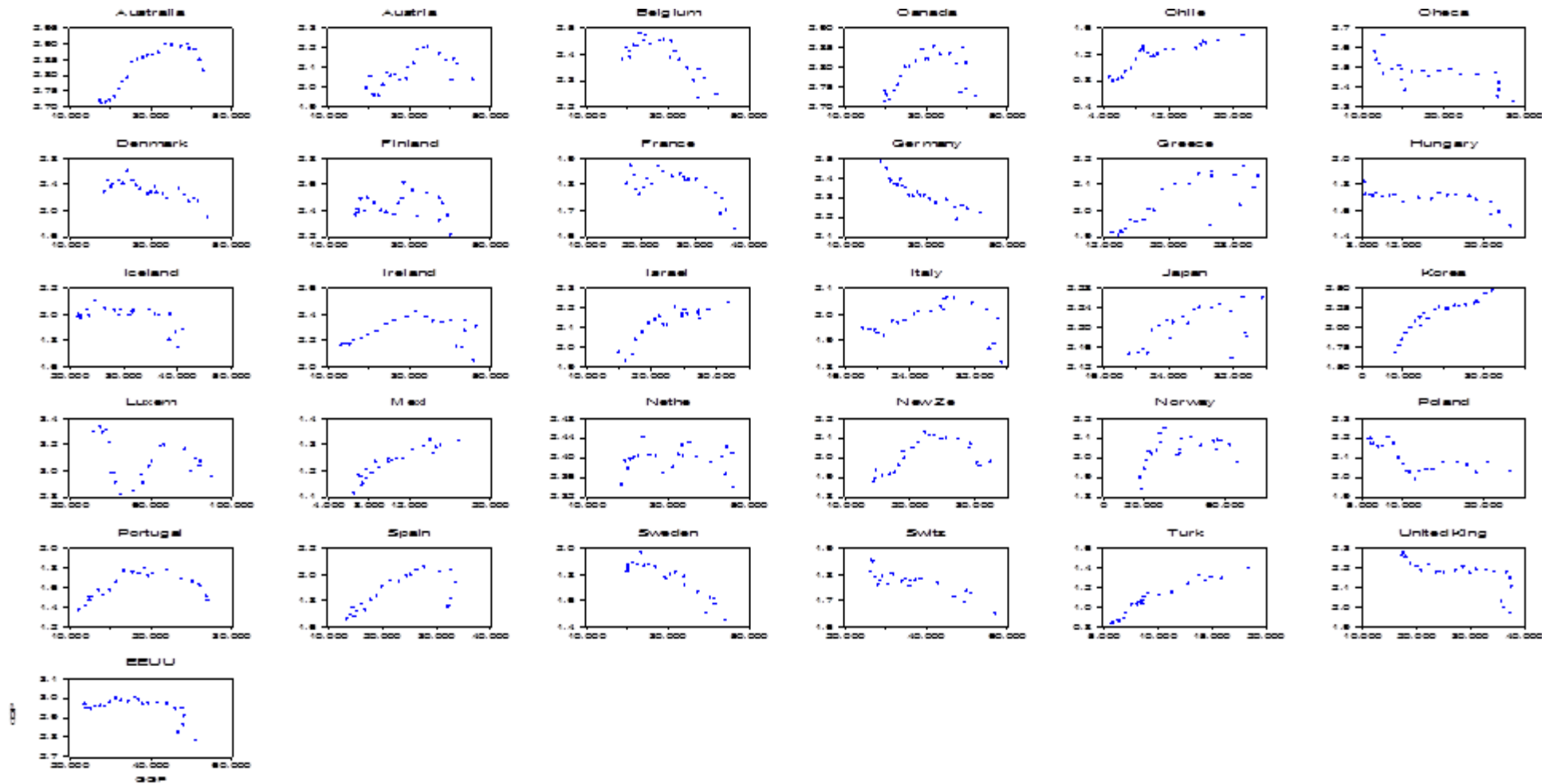
Included observations: 34

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(GDP)	-0.009388	0.084245	-0.111441	0.9121
GDP2	7.35E-12	1.81E-10	0.040610	0.9679
LOG(URBA)	0.013666	0.101690	0.134383	0.8941
LOG(LIMPIA)	0.002573	0.022792	0.112880	0.9110
C	-0.212550	1.395941	-0.152263	0.8801
RESID(-1)	-0.180958	0.205559	-0.880321	0.3865
RESID(-2)	0.015626	0.216527	0.072168	0.9430

R-squared	0.029724	Mean dependent var	1.22E-15
Adjusted R-squared	-0.185892	S.D. dependent var	0.016120
S.E. of regression	0.017554	Akaike info criterion	-5.065820
Sum squared resid	0.008320	Schwarz criterion	-4.751569
Log likelihood	93.11894	Hannan-Quinn criter.	-4.958651
F-statistic	0.137857	Durbin-Watson stat	1.906335
Prob(F-statistic)	0.989956		

ANEXO 5 Graficas de crecimiento económico y contaminación ambiental (CO2) de los países OCDE



ANEXO 6

Modelo 6

Prueba cointegración basada en el procedimiento de Johansen

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.369907	30.14326	20.26184	0.0016
At most 1 *	0.253003	11.66777	9.164546	0.0164

Trace test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Coefficientes normalizados del vector de cointegración

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LOG(C02P)	LOG(GDP)	C
1.000000	-0.262430	1.876866
	(0.15971)	(1.44060)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(LOG(C02P))	-0.005128
	(0.01482)
D(LOG(GDP))	0.054961
	(0.01982)

Continuación..

Prueba de normalidad modelo VAR

VAR Residual Normality Tests

Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)

Null Hypothesis: residuals are multivariate normal

Date: 09/27/16 Time: 13:03

Sample: 1971 2013

Included observations: 41

Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	-0.647117	2.861532	1	0.0907
2	-0.205312	0.288046	1	0.5915
Joint		3.149578	2	0.2071

Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	2.621572	0.244646	1	0.6209
2	2.168713	1.180522	1	0.2772
Joint		1.425169	2	0.4904

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	3.106178	2	0.2116
2	1.468568	2	0.4798
Joint	4.574747	4	0.3338

Continuación..

Prueba de Homocedasticidad modelo VAR

VAR Residual Heteroskedasticity Tests: No Cross Terms (only levels and squares)

Date: 09/27/16 Time: 13:04

Sample: 1971 2013

Included observations: 41

Joint test:

Chi-sq	df	Prob.
12.86171	24	0.9683

Individual components:

Dependent	R-squared	F(8,32)	Prob.	Chi-sq(8)	Prob.
res1*res1	0.090900	0.399955	0.9122	3.726891	0.8809
res2*res2	0.169388	0.815724	0.5943	6.944890	0.5426
res2*res1	0.121471	0.553063	0.8075	4.980295	0.7597

Prueba de Autocorrelación modelo VAR

VAR Residual Serial Correlation LM Tests

Null Hypothesis: no serial correlation at lag order h

Date: 09/27/16 Time: 13:07

Sample: 1971 2013

Included observations: 41

Lags	LM-Stat	Prob
1	3.852221	0.4264
2	6.046314	0.1957
3	3.175623	0.5289
4	4.349925	0.3607
5	4.697276	0.3198
6	1.651725	0.7995
7	5.198848	0.2675

Probs from chi-square with 4 df.

ANEXO 8

Modelo 7

Prueba cointegración basada en el procedimiento de Johansen

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.139380	28.21921	22.29962	0.0066
At most 1	0.049272	9.499211	15.89210	0.3822
At most 2	0.036725	7.034320	9.164546	0.1246

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Coeficientes normalizados del vector de cointegración

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LOG(GASOLINAS)	LOG(P/INPC)	LOG(Y)	C
1.000000	0.607635 (0.16058)	-2.598116 (0.26700)	1.365968 (1.52619)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(LOG(GASOLINAS))	-0.032390 (0.03583)
D(LOG(P/INPC))	0.029866 (0.00672)
D(LOG(Y))	0.067518 (0.02527)

Prueba de Autocorrelación modelo VAR

VAR Residual Serial Correlation LM Tests

Null Hypothesis: no serial correlation at lag order h

Date: 09/27/16 Time: 13:12

Sample: 1 191

Included observations: 184

Lags	LM-Stat	Prob
1	10.98738	0.2766
2	17.51806	0.0412
3	14.07924	0.1195
4	29.89640	0.0005
5	34.27805	0.0001
6	34.01011	0.0001
7	4.034774	0.9091

Probs from chi-square with 9 df.

