



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ECONOMÍA MENCIÓN FINANZAS

## TRABAJO DE GRADO

### TEMA:

*“IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR Y SU IMPACTO  
SOBRE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN  
ECUADOR”*

PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN ECONOMÍA  
MENCIÓN FINANZAS

### Autora:

PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ

### Tutor:

ING. FRANCISCO ROSALES

2017

## RESUMEN

El Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular es un tributo que logró recaudar 113 millones de dólares en 2015 (SRI, 2015). Se lo impuso con un fin extra fiscal, es decir, que busca una mejora ambiental para el país. Pero esta mejora debe ser evidenciada en las emisiones de dióxido de carbono; para el año 2000 las emisiones eran de 20 megatoneladas de CO<sub>2</sub>, pero en el 2014 las emisiones han llegado a 45 megatoneladas. En solo 14 años, las emisiones se han duplicado, y por ende ha provocado graves problemas climáticos (NOAA, 2013). A través de la política fiscal (impuesto ambiental) se logra contrarrestar estas emisiones o al menos remediar el daño ecológico y procurar un mejor país para los seres vivos.

La presente investigación pretende comprobar la relación entre el impuesto y las emisiones mediante la teoría de Pigou, con el fin de comprobar sus objetivos los cuales son: mejorar el medio ambiente y lograr un cambio cultural. Además, se plantean varios escenarios que también ayudarán con la investigación. Los resultados obtenidos permitirán responder la hipótesis y también exponer una propuesta constructiva junto con las debidas conclusiones del tema.

**Palabras clave:** Ecuador, impuesto ambiental, emisiones CO<sub>2</sub>, externalidades negativas.

## ABSTRACT

The Environmental Tax on Vehicle Pollution is a tribute that managed to raise 113 million dollars in 2015 (SRI, 2015). He imposed it with an extra fiscal purpose, that is, seeking an environmental improvement for the country. But this improvement must be evidenced in the emissions of carbon dioxide; For the year 2000 the emissions were 20 megatons of CO<sub>2</sub>, but in 2014 the emissions have reached 45 megatons. In just 14 years, emissions have doubled, causing serious climate problems (NOAA, 2013). Through fiscal policy (environmental tax) will offset these emissions or at least remedy ecological damage and provide a better country for living things.

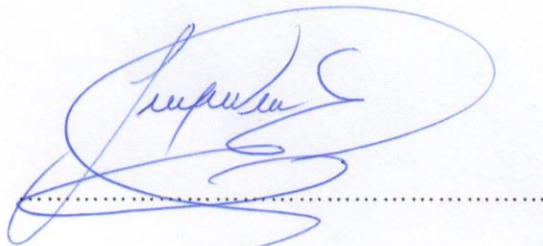
This research aims to verify the relationship between tax and emissions through the theory of Pigou, to verify their objectives which are: to improve the environment and achieve a cultural change. In addition, several scenarios are proposed that will also help with the research. The results obtained will allow to answer the hypothesis and to present a constructive proposal together with the appropriate conclusions of the theme.

**Key words:** Ecuador, environmental tax, CO<sub>2</sub> emissions, negative externalities.

## AUTORÍA

Yo, **PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ**, portadora de la cédula de ciudadanía número 100359778-6, declaro bajo juramento que el trabajo **“IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR Y SU IMPACTO SOBRE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN ECUADOR”** es de mi autoría, y que no ha sido previamente presentado para ningún otro fin de orden académico o profesional y que los resultados de la investigación que se incluyen en este documento son de mi responsabilidad.

En la ciudad de Ibarra el 05 de abril de 2017



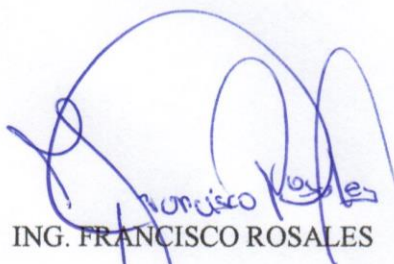
**PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ**

**C.I. 100359778-6**

## INFORME DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

En calidad de Director de Trabajo de Grado presentado por la señorita, **PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ**, para optar por el Título de Ingeniera en Economía mención Finanzas, cuyo tema es “**IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR Y SU IMPACTO SOBRE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN ECUADOR**”. Considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra el 05 de abril de 2017



ING. FRANCISCO ROSALES

C.I. 100344001-1

**DIRECTOR DE TESIS**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ**, con cedula de identidad Nro. 100359778-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor(es) de la obra o trabajo de grado denominado: **“IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR Y SU IMPACTO SOBRE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN ECUADOR”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Economía mención Finanzas, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra el 05 de abril de 2017

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a large blue oval. The signature is cursive and appears to read 'Paola Saráuz'. Below the signature is a horizontal dotted line.

PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ

100359778-6



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determino la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100359778-6
APELLIDOS Y NOMBRES:	PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ
DIRECCIÓN:	IBARRA: Calle Guacamayos 17-86 y Pinzón
EMAIL:	psarauz@yahoo.com
TELÉFONO FIJO:	062601081
TELÉFONO MÓVIL:	0998550833
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
TÍTULO:	“IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR Y SU IMPACTO SOBRE LA CANTIDAD DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) EN ECUADOR”
AUTOR (ES):	PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ
FECHA:	2017-04-05
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN ECONOMÍA MENCIÓN FINANZAS
ASESOR/DIRECTOR	ING. FRANCISCO ROSALES

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

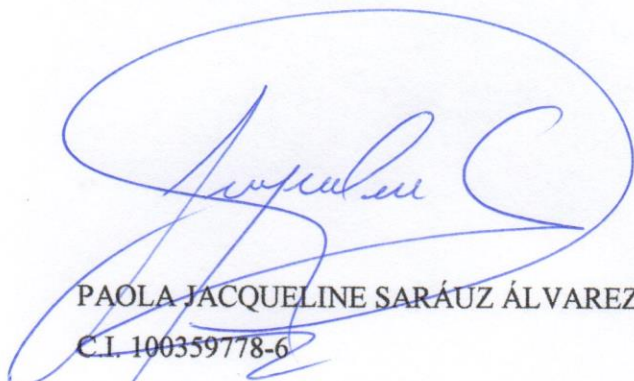
Yo, **PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ**, con cédula de identidad Nro. **100359778-6** en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión: en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 05 de abril de 2017

LA AUTORA:



**PAOLA JACQUELINE SARÁUZ ÁLVAREZ**  
**C.I. 100359778-6**

Facultado por resolución del Consejo Universitario.



## **DEDICATORIA**

La vida está llena de obstáculos y retos que se deben superar cada día, transformándolos en oportunidades que beneficien a cada uno.

La presente investigación va dirigida a aquellas personas que supieron guiarme durante el fascinante mundo universitario, el mismo que impactó en mí de manera extraordinaria, transformándome en un ser productivo para la sociedad.

Queridos padres, hermanos, docentes y amigos gracias por su apoyo incondicional y confianza otorgada.

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1	Planteamiento del problema.....	13
1.2	Objetivos de investigación.....	14
1.2.1	Objetivo General: .....	14
1.2.2	Objetivos específicos:.....	14
1.3	Hipótesis .....	15
1.4	Justificación .....	15
1.5	Resumen de la estructura .....	16
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1	Antecedentes históricos .....	18
2.2	Economía y el medio ambiente.....	19
2.2.1	Desarrollo sustentable.....	20
2.2.2	Economía ecológica y economía ambiental .....	20
2.3	Teoría del Bienestar .....	21
2.4	Externalidades.....	22
2.4.1	Externalidades positivas .....	22
2.4.2	Externalidades negativas .....	23
2.4.3	La contaminación .....	25
2.5	Internalización de las externalidades negativas .....	25
2.5.1	Pigou.....	26
2.6	Impuestos verdes.....	27
2.6.1	Ventajas del impuesto.....	28
2.7	Política fiscal verde y su relación con América Latina.....	28
2.8	Política fiscal verde en el Ecuador.....	32
2.8.1	Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado (LFAOIE) .....	33
<b>3</b>	<b>MÉTODO.....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>DESARROLLO.....</b>	<b>40</b>
4.1	Aplicación .....	50
4.2	Propuesta.....	54
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>61</b>

<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>64</b>
7.1 Datos estadísticos.....	64
7.2 Aspectos metodológicos .....	66
7.2.1 Estadística descriptiva .....	66
7.2.2 Mínimos cuadrado ordinarios (MCO) .....	67
7.2.3 Análisis básico de regresión con datos de series de tiempo .....	68
7.2.4 Propiedades en muestras finitas de MCO bajo los supuestos clásicos .....	68
1: Lineal en los parámetros .....	69
7.2.5 Variables binarias o Dummy .....	72
7.2.6 Tendencias y estacionariedad .....	72
7.2.7 Prueba de Dickey-Fuller aumentada.....	73
7.2.8 Las pruebas de raíz unitaria Phillips-Perron.....	74
7.2.9 Procedimiento robusto a la heterocedasticidad .....	74
7.3 Análisis de estacionariedad de las series .....	75
7.3.1 Prueba de correlograma .....	75
7.3.2 Prueba de Raíz Unitaria Dickey Fuller Aumentada con modelo de intercepto y tendencia.....	82
7.3.3 Prueba de Raíz Unitaria Philips-Perron con modelo de intercepto y tendencia	83
7.4 Análisis de la estacionariedad de las series en primera diferencia de logaritmos .	85
7.4.1 Prueba de correlograma .....	85
7.4.2 Prueba de Raíz Unitaria Dickey Fuller Aumentada en la primera diferencia con modelo de intercepto y tendencia .....	90
7.4.3 Prueba de Raíz Unitaria Philips-Perron en la primera diferencia con modelo de intercepto y tendencia.....	91
7.5 Resultados de los modelos .....	92

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Externalidad positiva de la producción. ....	23
Gráfico 2. Externalidad negativa de la producción. ....	24
Gráfico 3: Emisiones totales de CO <sub>2</sub> (ton) per cápita en Latinoamérica.....	30
Gráfico 4. Consumo de energía por sectores, año 2003 y 2013 .....	40

Gráfico 5. Número de vehículos matriculados (millones de autos) .....	41
Gráfico 6. Ventas de vehículos en el Ecuador.....	41
Gráfico 7. Consumo de energía por tipo de transporte año 2014 .....	42
Gráfico 8. Consumo del sector transporte por tipo de fuente en 2014. ....	43
Gráfico 9. Consumo de gasolinas y diésel por tipo de vehículo 2014.....	43
Gráfico 10. Emisiones de GEI de diferentes medios de transporte (kg CO <sub>2</sub> por persona)...	44
Gráfico 11. Emisiones de GEI por actividad (kt CO <sub>2</sub> equivalentes) año 2004 y 2014 .....	45
Gráfico 12. Emisiones de GEI por fuente 2014.....	46
Gráfico 13. Evolución de la recaudación del Impuesto ambiental a la contaminación vehicular (en millones de dólares).....	46
Gráfico 14. Evolución de las emisiones de CO <sub>2</sub> (megatoneladas) totales y en el sector transporte. ....	47
Gráfico 15. Antigüedad de vehículos en Ecuador .....	49
Gráfico 16. Evolución del PIB per cápita en Ecuador.....	49
Gráfico 17. Ventas de vehículos híbridos en el Ecuador.....	56

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Internalización de las externalidades ambientales.....	27
Tabla 2. Fuentes y contribución al calentamiento global. ....	31
Tabla 3: Instrumentos usados para política ambiental por países de América Latina.....	31
Tabla 4. Obtención de la cuantía del impuesto.....	34
Tabla 5: Variables para modelo matemático. ....	36
Tabla 6: Resumen de los modelos .....	50
Tabla 7: Características de las representaciones gráficas. ....	66
Tabla 8: Supuestos para muestras finitas de MCO.....	69

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, una problemática fundamental que se presenta en el desarrollo económico de un país, es el alto grado de contaminación por el excesivo consumo y producción de bienes. En el Ecuador el uso de energía fósil para el transporte representa el 49% de la demanda de la matriz energética (Ojeda, 2014), la misma que provoca altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en particular de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

La principal causa que origina el CO<sub>2</sub> es la quema de todos los combustibles fósiles y la deforestación. Como consecuencia de esto, las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyen al aumento de la concentración de GEI, en la atmósfera, en un 55%, provocando drásticos cambios climáticos y afectación en la salud de los seres vivos. Consecuencias preocupantes que constituyen un malestar mundial, impulsando a los países a tomar medidas adecuadas que ayuden a minimizar la contaminación.

En el Ecuador, a partir de la Constitución del 2008 se empieza a reconocer los derechos de la naturaleza, en su artículo 14 dicta que: *“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay”*. Para el cumplimiento con lo dispuesto en la Constitución, el Estado ha planteado una serie de políticas públicas que se dirijan hacia la sustentabilidad del país. Por ejemplo, el 24 de noviembre del 2011, se aprueba la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado<sup>1</sup>, la cual entra en vigencia a partir del 2012.

En el capítulo I de la Ley se plantea la creación del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV) el cual grava la contaminación al ambiente producida por el uso de vehículos motorizados de transporte terrestre. Este impuesto busca el uso de tecnologías limpias, cooperación poblacional y la reinversión en programas ambientales que reduzca la contaminación en el país, en particular la disminución de GEI que se emana a la atmosfera. Para su base imponible se ha considerado el cilindraje del vehículo y los años de antigüedad.

---

<sup>1</sup> Ver Asamblea Legislativa (2012).

A pesar de la implementación del IACV, las emisiones de GEI no han dejado de aumentar en el Ecuador, siendo el calentamiento global más visible. De acuerdo con el Banco Mundial, Ecuador pasó de tener 2,54 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> por persona, en el 2010, a 2,61 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> por persona, en el 2011<sup>2</sup>. Por lo tanto, el problema de investigación se traduciría en el análisis del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular y su incidencia sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> en el Ecuador. Este problema será analizado en el periodo 1998-2014, a lo largo del trabajo con el objetivo de obtener resultados eficientes que permitan formar un criterio más amplio acerca del impuesto ambiental.

## **1.2 Objetivos de investigación**

### **1.2.1 Objetivo General:**

Analizar el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular y su impacto sobre la cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en Ecuador

### **1.2.2 Objetivos específicos:**

- Establecer un sustento teórico sobre los motivos de la implementación de los impuestos para comprender el funcionamiento del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular
- Analizar el impacto generado por el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular sobre la cantidad de emisiones de dióxido de carbono en el Ecuador.
- Analizar la efectividad del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular con la finalidad de determinar en qué medida la imposición de este tributo disminuyó las emisiones de dióxido de carbono en el Ecuador.

---

<sup>2</sup> Datos disponibles en <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC/countries/EC-XJ-XT?display=graph>.

### 1.3 Hipótesis

La puesta en marcha del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular no ha reducido las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en el Ecuador, de manera significativa.

### 1.4 Justificación

En la actualidad se ha incrementado la preocupación por la polución en el mundo y la protección ambiental. Cada vez son más los países que ponen en funcionamiento medidas que atenúan y/o mitigan los efectos negativos de la contaminación. Se crean diversas estrategias para que las empresas mitiguen el daño provocado por su producción e irresponsabilidad ambiental, como por ejemplo la compra de los bonos de carbono<sup>3</sup>. Los niveles de contaminación han sobrepasado lo predicho por expertos en el tema y las acciones no tardan en ejecutarse. Una evidencia de esto lo dio la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) de Estados Unidos de América, el 9 de mayo del 2013, donde se expuso que 400 partes por millón de CO<sub>2</sub> se encuentran actualmente en la atmosfera, siendo el límite 350ppm.

Ecuador, por su parte, entre otros instrumentos, implementa el IACV que busca la reducción de emisiones contaminantes a la atmosfera, en particular la disminución de CO<sub>2</sub>, el uso del transporte público y el consumo hacia vehículos de menor cilindraje (Almeida 2013). Esto conlleva un cambio cultural poblacional, permitiendo la introducción de un comportamiento amigable con la naturaleza. Pero su imposición no garantiza la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> ya que no contrarresta el problema en sí, pues los contribuyentes continúan accediendo a los vehículos deseados y pagan el impuesto sin considerar el daño ambiental.

El problema es la contaminación (emanación de GEI), la solución fue un impuesto ambiental. El IACV implementado en el año 2012 y, vigente aún, aporta alrededor de \$113 mil millones de dólares al Presupuesto General del Estado, según el Servicio de Rentas Internas (2015). El dinero recaudado fue invertido en: el plan de mejoramiento de combustibles (diésel y gasolina) que mejoró el octanaje de los mismos; y el programa de

---

<sup>3</sup> Los bonos de carbono representan la reducción de una tonelada métrica de dióxido de carbono.

chatarrización que fueron sometidos los vehículos de transporte público. Por lo tanto, este tema de investigación es de suma importancia para todos ya que las medidas no reflejan la disminución de los GEI debido a los problemas de contaminación.

Cada año el parque automotor va incrementando y lo hace con vehículos ineficientes y más contaminantes. Según la AEADE<sup>4</sup>, para el 2008 había 1.329.687 vehículos en el país, pero para el 2014 existía 2.186.035. Cifras que preocupan ya que las emisiones de GEI son más altas cada año. Esto muestra que el IACV no es suficiente para equilibrar el país, sino que se necesitan mecanismos más eficientes que ayuden con la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, es pertinente preguntar ¿cuál es el efecto del IACV sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>?

La investigación se dirige hacia la población en general, ya que todos son causantes de las emisiones. Es decir, el tomar un transporte público o privado causa GEI que afectan a la atmosfera. Por ende, todos son responsables del problema ambiental. Además, servirá para concientizar a la ciudadanía y pretender un cambio cultural. También se podrá generar una visión más amplia de la situación del impuesto. Es decir, se podrá obtener resultados que permitan establecer medidas de contingencia para una mayor efectividad del impuesto ambiental. Las mismas pueden ser adaptadas en la actualidad y podrán permitir una mejora ambiental.

Finalmente, la presente investigación cuenta con ciertas limitaciones estadísticas. La falta de datos de emisiones y restricción al acceso de cierta información, dificultó el progreso del presente. Es decir, que Ecuador no cuenta con equipos capaces de monitorear las emisiones de CO<sub>2</sub> de todo el país, y tampoco hay datos actuales. El Banco Mundial presenta las emisiones, pero solo hasta el año 2014 y esto provocó una limitación al periodo analizado. Además, se restringe la información acerca de los vehículos que pagan el impuesto, por lo cual se tuvo que hacer un estimado en base a la información del INEC.

## **1.5 Resumen de la estructura**

Esta investigación contiene tres partes. En la primera se analiza un sustento teórico que ayude a la fundamentación de la investigación. El marco teórico estará compuesto por una explicación de las causas y consecuencias de una externalidad negativa, es decir, se

---

<sup>4</sup>Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (2008 y 2014).



presentará un análisis sobre las externalidades. El análisis terminará relacionándose con el IACV implementado en el país y, por ende, dando una mejor explicación de este impuesto.

Como segundo punto se establece una metodología que contribuya a la determinación del impacto del IACV sobre las emisiones de dióxido de carbono en el Ecuador. Se hará uso de la estadística descriptiva e inferencial, mediante la aplicación de modelos econométrico que permitan visualizar la relación del impuesto con las emisiones.

Y finalmente se plantean los resultados del IACV con relación a las emisiones. Esto estará sustentado en la metodología aplicada. Todo esto con el fin de llegar a una discusión que permita definir la eficiencia del impuesto.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes históricos

El incremento poblacional a lo largo de los años, ha provocado que la producción de bienes y servicios también se incremente. Las necesidades humanas cada vez son mayores, por lo tanto, la explotación de los insumos naturales también. Este proceso provoca un deterioro ambiental acelerado. Los desastres naturales como el derretimiento de los polos, generan un aumento del nivel de agua en los océanos, provocando un cambio en todas las corrientes; pero en otros sectores ha ocurrido lo contrario, las sequias se han hecho presentes dando como resultado la pérdida y extinción de plantas y animales.

En el año de 1970<sup>5</sup>, se empieza a reconocer la verdadera importancia del ecosistema. La comunidad europea es quien prioriza este tema, y a partir de la cumbre de París, en julio de 1972, los jefes de Estado y de Gobierno reconocieron que, en el contexto de la expansión económica y la mejora de la calidad de vida, debía prestarse una atención especial al entorno. Para la década de los 90s, los países industrializados realizan un pacto, mediante el Protocolo de Kioto. Este protocolo establece la reducción del 5% de las emisiones de GEI que causan el calentamiento global para el periodo 2008-2012<sup>6</sup>. El acuerdo de Kioto establece dos instrumentos económicos para la reducción de los GEI los cuales son: Los impuestos ecológicos y las licencias negociables. la gran mayoría de países ha utilizado de preferencia la vía de los impuestos, sean estos directos o indirectos. Pero estos impuestos son para controlar y minimizar el impacto ambiental.

Finlandia fue el primer país del mundo en implementar un impuesto a las emisiones de CO<sub>2</sub>. El impuesto actual es de €18,05 por tonelada métrica de CO<sub>2</sub>. De acuerdo al Eurostat, en el año 2012, se recaudaron €5909 millones en impuestos ambientales, del cual el 40% se cobró a combustibles; en 2012, el impuesto contribuyó con el 6,5% de los ingresos tributarios de Finlandia (CEFP, 2015).

---

<sup>5</sup> En la consulta efectuada el 18 de abril de 2016, la página EUR Lex, El acceso al Derecho de la Unión Europea señalaba: “Medio Ambiente”. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV%3Aa15000>

<sup>6</sup> En la consulta efectuada el 18 de abril de 2016, la página United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponible en: [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/organizacion/items/6217.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/organizacion/items/6217.php)

Ecuador también se vuelve uno de los promotores del cuidado del medio ambiente. Mediante la creación del Ministerio del Medio Ambiente en la década de los 90s, se busca la generación de políticas y estrategias que permitan marcar el rumbo hacia el desarrollo sustentable en el Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2012). A partir del 2008, con un nuevo mandato se establece una nueva Constitución, que convierte al país en una nación verde que promulga los derechos de la naturaleza.

Para el año 2012, siguiendo la concepción de Pigou, el Estado ecuatoriano implementa la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de Recursos, en la cual se establecen impuestos ambientales. Los mismos se enfocan en cambiar la cultura de los ecuatorianos por una cultura amigable con el medio ambiente, provocando la reducción de la contaminación. Uno de los tributos que promueve esta ley, es el IACV que procura la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El impuesto se enfoca en la reducción de emisiones contaminantes y el consumo de vehículos con menor cilindraje o de autos con tecnologías más ecológicas.

## **2.2 Economía y el medio ambiente**

La economía es una ciencia que se encarga de estudiar los recursos, generar riqueza y la producción, distribución y consumo de los bienes y servicios, para satisfacer las necesidades de las personas. Esta definición tradicional jamás considera las consecuencias del excesivo uso de recursos, y, tampoco involucra los costos sociales de la producción en sus precios. Por lo cual se ha transformado los recursos ilimitados en recursos limitados, provocando severos daños en el planeta, y, en ciertos casos, irreparables.

La economía tradicional solo se enfocaba en aquellos puntos superficiales, pero hacia finales del siglo XIX algunos economistas pioneros introducen el concepto de externalidad, para recoger los posibles efectos de la producción o el consumo de bienes sobre otros productores o consumidores y que no se reflejan en los precios de mercado. Unas décadas más tarde, otro economista inglés (Pigou) utiliza el concepto de externalidad para explicar las divergencias entre el producto neto social y el producto neto privado, que pasó al pensamiento económico con el nombre de “impuesto pigouviano”.

De esta forma, el concepto de economía ha ido involucrando aspectos ambientales y empieza a considerar el nivel educativo, el nivel tecnológico e innovador. Estos aspectos son

vitales para lograr una armonía con el medio ambiente ya que se buscan formas sustentables de desarrollo.

### **2.2.1 Desarrollo sustentable**

El concepto de sustentabilidad se fundamenta en el reconocimiento de los límites y potenciales de la naturaleza, así como la complejidad ambiental, inspirando una nueva comprensión del mundo para enfrentar los desafíos de la humanidad en el tercer milenio (PNUMA, 2002: 1).

Un mundo sustentable promueve las potencialidades del conocimiento para generar ciencia y tecnología en bien del medio ambiente. Además de esto, se implementa una nueva cultura a nivel mundial, una cultura con pilares de ética, valores y conocimientos que promueva un bienestar tanto para la población como para el planeta Tierra. Por lo tanto, el desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones<sup>7</sup> (WCED, 1987: 16)

### **2.2.2 Economía ecológica y economía ambiental**

La persecución de una economía ecológica y sustentable puede llegar a impactar más que medidas de corto plazo ineficientes. Una economía ecológica es el estudio de las relaciones entre el gobierno de la casa de los seres humanos y el gobierno de la casa de la naturaleza, es decir, es el estudio de las distintas interacciones entre sistemas económicos y sistemas ecológicos (Common, 2008: 1). La protección de la naturaleza es más importante que el enriquecimiento estatal y privado. El uso adecuado y eficiente de los recursos naturales garantizará un mejor ambiente y por ende un mejor futuro para las generaciones provenientes.

Pero la mayoría de países simplemente canaliza todos los esfuerzos en una economía ambiental, es decir, en poner precios a las externalidades. Esto con la finalidad de poder reducir los problemas a una única dimensión monetaria y aplicarles, al fin, el análisis coste-beneficio para llegar a soluciones pretendidamente objetivas (Naredo y Parra, 1993). En

---

<sup>7</sup> Definición traducida al español, pero no es literal. Su definición en inglés es la siguiente: Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.

síntesis, lo único que busca es establecer una tasa óptima de extracción que permita seguir explotando los recursos del medio ambiente.

En conclusión, la economía ecológica sostiene que los seres humanos y la naturaleza están en constante interacción. Por este motivo se estudian de manera integrada y no solo se busca un equilibrio, sino un bienestar. Mientras que la economía ambiental opta por la asignación de impuestos ambientales para corregir fallos y, al tomar medidas a tiempo, es posible reducir estos efectos. La economía ecológica demuestra que no es necesario la asignación de un valor monetario, sino que se debe combatir a la externalidad, desde una perspectiva más productiva.

### **2.3 Teoría del Bienestar**

Pigou fue el fundador de la teoría del bienestar económico con su publicación “Economía del Bienestar” en el año 1926. En el documento argumenta que el Estado es el mejor actor para mejorar la calidad de vida de la población. Esto se fundamenta en los fallos de mercado, y el único que puede mitigarlos es el Estado. Estos fallos pueden llamarse externalidades los cuales, según Pigou, necesitan de impuestos o subsidios que ayuden a corregir. El bienestar social parte del bienestar económico, el cual tiene que ver con la forma en que se reparten los recursos en una comunidad y la retribución tanto al trabajo realizado, como los riesgos que toda empresa económica involucra (Otilio y Oslund, 2014: 234).

La economía del bienestar tiene presente más que solo la solución a las externalidades, sino que presenta la creación de un Estado de Bienestar (Otilio y Oslund, 2014). Este Estado se parece al Estado ecuatoriano ya que se preocupan por las condiciones de vida de la población: la seguridad social, el empleo, la pobreza, educación, vivienda, sanidad y oportunidades de consumo más igualitario. Otro aspecto importante de un Estado de Bienestar es la transferencia de recursos económicos de los más ricos a los pobres, ya que los pobres le dan un mayor valor al dinero que los ricos. Es decir, no es posible que un individuo mejore su situación sin que otro empeore la propia.

Entonces, el bienestar está relacionado con la satisfacción de necesidades, una de ellas es la de necesidad de vivir en un ambiente sano. Esto implica cero contaminantes, aire puro, instrumentos eficientes que controlen la polución, mecanismos para mitigar las emisiones de GEI, etc. Para conseguir un entorno integro es necesario la corrección de estos fallos externos

(externalidades), mediante medidas estatales o privadas, que contribuyan al equilibrio natural y a una mejor calidad de vida. Como resultado, esto afectará o beneficiará a una parte más que a otra, pero es una forma de contribuir al desarrollo sustentable de una nación.

## **2.4 Externalidades**

Cada bien o servicio presentado ante la sociedad tiene un precio. Este precio se basa en los costos incurridos para producirlos más la utilidad que desea obtener el productor. Producir un bien o un servicio implica una afectación del bienestar de otros. Es decir, provocan un costo social que no lo asumen como empresa, sino que lo traspasan a la sociedad y al medio ambiente. Esto se llama externalidad y Mankiw (2015: 196) lo define como el efecto no compensado de las acciones de una persona sobre el bienestar de un tercero. Mientras que Cuadrado, *et al* (2010: 33) explica que la externalidad existe cuando a los precios no se incorporan todos los efectos secundarios de la producción o del consumo.

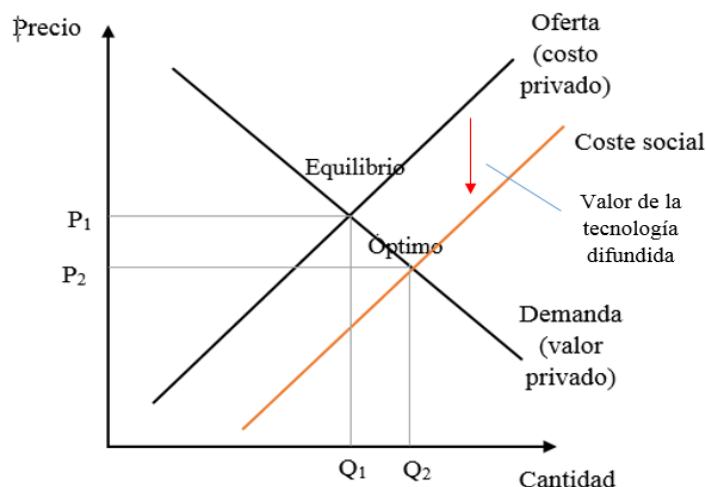
Los dos actores explican de manera concisa una externalidad y como toda acción tiene una reacción, esta puede ser beneficiosa o perjudicial para terceros. Por este motivo se presentan externalidades positivas y externalidades negativas.

### **2.4.1 Externalidades positivas**

Las externalidades positivas se presentan por hechos dirigidos hacia el progreso de la sociedad. Un ejemplo muy común es la investigación en tecnologías ecológicas, la externalidad es que se reduzca la contaminación, o que contribuya a procesos productivos más eficiente. En fin, estas investigaciones son las causas de las externalidades positivas, porque sus resultados brindarían avances que se enfoquen en el ser humano y en el medio ambiente. Estos avances pueden beneficiar directa e indirectamente a la población y por ende contribuir a un mejor futuro.

Para poder llegar a todo esto, se necesita que el Estado intervenga mediante incentivos que promuevan la investigación por medio de proyectos. En conclusión, se podría decir que las externalidades positivas son impactos de eventos o circunstancias que benefician a terceros (Mankiw, 2015: 198).

Gráfico 1. Externalidad positiva de la producción.



Fuente: elaboración propia a partir de Mankiw (2015).

El gráfico muestra que la curva de la oferta se mueve por efecto de la aplicación de una externalidad positiva (tecnología difundida). Esto provoca un coste social mayor y por ende se requiere una cantidad mayor ( $Q_2$ ) ya que la anterior cantidad ( $Q_1$ ) es menor a lo socialmente deseable. Los costes de sociales de producción son menores que los costes privados de consumidores y productores.

#### 2.4.2 Externalidades negativas

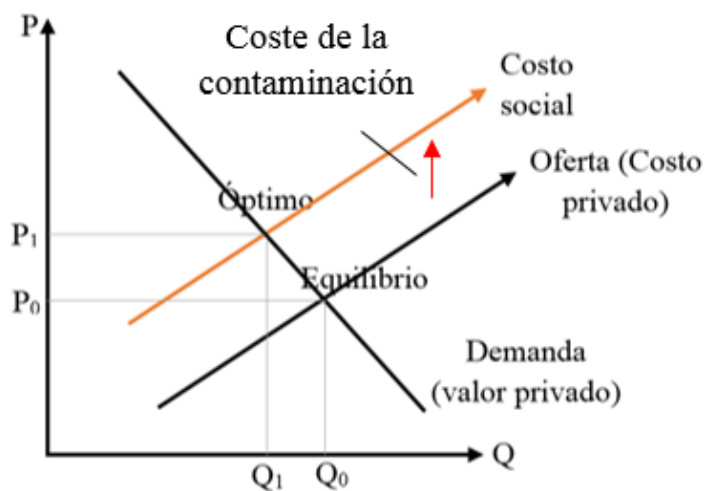
Las externalidades negativas son consecuencias de actividades que pueden llegar a ser muy dañinas para la sociedad. Como ejemplo se presenta un análisis de la comercialización de vehículos.

Desde el descubrimiento de los combustibles fósiles, la producción de vehículos ha estado en auge, convirtiéndose en parte primordial para la mayoría de personas, por su comodidad al momento de transportarse. Cada año la producción va creciendo y por ende los modelos también, es decir, se presentan vehículos con mejores tecnologías que contribuyen al cuidado del medio ambiente. Pero varios países, como Ecuador, no son fabricantes directos y deben importarlos.

Gracias a los diferentes impuestos a la importación de vehículos, la población no puede acceder a cualquier tipo de autos. El mercado se restringe a ciertas marcas y proveedores. Pero, a pesar de las condiciones, el parque automotor ha ido incrementado cada año, provocando una excesiva cantidad de vehículos en el país. La circulación de los vehículos provoca emisiones de GEI que dañan a la atmosfera y a la salud del ser humano. Estas emisiones son externalidades negativas que contribuyen al desgaste del planeta y significan un perjudicial costo social.

El presente grafico indica que la curva de la oferta presenta un desplazamiento hacia arriba por efecto de estas externalidades (contaminación) siendo el costo social más alto que el costo privado. Por este motivo la cantidad óptima es menor a la del equilibrio. Para obtener un punto óptimo es necesario establecer una reducción de la cantidad ofertada de vehículos.

Gráfico 2. Externalidad negativa de la producción.



Fuente: elaboración propia a partir de Mankiw (2015).

En conclusión, se podría decir que las externalidades negativas son impactos de eventos o circunstancias que perjudican a terceros (Mankiw, 2015: 199).



### **2.4.3 La contaminación**

El efecto negativo de la externalidad es la contaminación. Un problema muy serio provocado por la actividad humana que puede influir en la extinción de especies y de la raza humana. Este problema se ha presentado desde la antigüedad, pero en la actualidad tiene mayor impacto por el incremento poblacional, el uso y transformación de recursos. Como resultado, el progreso de las civilizaciones se convertirá en la destrucción del planeta.

Una de las causas de la contaminación es el uso excesivo de combustibles fósiles y la tala indiscriminada de árboles. Los combustibles fósiles se denominan así porque son residuos biológicos y la principal fuente de energía que usa el ser humano. Estos combustibles son carbón, petróleo, gas natural (Craig et al, 2012: 132). Pero el que más se usa es el petróleo y sus derivados, existe un uso desmedido de este producto provocando fuertes emisiones de CO<sub>2</sub>.

El CO<sub>2</sub> es un gas, componente natural de la atmosfera terrestre. Se produce cuando la materia orgánica es quemada, desgastada por la intemperie o descompuesta biológicamente; además, es un elemento necesario para la realización de las funciones vitales de las plantas (Adame, 2010: 23). Los bosques y los océanos constituyen bloques importantes que absorben este componente, pero el desarrollo agroindustrial ha propiciado destrucción de zonas de bosque, y el aumento en la quema de combustibles fósiles han provocado un incremento de este gas en el aire. Esto ocurre tan aceleradamente que los océanos y bosques ya no son capaces de asimilarlo con la misma velocidad con la que se libera. Esto propicia una acumulación desmedida en la atmosfera provocando alteraciones en el equilibrio atmosférico como el calentamiento global.

Las consecuencias de estas emisiones son perjudiciales para la salud humana y para el ecosistema. El cambio climático, el calentamiento global, el efecto invernadero son efectos perjudiciales para la vida productiva del ser humano y también para todo el ecosistema. Esto puede provocar la subida del nivel del mar, disminución del agua dulce, erosión, inundaciones, olas de calor, enfermedades, etc., (Adame, 2010: 101- 122).

### **2.5 Internalización de las externalidades negativas**

El medio ambiente se puede considerar como un conjunto de factores de diferentes clases y naturalezas que rodean a especies, individuos o grupos específicos (Kolanguí, 2014: 27). Es

un bien que satisface necesidades, por este motivo debe ser cuidado y protegido por la población. La teoría neoclásica reconoce que existe una degradación del ecosistema y establecen que, al asignar el verdadero valor a los bienes y servicios ambientales, estos pueden ser gestionados como cualquier bien económico.

Las externalidades negativas son las más problemáticas, los efectos de las mismas deben ser reducidos mediante alternativas que contribuyan al cuidado del ecosistema. Estas alternativas se denominan internalización de una externalidad. Para Mankiw (2015: 199) internalizar las externalidades significa cambiar los incentivos para que las personas tomen en cuenta los efectos externos de sus acciones. Hay dos formas de extinguir las externalidades negativas, desde la perspectiva de Pigou o Coase, pero en esta investigación se enfocará en Pigou debido a que el impuesto ambiental nace de esta teoría.

### **2.5.1 Pigou**

Pigou fue el propulsor de la intervención del Estado para reglamentar y disciplinar los efectos externos y una de las medidas es la implementación de impuestos correctivos o también llamados impuestos pigouvianos. Estos, llamados así en honor del economista Pigou; son aquellos destinados a mitigar los efectos de las externalidades, comparando los costes marginales privados y los costes marginales sociales (Pigou, 1926). Su implementación se hace mediante la intervención gubernamental, quien será el encargado de regular estos impuestos.

Pigou fue el primero en realizar estudios sobre el cobro de impuestos que contrarresten efectos contaminantes. Sus impuestos son aplicados especialmente para combatir el deterioro medio ambiental mediante el equilibrio entre beneficio privado, más la tasa sobre la emisión y el costo de la eliminación de la contaminación. Esto, con el objetivo de que las empresas disminuyan la contaminación hasta un punto eficiente, mediante la inversión de una cantidad socialmente eficiente en la reducción de la contaminación. Además, es un impuesto que no solo tiene un objetivo recaudatorio, sino que cumple una función extra: proteger el medio ambiente.

Estos impuestos se imponen sobre las emisiones cuyas tasas se fijan en función del volumen de la emisión y del grado de daño ecológico. Esta modalidad puede ser la más adecuada debido a que al gravar directamente a la sustancia contaminante se estaría

reduciendo los GEI. Adicionalmente se podría frenar el deterioro ambiental de manera considerable.

Tabla 1. Internalización de las externalidades ambientales.

<b>Tipo de internalización de externalidad</b>	<b>Detalle de internalización</b>	<b>Efecto sobre la protección ambiental</b>	<b>Limites</b>
Impuestos pigouvianos	Se imponen sobre las emisiones cuyas tasas se fijan en función del volumen de la emisión y del grado de daño ecológico.	Concientización ecológica en la población.	No ayuda directamente al daño ambiental ya que se dispersa en la economía.
	Sus objetivos son: Pagar por lo que contaminen y, que las empresas encuentren más rentables sectores menos contaminantes.	Cambio de patrones de consumo por tendencias ecologistas.	El dinero recaudado tenderá a ser usado para otros fines, excepto para mitigar el problema de la contaminación.
		Implementación de tecnologías limpias.	El daño ambiental puede ser irreparable.
			No es una garantía de que se estén internalizando todos los costos ambientales.
			Altos costos en mecanismos para detectar la contaminación.

Fuente: elaboración propia a partir de Pigou (1926) y Chang (2005)

## 2.6 Impuestos verdes

Después de analizar las externalidades negativas y el pensamiento de Pigou, se establece que la intervención del Estado y el uso de instrumentos de política ambiental (impuestos verdes) pueden ser una solución para la remediación ambiental. La OCDE (2011) define a los

impuestos ambientales como un impuesto cuya base imponible es una unidad física, o una aproximación, que tiene un impacto negativo específico comprobado en el medio ambiente. Los impuestos medioambientales son una herramienta efectiva y, si están diseñados de forma apropiada, también eficiente para la política medioambiental. Pueden potenciar y generar financiación privada. Los estudios muestran que los instrumentos fiscales incrementan la inversión verde. Los impuestos sobre el carbono, por ejemplo, podrían orientar las inversiones hacia tecnologías más limpias e incentivar la eficiencia energética.

### **2.6.1 Ventajas del impuesto**

El uso de impuestos ambientales tiene ciertas ventajas las cuales son (Pérez et al., 2011):

*Eficiencia estática:* la implementación de los impuestos permite conseguir un mismo nivel de reducción de la contaminación a un menor costo total pues éstos son lo suficientemente flexibles para que cada agente elija cuánto reducir según sus costos marginales particulares

*Eficiencia dinámica:* surge del incentivo permanente que generan los impuestos ambientales –pues gravan desde la primera unidad de contaminación– para adoptar tecnologías limpias e innovar en los procesos productivos de tal forma que se reduzcan las emisiones y, en consecuencia, la obligación tributaria; con un límite normativo.

*Tratamiento generalizado:* la introducción de impuestos hace que todos los contaminadores se enfrenten a una misma tasa, con independencia de sus características tecnológicas y económicas individuales.

*Potencial recaudatorio:* aunque la generación de rentas no es, en principio, el objetivo de este tipo de impuestos, éstos generan ingresos para el fisco, si bien la idea es que estos sean cada vez menores si el impuesto es ambientalmente exitoso.

## **2.7 Política fiscal verde y su relación con América Latina**

El Estado mediante políticas públicas puede lograr un cambio estructural dirigido a la protección del medio ambiente. Una reforma fiscal verde es la indicada porque crea

incentivos para patrones de consumo, producción menos contaminante y más eficientes en el uso de recursos. Además, reduce las distorsiones del sistema impositivo tradicional ante la disminución de impuestos directos (Pérez et al, junio 2011: 20).

Por lo tanto, estos incentivos no deberían ser un peso para la población, sino deben ser un paso para el mejoramiento ambiental. Un incentivo es el impuesto ambiental, el cual permiten disolver una externalidad negativa. Barde y Braathen (2009) señalan que los impuestos ambientales pueden tener un destino específico para la conservación o el mantenimiento de los recursos. Sin embargo, también inciden en el comportamiento y generan incentivos para deteriorar en menor medida el entorno.

El éxito de la implementación de los impuestos ambientales recae sobre una eficiente administración pública. La misma debe ser capaz de hacer un seguimiento y control del cumplimiento de la normativa ambiental, así como la disposición de las autoridades ambientales a trabajar en equipo (Pérez et al, junio 2011: 20). Así que basados en el principio “Quien contamina paga<sup>8</sup>”, se puede fundamentar el uso de impuestos dirigidos a agentes contaminantes.

Por lo tanto, un gobierno debería analizar aspectos como: llevar a su nación hacia un desarrollo sustentable, estudiar la eficiencia del impuesto y su incidencia en la promulgación de las potencialidades del conocimiento, para generar ciencia y tecnología en bien del medio ambiente. Por otro lado, se debe recordar que un desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, definición presentada en el informe Brutland por la WCED (1986: 16).

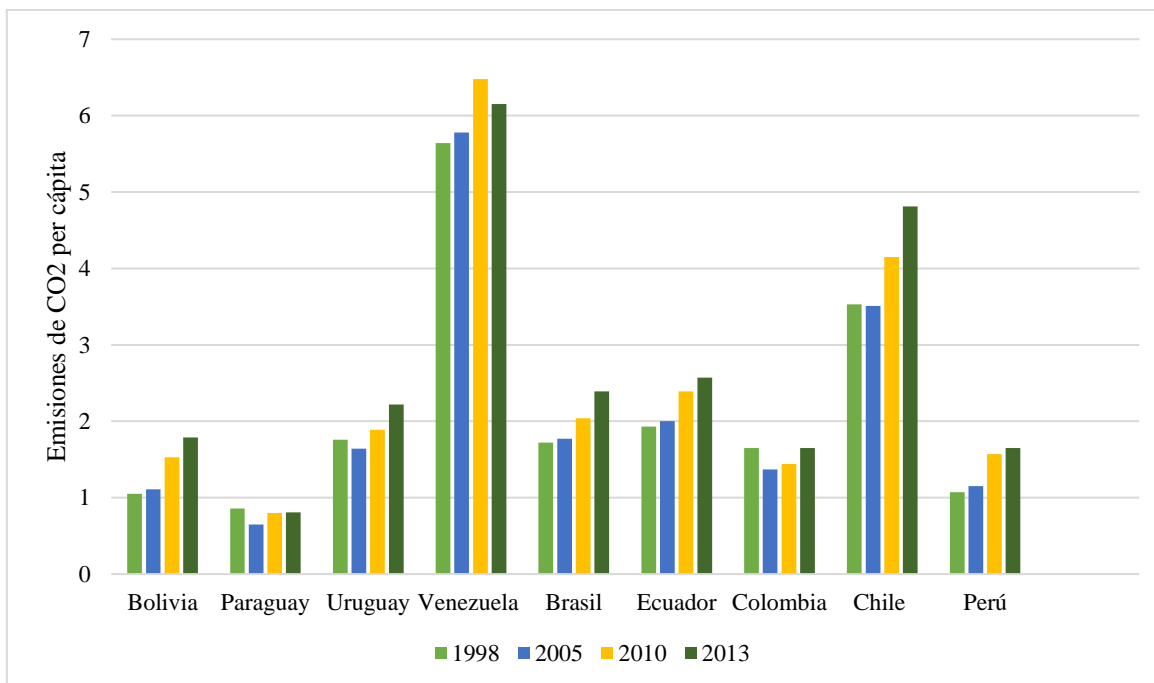
Con el pasar de los años la población, el consumo, la contaminación tienden a crecer. Pero lo más problemático es el crecimiento sin control, es decir, la sobrepoblación puede convertirse en una saturación de espacio, y por ende la explotación excesiva de recursos. Por lo que se produce deterioro ambiental acelerado. El siguiente grafico indica las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas por cada persona en Latinoamérica. Al parecer Venezuela y Chile son los más conflictivos ambientalmente, ya que sus niveles de emisiones de dióxido de carbono sobrepasan al resto de país en tres y dos puntos, respectivamente. Pero hay que considerar que Venezuela es el único país que ha presentado disminución en tres años, es decir, en el

---

<sup>8</sup> El principio establece que quien provoca la contaminación debe asumir o internalizar los costos de la misma y compensar por sus impactos (OCDE, 2013: 20).

2010 emitía 6,48 toneladas de CO<sub>2</sub>, mientras que para el 2013 su contaminación por persona fue de 6,15 toneladas. Por otro lado, Ecuador ha pasado de emitir, 1,93 toneladas a 2,57 toneladas por persona, el incremento no parece excesivo, pero al analizar las graves consecuencias que traerá a futuro, se convierte en una problemática.

Gráfico 3: Emisiones totales de CO<sub>2</sub> (ton) per cápita en Latinoamérica.



Fuente: elaboración propia a partir de WRI (2015).

Por otro lado, la siguiente tabla muestra la significancia que tiene el CO<sub>2</sub> en la atmósfera y en nuestra vida diaria. El factor que más contribuye al calentamiento global de la Tierra es la quema de combustibles fósiles y la deforestación que representan el 55% del total. Es decir que el CO<sub>2</sub> es de gran importancia para la contaminación, además de que es muy fácil de emitirlo. Cada vez que un auto rueda o que un árbol muere, se contribuye al deterioro ambiental. Esto significa un grave daño para la población y las generaciones futuras. Los otros gases descritos también son contaminantes, especialmente los HCFC, que están presentes, todo el tiempo, en la vida de una persona y representan el 24% del total. Entre estos gases y el CO<sub>2</sub> el calentamiento global aumenta en un 79%.

Tabla 2. Fuentes y contribución al calentamiento global.

<b>Gas</b>	<b>Fuentes principales</b>	<b>Contribución al calentamiento global</b>
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Quema de combustible fósiles (77%) Deforestación (23%)	55%
Clorofluoros Carbonos (CFC) y Gases afines (HFC y HCFC)	Diversos usos industriales: refrigeradoras, aerosoles de espuma, solventes	24%
Metano (CH <sub>4</sub> )	Agricultura intensiva Minería de carbón. Fugas de gas Deforestación Respiración del plantas y suelos por efectos del calentamiento global Fermentación entérica	15%
Óxido Nitroso	Agricultura y forestería intensiva Quema de biomasa Uso de fertilizantes Quema de combustibles fósiles	6%

Fuente: elaboración propia a partir de la publicación Momento económico de Vargas y Leo (2003, Pág. 31)

Pero estos problemas pueden ser remediados mediante políticas ambientales que ayuden a contrarrestar los efectos. Algunos países de América Latina han adoptado medidas para minimizar los problemas ambientales:

Tabla 3: Instrumentos usados para política ambiental por países de América Latina

<b>País</b>	<b>Medidas</b>	<b>Año de implementación</b>	<b>Dirigido a:</b>	<b>En que consiste</b>
Brasil	Impuesto	2010	Contaminación del aire, eficiencia energética, cambio climático, transporte	Impuesto a los combustibles

Chile	Subsidio	2009	Eficiencia energética Transporte	Crédito fiscal para los sistemas solares de calentamiento de agua Incentivos para cambiar los tractores
Colombia	Impuestos	2012	Contaminación del aire, eficiencia energética, cambio climático, transporte	Impuesto Nacional sobre el diésel y el petróleo
Ecuador	Impuestos Subsidio	2012	Contaminación del aire, eficiencia energética, cambio climático, transporte	IACV Impuesto a las botellas no retornables Incremento de octanajes en combustibles

Fuente: elaboración propia a partir de OCDE (2011)

Como se observa en la tabla algunos países han sido conscientes del daño ambiental, y han propuesto medidas que ayuden a mitigar los mismos. La mayoría se basan en impuestos hacia los principales contaminantes. Sus medidas han sido fundamentadas en la Teoría de Pigou y lo importante es que se ha empezado a actuar. En algunos años cada persona será capaz de mantener una cultura amigable con la naturaleza.

## 2.8 Política fiscal verde en el Ecuador

Ecuador es un país que se ha preocupado por el bienestar del medio ambiente. Para muestra de ello, se plantea una Constitución y un Plan del Buen Vivir en las cuales se garantizan los derechos de la naturaleza y un ambiente sano para los ecuatorianos. El artículo 396 de la Constitución establece que *“el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. ...la responsabilidad por daños ambientales es objetiva”*. Mientras que el Plan Nacional en su objetivo 4 establece: *“Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable”*. Cumplir con esos parámetros conlleva la creación de normas. Por eso en el artículo 300 de la constitución se plantea lo siguiente: *“El régimen tributario se regirá*



*por los principios de generalidad, progresividad, eficiencia, simplicidad administrativa, irretroactividad, equidad, transparencia y suficiencia recaudatoria. Se priorizarán los impuestos directos y progresivos. La política tributaria promoverá la redistribución y estimulará el empleo, la producción de bienes y servicios, y conductas ecológicas, sociales y económicas responsables.”*

### **2.8.1 Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado (LFAOIE)**

El 24 de noviembre del 2011 se aprueba la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado (LFAOIE). Esta ley fue aprobada con el motivo de desincentivar las practicas más contaminantes a partir del principio “quien contamina paga” (Asamblea Legislativa, 2012). Resulta importante precisar que la finalidad de los tributos no sólo es recaudar, sino que pueden resolver externalidades negativas. Sus ingresos para el Estado no significan solo la elaboración de carreteras, hospitales, escuelas, entre otras, sino que a su vez pueden generar incentivos para lograr que los ecuatorianos tengan conductas ecológicas, sociales y económicas responsables, señalado en la LFAOIE.

La LFAOIE en su capítulo I presenta un impuesto ambiental, el cual se denomina Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV). Este impuesto grava la contaminación ambiental producida por el uso de vehículos motorizados de transporte terrestre. El hecho generador es la contaminación generada por vehículos motorizados. Será recaudado por el Estado mediante el SRI y sus sujetos pasivos son: las personas naturales, sucesiones indivisas y las sociedades, nacionales o extranjeras, que sean propietarios de vehículos motorizados de transporte terrestre. Están exentos los vehículos del Estado, transporte público, ambulancias, vehículos para personas discapacitadas, vehículos híbridos y vehículos de transporte escolar<sup>9</sup>.

Se usa la presente tabla con la siguiente fórmula para el cálculo del IACV.

$$\text{Formula: } IACV = ((b - 1500)t)(1 + FA)$$

Donde:

---

<sup>9</sup> Ver LFAOIE

b= base imponible (cilindraje en centímetros cúbicos)

t= valor de imposición específica

FA= Factor de ajuste

Tabla 4. Obtención de la cuantía del impuesto.

Base imponible		Factor de ajuste	
Tramo- Cilindraje (Automóviles, motocicletas)	\$/cc (t)	Tramo de Antigüedad (años) – automoviles	Factor
menor a 1.500 cc	0.00	menor a 5 años	0%
1.501 - 2.000 cc	0.08	de 5 a 10 años	5%
2.001 - 2.500 cc	0.09	de 11 a 15 años	10%
2.501 - 3.000 cc	0.11	de 16 a 20 años	15%
3.001 - 3.500 cc	0.12	mayor a 20 años	20%
3.501 - 4.000 cc	0.24	Híbridos	-20%
Más de 4.000 cc	0.35		

Fuente: elaboración propia a partir de la LFAOIE propuesta por la Asamblea Legislativa (2012)

Por ejemplo, un vehículo con cilindraje de: 4000 cc, año del modelo: 2003; debería pagar:

$$IACV = ((4000 - 1500) * 0,24)(1 + 0,10)$$

$$IACV = \$630$$

Pero tiene un descuento del 80% por disposición transitoria dictada en la LFAOIE. Entonces el total a pagar sería 126 dólares. Esta disposición dicta que: “*Los vehículos de transporte terrestre de motor mayor a 2500 centímetros cúbicos y, de una antigüedad de más de 5 años, contados desde el respectivo año de fabricación del vehículo, tendrán una rebaja del 80% del valor del correspondiente impuesto a la contaminación vehicular a pagar, durante 3 años contados a partir del ejercicio fiscal en el que se empiece a aplicar este impuesto. Durante los años cuarto y quinto, la rebaja será del 50%*”.

Además del IACV, el Estado promulgó algunos proyectos que ayudaron a complementar a este impuesto, los cuales se definen a continuación:

### 2.8.1.1 *RENOVA*.

Es un programa implementado por el Gobierno Nacional que permite renovar el parque automotor, mediante la salida de vehículos que prestan servicio de transporte público, que serán sometidos al proceso de chatarrización, por lo que recibirán un incentivo económico que le permite acceder a un vehículo nuevo de producción nacional a precio preferencial o la exoneración de aranceles para vehículos importados (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2010).

### 2.8.1.2 *Plan de mejoramiento de combustibles*

Hasta abril de 2012 se mejoró el octanaje de las gasolinas: Extra elevó su calidad de 81 a 87 octanos, y Súper pasó de 90 a 92 octanos. Además, se redujo el contenido de azufre a 650 partes por millón (ppm), tanto en la gasolina Extra como en la Súper (Almeida, 2013: 17). Esto permite un mejor rendimiento en los motores de los vehículos. *“Si el combustible funciona de mejor manera, los convertidores catalíticos también mejoran su funcionalidad, por lo que se reducirán las emisiones a la atmósfera y por tanto mejorará la calidad del aire de las ciudades y se preservará la salud de la población, objetivo primordial de este programa”*<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> EP Petroecuador, boletín no. 018 - Combustibles de mejor calidad y menos contaminantes para el país, Abril 2012, Pág. 1

### 3 MÉTODO

Para la presente investigación se ha iniciado con una breve descripción estadística de las variables que se detallarán en breve. Se presentan gráficos que permiten analizar la evolución y la situación actual de cada variable con su respectivo análisis. Esta breve introducción permitirá tener una idea más clara acerca de las emisiones de CO<sub>2</sub> y su relación con el impuesto, dando paso al análisis econométrico que se ha planteado la presente investigación.

Para la comprobación de la hipótesis planteada se ha recurrido a un estudio denominado “*Determinantes de las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países mediterráneos*”, publicado por la Universidad Jaume I. Este artículo analiza los aspectos que influyen en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para esto se fundamenta en una ecuación propuesta por Ehrlich y Holdren en 1971 y reformulada posteriormente por Dietz y Rosa en 1997. La ecuación denominada IPAT relaciona el impacto ambiental con tres variables: población, renta y tecnología perjudicial para el medioambiente. Pero el artículo también incluye el consumo energético.

El periodo a analizar ha sido 1998-2014, pero por su corto tiempo, los datos se han transformado en trimestres. La matriz de Lissman Sandee es un método de desagregación temporal sin indicadores, que permite trimestralizar bases de datos para ampliar el tamaño de la muestra, de lo contrario no sería posible continuar con el proceso. Al final, se ha logrado obtener una base con 68 observaciones. La base de datos se ha tomado de diferentes fuentes: las emisiones de CO<sub>2</sub>, la población y el PIB per cápita se ha tomado de la base de datos del Banco Mundial, el parque automotor total y el parque automotor IACV se ha tomado de los anuarios de estadística de transporte del INEC, el consumo energético se ha tomado del balance energético nacional del MCSE.

Por lo tanto, para la formulación de los modelos que permita comprobar la hipótesis de la investigación, se han planteado las siguientes variables:

Tabla 5: Variables para modelo matemático.

<b>Variables</b>	<b>Características</b>
Emisiones de CO <sub>2</sub> (CO2KT) Las emisiones están en kilo toneladas.	Esta variable es determinante para la investigación ya que al relacionarla con el impuesto se podrá determinar su impacto, es

	decir, si han incrementado o disminuido en el transcurso del tiempo.
Parque automotor total (QAP AIS)	Esta variable representa la cantidad total de vehículos que existe en el país. Se ha tomado esta variable debido a que todos los vehículos son emisores de GEI y por ende deberían estar sujetos a un impuesto.
Parque automotor IACV (autosIACV)	Esta variable representa la cantidad de autos total que pagan el impuesto ambiental. Estos autos son particulares y constan de automóvil, bus, colectivo, jeep, furgoneta, camioneta, camión, tanquero, volquete, tráiler <sup>11</sup> .
Población (POBLAC)	Esta variable considera la población total del país, debido a que todas las personas son responsables de la contaminación. Cada niño que nace ocupa un espacio en la tierra y por ende requiere de la generación de más productos para su supervivencia, y entre ellos está el transporte. Esto demuestra que cada uno contribuye, en una mínima cantidad, a la degradación ambiental. Por lo tanto, la investigación cree pertinente considerar a todos los ecuatorianos.
Consumo energético del sector transporte (CEST)	Esta variable está dada en Kbp. Representa el consumo de energía de los autos, pero solo considera la gasolina y el diésel ya que representan el 86% del total de energía que usan los vehículos.
PIB per cápita real (PIBPR)	Tomado del Banco Mundial, se considera esta variable debido a que el consumo de cada persona se refleja de manera negativa en el medio ambiente. Y esta variable refleja el aumento real en la producción.
PIB per cápita corriente (PIBPC)	Tomado del Banco Mundial, se considera esta variable debido a que el consumo de cada persona se refleja de manera negativa en el medio ambiente. Y esta variable refleja el aumento de los precios.
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (Diacv1)	El impuesto ambiental se lo ha considerado como una variable dummy. Representado por 0 los años que no se han pagado el

<sup>11</sup> Estos vehículos se tomaron de las bases de datos del INEC y son los que están sujetos al IACV según la LFAOIE

	<p>impuesto y 1 los años que si pagaron el mismo.</p> <p>De esta manera se podrá determinar si el evento influye en el resultado.</p>
--	---

Fuente: elaboración propia

Todas las variables, en teoría, guardan una relación directa con las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, se establecen cuatro modelos:

Modelo 1:

$$CO2KT = \beta_0 + \beta_1 x_{QAP AIS} + \beta_2 x_{POBLAC} + \beta_3 x_{CEST} + \beta_4 x_{PIBPC} + \delta_{IACV} + \mu$$

Modelo 2:

$$CO2KT = \beta_0 + \beta_1 x_{autosIACV} + \beta_2 x_{POBLAC} + \beta_3 x_{CEST} + \beta_4 x_{PIBPC} + \delta_{IACV} + \mu$$

Modelo 3:

$$CO2KT = \beta_0 + \beta_1 x_{QAP AIS} + \beta_2 x_{POBLAC} + \beta_3 x_{CEST} + \beta_4 x_{PIBPR} + \delta_{IACV} + \mu$$

Modelo 4:

$$CO2KT = \beta_0 + \beta_1 x_{autosIACV} + \beta_2 x_{POBLAC} + \beta_3 x_{CEST} + \beta_4 x_{PIBPR} + \delta_{IACV} + \mu$$

Estos modelos permitirán establecer la correlación que tiene cada variable independiente con respecto a la variable dependiente. Se establecen cuatro modelos para determinar la consistencia de los modelos con respecto a las diferentes alternativas que se pueden presentar. Al final, se obtendrán los resultados que permitirán aceptar o rechazar la hipótesis.

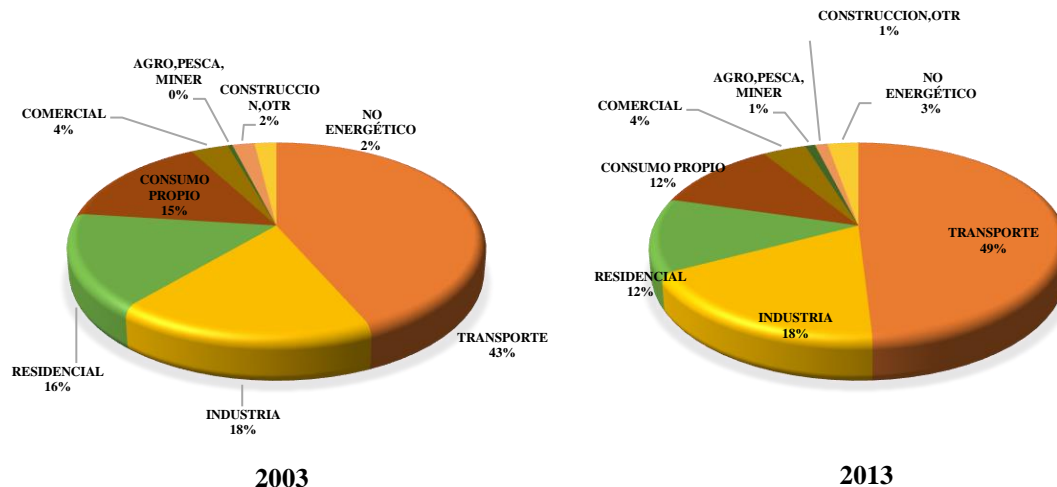
Antes de llegar a la correlación, la base de datos se someterá a un análisis básico de regresión con datos de series de tiempo, debido a que los datos de serie de tiempo se caracterizan por tener un orden temporal y son resultado de variables aleatorias. Las series de tiempo cuentan con una tendencia de crecimiento o decrecimiento, a lo largo del tiempo. En un análisis de regresión es fácil notar la tendencia de las variables, además de que ningún supuesto se está quebrantado en el proceso. Sin embargo, es posible encontrar una relación falsa entre la variable explicada y una o más variables explicativas con tendencia. Este fenómeno es un problema de regresión espuria, sencillamente porque cada una está creciendo con el tiempo. Por lo tanto, es pertinente exponerlos a una prueba que permita eliminar este problema de raíz unitaria y regresión espuria.

Las variables son tratadas por la prueba de Dickey y Fuller y la prueba de Phillips y Perron las mismas que permiten eliminar la raíz unitaria en los datos. En los anexos se presentan las variables antes de las pruebas y después de las pruebas. Cada serie presenta raíz unitaria (serie no estacionaria), según el test de Dickey-Fuller y Philips-Perron procesados en STATA. Para corregir este inconveniente, se hace logarítmicas a las variables y luego se calcula la primera diferencia de cada variable. Así se obtienen series estacionarias. Con la excepción de las variables PIB per cápita, esta variable no necesita corregirse, ya que los test usados demuestran que son estacionarias. Una vez obtenido la estacionariedad en los datos se corre los modelos en el software y se analiza los resultados.

#### 4 DESARROLLO

Desde la aparición de la energía (eléctrica, fósil, etc.), la población se ha beneficiado en mayor cuantía de la misma, ya que, además de facilitar su vida, ha permitido que se desarrolle de manera rápida. La economía está compuesta por diferentes sectores productivos, los mismos que necesitan de cierta cantidad de energía para poder realizar sus actividades. Cada año el aumento en el consumo de bienes y servicios provoca una subida en el consumo de energía, los siguientes gráficos muestran el consumo de energía en los diferentes sectores de la economía ecuatoriana para el año 2003 y 2013.

Gráfico 4. Consumo de energía por sectores, año 2003 y 2013

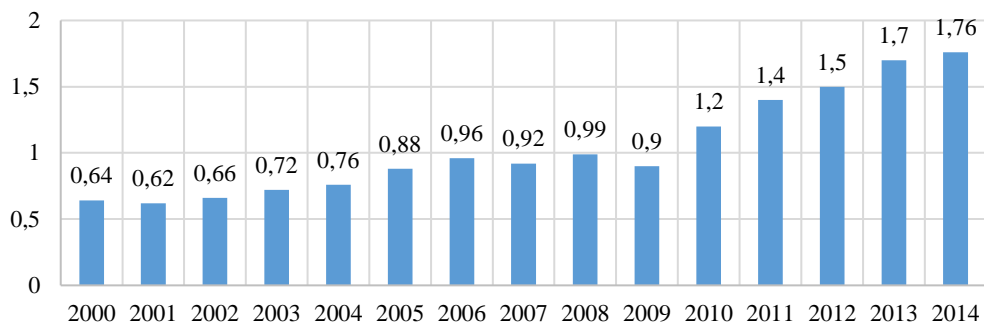


Fuente: elaboración propia a partir del Balance Energético del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégico (2015).

El gráfico 4 muestra un incremento significativo de 6 puntos porcentuales en el consumo de energía, sector transporte, debido al incremento del parque vehicular. En 10 años, este parque ha crecido considerablemente, como se muestra en el gráfico 5. Se puede observar que en 10 años la cantidad de autos ha logrado duplicarse, pasando de 0,76 millones a 1.76 millones de autos. Esto ha generado consecuencias como, la saturación en ciudades, un incremento de contaminación, una inversión en carreteras, disminución de tiempo en transporte, agilidad en el comercio.



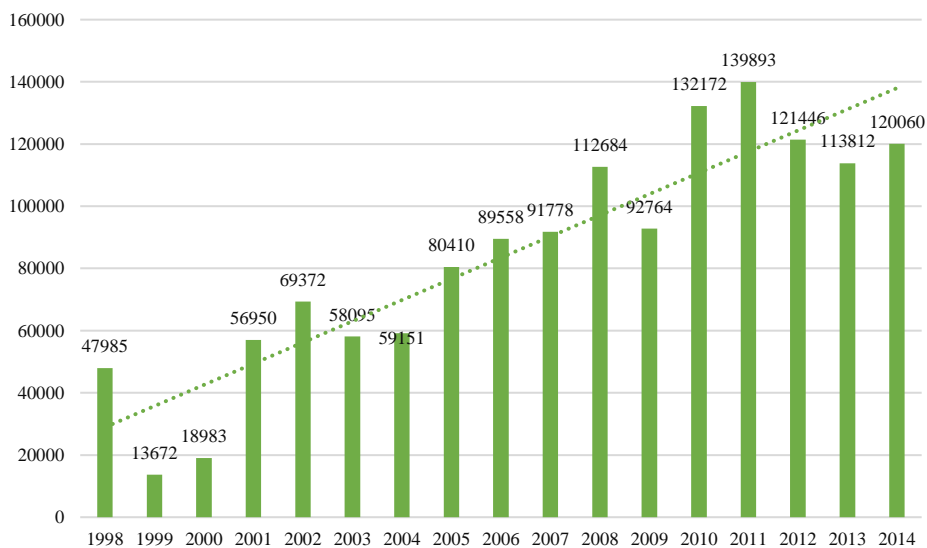
Gráfico 5. Número de vehículos matriculados (millones de autos)



Fuente: elaboración propia a partir del Anuario de Estadísticas del INEC (2016).

Por otro lado, el comportamiento de las ventas de vehículos en Ecuador es la siguiente:

Gráfico 6. Ventas de vehículos en el Ecuador.



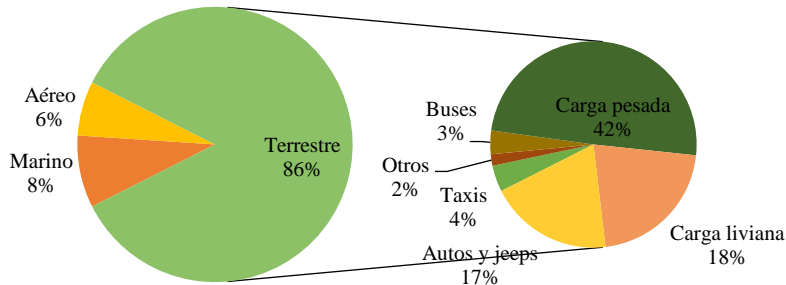
Fuente: elaboración propia a partir del Anuario de Asociación de empresas automotrices del Ecuador (2014).

En el gráfico 6 se presenta el incremento de ventas hasta el año 2011. Siendo la excepción el 2009 debido a la crisis internacional y según la Asociación de Bancos del Ecuador (2012), los créditos disminuyeron en ese año, sin embargo, para los siguientes años se expandió en un 20%. A partir del 2011 entra en vigencia una serie de limitaciones para las empresas importadoras como: salvaguardias, reducción de cupos de importación, anticipo al impuesto

a la renta, ICE, las cuales limitaron al sector y por ende se evidencia un incremento menor del parque vehicular (ver gráfico 5), desde el 2011. Estas limitaciones atentan a la libertad de los consumidores ya que debieron restringir sus opciones a cierto tipo de vehículos, por lo tanto, sus necesidades no eran completamente satisfechas, sino que debían adecuarse al sistema.

Por otro lado, el gráfico 7 muestra que el transporte terrestre consume un 86% del total de energía imputable al sector del transporte, mientras que el resto lo ocupa el sector marítimo y aéreo. Dentro del sector terrestre, los autos familiares, vehículos de carga liviana, y carga pesada son los que más abundan en la actualidad y consumen un total de 77% de energía del sector transporte. Por ende, son causantes de la mayor parte de emisiones de CO<sub>2</sub> en el país. Además, muestra que los transportes públicos y otros pertenecen al 8% del total del parque automotor del país, siendo la parte exonerada del IACV. Es importante considerar que el análisis de la presente investigación se la realiza considerando el sector terrestre.

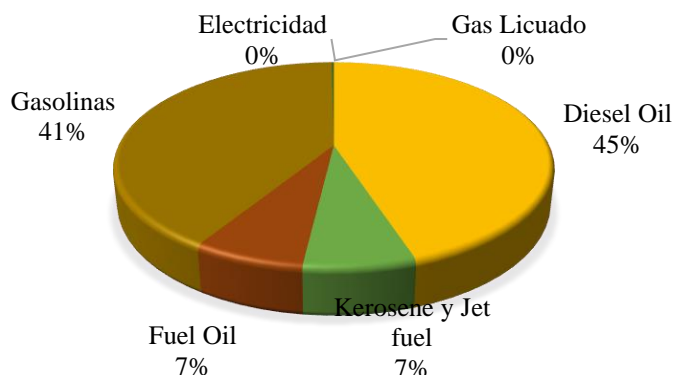
Gráfico 7. Consumo de energía por tipo de transporte año 2014



Fuente: elaboración propia a partir del Balance Energético del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégico (2015).

Sin embargo, el sector transporte consume cierto tipo de energía, que es causante de un porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub>, las cuales se muestran a continuación.

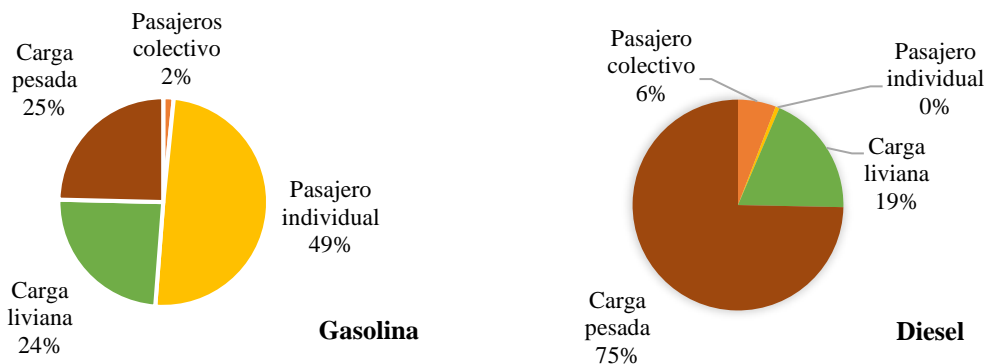
Gráfico 8. Consumo del sector transporte por tipo de fuente en 2014.



Fuente: elaboración propia a partir del Balance Energético del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégico (2015).

Como se observa, los vehículos eléctricos aun no logran abarcar un porcentaje considerable del mercado y, los vehículos que usan gas licuado, no están permitidos en el país, sin embargo, muchas personas adaptan sus motores a esta fuente. Por otro lado, la gasolina y diésel tienen gran acogida, sumadas representan el 86% del consumo.

Gráfico 9. Consumo de gasolinás y diésel por tipo de vehículo 2014



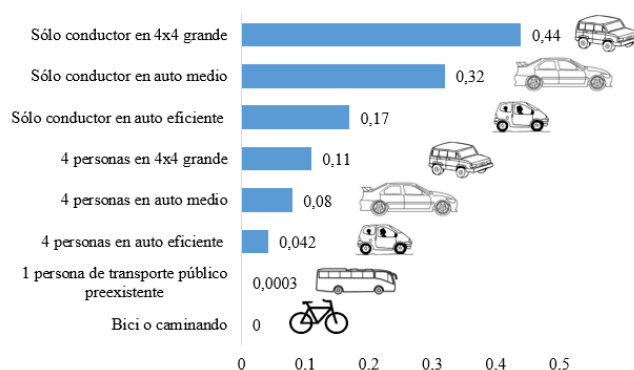
Fuente: elaboración propia a partir del Balance Energético del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégico (2015).

Para el año 2014, se ha consumido 811,45 millones de galones de gasolina, de los cuales un vehículo familiar o personal, consume el 49% del total. En el gráfico 9, los vehículos personales, de carga pesada y liviana, son los que más gasolina consumen, y por ende los más contaminantes. Pero, al comparar los buses a penas consumen un 6% de diésel y tienen

la capacidad de transportar a más personas. Y el resto de vehículos, los cuales representan un 8% (gráfico 7), del parque automotor, siguen siendo vehículos contaminantes, pero se han exonerado debido a que transportan más personas que un auto familiar.

El gráfico 10 presenta una breve explicación sobre la cantidad de emisiones de GEI por persona en los diferentes vehículos:

Gráfico 10. Emisiones de GEI de diferentes medios de transporte (kg CO<sub>2</sub> por persona)



Fuente: elaboración propia a partir del artículo de Emisiones de CO<sub>2</sub> de Ecologistas en Acción (2009)

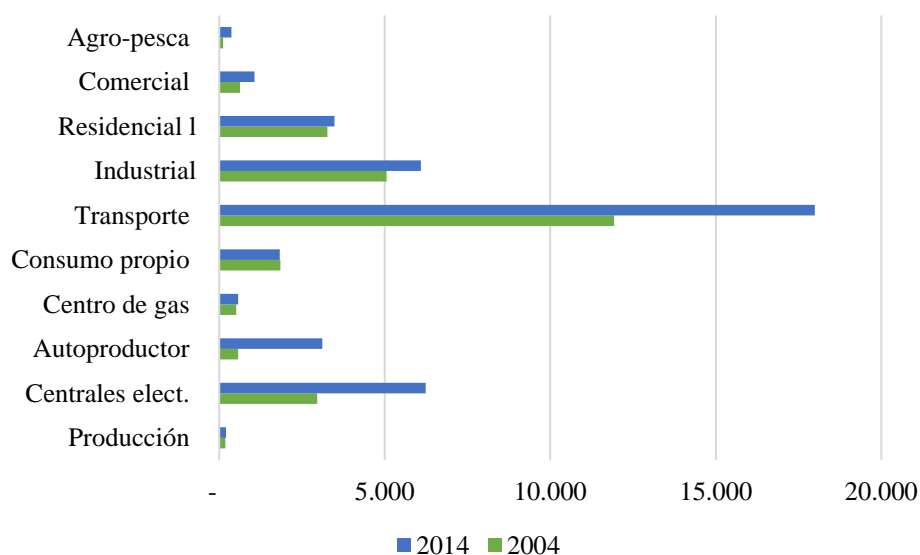
Se puede observar que, cuando una persona usa un autobús, genera 0.003 kg de CO<sub>2</sub>, siendo una cantidad mínima respecto al uso de un vehículo privado, generando 0,32 kg de CO<sub>2</sub> (ver gráfico 5). Adicionalmente, hay que considerar que para el año 2014, el 44% de vehículos en el Ecuador son marca Chevrolet AEADE (2015), misma que cuenta con vehículos poco eficientes en el uso de combustibles, respecto a otras marcas. Mientras que la marca Toyota solo representa, en ventas, el 5%; pero hay que reconocer que la primera marca es más accesible y comercial que la segunda, por ende, la mayoría de ecuatorianos prefieren autos de menor costo<sup>12</sup>. Esto se debe a que los vehículos Chevrolet son ensamblados en el país, por ende, tienen un menor costo, pero su ensamblaje no pasa por las normas europeas que resguardan la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que los vehículos Toyota son europeos y cuentan con todas las normas.

Como se puede apreciar en el gráfico 11, las emisiones de CO<sub>2</sub>, en el sector transporte, presentan crecimiento en comparación con los otros sectores. El incremento en 10 años ha

<sup>12</sup> Para mayor información sobre la diferencia de contaminación y eficiencia entre los distintos motores consultar la página <http://www.km77.com/precios/comparador/comparar/51835/46359>

sido de 6 mil kilos toneladas, mientras que en los otros sectores el incremento no ha sido significativo. Esto demuestra que el incremento del parque automotor, especialmente en autos familiares, ha tenido un impacto en el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo de los años. El PNBV manifiesta que las emisiones vehiculares no controladas son la fuente principal de contaminación del aire de las áreas urbanas.

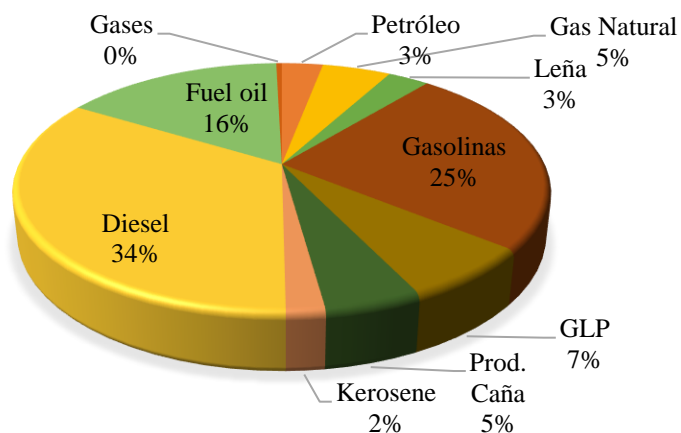
Gráfico 11. Emisiones de GEI por actividad (kt CO<sub>2</sub> equivalentes) año 2004 y 2014



Fuente: elaboración propia a partir del Balance Energético del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégico (2015).

El gráfico 12 muestra la participación de cada fuente en las emisiones, donde la gasolina y diésel representan el 59% del total de emisiones del país. La suma del consumo por fuente, de todas las actividades económicas, ha generado 46 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. La gasolina y el diésel son los combustibles que tiene mayor participación en la contaminación, esto debido a su alta demanda del sector transporte, como se muestra en el gráfico 9.

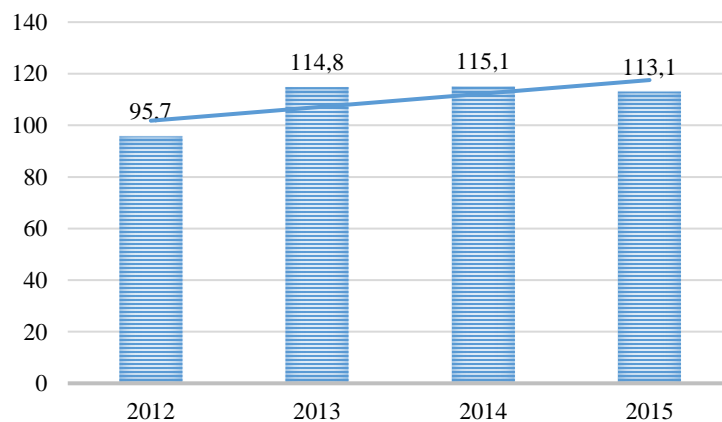
Gráfico 12. Emisiones de GEI por fuente 2014.



Fuente: elaboración propia a partir del Balance Energético del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégico (2015).

El problema de la contaminación, ha generado la implementación del IACV, el mismo que en el año 2014, ha logrado recaudar 115 millones de dólares, tal como se muestra en el gráfico 13. En el segundo año es representativo establecer la eficiencia administrativa que hubo en la recaudación, ya que se mejoró en un 20%.

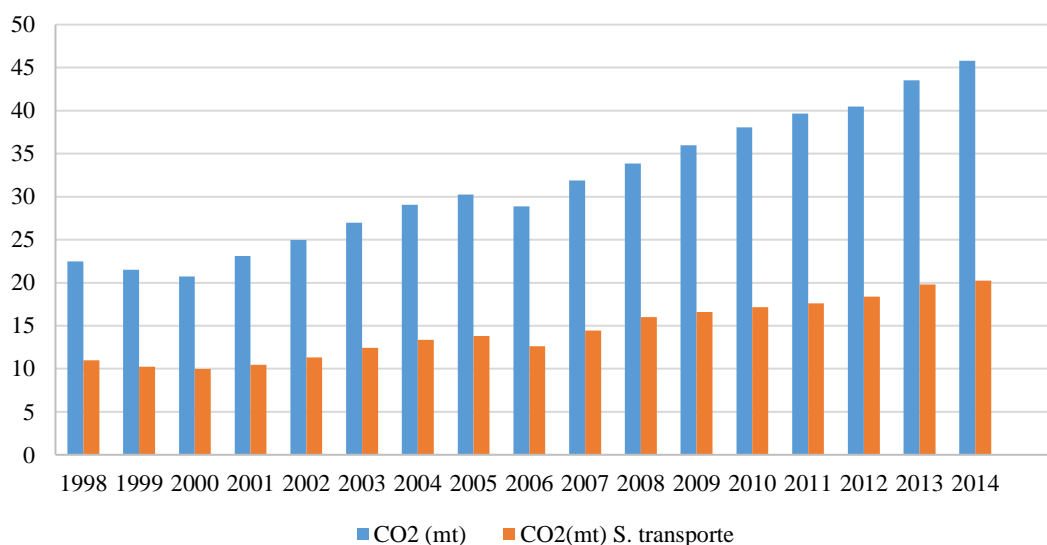
Gráfico 13. Evolución de la recaudación del Impuesto ambiental a la contaminación vehicular (en millones de dólares).



Fuente: elaboración propia a partir de la Recaudación por tipo de impuestos del SRI (2015).

Este impuesto es recaudado por el Estado, a través del SRI, y todos los impuestos que recauda el Estado va a la Cuenta Única del Tesoro Nacional, que se encuentra en el Banco Central del Ecuador, mezclándose con las otras partidas presupuestarias. Lo cual conlleva a que el destino final del IACV sean las principales inversiones del gobierno actual (carreteras, infraestructura, salud y educación), y no se visualiza el porcentaje que se destina al cuidado y remediación ambiental. En ningún momento se establecen planes específicos para contribuir con el objetivo principal del IACV, que es la disminución de la contaminación. O al menos, se dirige a un fondo especial para contribuir con el medio ambiente. También se debe considerar que la recaudación a partir del sexto año será mayor debido a que la disposición transitoria no tendrá vigencia.

Gráfico 14. Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> (megatoneladas) totales y en el sector transporte.



Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos del Banco Mundial (2016).

Como se puede observar en el gráfico 14, se presenta una evolución de las emisiones de dióxido de carbono en todos los sectores del Ecuador, y las emisiones del sector transporte, a partir del año 1998 hasta el 2014. Es posible notar que las emisiones totales han ido creciendo al pasar de los años, y a partir del 2006, su aumento ha sido más notorio. En menos

de 10 años, las emisiones han pasado de 29 megatoneladas a 45 megatoneladas. Un incremento acelerado para un país pequeño y en vías de desarrollo.

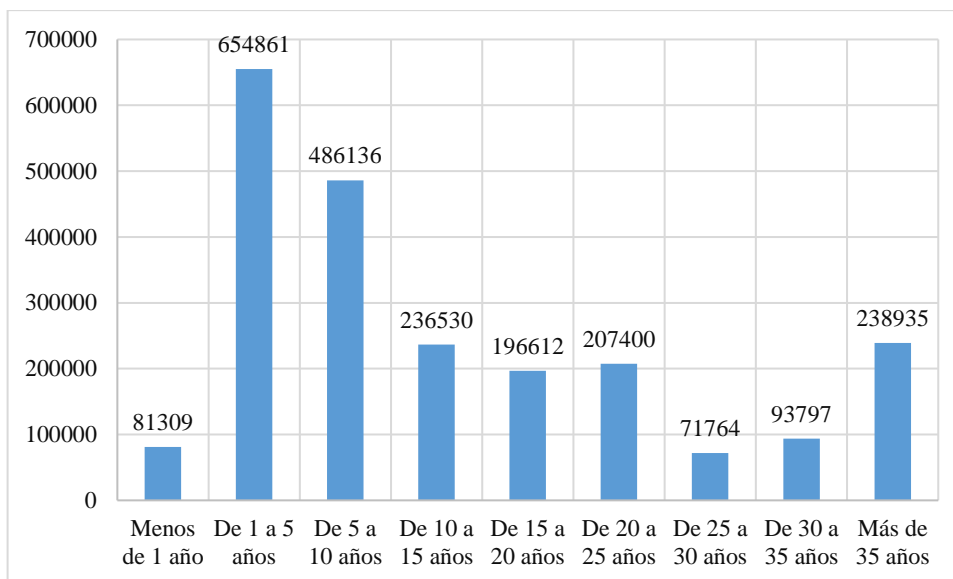
El mismo gráfico muestra que, la brecha entre las emisiones del sector transporte y las emisiones de todos los sectores, es considerablemente alto. Es decir, que la demanda de energía a nivel residencial e industrial es mayor que la del transporte, por ende, emiten más cantidad de GEI. Así sean en pequeñas cantidades, lo que lo vuelve tan relevante, es la gran cantidad de personas que lo hacen, generando un gran aporte para el daño ambiental y una gran preocupación. Su crecimiento es acelerado y se conduce la vida de las futuras generaciones a un riesgo irremediable. Esto demuestra que el sector transporte ya no es el problema de contaminación, sino que el resto de sectores, también aportan y la suma lo vuelve peligroso para la población.

Adicionalmente, es posible detectar que, a partir del año 2006, el incremento de emisiones ha sido constante ya que, en esos años, la venta de vehículos empezó a subir, además hay que considerar que el consumo de energía en los demás sectores, también incrementó. Esto, debido a que se empezó a adquirir más productos eléctricos, las industrias tecnificaron procesos y se empezó a producir más energía, evitando problemas del pasado, como los apagones. En conclusión, al analizar el total de emisiones, se puede concluir que los vehículos no generan toda la contaminación, sino que otros sectores también aportan a la causa.

Por otro lado, los años de vida de un vehículo, también es determinante en las emisiones de CO<sub>2</sub>, debido a que sus motores ya se desgastan y producen más residuos contaminantes. El siguiente gráfico muestra la antigüedad del parque automotor, en donde 238 mil vehículos son muy dañinos y están aún en circulación, cuentan con 35 años de antigüedad y por lo tanto son perjudiciales para el medio ambiente. La mayoría de vehículos aún son nuevos, pero se debe considerar que, en el Ecuador, un vehículo solo tiene 5 años de vida útil. Por lo que 654 mil vehículos son altamente perjudiciales, si no tiene el mantenimiento debido.



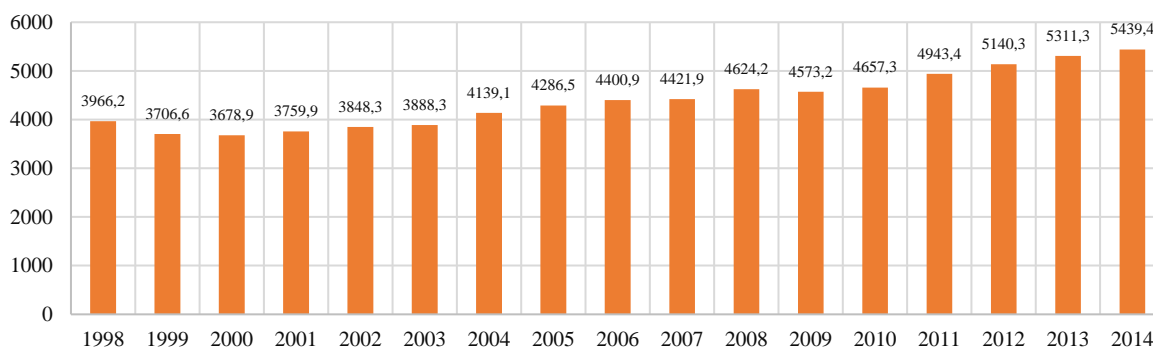
Gráfico 15. Antigüedad de vehículos en Ecuador



Fuente: elaboración propia a partir del Anuario de Asociación de empresas automotrices del Ecuador (2014).

Finalmente, se presenta la evolución del PIB per cápita:

Gráfico 16. Evolución del PIB per cápita en Ecuador.



Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos del Banco Mundial (2016).

Este indicador ha ido creciendo a lo largo de los años, dándoles a los consumidores, un mayor poder adquisitivo, esto significa que la producción aumenta, el empleo y por ende el consumo también. Lo que conlleva a un aumento de contaminación, sin medir las consecuencias. Es

decir, el poder adquisitivo influye en la contaminación ya que consumen y pagan sus debidos impuestos sin tomar conciencia alguna.

Para determinar el impacto que ha tenido el impuesto ambiental a la circulación vehicular sobre la cantidad de emisiones de dióxido de carbono en el Ecuador a continuación, se establece cuatro modelos econométricos que permiten responder a esta hipótesis.

#### 4.1 Aplicación

Después de correr los modelos usando modelos robustos o fuertes, es decir, si existe una varianza no constante de los errores se blinda el modelo para que la estimación no sea errada, se obtiene los siguientes resultados:

##### Modelo 1:

$$CO2KT = -0,0625 + 0,4204x_{QAP AIS} + 13,277x_{POBLAC} - 0,1065x_{CEST} + 0,000008x_{PIBPC} - 0,006_{IACV}$$

##### Modelo 2:

$$CO2KT = -0,06507 + 0,4366x_{autosIACV} + 13,1128x_{POBLAC} - 0,05862x_{CEST} + 0,00013x_{PIBPC} - 0,00989_{IACV}$$

##### Modelo 3:

$$CO2KT = -0,0705 + 0,4216x_{QAP AIS} + 13,1258x_{POBLAC} - 0,0945x_{CEST} + 0,000014x_{PIBPC} - 0,0038_{IACV}$$

##### Modelo 4:

$$CO2KT = -0,0846 + 0,4372x_{autosIACV} + 12,9736x_{POBLAC} - 0,0427x_{CEST} + 0,000029x_{PIBPC} - 0,00781_{IACV}$$

Para lo cual se ha construido una tabla resumen con todas las variables, valores y resultados.

Tabla 6: Resumen de los modelos

Modelo 1					Resultados
	$\beta$	Error estándar	t	P> t	
$\beta_0$	-0,0625	0,0406	-1,54	0,129	* El valor F superan el valor critico que es de 1,95 al 5% de error.
X QAP AIS	0,4204	0,2213	1,9	0,062*	* Se obtiene un 54,69% de explicación de las variables independientes sobre la variable dependiente.
X POBLAC	13,277	8,4838	1,56	0,123	
XCEST	-0,1065	0,2652	.0,4	0,689	
X PIBPC	0,00000827	0,00001	0,74	0,461	
Diacv1	-0,006	0,0138	-0,44	0,664	* En términos absolutos, solo la variable parque automotor total es
R <sup>2</sup>	0,5469				
F	3,91				

					significativo. Es decir que por cada vehículo que se aumente las emisiones de CO <sub>2</sub> aumentarán en 0,42 kilo toneladas. Y las demás variables están por debajo del valor crítico establecido. Esto quiere decir, que la mayoría de las variables no son significativas para las emisiones de CO <sub>2</sub> . Especialmente el impuesto ambiental no tiene un efecto significativo sobre la disminución o aumento de las emisiones de dióxido de carbono en el país.
Modelo 2					Resultados
	$\beta$	Error estándar	t	P> t	* El F superan el valor crítico que es de 1,95 al 5% de error.  * Se obtiene un 55,69% de explicación de las variables independientes sobre la variable dependiente.  * En este modelo sucede lo mismo con la significancia de las variables. Solo la variable del parque automotor es significativa. Es decir que por cada vehículo que se aumente las emisiones de CO <sub>2</sub> aumentarán en 0,44 kilo toneladas. Por lo cual se concluye que el impuesto ambiental tampoco tiene significancia dentro de este modelo, es decir no lleva relación alguna con las emisiones de CO <sub>2</sub> .
$\beta_0$	-0,06507	0,0401	-1,62	0,110	
X autosIACV	0,4366	0,2296	1,9	0,062*	
X POBLAC	13,1128	8,45268	1,55	0,126	
XCEST	-0,05862	0,2518	-0,23	0,817	
X PIBPC	0,000013	0,00000000	1,41	0,165	
Diacv1	-0,00989	0,01315	-0,75	0,455	
R <sup>2</sup>	0,5569				
F	4,41				
Modelo 3					Resultados
	$\beta$	Error estándar	t	P> t	* El F superan el valor crítico que es de 1,95 al 5% de error.  * Se obtiene un 54,59% de explicación de las variables
$\beta_0$	-0,0705	0,05746	-1,23	0,225	
X QAPAS	0,42161	0,2216	1,90	0,062*	
X POBLAC	13,1258	8,4260	1,56	0,124	
XCEST	-0,09456	0,27089	-0,35	0,728	
X PIBPR	0,000014	0,0000333	0,42	0,673	

<b>D<sub>iacv1</sub></b>	-0,00387	0,01425	-0,27	0,786	independientes sobre la variable dependiente.
<b>R<sup>2</sup></b>	0,5459				
<b>F</b>	3,89				
<b>Modelo 4</b>					<b>Resultados</b>
	<b>β</b>	<b>Error estándar</b>	<b>t</b>	<b>P&gt; t </b>	* El F superan el valor crítico que es de 1,95 al 5% de error.
<b>β<sub>0</sub></b>	-0,08465	0,05421	-1,56	0,124	* Se obtiene un 55,52% de explicación de las variables independientes sobre la variable dependiente.
<b>X autosIACV</b>	0,4372	0,23015	1,90	0,062*	
<b>X POBLAC</b>	12,9736	8,40475	1,54	0,128	
<b>XCEST</b>	-0,04276	0,2561	-0,17	0,868	
<b>X PIBPR</b>	0,000029	0,0000292	0,99	0,325	
<b>D<sub>iacv1</sub></b>	-0,00781	0,01347	-0,58	0,564	
<b>R<sup>2</sup></b>	0,5552				* En este modelo sucede lo mismo con la significancia de las variables. Solo la variable del parque automotor es significativa. Es decir que por cada vehículo que se aumente las emisiones de CO <sub>2</sub> aumentarán en 0,44 kilo toneladas. Por lo cual se concluye que el impuesto ambiental tampoco tiene significancia dentro de este modelo, es decir no lleva relación alguna con las emisiones de CO <sub>2</sub> .
<b>F</b>	4,39				

Fuente: elaboración propia

Nota: el \* significa el nivel de significancia al 10%

Como se puede comparar en los cuatro modelos, los resultados de las betas de las variables son muy parecidos, lo cual muestra que los modelos son consistentes a pesar de las diferentes alternativas propuestas. Por otro lado, el análisis recae en el estadístico F, muestra la

significancia de cada modelo. En la tabla se muestra que los valores F calculados son mayores a los críticos, por ende, hay significancia global, es decir al menos un coeficiente estimado que acompaña a las variables independientes no es cero. Por otro lado, es posible detectar que ninguna variable es estadísticamente significativa. Es decir, que el impuesto no tiene relación con las emisiones de CO<sub>2</sub>. Pero la variable parque automotor si influye en las emisiones. En conclusión, se acepta la hipótesis de la investigación. Claramente se puede observar que las emisiones de dióxido de carbono han ido aumentando con el paso del tiempo, y el impuesto no tiene un efecto directo hacia ellas debido a que no internaliza el problema. Es decir, que el impuesto no reduce el impacto ambiental. Además, es importante destacar que esta política se implementó hace pocos años, y es evidente que aún no tiene resultados, pero también es evidente que no ha sido encaminado por un camino objetivo. Por ende, no habrá resultados ambientales si no se empieza a gestionar planes ecológicos.

Es posible detectar los factores que indujeron en el fracaso del impuesto, en primer lugar, el impuesto no se encuentra estructurado de una forma en la cual sea capaz de mitigar un daño. Es decir, no considera aspectos sociales ni ambientales en su cálculo. Segundo, los valores recaudados por el IACV se pierden en las arcas fiscales, y no se destinan a proyectos de prevención y/o mitigación de impacto ambiental, estos recursos se invierten en programas al azar y no se puede realizar un seguimiento del mismo. Como consecuencia de esto se produce el tercer punto, que es la ineficiencia del impuesto al no disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Es importante destacar, que Ecuador no tiene una fuente específica para medir las emisiones de dióxido de carbono, de hecho, el país no presenta informes anuales acerca de las condiciones climáticas del país. En Quito se cuenta con un ente que monitorea los GEI, pero lo hace solo para esa ciudad. Por tal motivo antes del año 2000 las emisiones tenían cambios drásticos, y la falta de datos precisos que sustenten los cambios es evidente. Por lo tanto, es importante invertir en instrumentos de monitoreo que permitan medir la cantidad de emisiones de GEI que emana la actividad económica ecuatoriana, y de esta forma implementar planes preventivos para evitar problemas a las futuras generaciones.

Finalmente, hay que considerar que solo se analiza las emisiones de dióxido de carbono, pero en el aire existen varios GEI que son perjudiciales a largo plazo para la población. Según Clean Air Institute (2013) los estándares para GEI en todos los países son

mayores que los sugeridos en las Guías de Calidad del Aire de la OMS, además de que, la mala salud por la contaminación cuesta millones de dólares anuales y tiene un efecto en la productividad de cada trabajador. La mayor parte de la población no es consciente de esta problemática y continúa con hábitos poco ecológicos, que al final perjudicarán a las generaciones futuras.

Adicionalmente, se debe considerar que, gracias a la deforestación, la naturaleza ya no absorbe la misma cantidad de CO<sub>2</sub>. Esto ha provocado que la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera sea cada vez mayor. Por lo tanto, es necesario aumentar las superficies vegetales en el país, sobre todo con especies que sean de rápido crecimiento, ya que un árbol toma años en crecer. Las acciones deben ser inmediatas y así poder salvar vidas.

## **4.2 Propuesta**

Las consecuencias de la contaminación vehicular son el daño a la salud de las personas y a la salud del medio ambiente, calentamiento global, el cual puede traer terribles olas de calor o inviernos insoportables. El CO<sub>2</sub> es el mayor contaminante y factor para el calentamiento global, así como las industrias también contribuyen en gran medida al deterioro del planeta. Todo esto influye en la calidad de vida de las personas induciendo hacia pérdidas económicas y humanas.

Tales motivos incitan a ver que la metodología del IACV está incompleta debido a que no considera todas las características que influyen en la contaminación. El primer inconveniente es que directamente no se está internalizando los daños sobre la naturaleza, sino que se está invirtiendo en políticas públicas diferentes al objetivo principal. Además, un impuesto ambiental eficiente, siempre debe ser gestionado de la misma manera, a través de una administración competente.

Los GADs municipales tienen como competencia “*regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacional*” (COOTAD, 2014). En dicho artículo determina que los GADs pueden involucrarse con las políticas públicas ambientales de manera directa. Por lo tanto, se permite gestionar la recaudación y encaminarlos hacia la conservación ambiental. Por ende, sería pertinente que se presenten proyectos ambientales que puedan lograr una remediación del daño ambiental, a corto o largo plazo, con el financiamiento de este impuesto.

Al ser un impuesto recaudado por el Estado, su destino final es la Cuenta Única del Tesoro Nacional, por lo tanto, se rechaza la idea de que la recaudación del impuesto se mezcle con el dinero del PGE, y, se propone que cada Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, se encargue de su recaudación y tratamiento, por medio de un departamento ambiental. Esta entidad, podrá gestionar los recursos, y al mismo tiempo, podrá trabajar directamente con la comunidad, para que, de esta forma, puedan encontrar proyectos enfocados en el bienestar poblacional y cuidado y remediación ambiental, de esta forma se plantea que los GADs municipales trabajen en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente.

Uno de los objetivos del impuesto es impulsar el uso del transporte público. Pero, no se ha generado propuestas o planes que permitan encaminar a la población hacia esta meta. En los últimos años, el GAD municipal de Quito y Cuenca, han trabajado en obras de transporte público con ayuda internacional. Por lo tanto, se propone establecer que cada municipio gestione los recursos del IACV y los invierta en proyectos de transporte público eficiente. El objetivo sería establecer planes preventivos que permitan reducir el uso de vehículos personales, e incentivar el uso de un transporte público, en el cual no existan problemas sociales (inseguridad, retraso, etc.). Es decir, establecer un transporte público de calidad y accesible para toda la población.

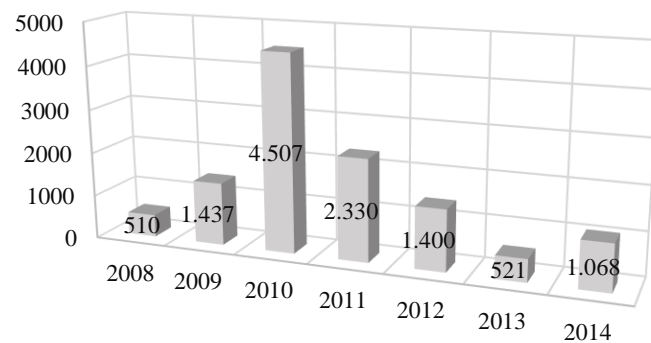
La propuesta de invertir en programas de transporte es muy elevada y un municipio necesita ayuda para poder implementarlo. Para esto, se podría gestionar mediante la ayuda internacional. Es decir, existen entidades interesadas en el medio ambiente y capaces de contribuir con el desarrollo sustentable de una ciudad. Por lo tanto, la idea de mejorar una pequeña ciudad se vuelve más visible, ya que, mediante la consolidación de esfuerzos regionales, se puede obtener resultados integrados y eficientes.

Por otro lado, para las ciudades pequeñas no entra este plan, debido a que se puede incentivar otras formas alternativas de transporte como la bicicleta. Esto lograría evitar problemas futuros, como incremento de la contaminación, saturación vehicular, accidentes y demás.

Otra forma opción sería el uso de vehículos híbridos en el país. Como se puede observar en el gráfico, las ventas de estos vehículos han ido reduciendo con el pasar de los años. Esto debido a su alto costo y poca acogida por parte de la clase media baja, y por

restricciones implementadas por el gobierno, aduciendo que la clase alta se beneficiaba de la importación de estos autos de lujo. Además, se recortó el cupo de importación de los autos, para beneficiar a la balanza comercial. Estas medidas fueron causales para que uso de vehículos con tecnología eficientes fuera decayendo con el transcurso del tiempo. Su mayor venta fue en el 2010, valor que no pudo superar a través de los años.

Gráfico 17. Ventas de vehículos híbridos en el Ecuador



Fuente: elaboración propia a partir de Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (2014)

Estos vehículos no tuvieron acogida debido a que el país no cuenta con la infraestructura debida para darles un buen tratamiento. Por lo cual, se debería investigar alternativas para implementar estos vehículos en el país, de manera concisa.



## 5 CONCLUSIONES

La finalidad de la presente investigación fue medir el nivel de impacto del IACV sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los resultados muestran que el IACV no es una variable determinante ya que, a pesar de su implementación, existe un crecimiento en las GEI. Se muestra que a lo largo de los años se ha encontrado una variación considerable de las emisiones de CO<sub>2</sub>, a partir del año 2006. Esto, debido al crecimiento del parque automotor, y especialmente de los vehículos familiares, ya que, según el INEC para el 2012, el 90% de los hogares ecuatoriano contaba con un auto. En resumen, la variación del CO<sub>2</sub> es motivo de otras variables y mas no un impuesto ambiental.

Después de correr los modelos, se presenta una insignificancia de la variable IACV con respecto a las emisiones, es decir, que la implementación del impuesto ambiental no es un propulsor directo para la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por este motivo se puede aceptar la hipótesis de la investigación, la misma que establece que el impuesto ambiental no disminuye las emisiones de dióxido de carbono. En resumen, el IACV no es una medida adecuada para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, a continuación, se establecen algunas limitaciones y consecuencias de la inadecuada adopción de este impuesto.

El incremento del PIB es causante del incremento de: gasto público, empleo, producción y consumo. Esto produce que las personas tengan más ingresos y mayor capacidad para adquirir un vehículo, para su comodidad. Por ende, el parque automotor ha aumentado, como la contaminación también. Las emisiones de CO<sub>2</sub> que producen los vehículos representan el 55% del daño al medio ambiente, y el impuesto ambiental, a pesar de su incremento anual, no ha sido capaz de disminuir estas emisiones, sino que han ido incrementando cada año. Las ventas de vehículos han disminuido debido a las restricciones, pero los autos nuevos no son los que contaminan, sino los que tienen una vida de 5 años en adelante. El poco cuidado que se les da propician el mal funcionamiento y el incremento de contaminación.

El IACV no cuenta con una estrategia ambiental para cumplir con lo establecido en el Plan Nacional del Buen Vivir. Es decir, que el IACV no está vinculado con una política ambiental y mucho menos con un modelo preventivo, ya que su enfoque no ha ayudado a mejorar el entorno ambiental de la población. Los ecuatorianos siguen observando cómo cada

día se va agravando la contaminación ambiental y sus conductas ecológicas no son suficientes para frenarlo. Por ende, el gobierno, con ayuda del IACV, debería implementar acciones sustentadas en el principio del PNBV y aliarse con los GADs municipales, para llegar a un acuerdo que implique reducir la contaminación, mediante el uso de tecnologías limpias, responsabilidad social empresarial y proyectos sustentables.

Una limitación del IACV es que solo pagan personas naturales, sucesiones indivisas y las sociedades, nacionales o extranjeras, que sean propietarios de vehículos motorizados de transporte terrestre. Y se está exceptuando vehículos como el transporte público, el transporte escolar, vehículos de propiedad estatal. Por tal motivo, no se está cumpliendo con el principio “quien contamina paga”, debido a la exclusión de los vehículos mencionados. Esto implica decir que aquellos vehículos no contaminan en absoluto, aparentemente, ya que en la realidad si lo hace. El Estado y sus instituciones deberían ser los primeros en cumplir con este principio, o al menos, para el transporte de autoridades, deberían usar vehículos de menor cilindraje, ya que en la actualidad sus vehículos son muy costosos y también, cuentan con motores grandes. Al final, lo único que ha logrado el gobierno, es recaudar bajo una justificación mal fundamentada, ya que no cumple con el objetivo de un ambiente sano, ni mucho menos con un mejoramiento ambiental.

Para el cálculo del IACV solo se toma en cuenta el cilindraje del auto y los años de antigüedad sin considerar que existen variables que son consecuencia de la contaminación ambiental. Es decir, el impuesto debería disminuir los efectos negativos causados por los vehículos contaminantes. Uno de ellos es el daño a la salud del ser humano, un efecto grave y costoso para la población. Por ende, se debería incluir el costo de esta variable en el IACV. Por otro lado, el deterioro ambiental es otro efecto y se debería incluir planes que cumplan con ese objetivo de la remediación del ecosistema. Por lo cual, es necesario también incluir una variable que cubra el costo del medio ambiente. En conclusión, se debería trabajar con un modelo con características hedónicas.

Se podría concluir, también, que las emisiones de CO<sub>2</sub> implican consecuencias perjudiciales para la salud humana y el ecosistema. En el ecosistema las emisiones provocan la subida del nivel del mar, disminución del agua dulce, erosión, inundaciones y olas de calor. Todas estas consecuencias repercuten en la salud de la población, ya que se generan enfermedades, epidemias y muertes. Esto implica que el gobierno deba invertir más en salud

e infraestructura. Una solución eficiente a estas consecuencias es el cambio de dirección del IACV. Es decir, invertir en proyectos sustentables para todos. Este cambio ayudaría a evitar la contaminación ambiental, procurar un ambiente sano para las personas y evitar todas las consecuencias que se pueden dar. En resumen, el IACV debería estar altamente relacionado con las emisiones de CO<sub>2</sub>, es decir se debería plantear planes dirigidos a evitar las consecuencias establecidas y perseguir una mejora ambiental y por ende una buena salud poblacional.

Una de las disposiciones transitorias expuestas por la Ley de Fomento Ambiental, respecto al IACV, expresa la rebaja del 80% del pago, a vehículos con cilindraje 2500cc. Con la aplicación de esta transitoria el objetivo principal del IACV, no se está cumpliendo, ya que los vehículos más contaminantes están siendo beneficiados. Esta transitoria dura tres años y, a partir del tercero, se reduce al 50%. Pero aún se desconoce los motivos para que este tipo de vehículos tengan este privilegio, a pesar de su alto grado de emisiones de GEI.

Adicionalmente, la implementación del IACV, usado para la mitigación de las consecuencias de la contaminación, debería tener un sustento técnico y científico y un seguimiento anual. Es decir, el gobierno debió realizar estudios que comprueben la existencia de un daño ambiental y que la medida será capaz de extinguir este daño, o al menos reducirlo de forma considerable. Pero el IACV no cuenta con un sustento ya que no incide de forma directa en el problema (contaminación ambiental), sino que su meta, la cual es internalizar la contaminación, termina siendo distinta a lo establecido. Además, se deberían generar indicadores que permitan visualizar su aporte en la remediación ambiental. De hecho, en la actualidad, Ecuador no tiene una fuente verídica acerca de los niveles de contaminación a nivel nacional, lo cual indica que no existe un control ni un seguimiento al efecto de un impuesto. Al final, el IACV se limita a acciones que no contribuyen al mejoramiento ambiental, por ende, es importante sustentar el proyecto y establecer medidas de control que garantice los resultados del mismo.

La propuesta sobre adquirir vehículos híbridos, no ha sido bien acogida. Esto es por el alto costo del vehículo, que en promedio es de 35000 dólares. Motivo por el cual al año 2010 existía un total de 4.507 vehículos híbridos en el país, y para el año 2014 solamente existen 1.068 vehículos. Esto es consecuencia de que la mayoría de ecuatorianos no puede solventar un auto de ese estilo y, por ende, optan por vehículos más cómodos. Además, hay

que considerar que el Presidente del Ecuador, decidió ajustar la política de incentivos para estos autos, ya que había personas que abusaban de ella y no generaban ahorro en el consumo de combustible. En resumen, el proyecto de dirigir el mercado hacia el consumo de autos híbridos no resultó como se esperaba a pesar de tener algunas exoneraciones.

Finalmente, los resultados de esta investigación son preliminares debido a que el impuesto tiene un corto tiempo de implementación y se dificulta su análisis. Pero con el fin de comprobar la hipótesis planteada en la presente investigación, se ha hecho uso del impuesto. Se recomienda recalcular la serie después de unos años y de esta forma comprobar si los resultados obtenidos siguen siendo consistentes o han cambiado.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

\*Adame, Aurora (2010). *Contaminación Ambiental y Calentamiento Global*. México: Trillas.

\*Almeida, Dolores (2013). *Ecuador: Política Fiscal Verde*. Quito: CEPAL. Disponible en: [http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cc\\_03.2013\\_dolores.almeida.politica\\_fiscal\\_verde.esp\\_.pdf](http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cc_03.2013_dolores.almeida.politica_fiscal_verde.esp_.pdf)

\*Asamblea Legislativa (2012). *Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado*. Quito. Disponible en: <http://www.sri.gob.ec/>

\*Asociación de Bancos privados del Ecuador (2012). *Boletín informativo de la asociación de bancos privados del Ecuador*. Disponible en: [http://www.asobancos.org.ec/ABPE\\_INFORMA/diciembre\\_2012.pdf](http://www.asobancos.org.ec/ABPE_INFORMA/diciembre_2012.pdf)

\*Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (2008). *Anuario 2008*. Disponible en: <http://www.aeade.net/web/images/stories/images/anuario2008.pdf>

\*Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (2014). *Anuario 2014*. Disponible en: [http://aeade.net/web/images/stories/mayo/ANUARIO\\_2014.pdf](http://aeade.net/web/images/stories/mayo/ANUARIO_2014.pdf)

\*Banco Mundial (2016). *Emisiones de CO2 originadas por el transporte (% del total de la quema de combustible)*. Disponible en:

<http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.CO2.TRAN.ZS?locations=EC>

\*Banco Mundial (2016). *Indicadores del desarrollo mundial*. Disponible en: <http://databank.bancomundial.org/data/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.PCAP.CD&country=ECU>

\*Barde, Jean y Braathen, Nils (2009). *Diseño y efectividad de los instrumentos fiscales relacionados con el medio ambiente en los países de la OCDE*. México: D - Instituto Nacional de Ecología.

\*CEFP (2015). *Nota informativa. Impuestos Ambientales en México y el Mundo*. Cámara de Diputados de México. Disponible en: <http://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2015/enero/notacefp0022015.pdf>

\*Chang, Man Yu (2005). “La Economía Ambiental”. En Guillermo Foladori y Naína Pierrri (comp) *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el Desarrollo sustentable*: 175-188. México: Miguel Ángel Porrúa.

- \*Clean Air Institute (2013). *La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica*. EUA, Washington D.C. Disponible en:  
<http://www.cleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/cai-report-spanish.pdf>
- \*Common, Michael (2008). *Introducción a la Economía Ecológica*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.
- \*Craig, James, Vaughan, David y Skinner, Brian (2012). *Recursos de la Tierra y el medio ambiente*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A.
- \*Cuadrado, Juan, Mancha, Tomás, Villena, José, Casares, Javier, Gonzales, Miguel, Marin, José y Peinado, María Luisa (2010). *Política Económica*. Elaboración, objetivos e instrumentos. México: McGrawHill.
- \*Dossantos, L y Morancho, A (2015). *Determinantes de las emisiones de CO2 en los países mediterráneos*. Universidad Jaume I. España. Disponible en:  
<http://www.reunionesdeestudiosregionales.org/Reus2015/htdocs/pdf/p1481.pdf>
- \*Ecologistas en acción (2009). *Emisiones de CO2 de los vehículos convencionales e híbridos*. Disponible en: <http://www.ecologistasenaccion.org/article16233.html>
- \*González Alvarez, Francisco (2009). *Estadística Descriptiva: Métodos Estadísticos Aplicados a las Auditorías Sociolaborales*. Cádiz: Universidad de Cádiz.
- \*Gujarati, Damodar y Porter, Dawn (2010). *Econometría*. Mexico. MacGrawHill.
- \*INEC (2016). *Anuario de Estadística de Transporte*. Disponible en:  
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/anuarios-de-transporte-2/>
- \*Kolangui Nisanof, Tamara (2014). *El cuidado del medio ambiente y su sustentabilidad*. Mexico: Limusa.
- \*Mankiw, Gregory (2015). *Principios de Economía*. México: CENGAGE Learning.
- \*Ministerio coordinador de sectores estratégico (2015). *Balance energético nacional 2014*. Disponible en: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/balance-energetico/>
- \*Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2010). *Plan REN-OVA Un impulso productivo y una alternativa ambiental pionera que nació en Ecuador*. Disponible en:  
<http://www.obraspublicas.gob.ec/>
- \*Ministerio del Ambiente (2012). *Historia de creación*. Disponible en:  
<http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Historia-de-Creacion.pdf>

- \* Naredo, José y Parra Fernando (1993). *Hacia una ciencia de los recursos naturales*. Madrid: Siglo XXI.
- \*OCDE (2011). *Hacia el crecimiento verde: un resumen para los diseñadores de políticas*. Disponible en: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39751/S1501198\\_es.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39751/S1501198_es.pdf?sequence=1)
- \*Ojeda Guerrero, Andrea (2014). *Ecuador: Sector eléctrico*. Pacific Credit Rating. Informe sectorial
- \* Otilio, Reyes Blanco y Oslund, Rains Franklin (2014). *Teoría del bienestar y el óptimo de Pareto como problemas microeconómicos*. Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas 3 (2): 217-234.
- \*Pérez, Nicolás, Alava, Ana, Mancilla, Alfredo y Carrillo, Sergio (2011). *Impuestos Verdes: ¿Una herramienta para la política ambiental en Latinoamérica? Ecuador*: Fundación Friedrich Ebert, FES-ILDIS. Disponible en: [library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/08160-20110603.pdf](http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/08160-20110603.pdf)
- \*Pigou, Arthur C. (1926): *The Economics of Welfare*. Londres: McMillan.
- \*Servicio de Rentas Internas (2015). *Recaudación por tipo de impuestos*. Disponible en: [www.sri.gob.ec/web/guest/estadisticas-generales-de-recaudacion](http://www.sri.gob.ec/web/guest/estadisticas-generales-de-recaudacion)
- \*PNUMA. (2002). *Manifiesto por la vida: Por una Ética para la Sustentabilidad*. Ambiente y Sociedad, vol V.
- \*Suárez, M y Tapia, F (2012). *Interaprendizaje de Estadística Básica*. Universidad Técnica del Norte. Ibarra.
- Vargas, G. y Leo, J. (2003). *Calentamiento global de la tierra, un ejercicio econométrico*”. Momento económico 125: 30-38.
- \*WCED (World Commission on Environment and Development) (1986). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford.
- \*Wooldridge, Jeffrey (2010). *Introducción a la econometría*. Un enfoque moderno. México. CENGAGE Learning.
- \*WRI (2015). *Maps & Data*. World Resources Institute. Disponible en: <http://www.wri.org/resources>

## 7 ANEXOS

### 7.1 Datos estadísticos

CO2KT	QAP AIS	POBLAC	PIBPC	PIBPR	CEST	autosIACV	Diacv1	Trimestre
2660	103172	3018601	595	993	6349	93121	0	1998q1
2793	151133	3033499	605	1.003	6258	136393	0	1998q2
2814	171130	3048657	580	996	6142	154496	0	1998q3
2721	161915	3063129	522	974	6007	146297	0	1998q4
2617	153045	3077704	451	946	5779	138300	0	1999q1
2559	155720	3092365	395	925	5561	140696	0	1999q2
2527	157598	3107235	367	916	5571	142654	0	1999q3
2523	158562	3121387	371	919	5809	144051	0	1999q4
2505	160491	3135659	363	920	6104	146406	0	2000q1
2475	162765	3150033	342	916	6307	148962	0	2000q2
2482	162645	3164563	353	918	6370	149155	0	2000q3
2526	160139	3178340	393	925	6289	146973	0	2000q4
2562	156227	3192219	437	932	6148	143769	0	2001q1
2582	153281	3206219	469	937	6065	141523	0	2001q2
2625	153831	3220410	492	942	6132	141815	0	2001q3
2686	157843	3233905	506	948	6344	144628	0	2001q4
2742	161479	3247436	520	955	6593	147006	0	2002q1
2790	163711	3261070	538	961	6783	148362	0	2002q2
2854	166974	3275049	555	965	6884	150874	0	2002q3
2929	171067	3288500	571	967	6891	154386	0	2002q4
3009	175559	3301898	586	964	6911	158182	0	2003q1
3083	179675	3315334	601	962	6967	161543	0	2003q2
3149	182903	3329336	618	971	6993	164285	0	2003q3
3203	185039	3343032	635	991	6987	166236	0	2003q4
3267	185860	3356611	651	1.013	6964	167239	0	2004q1
3335	187080	3370137	667	1.031	6954	168526	0	2004q2
3379	191704	3384397	685	1.044	6985	172279	0	2004q3
3394	199442	3398500	706	1.051	7056	178264	0	2004q4
3443	207383	3412463	726	1.058	7137	184637	0	2005q1
3503	214009	3426309	745	1.068	7202	190062	0	2005q2
3478	220328	3440960	765	1.077	7242	194668	0	2005q3
3371	225946	3455500	786	1.083	7254	198168	0	2005q4
3199	234404	3469920	809	1.091	7272	203666	0	2006q1
3062	243065	3484200	831	1.100	7301	209554	0	2006q2



3082	244746	3499247	849	1.105	7315	210521	0	2006q3
3259	239341	3514123	862	1.104	7312	206507	0	2006q4
3441	231623	3528912	866	1.100	7311	200865	0	2007q1
3560	226744	3543581	871	1.097	7316	197223	0	2007q2
3668	227624	3558944	901	1.104	7318	197625	0	2007q3
3760	234206	3574042	953	1.121	7317	202045	0	2007q4
3873	243985	3589107	1019	1.142	7295	209135	0	2008q1
3990	251450	3604085	1076	1.160	7275	214596	0	2008q2
4060	250985	3619632	1098	1.165	7306	213412	0	2008q3
4076	242618	3634775	1082	1.157	7385	205657	0	2008q4
4094	226908	3649926	1057	1.145	7390	192456	0	2009q1
4132	214395	3665043	1047	1.139	7375	181925	0	2009q2
4169	220248	3680630	1059	1.140	7548	184972	0	2009q3
4201	244100	3695712	1093	1.148	7898	201407	0	2009q4
4235	268368	3710812	1123	1.152	8292	219115	0	2010q1
4271	285294	3725918	1145	1.153	8612	231377	0	2010q2
4303	301700	3741469	1176	1.165	8829	240784	0	2010q3
4331	316561	3756493	1214	1.187	8929	246747	0	2010q4
4351	334683	3771525	1254	1.211	9068	253286	0	2011q1
4374	353222	3786573	1291	1.230	9251	261097	0	2011q2
4414	364023	3802087	1325	1.246	9341	267687	0	2011q3
4469	366411	3817096	1353	1.256	9332	272644	0	2011q4
4512	366336	3832114	1383	1.268	9286	276758	1	2012q1
4548	369522	3847139	1416	1.281	9278	281449	1	2012q2
4618	379107	3862628	1442	1.292	9366	288444	1	2012q3
4716	394493	3877613	1461	1.300	9545	297306	1	2012q4
4834	413525	3892602	1481	1.309	9714	309187	1	2013q1
4940	430093	3907599	1504	1.320	9845	320225	1	2013q2
4999	437877	3923068	1525	1.328	10007	323904	1	2013q3
5008	436391	3938043	1542	1.334	10188	319991	1	2013q4
5452	472443	3975729	1567	1.344	10361	342213	1	2014q1
5915	512140	3975729	1594	1.354	10525	367454	1	2014q2
5282	457168	3975729	1600	1.356	10713	326708	1	2014q3
3592	310961	3975729	1586	1.348	10914	222522	1	2014q4

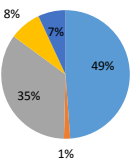
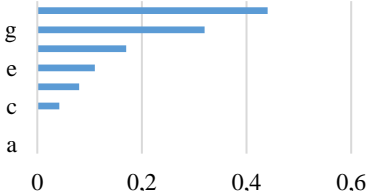
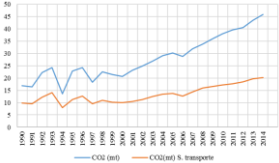
## 7.2 Aspectos metodológicos

### 7.2.1 Estadística descriptiva

La estadística descriptiva es un conjunto de métodos cuyo objetivo es ordenar las observaciones, resumir la información disponible y obtener las medidas cuantitativas que describan características (Martín y Munar, 2002). Presenta un proceso eficiente que ayudará al manejo de los datos. Este proceso se lo puede describir en tres pasos: recolección de datos, organización de datos y análisis final (González, 2009). En todo el riguroso proceso aparecen una serie de aspectos que se vuelven indispensables y básicos para el desarrollo, estos aspectos son: variables estadísticas, distribuciones de frecuencias, representaciones gráficas, medidas de centralización y medidas de dispersión.

Para la presente investigación, es de importancia el uso de representaciones gráficas ya que, serán las encargadas de aclarar ciertos escenarios en el tiempo. En el siguiente cuadro se detalla las gráficas:

Tabla 7: Características de las representaciones gráficas.

Nombre	Grafico	Características
Diagrama de sectores		Gráfico en el cual se asigna un valor a cada parte del diagrama, proporcional a la frecuencia que representa.
Diagrama de barra		Gráfico comprendido por rectángulos de igual base cuya altura sea proporcional a sus frecuencias.
Diagrama de áreas		Indica la evolución de los valores de la variable.

Fuente: elaboración propia a partir de González (2009); Suárez y Tapia (2012).

## 7.2.2 Mínimos cuadrado ordinarios (MCO)

El método de mínimos cuadrados se usa para estimar los parámetros de un modelo de regresión lineal múltiple. La ecuación estimada de MCO o denominada, también, *Función de Regresión Muestral* (FRM) se escribe de la siguiente manera:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2$$

Donde los  $\hat{\beta}$  son las estimaciones de  $\beta$ . A  $\hat{\beta}_0$  se le llama estimación del intercepto de MCO y a  $\hat{\beta}_1 \dots + \hat{\beta}_k$ , estimaciones de las pendientes de MCO (correspondientes a las variables independientes  $x_1, x_1, \dots, x_k$ ) (Wooldridge, 2010).

### 7.2.2.1 Bondad de ajuste

Después de la estimación a través del método MCO es conveniente tener alguna medida de la bondad del ajuste del modelo a los datos. En este sentido, R cuadrado ( $R^2$ ), proporciona una medida de bondad de ajuste, el mismo que se interpreta como la proporción de la variación muestral en  $y_i$  que es explicada por la línea de regresión de MCO; mide la bondad de ajuste de la ecuación de regresión. Por definición,  $R^2$  es un número entre cero y uno. Este factor ayuda a reducir la incertidumbre cuando las variables independientes se conocen, y mientras más se acerque a uno, el modelo tendrá más poder explicativo. Pero,  $R^2$  nunca disminuye y, en general, aumenta cuando se agrega otra variable independiente a la regresión. Esto lo convierte en un instrumento poco confiable al momento de decidir si agregar una o más variables al modelo. Para evitar esto, se hace uso de  $R^2$  ajustado la cual impone un castigo a la adición de variables.

En el caso de un análisis con series de tiempo se obtiene una  $R^2$  muy elevada (superior a 0.9) aunque no haya una relación significativa entre las dos. En ocasiones no se espera ninguna relación entre las dos variables; sin embargo, una regresión de una variable sobre la otra a menudo muestra una relación significativa. Esta situación ejemplifica el problema de la regresión espuria. Por consiguiente, es muy importante averiguar si la relación entre las variables económicas es verdadera o espuria.

### 7.2.2.2 Prueba de Fisher

Establece que, con un modelo de regresión lineal se plantea las siguientes hipótesis:

$$H_0: \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0$$

Esto significa que todos los coeficientes de pendiente son simultáneamente cero. Mientras que,  $H_1$ : no todos los coeficientes de pendiente son simultáneamente cero. Si el  $F_{calculado}$  es mayor al  $F_{critico}$ , se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ . El  $F_{critico}$  se calcula en base a la tabla F con los grados de libertad.

#### 7.2.2.3 Prueba t de student

Es una prueba que permite establecer la significancia de los coeficientes. Es un procedimiento que utiliza los resultados muestrales para verificar la verdad o falsedad de una hipótesis nula (Gujarati, 2010). Sigue una distribución t con  $n-2$  gl. Entonces, si el  $t_{calculado}$  es mayor al  $t_{critico}$ , el coeficiente es estadísticamente significativo. El  $t_{critico}$  se calcula en base a la tabla t con los grados de libertad y el nivel de confianza.

### 7.2.3 Análisis básico de regresión con datos de series de tiempo

Los datos de serie de tiempo se caracterizan por tener un orden temporal y son resultado de variables aleatorias. Dado que los resultados de estas variables no se conocen por anticipado, deben verse como variables aleatorias. Además, en el momento de analizarlos, se considera que el pasado influye en el futuro y no a la inversa. Es decir, a una secuencia de variables aleatorias indexadas en el tiempo se le llama proceso estocástico o proceso de series de tiempo. Cuando se conforma una base de datos de series de tiempo, se obtiene un resultado posible, o *realización*, del proceso estocástico. Únicamente se puede ver una sola realización, ya que no es posible retroceder en el tiempo y empezar de nuevo el proceso. Finalmente, el tamaño de muestra para una base de datos de series de tiempo es el número de periodos durante los cuales se observan las variables de interés. (Wooldridge, 2010)

### 7.2.4 Propiedades en muestras finitas de MCO bajo los supuestos clásicos

Los supuestos clásicos explican que, si el conjunto estándar de supuestos se satisface, no es necesario buscar otros estimadores insesgados ya que ninguno será mejor que los estimadores de MCO. Es decir, bajo las propiedades estadísticas del método MCO,  $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$  son los mejores estimadores lineales insesgados de  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ , respectivamente. A continuación, se redacta las propiedades para el caso del análisis con datos de serie de tiempo.

Tabla 8: Supuestos para muestras finitas de MCO

Supuestos	Concepto
1: Lineal en los parámetros	<p>El primer supuesto plantea sencillamente que el proceso de series de tiempo sigue un modelo que es lineal en sus parámetros. El proceso estocástico <math>(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}, y_i): t = 1, 2, \dots, n</math> sigue el modelo lineal</p> $y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_k x_{tk} + u_t$ <p>Donde <math>\{u_t: t = 1, 2, \dots, n\}</math> es una secuencia de errores o perturbaciones. Aquí, <math>n</math> es el número de observaciones (periodos).</p>
2: No hay colinealidad perfecta	<p>En la muestra (y, por ende, en los procesos de series de tiempo subyacentes) no hay variables independientes que sean constantes ni que sean una combinación lineal perfecta de las otras.</p>
3: Media condicional cero	<p>Para cada <math>t</math>, dadas las variables explicativas para todos los periodos, el valor esperado del error <math>u_t</math> es cero. En otras palabras, <math>E(u_t X) = 0, t = 1, 2, \dots, n</math>.</p>
4: Homocedasticidad	<p>La varianza de <math>u_t</math> condicional en <math>\mathbf{X}</math>, es la misma para cualquier <math>t</math>: <math>Var(u_t X) = Var(u_t) = \sigma^2, t = 1, 2, \dots, n</math>. Este supuesto</p>

	significa que $Var(u_t X)$ no puede depender de $X$ , es suficiente con que $u_t$ y $X$ sean independientes, además que $Var(u_t)$ debe ser constante en el tiempo. Cuando el supuesto 4 no es válido, se dice que los errores son heterocedásticos, como en el caso del corte transversal.
5: No hay correlación serial	Los errores, condicionales sobre $X$ , en dos periodos distintos, no están correlacionados: $Corr(u_t, u_s X) = 0$ , para cualquier $t \neq s$ .
6: Normalidad	Los errores $u_t$ son independientes de $X$ y son independientes e idénticamente distribuidos como $Normal (0, \sigma^2)$ .

Fuente: Elaboración propia a partir de Wooldridge (2010)

Estas propiedades dan paso a un conjunto de teoremas que se exponen a continuación (Wooldridge, 2010):

- **Teorema 1: Insesgamiento de los estimadores de MCO**

Expresa que, bajo los tres primeros supuestos, los estimadores de MCO son insesgados condicionales sobre  $X$ , y, por tanto, también incondicionalmente:  $E(\hat{\beta}_j) = \beta_j, j = 0, 1, \dots, k$ .

- **Teorema 2: Varianzas de muestreo de los estimadores de MCO**

Con base en los cinco primeros supuestos planteados anteriormente, para las series de tiempo, la varianza de  $\hat{\beta}_j$  condicional sobre  $X$ , es:

$$Var(\hat{\beta}_j|X) = \sigma^2/[STC_j (1 - R_j^2)], j = 1, \dots, k.$$

Donde  $STC_j$  es la suma total de cuadrados de  $x_{tj}$  y  $R_j^2$  es la R-cuadrada de la regresión de  $x_j$  sobre las otras variables independientes.

- **Teorema 3: estimación insesgada de  $\sigma^2$**

Bajo los cinco primeros supuestos, el estimador  $\hat{\sigma}^2 = \frac{SRC}{gl}$  es un estimador insesgado de  $\sigma^2$ , donde  $gl = n - k - 1$ .

- **Teorema 4: Teorema de Gauss-Markov**

Bajo los cinco primeros supuestos, los estimadores de MCO son los mejores estimadores lineales insesgados condicionales sobre  $X$ .

- **Teorema 5: Distribuciones de muestreo normales**

Bajo los seis supuestos, los supuestos del MCL para series de tiempo, los estimadores de MCO se distribuyen de forma normal, condicionales sobre  $X$ . Además, bajo la hipótesis nula, cada estadístico  $t$  tiene una distribución  $t$  y cada estadístico  $F$  tiene una distribución  $F$ . También es válida la construcción usual de los intervalos de confianza.

Las consecuencias del teorema 5 son de suma importancia. Implican que, cuando los supuestos 1 a 6 son válidos, todo lo aprendido acerca de la estimación y la inferencia para las regresiones con cortes transversales se aplican de manera directa a las regresiones con series de tiempo. Así pues, los estadísticos  $t$  pueden emplearse para probar la significancia estadística de las variables explicativas individuales y los estadísticos  $F$  pueden utilizarse para probar la significancia conjunta.

### 7.2.5 Variables binarias o Dummy

En un modelo econométrico se establecen variables cuantitativas, pero es importante adicionar variables cualitativas, que brinden una mayor explicación al modelo. Los factores cualitativos generalmente se expresan de una forma bivariada, es decir, que solo existe dos opciones para un mismo parámetro. Por lo tanto, esta información puede ser captada en una variable binaria (0 o 1), denominándose, en econometría, variable dummy.

Las variables binarias también son muy útiles en las aplicaciones de series de tiempo. Dado que la unidad de observación es el tiempo, una variable binaria representa si, en cada periodo, ha ocurrido un evento determinado. Las variables binarias explicativas son el componente clave en lo que se denomina estudio de evento. En un estudio de este tipo, el objetivo es ver si un determinado evento influye en algún resultado (Wooldridge, 2010).

### 7.2.6 Tendencias y estacionariedad

Las series de tiempo cuentan con una tendencia de crecimiento o decrecimiento, a lo largo del tiempo. En un análisis de regresión es fácil notar la tendencia de las variables, además de que ningún supuesto se está quebrantado en el proceso. Sin embargo, es posible encontrar una relación falsa entre  $y_t$  y una o más variables explicativas con tendencia. Este fenómeno es un problema de regresión espuria, sencillamente porque cada una está creciendo con el tiempo. Se ha acostumbrado a representar una serie de forma lineal, pero en general la mejor forma de representar una serie es mediante una curva, la misma que evita el problema de regresión espuria y de raíz unitaria (Wooldridge, 2010).

#### 7.2.6.1 Estacionariedad

La estacionariedad se presenta cuando las series de tiempo están en intervalos cortos (mensuales, trimestrales, diarios). Busca que el valor de la serie,  $y_t$  sea distinto en cada periodo, de esta manera, es posible considerar una media con tendencia. En ocasiones, se trabaja con datos que no están ajustados estacionalmente y resulta útil saber con cuáles métodos sencillos se cuenta para tratar la estacionariedad en los modelos de regresión. En general, se puede incluir un conjunto de variables binarias estacionales para representar la estacionariedad en las variables (Wooldridge, 2010).



### 7.2.6.2 Procesos estocásticos estacionarios

Según Gujarati y Porter (2010):

*Se dice que un proceso estocástico es estacionario si su media y su varianza son constantes en el tiempo y si el valor de la covarianza entre dos periodos depende sólo de la distancia o rezago entre estos dos periodos, y no del tiempo en el cual se calculó la covarianza.*

### 7.2.6.3 Procesos estocásticos no estacionarios

Un ejemplo clásico de este proceso es el modelo de caminata aleatoria. Una caminata aleatoria muestra un comportamiento persistente en el sentido que el valor actual de  $y$  es importante para determinar el valor de  $y$  en un futuro muy lejano. Es un caso especial de raíz unitaria. La varianza de una caminata aleatoria aumenta como una función lineal del tiempo, razón por la cual el proceso no puede ser estacionario (Wooldridge, 2010). Para convertirlo en estacionario se procura modelar la serie con un logaritmo natural, eliminando la raíz unitaria. Mediante la prueba de Dickey-Fuller aumentada es posible comprobar que ya no existe raíz unitaria.

### 7.2.7 Prueba de Dickey-Fuller aumentada

A continuación, se analizará el importante problema de probar si una serie de tiempo sigue un proceso de raíz unitaria:

Dickey y Fuller plantean el siguiente modelo AR(1):

$$y_t = \alpha + \rho y_{t-1} + e_t, \quad t = 1, 2, \dots,$$

Donde  $\alpha$  y  $\rho$  son valores a estimar y  $e$  es el termino de error. El valor  $\rho$  toma valores entre -1 y 1, y en el momento que  $\rho = 1$  se considera que la serie  $y_t$  es no estacionaria. El valor  $\rho$  es de suma importancia para este test, ya que en base a este se formulan las hipótesis. Siendo  $\rho$  mayor que 1, la serie seria explosiva y sin mayor sentido, pero al formular las siguientes hipótesis de  $y_t$ :

$$H_0: \rho = 1$$

$$H_1: \rho < 1$$

Una ecuación conveniente para realizar la prueba de raíz unitaria es restar  $y_{t-1}$  de ambos lados de AR(1) y definir  $\theta = \rho - 1$  obteniendo la siguiente ecuación:

$$\Delta y_t = \alpha + \theta y_{t-1} + e_t$$

Este es un modelo dinámicamente completo y también sencillo para probar  $H_0: \theta = 0$  contra  $H_1: \theta < 0$ . Pero el estadístico  $t$  no aplica bajo estas condiciones, por lo que Dickey-Fuller establecieron valores críticos apropiados para la distribución asintótica del estadístico  $t$  bajo  $H_0$ , lo que se conoce como distribución de Dickey-Fuller. La prueba resultante es conocida como prueba Dickey-Fuller (DF) para una raíz unitaria.

### 7.2.8 Las pruebas de raíz unitaria Phillips-Perron

Phillips y Perron utilizan métodos estadísticos no paramétricos para evitar la correlación serial en los términos de error, sin añadir términos de diferencia rezagados. Siendo la distribución asintótica de la prueba PP es la misma que la prueba DFA (Gujarati y Porter, 2010).

### 7.2.9 Procedimiento robusto a la heterocedasticidad

El procedimiento se usa en caso de muestras grandes, con el objetivo de no abandonar los procesos de MCO. Ajusta el estadístico  $t$  para que pueda ser válido en la presencia de heterocedasticidad desconocida. Se comienza por estimar la varianza de  $\beta_j$ : la ecuación a usarse se presenta como:

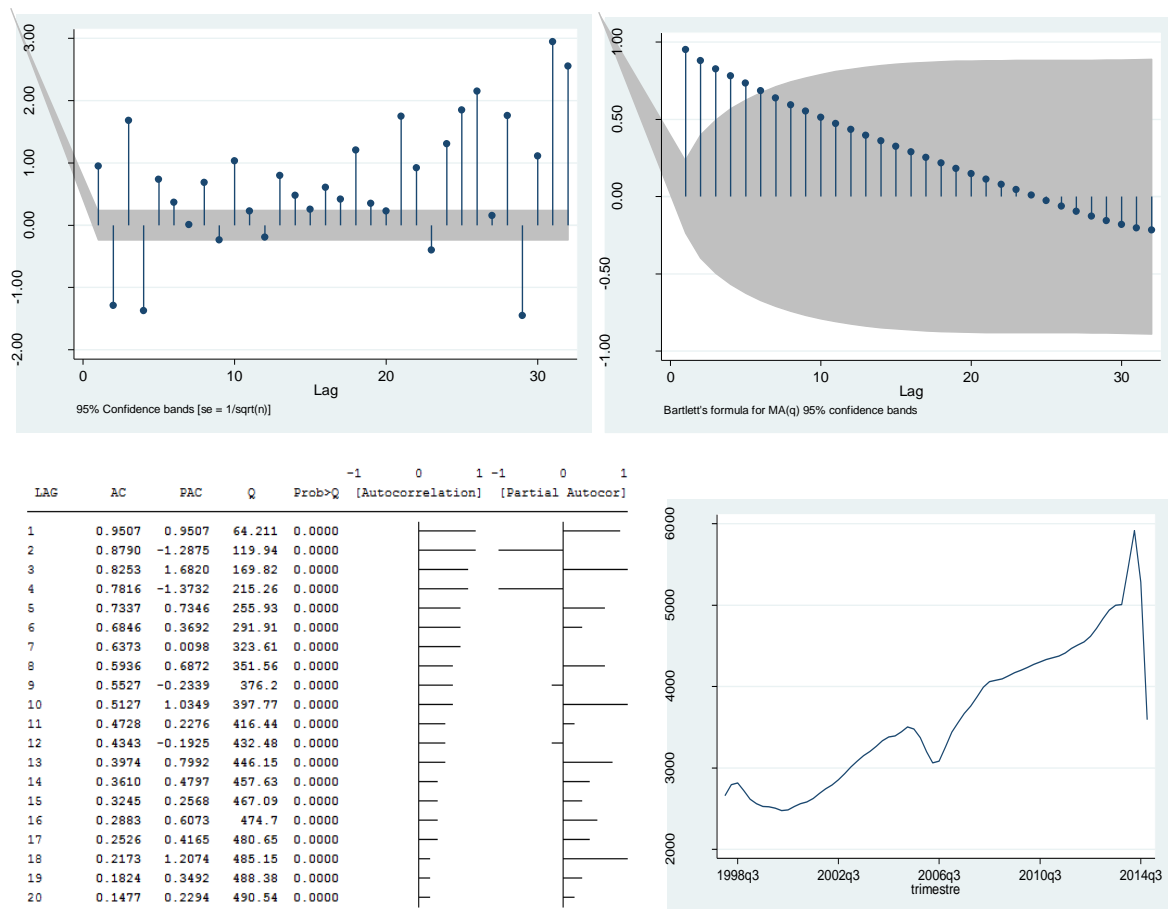
$$\widehat{Var}(\hat{\beta}_j) = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{r}_{ij}^2 \hat{u}_i^2}{STC_j^2}$$

La raíz cuadrada de  $\widehat{Var}(\hat{\beta}_j)$  se conoce como error estándar de  $\hat{\beta}_j$  robusto a la heterocedasticidad. Una vez que se han obtenido los errores estándar robustos a la heterocedasticidad, es fácil construir un estadístico  $t$  robusto a la heterocedasticidad. La única diferencia entre el estadístico  $t$  usual de MCO y el estadístico robusto a la heterocedasticidad es la manera en que se calcula el error estándar (Wooldridge, 2010).

## 7.3 Análisis de estacionariedad de las series

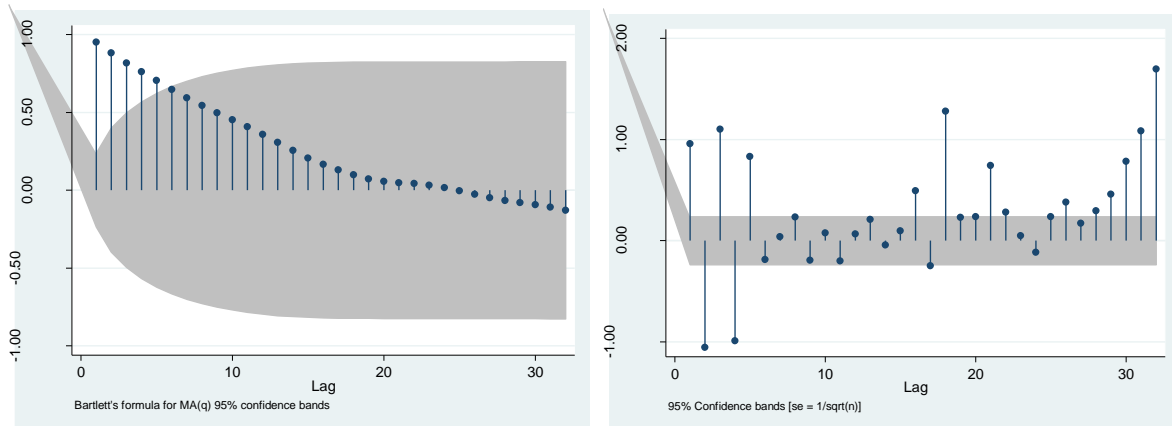
### 7.3.1 Prueba de correlograma

- Emisiones de dióxido de carbono (kilotoneladas)

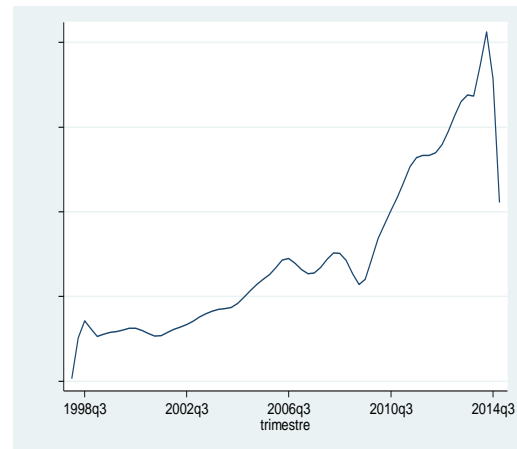


Los gráficos indican una grave presencia de no estacionariedad. En primer lugar, los puntos deberían ir dentro de la franja oscura, y en el primer gráfico no se muestra esto. Como segundo punto la autocorrelación entre los datos es alta ya que empieza con un 0,9507. Esta autocorrelación se va desvaneciendo gradualmente en el rezago 12. Una serie estacionaria no debería tener una correlación mayor del tercer rezago. Esto conlleva a concluir que la serie no es estacionaria.

- Cantidad de vehículos a nivel país

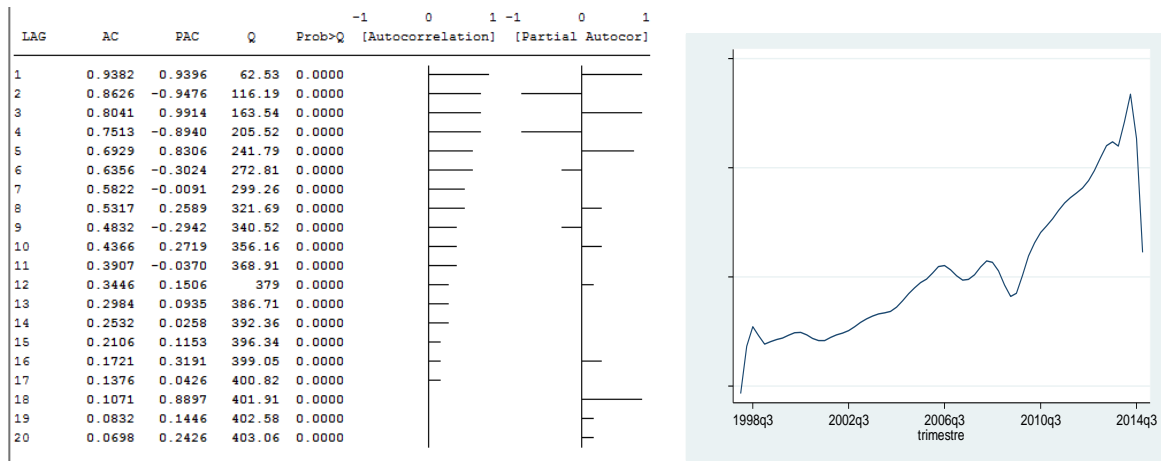
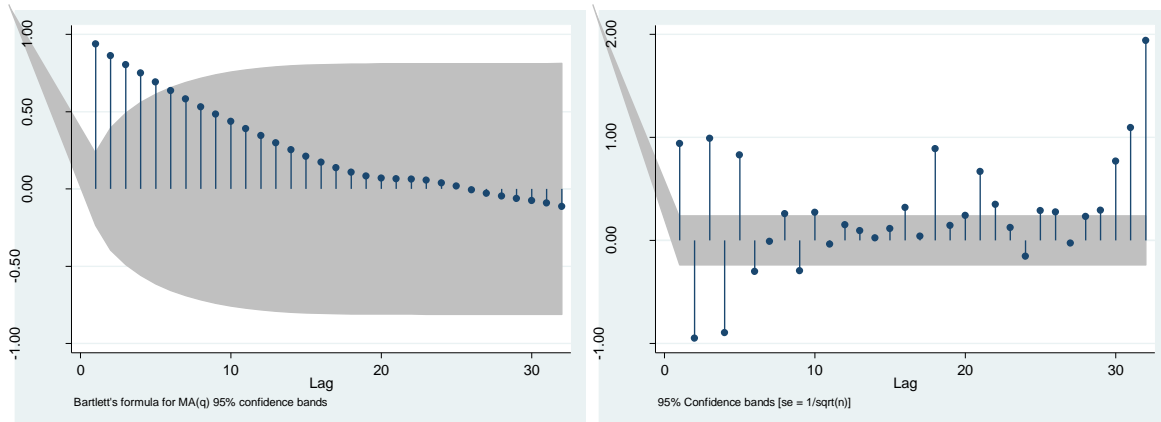


LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1	0	1	-1	0	1
					[Autocorrelation]			[Partial Autocor]		
1	0.9523	0.9587	64.429	0.0000						
2	0.8812	-1.0569	120.44	0.0000						
3	0.8181	1.1022	169.45	0.0000						
4	0.7623	-0.9922	212.67	0.0000						
5	0.7051	0.8309	250.23	0.0000						
6	0.6481	-0.1862	282.47	0.0000						
7	0.5940	0.0399	310.01	0.0000						
8	0.5440	0.2334	333.49	0.0000						
9	0.4977	-0.1947	353.47	0.0000						
10	0.4536	0.0774	370.35	0.0000						
11	0.4084	-0.1998	384.29	0.0000						
12	0.3598	0.0644	395.29	0.0000						
13	0.3078	0.2099	403.49	0.0000						
14	0.2556	-0.0437	409.25	0.0000						
15	0.2075	0.0960	413.11	0.0000						
16	0.1657	0.4940	415.63	0.0000						
17	0.1299	-0.2496	417.2	0.0000						
18	0.0988	1.2801	418.13	0.0000						
19	0.0732	0.2311	418.65	0.0000						
20	0.0562	0.2358	418.96	0.0000						



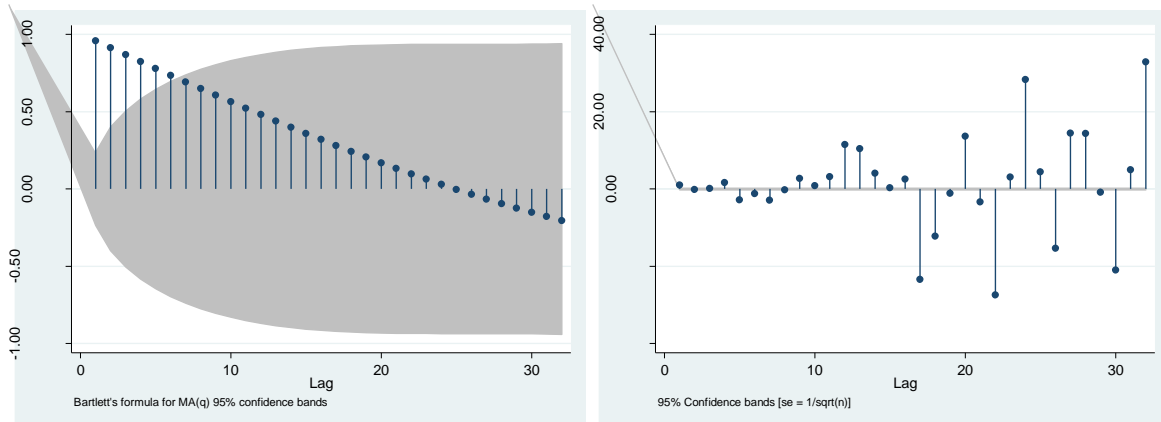
Los gráficos indican una grave presencia de no estacionariedad. En primer lugar, los puntos deberían ir dentro de la franja oscura, y en el primer grafico no se muestra esto. Como segundo punto la autocorrelacion entre los datos es alta ya que empieza con un 0,9523. Esta autocorrelacion se va desvaneciendo gradualmente en el rezago 8. Una serie estacionaria no debería tener una correlación mayor del tercer rezago. Esto conlleva a concluir que la serie es no estacionaria.

- Cantidad de vehículos que pagan el IACV

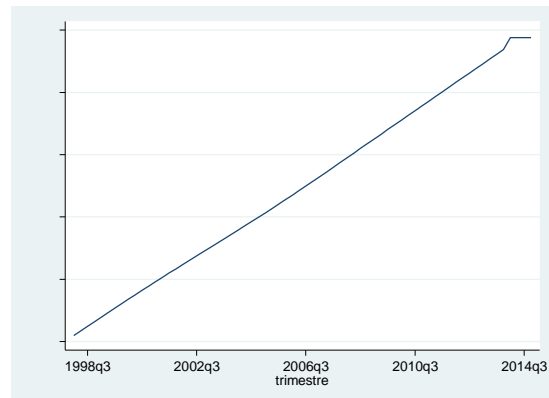


Los gráficos indican una grave presencia de no estacionariedad. En primer lugar, los puntos deberían ir dentro de la franja oscura, y en el primer grafico no se muestra esto. Como segundo punto la autocorrelacion entre los datos es alta ya que empieza con un 0,9382. Esta autocorrelacion se va desvaneciendo gradualmente en el rezago 7. Una serie estacionaria no debería tener una correlación mayor del tercer rezago. Esto conlleva a concluir que la serie es no estacionaria.

- Población total

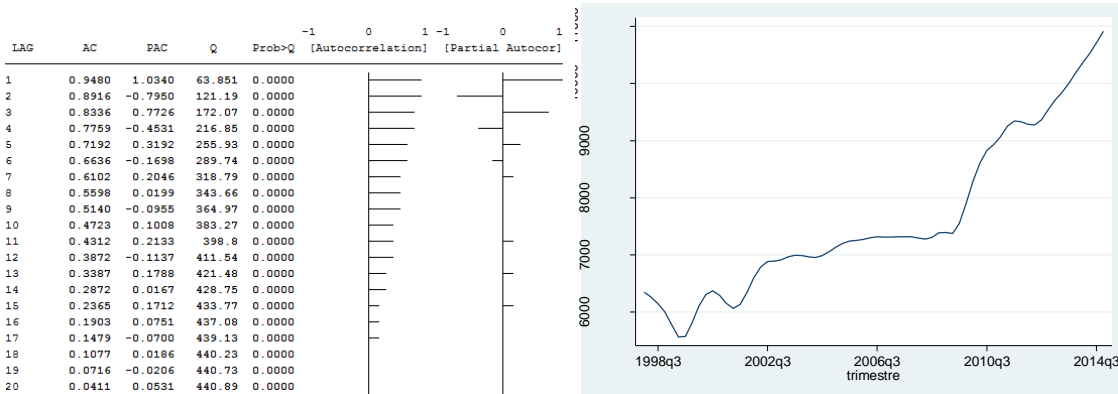
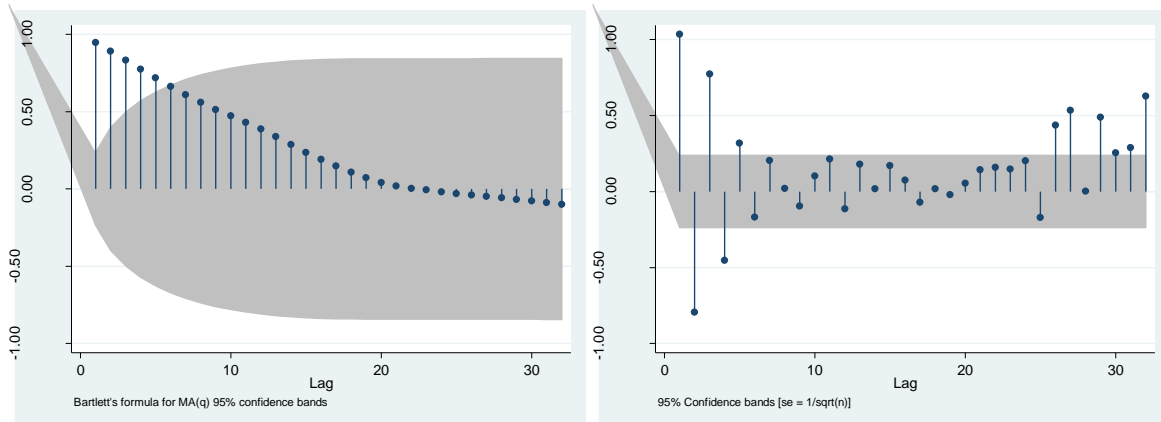


LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1	0	1	-1	0	1
					[Autocorrelation]			[Partial Autocor]		
1	0.9575	0.9992	65.134	0.0000						
2	0.9138	-0.1219	125.36	0.0000						
3	0.8690	0.0912	180.66	0.0000						
4	0.8230	1.6597	231.04	0.0000						
5	0.7792	-2.8062	276.92	0.0000						
6	0.7356	-1.1841	318.46	0.0000						
7	0.6923	-2.9031	355.87	0.0000						
8	0.6494	-0.2579	389.32	0.0000						
9	0.6067	2.6722	419.01	0.0000						
10	0.5644	0.8569	445.15	0.0000						
11	0.5225	3.1841	467.95	0.0000						
12	0.4811	11.4907	487.62	0.0000						
13	0.4400	10.4135	504.38	0.0000						
14	0.3995	4.0312	518.45	0.0000						
15	0.3596	0.2554	530.06	0.0000						
16	0.3202	2.5323	539.44	0.0000						
17	0.2813	-23.3960	546.83	0.0000						
18	0.2431	-12.2395	552.45	0.0000						
19	0.2056	-1.1310	556.56	0.0000						
20	0.1687	13.6783	559.38	0.0000						



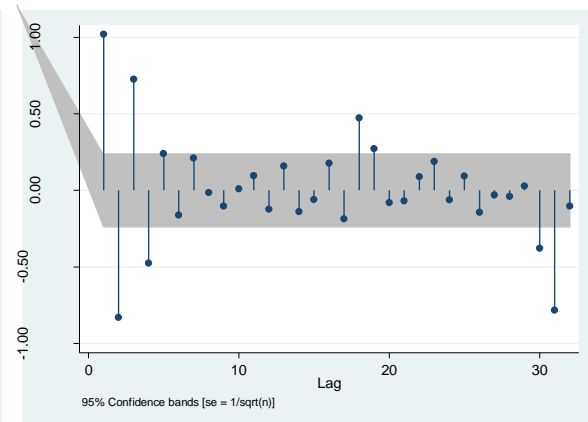
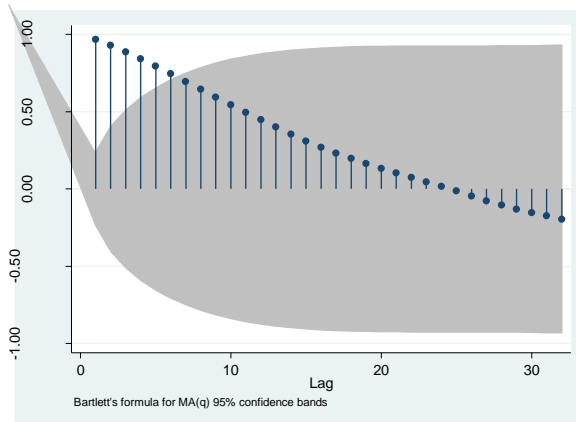
Los gráficos indican una grave presencia de no estacionariedad. En primer lugar, los puntos deberían ir dentro de la franja oscura, y en el primer grafico no se muestra esto. Como segundo punto la autocorrelacion entre los datos es alta ya que empieza con un 0,9575. Esta autocorrelacion se va desvaneciendo gradualmente en el rezago 10. Una serie estacionaria no debería tener una correlación mayor del tercer rezago. Esto conlleva a concluir que la serie es no estacionaria.

- Consumo energético del sector transporte

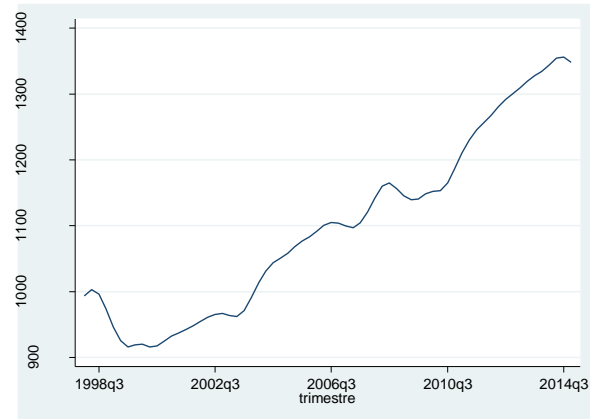


Los gráficos indican una grave presencia de no estacionariedad. En primer lugar, los puntos deberían ir dentro de la franja oscura, y en el primer grafico no se muestra esto. Como segundo punto la autocorrelacion entre los datos es alta ya que empieza con un 0,9480. Esta autocorrelacion se va desvaneciendo gradualmente en el rezago 8. Una serie estacionaria no debería tener una correlación mayor del tercer rezago. Esto conlleva a concluir que la serie es no estacionaria.

- PIB Percapita real



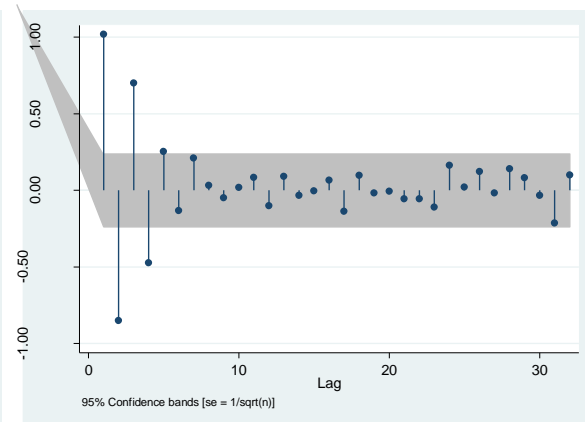
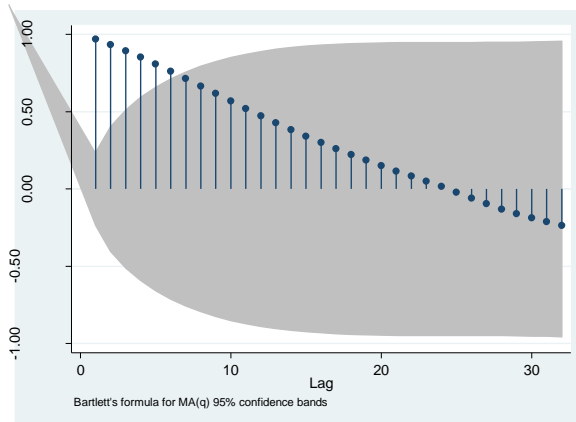
LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1	0	1	-1	0	1
					[Autocorrelation]			[Partial Autocor]		
1	0.9676	1.0187	66.522	0.0000						
2	0.9288	-0.8299	128.74	0.0000						
3	0.8860	0.7251	186.22	0.0000						
4	0.8411	-0.4749	238.85	0.0000						
5	0.7942	0.2410	286.5	0.0000						
6	0.7449	-0.1605	329.1	0.0000						
7	0.6944	0.2105	366.73	0.0000						
8	0.6444	-0.0138	399.67	0.0000						
9	0.5946	-0.1023	428.19	0.0000						
10	0.5446	0.0109	452.53	0.0000						
11	0.4952	0.0950	473.01	0.0000						
12	0.4472	-0.1243	490.01	0.0000						
13	0.4002	0.1589	503.87	0.0000						
14	0.3541	-0.1393	514.92	0.0000						
15	0.3099	-0.0602	523.54	0.0000						
16	0.2686	0.1778	530.14	0.0000						
17	0.2309	-0.1860	535.12	0.0000						
18	0.1967	0.4741	538.8	0.0000						
19	0.1646	0.2716	541.43	0.0000						
20	0.1330	-0.0800	543.19	0.0000						



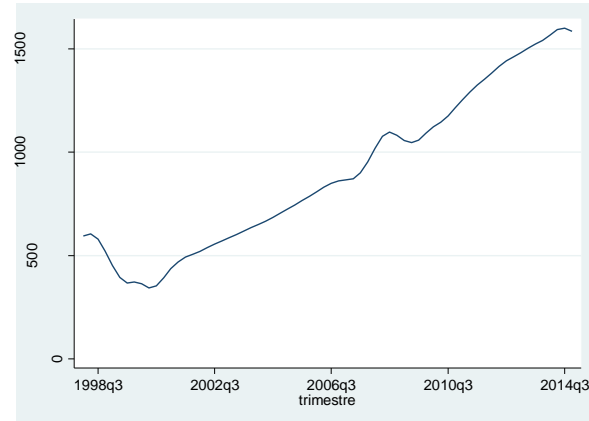
Los dos últimos gráficos indican una grave presencia de no estacionariedad. Pero el primero y el segundo establecen estacionariedad, ya que los puntos se encuentran dentro de lo permitido. Por otro lado, el valor de 0,9676 es muy alto, pero la autocorrelacion se va desvaneciendo en el octavo rezago. Pero, una serie estacionaria no debería tener una correlación mayor del tercer rezago. Esto conlleva a concluir que la serie es no estacionaria. Aunque el test de Dickey-Fuller establecerá con más claridad la estacionariedad.



- PIB Percapita corriente



LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1	0	1	-1	0	1
					[Autocorrelation]			[Partial Autocor]		
1	0.9695	1.0180	66.774	0.0000						
2	0.9336	-0.8501	129.64	0.0000						
3	0.8941	0.7009	188.18	0.0000						
4	0.8523	-0.4723	242.21	0.0000						
5	0.8083	0.2527	291.58	0.0000						
6	0.7618	-0.1334	336.13	0.0000						
7	0.7140	0.2107	375.9	0.0000						
8	0.6661	0.0330	411.1	0.0000						
9	0.6178	-0.0485	441.9	0.0000						
10	0.5688	0.0186	468.45	0.0000						
11	0.5202	0.0846	491.04	0.0000						
12	0.4732	-0.1011	510.08	0.0000						
13	0.4279	0.0905	525.93	0.0000						
14	0.3838	-0.0336	538.91	0.0000						
15	0.3410	-0.0031	549.36	0.0000						
16	0.2997	0.0671	557.58	0.0000						
17	0.2601	-0.1380	563.9	0.0000						
18	0.2223	0.0970	568.6	0.0000						
19	0.1858	-0.0169	571.95	0.0000						
20	0.1499	-0.0063	574.18	0.0000						



Los dos últimos gráficos indican una grave presencia de no estacionariedad. Pero el primero y el segundo establecen estacionalidad, ya que los puntos se encuentran dentro de lo permitido. Por otro lado, el valor de 0,9695 es muy alto, pero la autocorrelacion se va desvaneciendo en el noveno rezago. Pero, una serie estacionaria no debería tener una correlación mayor del tercer rezago. Esto conlleva a concluir que la serie es no estacionaria. Aunque el test de Dickey-Fuller establecerá con más claridad la estacionalidad.

### 7.3.2 Prueba de Raíz Unitaria Dickey Fuller Aumentada con modelo de intercepto y tendencia

**H<sub>0</sub>:** la serie tiene raíz unitaria (no estacionaria)

**H<sub>1</sub>:** la serie no tiene raíz unitaria (es estacionaria)

Variable	Estadístico t	5%	Valor p para Z(t)	Análisis	Conclusión
CO <sub>2</sub> (kt)	-2,269	-3,483	0,4511	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable CO <sub>2</sub> es no estacionaria
Cantidad de vehículos totales	-1,855	-3,483	0,6776	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable cantidad de vehículos totales es no estacionaria
Cantidad de vehículos IACV	-1,994	-3,483	0,6048	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable Cantidad de vehículos IACV es no estacionaria
Población	-2,185	-3,483	0,4984	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable población es no estacionaria
Consumo energético	-0,807	-3,483	0,9651	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable consumo energético es no estacionaria

<b>PIB per cápita real</b>	-3,778	-3,483	0,0177	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza $H_0$ . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable PIB per cápita real es estacionaria
<b>PIB per cápita corriente</b>	-5,173	-3,483	0,0001	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza $H_0$ . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable PIB per cápita corriente es estacionaria

### 7.3.3 Prueba de Raíz Unitaria Philips-Perron con modelo de intercepto y tendencia

**H<sub>0</sub>**: la serie tiene raíz unitaria (no estacionaria)

**H<sub>1</sub>**: la serie no tiene raíz unitaria (es estacionaria)

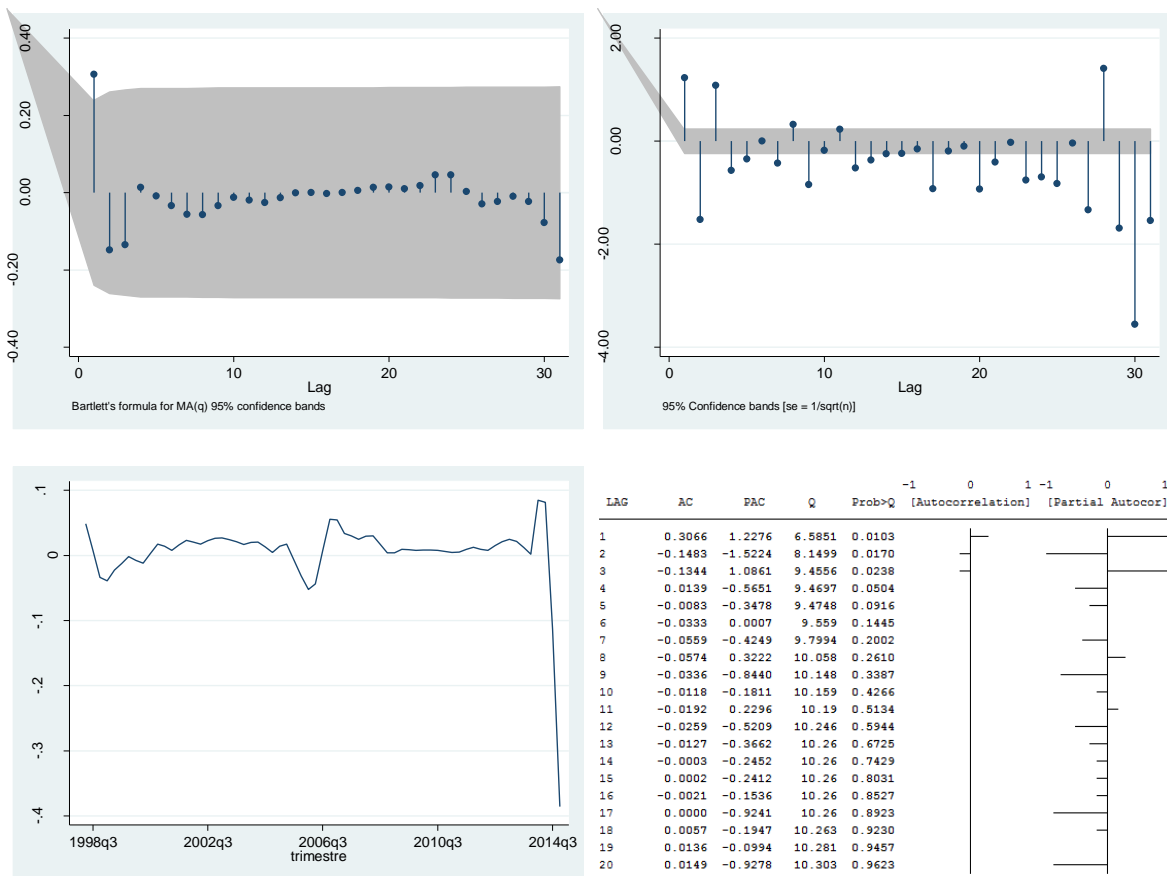
<b>Variable</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>5%</b>	<b>Valor p para Z(t)</b>	<b>Análisis</b>	<b>Conclusión</b>
<b>CO<sub>2</sub> (kt)</b>	-2,485	-3,483	0,3354	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza $H_0$ . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable CO <sub>2</sub> es no estacionaria
<b>Cantidad de vehículos totales</b>	-2,242	-3,483	0,4665	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta $H_0$ . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable cantidad de vehículos totales es no estacionaria
<b>Cantidad de vehículos IACV</b>	-2,519	-3,483	0,3184	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta $H_0$ . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable Cantidad de vehículos IACV es no estacionaria

<b>Población</b>	-2,248	-3,483	0,4629	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta $H_0$ . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable población es no estacionaria
<b>Consumo energético</b>	-1,419	-3,483	0,8551	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta $H_0$ . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable consumo energético es no estacionaria
<b>PIB per cápita real</b>	-3,310	-3,483	0,0646	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta $H_0$ . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable PIB per cápita real es no estacionaria
<b>PIB per cápita corriente</b>	-4,281	-3,483	0,0034	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza $H_0$ . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable PIB per cápita corriente es estacionaria

## 7.4 Análisis de la estacionariedad de las series en primera diferencia de logaritmos

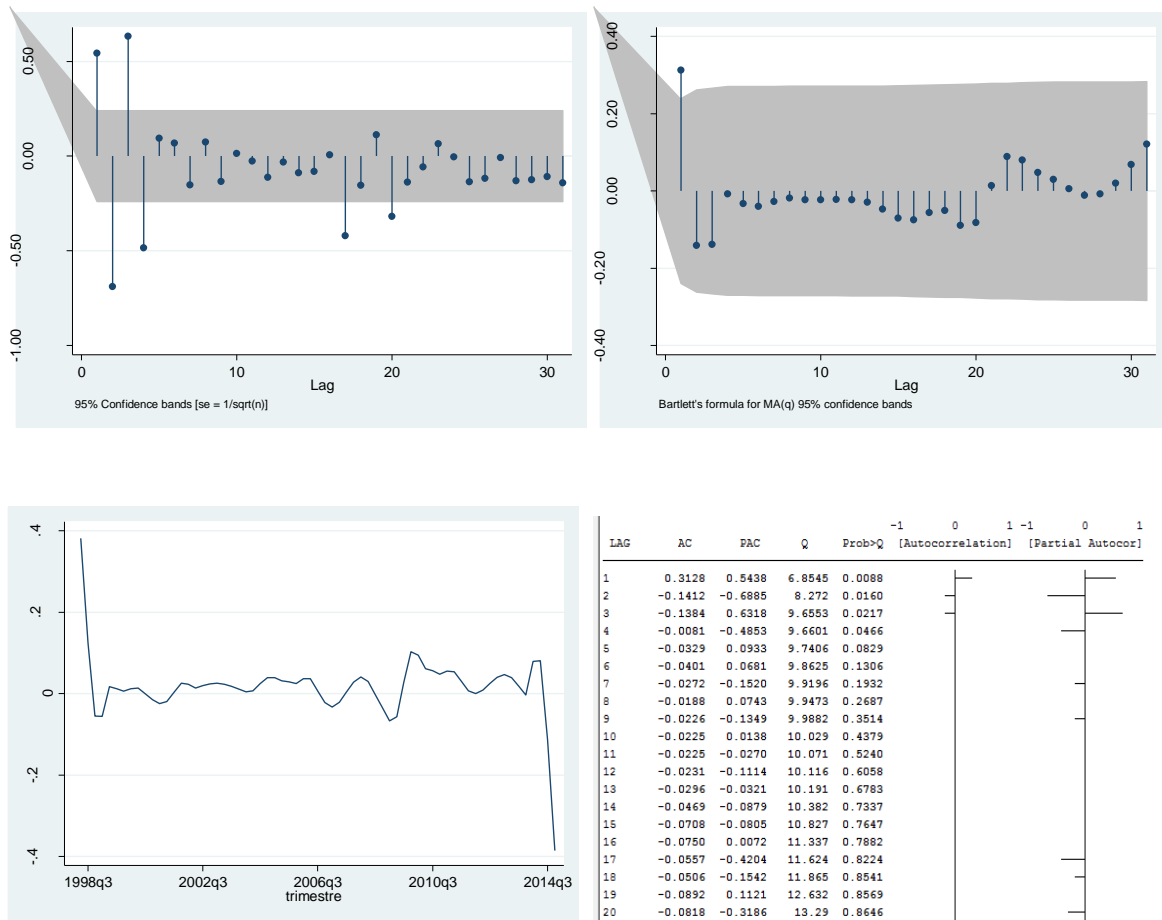
### 7.4.1 Prueba de correlograma

- *Emisiones de dióxido de carbono (kilotoneladas)*



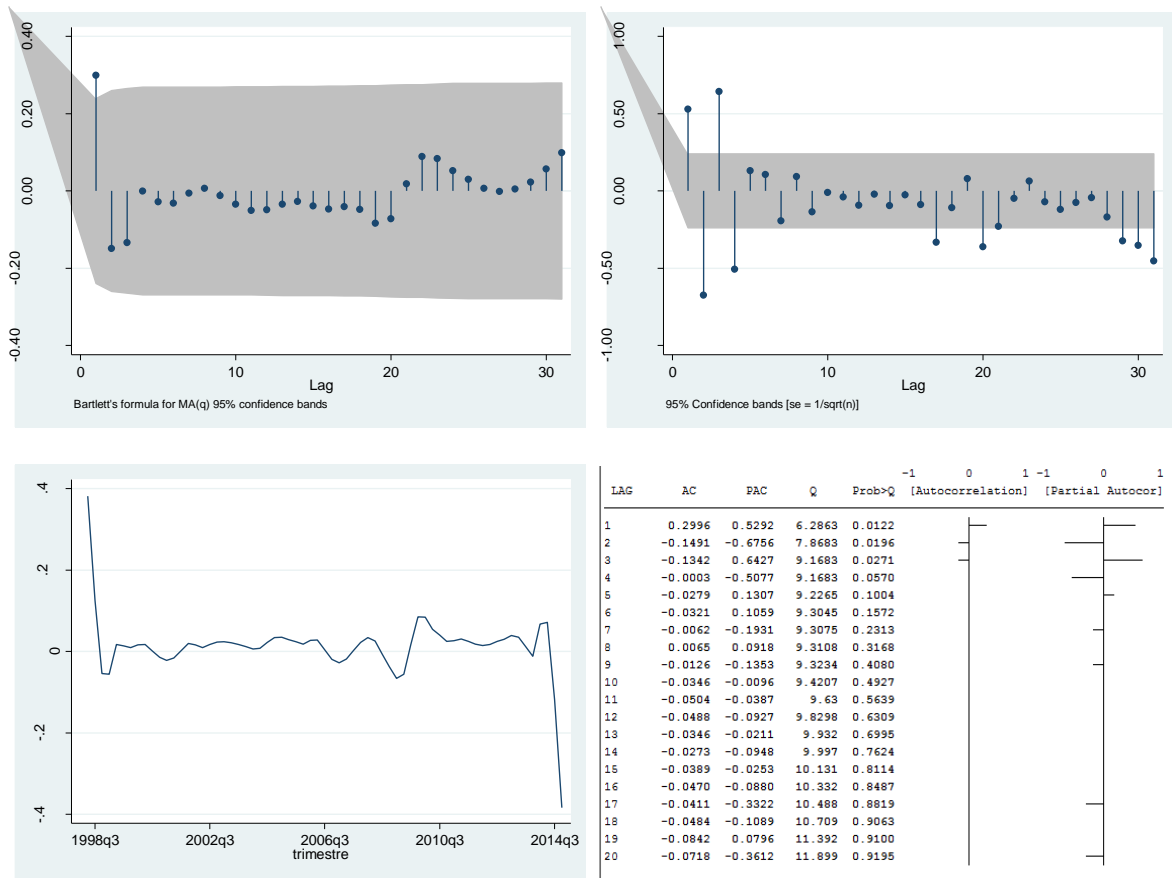
Los gráficos indican la presencia de estacionariedad en la serie. En el correlograma se muestra que la autocorrelacion es negativa, -0,1483. Además, la primera diferencia del logaritmo natural de las emisiones de CO<sub>2</sub> se van desvaneciendo rápidamente en el rezago tres. Estos resultados son patrones que apuntan a una serie de tiempo estacionaria.

- Cantidad de vehículos a nivel país



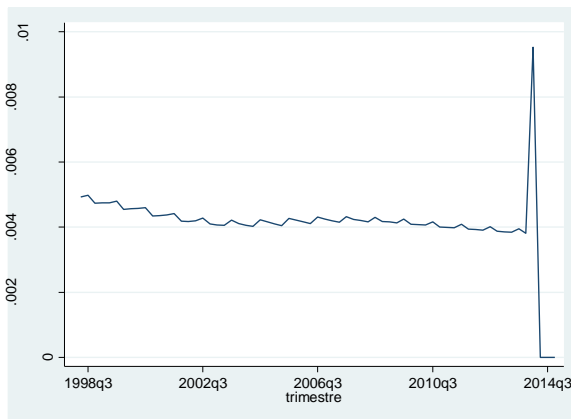
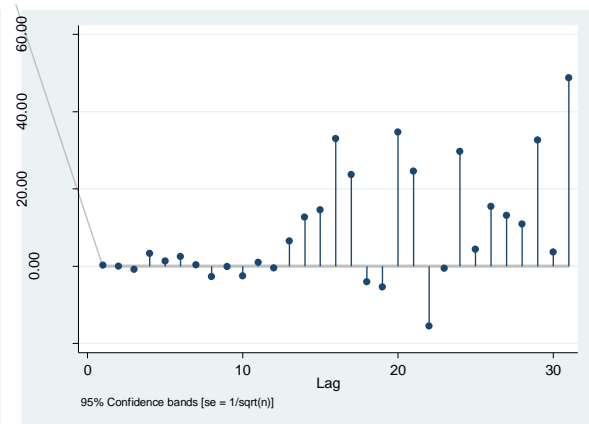
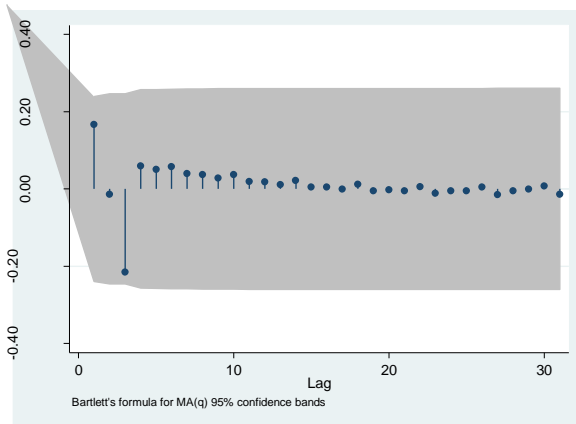
Los gráficos indican la presencia de estacionariedad en la serie. En el correlograma se muestra que la autocorrelacion es negativa, -0,1412. Además, la primera diferencia del logaritmo natural de las emisiones de la cantidad de vehículos totales, se van desvaneciendo rápidamente en el rezago tres. Estos resultados son patrones que apuntan a una serie de tiempo estacionaria.

- Cantidad de vehículos que pagan el IACV



Los gráficos indican la presencia de estacionariedad en la serie. En el correlograma se muestra que la autocorrelacion es negativa, -0,1491. Además, la primera diferencia del logaritmo natural de las emisiones de la cantidad de vehículos IACV, se van desvaneciendo rápidamente en el rezago tres. Estos resultados son patrones que apuntan a una serie de tiempo estacionaria.

- Población total

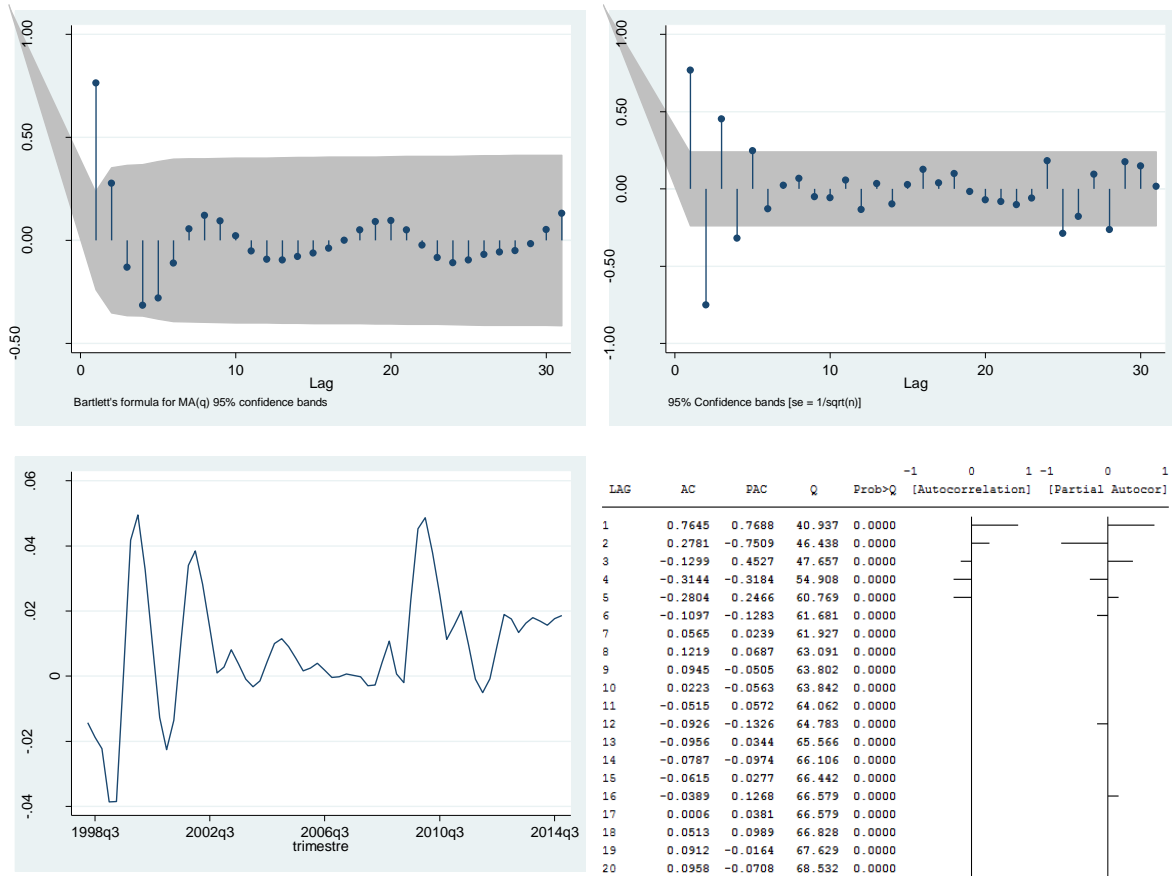


LAG	AC	PAC	Q	Prob>Q	-1	0	1	-1	0	1
					[Autocorrelation]			[Partial Autocor]		
1	0.1669	0.2098	1.9512	0.1625						
2	-0.0144	-0.0075	1.9658	0.3742						
3	-0.2153	-0.8594	5.3137	0.1502						
4	0.0597	3.3061	5.5756	0.2332						
5	0.0501	1.3670	5.7625	0.3300						
6	0.0575	2.5074	6.0127	0.4218						
7	0.0392	0.3804	6.1313	0.5245						
8	0.0372	-2.6615	6.24	0.6204						
9	0.0284	-0.1179	6.3043	0.7091						
10	0.0368	-2.4858	6.4141	0.7794						
11	0.0191	0.9920	6.4442	0.8421						
12	0.0179	-0.4226	6.4712	0.8905						
13	0.0111	6.5341	6.4816	0.9269						
14	0.0218	12.6715	6.5233	0.9515						
15	0.0051	14.5397	6.5256	0.9695						
16	0.0048	33.0245	6.5277	0.9813						
17	-0.0006	23.7000	6.5277	0.9889						
18	0.0115	-4.0350	6.5403	0.9935						
19	-0.0047	-5.3896	6.5424	0.9963						
20	-0.0026	34.7461	6.5431	0.9979						

Los gráficos indican la presencia de estacionariedad en la serie. En el correlograma se muestra que la autocorrelacion es negativa, -0,0144. Además, la primera diferencia del logaritmo natural de las emisiones de la poblacion, se van desvaneciendo rápidamente en el rezago tres. Estos resultados son patrones que apuntan a una serie de tiempo estacionaria.



- Consumo energético del sector transporte



Los gráficos indican la presencia de estacionariedad en la serie. En el correlograma se muestra que la autocorrelacion es negativa, -0,1299. Además, la primera diferencia del logaritmo natural de las emisiones del consumo energético, se van desvaneciendo rápidamente en el rezago cinco. Estos resultados son patrones que apuntan a una serie de tiempo estacionaria.

### 7.4.2 Prueba de Raíz Unitaria Dickey Fuller Aumentada en la primera diferencia con modelo de intercepto y tendencia

**H<sub>0</sub>:** la serie tiene raíz unitaria (no estacionaria)

**H<sub>1</sub>:** la serie no tiene raíz unitaria (es estacionaria)

Variable	Estadístico t	5%	Valor p para Z(t)	Análisis	Conclusión
CO <sub>2</sub> (kt)	-4,323	-3,483	0,0029	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable CO <sub>2</sub> es estacionaria
Cantidad de vehículos totales	-3,999	-3,483	0,0088	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable cantidad de vehículos totales es estacionaria
Cantidad de vehículos IACV	-4,169	-3,483	0,0050	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable Cantidad de vehículos IACV es estacionaria
Población	-6,405	-3,483	0,0000	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable población es estacionaria
Consumo energético	-2,963	-2,916	0,0385	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable consumo energético es estacionaria

### 7.4.3 Prueba de Raíz Unitaria Philips-Perron en la primera diferencia con modelo de intercepto y tendencia

**H<sub>0</sub>:** la serie tiene raíz unitaria (no estacionaria)

**H<sub>1</sub>:** la serie no tiene raíz unitaria (es estacionaria)

Variable	Estadístico t	5%	Valor p para Z(t)	Análisis	Conclusión
CO <sub>2</sub> (kt)	-1,275	-3,483	0,8941	Debido a que $ t  <  5\% $ , se acepta H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie presenta raíz unitaria, es no estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable CO <sub>2</sub> es no estacionaria
Cantidad de vehículos totales	-4,657	-3,483	0,0008	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable cantidad de vehículos totales es no estacionaria
Cantidad de vehículos IACV	-4,786	-3,483	0,0005	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable Cantidad de vehículos IACV es no estacionaria
Población	-6,246	-3,483	0,0000	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable población es no estacionaria
Consumo energético	-3,518	-3,483	0,0375	Debido a que $ t  >  5\% $ , se rechaza H <sub>0</sub> . Por tanto, la serie no presenta raíz unitaria, es estacionaria	Después de las pruebas gráficas y el test planteado, se concluye que la variable consumo energético es no estacionaria

## 7.5 Resultados de los modelos

```
. *Modelo 1
. reg dln_CO2KT dln_QAP AIS dln_POBLAC dln_CEST PIBPC Diacv1, robust
```

```
Linear regression                               Number of obs =      67
                                                F( 5,    61) =     3.91
                                                Prob > F      =    0.0039
                                                R-squared     =    0.5469
                                                Root MSE     =    .03913
```

dln_CO2KT	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dln_QAP AIS	.4204199	.2213548	1.90	0.062	-.0222063	.8630462
dln_POBLAC	13.27706	8.483889	1.56	0.123	-3.687521	30.24165
dln_CEST	-.1065112	.2652915	-0.40	0.689	-.6369943	.4239719
PIBPC	8.27e-06	.0000112	0.74	0.461	-.0000014	.0000306
Diacv1	-.0060549	.0138658	-0.44	0.664	-.0337814	.0216716
_cons	-.0625355	.0406258	-1.54	0.129	-.1437718	.0187008

```
. *Modelo 2
. reg dln_CO2KT dln_autosIACV dln_POBLAC dln_CEST PIBPC Diacv1, robust
```

```
Linear regression                               Number of obs =      67
                                                F( 5,    61) =     4.41
                                                Prob > F      =    0.0017
                                                R-squared     =    0.5569
                                                Root MSE     =    .03869
```

dln_CO2KT	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
dln_autosIACV	.4366432	.2296732	1.90	0.062	-.0226168	.8959033
dln_POBLAC	13.11284	8.45268	1.55	0.126	-3.78934	30.01502
dln_CEST	-.0586234	.251879	-0.23	0.817	-.5622866	.4450398
PIBPC	.0000135	9.64e-06	1.41	0.165	-5.73e-06	.0000328
Diacv1	-.0098988	.0131527	-0.75	0.455	-.0361992	.0164016
_cons	-.0650736	.0401047	-1.62	0.110	-.145268	.0151208

```
. *Modelo 3
. reg dln_CO2KT dln_QAPAIS dln_POBLAC dln_CEST PIBPR Diacv1, robust
```

```
Linear regression                Number of obs =      67
                                F( 5, 61) =      3.89
                                Prob > F      = 0.0040
                                R-squared      = 0.5459
                                Root MSE    = .03917
```

dln_CO2KT	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
dln_QAPAIS	.4216122	.2216899	1.90	0.062	-.021684	.8649085
dln_POBLAC	13.12586	8.426012	1.56	0.124	-3.722989	29.97472
dln_CEST	-.0945628	.2708974	-0.35	0.728	-.6362556	.44713
PIBPR	.0000141	.0000333	0.42	0.673	-.0000525	.0000807
Diacv1	-.0038783	.0142506	-0.27	0.786	-.0323742	.0246175
_cons	-.0705094	.0574697	-1.23	0.225	-.1854271	.0444083

```
. *Modelo 4
. reg dln_CO2KT dln_autosIACV dln_POBLAC dln_CEST PIBPR Diacv1, robust
```

```
Linear regression                Number of obs =      67
                                F( 5, 61) =      4.39
                                Prob > F      = 0.0018
                                R-squared      = 0.5552
                                Root MSE    = .03877
```

dln_CO2KT	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
dln_autosIACV	.4372686	.230156	1.90	0.062	-.0229568	.8974939
dln_POBLAC	12.97366	8.404752	1.54	0.128	-3.83268	29.78
dln_CEST	-.0427688	.2561449	-0.17	0.868	-.5549622	.4694246
PIBPR	.000029	.0000292	0.99	0.325	-.0000295	.0000874
Diacv1	-.0078171	.0134783	-0.58	0.564	-.0347686	.0191344
_cons	-.084658	.0542136	-1.56	0.124	-.1930648	.0237488