

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

**ANÁLISIS DEL IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN
VEHICULAR Y SU INCIDENCIA EN LA EMISION DE GASES
CONTAMINANTES, A PARTIR DE LA REVISIÓN TÉCNICA
VEHICULAR, EN LA CIUDAD DE QUITO, ESTUDIO PARA EL
PERIODO 2008-2015.**

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN CIENCIAS ECÓNOMICA Y FINANCIERAS**

ESTUDIO DE CASOS

LILIÁN VERÓNICA ORELLANA MONAR

lilianvero674@hotmail.com

DIRECTOR: MAT. NELSON ALEJANDRO ARAUJO GRIJALVA, MSc.

alejandro.araujo@epn.edu.ec

Quito, octubre 2017



DECLARACIÓN

Yo, Lilián Verónica Orellana Monar, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Lilián Verónica Orellana Monar

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lilián Verónica Orellana Monar, bajo mi supervisión.

Mat. Nelson Alejandro Araujo Grijalva, MSc.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por bendecirme cada día, por darme fe, sabiduría y las herramientas para realizar esta investigación.

A mis padres, Justo Froilán Orellana Uzhca y Rosario Edelmira Monar Rojas, por su amor y su sustento; y a mis hermanos Edison, Ruth y Rosario por no dejar que me rinda.

A Santiago por apoyarme durante mi carrera universitaria. Y a mi hija Andrea, por ser el motor que me impulsa, por la alegría que me das cada día.

A Santiago Molina, por sus comentarios y apoyo incondicional durante la elaboración del presente trabajo de titulación.

A la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) y al Servicio de Rentas Internas (SRI), en especial a los señores Edgar Muñoz y Christian Chicaiza, por brindarme la información que sustenta esta investigación.

Mi sincero agradecimiento a mi Director, Mat. Alejandro Araujo, por la confianza depositada en mí, por su ayuda y por sus consejos.

DEDICATORIA

A ti Andreita, que me enseñaste a vivir, porque eres mi vida.

Tu mami.

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE GRÁFICOS	I
LISTA DE TABLAS	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.2.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	4
1.2.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	5
1.1.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	6
1.3 HIPÓTESIS	7
1.4 OBJETIVOS	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 IMPUESTOS	8
2.2 IMPUESTOS AMBIENTALES.....	9
2.2.1 CLASIFICACIÓN.....	10
2.3 MARCO LEGAL DEL IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR	15
2.3.1 LEY DE FOMENTO AMBIENTAL Y OPTIMIZACIÓN DE LOS INGRESOS DEL ESTADO	16
2.4 EXTERNALIDADES	17
2.4.1 TEORÍA PIGOUVIANA.....	19
2.5 EL MEDIO AMBIENTE	22

2.5.1	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	22
2.5.2	CONTAMINACIÓN DEL AIRE.....	23
2.6	TOXICIDAD DE LOS GASES DE ESCAPE DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES.....	26
2.6.1	MONÓXIDO DE CARBONO (CO):	27
2.6.2	ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO _x)	27
2.6.3	HIDROCARBUROS:	28
2.6.4	COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV):.....	28
2.6.5	MATERIAL PARTICULADO:.....	29
2.6.6	OZONO (O ₃):.....	29
2.6.7	ÓXIDOS DE AZUFRE Y CLORURO:	29
2.6.8	PLOMO:.....	29
2.6.9	DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂):	30
	CAPÍTULO III	32
	IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR	32
3.1	CONCEPTO	32
3.1.1	OBJETIVO	32
3.1.2	HECHO GENERADOR	32
3.1.3	SUJETOS DE IMPUESTO	33
3.2	BASE IMPONIBLE Y TARIFA.....	33
3.2.1	CUANTÍA DEL IMPUESTO	34
3.2.2	PAGO DEL IMPUESTO	35
3.2.3	EXENCIONES	36
3.2.4	ENTE REGULADOR Y ADMINISTRADOR DE IMPUESTOS	36
3.3	RECAUDACIÓN DEL IACV	37
	CAPÍTULO IV.....	40
	REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR.....	40
4.1	CONCEPTO	40
4.2	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR PARA LA CIUDAD DE QUITO.....	41
4.3	ANÁLISIS DE LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES DE LOS VEHÍCULOS EN LA RTV.....	44
4.3.1	DIÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ	46

4.3.2	DIÓXIDO DE CARBONO EN ALTAS	47
4.3.3	HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS EN RALENTÍ	48
4.3.4	HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS A 2.500 RPM	49
4.3.5	MONÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ	50
4.3.6	MONÓXIDO DE CARBONO A 2.500 RPM	51
4.3.7	OPACIDAD	52
4.4	ANÁLISIS DEL IACV GENERADO POR LOS VEHÍCULOS DE LA RTV	53
4.4.1	IMPUESTO GENERADO POR AÑO.....	53
4.4.2	IACV GENERADO POR TIPO DE COMBUSTIBLE	54
4.4.3	IMPUESTO GENERADO POR TIPO DE SERVICIO	55
4.4.4	VEHÍCULOS POR CLASE	56
	CAPÍTULO V	57
	MARCO METODOLÓGICO	57
5.1	EVALUACIÓN DE IMPACTO	57
5.1.1	EL CONTRAFCTUAL	58
5.1.2	SESGO DE SELECCIÓN.....	59
5.1.3	DISEÑOS EXPERIMENTALES.....	60
5.1.4	DISEÑOS CUASI EXPERIMENTALES.....	60
5.2	ANÁLISIS DE MEDIAS.....	61
5.3	MÉTODO DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS	62
5.3.1	ESTIMACIÓN DEL MODELO DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS	64
5.3.2	DATOS AGRUPADOS DE CORTE TRANSVERSAL SOBRE EL TIEMPO.	67
5.3.3	UTILIDAD Y SUPUESTOS DEL MÉTODO DE DD	67
5.4	LITERATURA EMPÍRICA DEL MODELO DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS.....	68
	CAPÍTULO VI.....	71
	IMPACTO DEL IACV EN LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO	71
6.1	CONSOLIDACIÓN Y DEPURACIÓN DE LA BASE DE DATOS:	71
6.2	DETERMINACIÓN DEL GRUPO DE TRATAMIENTO Y GRUPO DE CONTROL	72
6.3	VARIABLES OBTENIDAS	73

6.4	RESULTADOS DEL IMPACTO DEL IACV MEDIANTE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS	75
6.4.1	ANÁLISIS DEL DIÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ	76
6.4.2	ANÁLISIS DEL DIÓXIDO DE CARBONO EN ALTAS	78
6.4.3	ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS EN RALENTÍ	80
6.4.4	ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS A 2.500 RPM	81
6.4.5	ANÁLISIS DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ.....	83
6.4.6	ANÁLISIS DEL MONÓXIDO DE CARBONO A 2.500 RPM.....	86
6.4.7	ANÁLISIS DE OPACIDAD	88
6.4.8	ANÁLISIS POR AÑO DE ANTIGÜEDAD	90
6.4.9	RESUMEN DE LOS RESULTADOS	93
	CAPITULO VII.....	95
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
7.1	CONCLUSIONES	95
7.2	RECOMENDACIONES.....	98
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	ANEXOS.....	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Cantidad de vehículos matriculados en Pichincha (1998-2014)	3
Gráfico 2 Bases imponibles de los Impuestos Ambientales.....	14
Gráfico 3 Equilibrio de mercado sin externalidad.....	19
Gráfico 4 Equilibrio de mercado con externalidad.....	21
Gráfico 5 Recaudación efectiva IACV 2015 en USD	38
Gráfico 6 Recaudación efectiva del IACV, cantón Quito, (2012-2015), en USD	39
Gráfico 7 Cantidad de vehículos revisados, RTV 2008-2015	44
Gráfico 8 Porcentaje de variación anual de la cantidad de vehículos presentados a la RTV	45
Gráfico 9 Cantidad de vehículos por tipo de gasolina 2008-2015	45
Gráfico 10 Promedio de Dióxido de Carbono en Ralentí, RTV 2008-2015 en g/km.	46
Gráfico 11 Variación anual promedio de Dióxido de Carbono en Ralentí, RTV 2008-2015	46
Gráfico 12 Promedio Dióxido de Carbono en Altas, RTV 2008-2015 en g/km	47
Gráfico 13 Variación anual promedio Dióxido de Carbono en Altas, RTV 2008-2015	47
Gráfico 14 Promedio de Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí, RTV 2008-2015, en ppm	48
Gráfico 15 Variación anual promedio de Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí, RTV 2008-2015	48
Gráfico 16 Promedio de Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm, RTV 2008-2015, en ppm	49
Gráfico 17 Variación anual promedio de Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm, RTV 2008-2015	49
Gráfico 18 Promedio de Monóxido de Carbono en Ralentí, RTV 2008-2015 en g/km.....	50
Gráfico 19 Variación anual promedio de Monóxido de Carbono en Ralentí, RTV 2008- 2015	50
Gráfico 20 Promedio de Monóxido de Carbono a 2.500 rpm, RTV 2008-2015, en g/km..	51
Gráfico 21 Variación anual promedio de Monóxido de Carbono a 2.500 rpm, RTV 2008- 2015	51
Gráfico 22 Promedio de Opacidad, RTV 2008-2015 en porcentaje.....	52

Gráfico 23 Variación anual promedio de Opacidad, RTV 2008-2015.....	52
Gráfico 24 Impuesto generado en USD por año 2012-2015.....	53
Gráfico 25 Impuesto generado por tipo de combustible en USD.....	54
Gráfico 26 Impuesto generado por tipo de servicio en USD.....	55
Gráfico 27 Impuesto generado por tipo de vehículo en USD.....	56
Gráfico 28 Impuesto generado por tipo de vehículo en USD.....	56
Gráfico 29 Método de Diferencias en Diferencia.....	64
Gráfico 30 Evolución del promedio de Dióxido de Carbono en Ralentí por grupo y.....	76
Gráfico 31 Evolución del promedio de Dióxido de Carbono en Altas por grupo y por año	78
Gráfico 32 Evolución del promedio de Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí por grupo y por año.....	80
Gráfico 33 Evolución del promedio de Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm por grupo y por año.....	81
Gráfico 34 Evolución del promedio de Monóxido de Carbono en Ralentí.....	83
Gráfico 35 Evolución del promedio de Monóxido de Carbono a 2.500 rpm.....	86
Gráfico 36 Evolución del promedio de Opacidad.....	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Base imponible y tarifa del IACV	33
Tabla 2 Antigüedad y factor de ajuste	34
Tabla 3 Recaudación del IACV	38
Tabla 4 Resumen de variables	74
Tabla 5 Prueba de medias: Dióxido de Carbono en Ralentí.....	76
Tabla 6 Resultados del método de DD para Dióxido de Carbono en Ralentí	77
Tabla 7 Prueba de medias: Dióxido de Carbono en Altas	78
Tabla 8 Resultados del método de DD para Dióxido de Carbono en Altas	79
Tabla 9 Prueba de medias: Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí.....	80
Tabla 10 Prueba de medias: Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí.....	81
Tabla 11 Prueba de medias: Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm.....	82
Tabla 12 Prueba de medias por periodo: Monóxido de Carbono en Ralentí.....	83
Tabla 13 Prueba de medias por grupo: Monóxido de Carbono en Ralentí.....	84
Tabla 14 Resultados del método de DD para Monóxido de Carbono en Ralentí.....	84
Tabla 15 Prueba de medias: Monóxido de Carbono a 2.500 rpm	86
Tabla 16 Resultados del método de DD para Monóxido de Carbono a 2.500 rpm.....	87
Tabla 17 Prueba de medias: Opacidad	88
Tabla 18 Resultados del método de DD para Opacidad	89
Tabla 19 Número de observaciones del modelo de DD por años de antigüedad	90
Tabla 20 Porcentaje de observaciones del modelo de DD por años de antigüedad	91
Tabla 21 Resultados del modelo de DD por años de antigüedad	92
Tabla 22 Resumen de los resultados del modelo de DD	93

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo determinar la influencia del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular en la emisión de gases contaminantes del parque automotor en la ciudad de Quito, durante el periodo de estudio 2008-2015. En base a la medición de gases contaminantes durante el proceso de la Revisión Técnica Vehicular realizada por la Agencia Metropolitana de Tránsito durante el periodo de estudio, y considerando aquellos vehículos con cilindraje mayor a 1.500 c.c., se aplicó el método de diferencias en diferencias considerando como grupo de control a los vehículos de servicio público, los cuales están exentos del pago del impuesto, mientras que el grupo de tratamiento son los vehículos de servicio particular, sobre los cuales recae el pago del impuesto. Adicionalmente, se ha establecido como periodo pre-impuesto a los años 2008 - 2011 y a los años de aplicación del impuesto 2012 - 2015.

En base a la metodología propuesta se ha determinado que el impuesto ha disminuido los niveles promedio de monóxido de carbono para los vehículos que pertenecen al grupo tratamiento; mientras que, para el caso de las emisiones por dióxido de carbono, el grupo de control ha emitido gases en menor medida que el grupo de tratamiento, y en el caso de la opacidad, la disminución ha sido mayor para el grupo de control que para el grupo de tratamiento. Además, se han encontrado resultados positivos del impuesto en las emisiones de vehículos cuya antigüedad es menor a 10 años.

Inicialmente se presentará el marco teórico relacionado con la contaminación vehicular para posteriormente describir la ley relacionada al Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular. A continuación, se realizará un análisis descriptivo relacionado con los vehículos en cuanto a emisiones de gases promedio se refiere. Finalmente, se presentará las implicancias del modelo de diferencias en diferencias y los resultados de dicha metodología aplicada al presente estudio.

Palabras clave: Impuesto Ambiental, Revisión Técnica Vehicular, Métodos de Evaluación de Impacto, Diferencias en Diferencias, Grupo Tratamiento, Grupo de Control.

ABSTRACT

The present titling work has as objective to determine the influence of the Environmental Tax to the Vehicular Contamination in the emission of polluting gases of the automotive park in the city of Quito, during the period of study 2008-2015. Based on the measurement of polluting gases during the process of the Vehicular Technical Review carried out by the Metropolitan Transit Agency during the study period, and considering those vehicles with a cylinder capacity greater than 1,500 cc, the differences in differences method was applied considering as a control group to public service vehicles, which are exempt from the payment of the tax, while the treatment group are private service vehicles, on which the tax is payable. In addition, it has been established as a pre-tax period for the years 2008-2011 and for the years of application of the tax 2012-2015.

Based on the proposed methodology, it has been determined that the tax has lowered the average levels of carbon monoxide for vehicles belonging to the treatment group; while in the case of carbon dioxide emissions, the control group has emitted gases to a lesser extent than the treatment group, and in the case of opacity, the decrease has been greater for the control group than for the treatment group. In addition, positive results of the tax have been found in the emissions of vehicles whose age is less than 10 years.

Initially the theoretical framework related to vehicular contamination will be described to later describe the law related to the Environmental Tax to the Vehicular Pollution. Next, a descriptive analysis related to the vehicles in terms of average gas emissions will be carried out. Finally, the implications of the model of differences in differences and the results of this methodology applied to the present study will be presented.

Keywords: Environmental Tax, Vehicle Technical Review, Impact Assessment Methods, Differences in Differences, Treatment Group, Control Group.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El interés por temas relacionados con el medio ambiente ha existido desde siempre, sin embargo, es a principios de los años setenta donde la problemática del medioambiente trascendió a la esfera política. En el año de 1972, las Naciones Unidas recogen esta preocupación y convocan a 112 países a la Conferencia sobre el Medio Humano en Estocolmo-Suecia; esta gran cumbre marcó un icono al incluir dentro de su declaración al ser humano como el principal causante de la contaminación en el agua, aire, suelo e incluso como causante de la extinción de los seres vivos. En la declaración se incluye también a la contaminación ambiental como un tema de interés público y prioritario, por el que los gobiernos participantes se comprometieron a tomar medidas que ayuden a mitigar los efectos del cambio climático producto de alteraciones en el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas, 1992).

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Según estimaciones realizadas en el 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3,7 millones de defunciones prematuras. La mayoría de las fuentes de contaminación del aire están más allá del control de las personas, y requieren medidas por parte de las ciudades, así como de las instancias normativas nacionales e internacionales en sectores tales como el transporte. (Organización Mundial de la Salud, 2014)

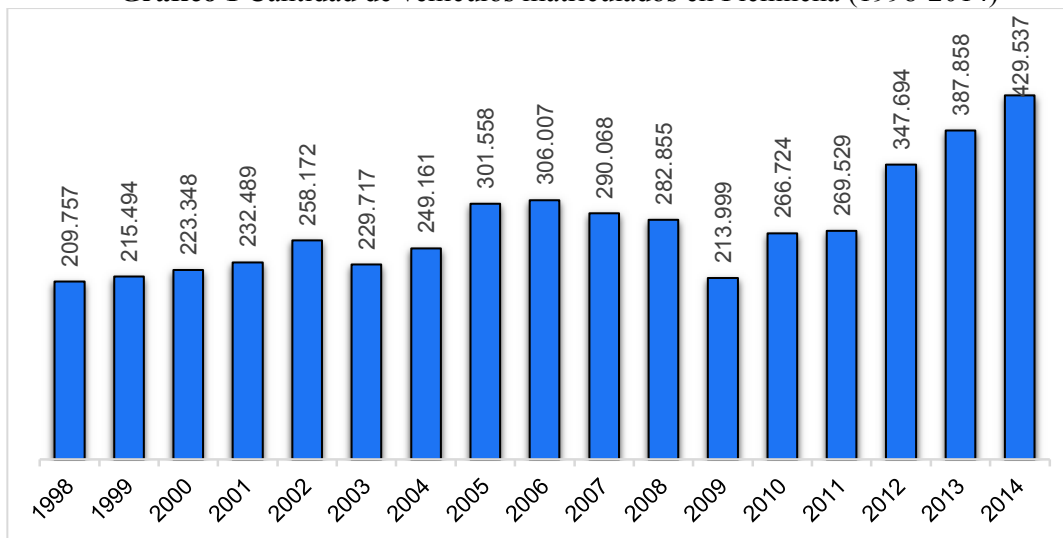
Las emisiones de gases se generan en fuentes fijas y móviles. Las fuentes fijas son cuando su localización es puntual como: las chimeneas de centrales térmicas y de grandes industrias. Las fuentes móviles abarcan aviones, ferrocarriles, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas y cualquier maquinaria no fija. Los motores de vehículos son responsables de las emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido

de carbono (CO_2) dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), entre otros gases, producidos durante la combustión (Semarnat, 2007).

Entre los principales gases contaminantes del aire en la ciudad de Quito que provienen de fuentes móviles están: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado menor a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$) y dióxido de carbono. A continuación, se presenta un resumen de las mayores emisiones de gases contaminantes originado por fuentes de emisión móviles, de acuerdo al último Inventario de Emisiones Atmosféricas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), correspondiente al año 2009.

- **Monóxido de Carbono:** es el contaminante más abundante en peso, con 97.939 toneladas. En cuanto a su origen, el 97,2% del CO es originado por las fuentes móviles, principalmente por vehículos particulares livianos (23%), camionetas (20%) y pesados a diésel (13%).
- **Óxidos de nitrógeno:** se emitieron 27.613 toneladas, 63,6% por fuentes móviles, esencialmente de buses y pesados a diésel (34,2%) y de particulares livianos, taxis y camionetas a gasolina (25%).
- **Material particulado menor a 2,5 micras:** de las 1.346 toneladas de material particulado fino producido, el 51,7% es producido por las fuentes móviles, y de este, el 44% corresponde a vehículos a diésel.
- **Dióxido de Carbono:** se emitieron 3.709.944 toneladas; las fuentes móviles, a gasolina y a diésel, son los mayores responsables, generando el 66,1% de las emisiones.

Comparando cifras del Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), entre el año de 1998 y el 2014, la cantidad de vehículos matriculados en Pichincha se incrementó en 104,78%, mostrando en general una tendencia de crecimiento a lo largo de estos 16 años.

Gráfico 1 Cantidad de vehículos matriculados en Pichincha (1998-2014)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos

Elaboración: La autora

Este incremento en el parque automotriz no sólo ocasiona problemas en el tráfico, sino que también altera la calidad del aire en Quito con la posibilidad de causar efectos negativos en la salud de las personas, así como en el ecosistema.

Gobiernos comprometidos con el medio ambiente han venido tomando cierto tipo de medidas regulatorias en favor de proteger el ecosistema; dentro de este contexto los impuestos ambientales se presentan como una alternativa dentro de la política fiscal, que junto con otras medidas ofrecen un buen resultado en cuanto a la conservación del medio ambiente.

El marco legal para promover la implementación de Impuestos Ambientales está dado por la Constitución Política, aprobada en el año 2008, en el artículo 396 establece: *“El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos”*; y en el artículo 135 dispone que *“Sólo la Presidenta o Presidente de la República podrá presentar proyectos de ley que creen, modifiquen o supriman impuestos, aumenten el gasto público o modifiquen la división político administrativa del país”*.

El séptimo objetivo del Plan Nacional del Buen Vivir (2013 - 2017) es “*Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global*”.

Finalmente, a través de la Ley de Fomento Ambiental, aprobada en el año 2011, se incorporó una reforma tributaria en la que se establecieron dos impuestos ambientales como: el Impuesto a las Botellas Plásticas (IBP); y el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV), que graba a la contaminación del medio ambiente producida por el uso de vehículos motorizados de transporte terrestre.

Conocer cómo incide un impuesto ambiental sobre los niveles de concentración de gases contaminantes emitidos por los vehículos que circulan en la ciudad de Quito es de gran importancia, porque permite en primer lugar evaluar si el IACV ha cumplido con su principal objetivo de controlar y disminuir la contaminación ambiental, así como cambiar los hábitos en la población, o ha tenido un fin recaudatorio; también permitirá realizar una correcta y oportuna toma de decisiones.

En estas circunstancias se considera conveniente la presentación de esta investigación, la misma que busca analizar el IACV y su incidencia sobre los niveles de gases contaminantes en la ciudad de Quito, en el periodo de estudio que comprende desde el año 2008 hasta el año 2015, partiendo de datos entregados por la Agencia Metropolitana de Tránsito durante el proceso de la Revisión Técnica Vehicular.

1.2 JUSTIFICACIÓN

1.2.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Los Impuestos Ambientales son herramientas de política fiscal que un Estado utiliza para corregir fallos de mercado como son las externalidades.

Para Mankiw (2008), la implementación de Impuestos Ambientales como regulador de externalidades se debe a que los costos sociales ocasionados por la emisión de gases contaminantes, originados en la combustión energética, generalmente no

suele ser soportados por los individuos que los producen, formando un fallo de mercado que requiere de la intervención del estado para que lo regularice. Dentro de este tipo de externalidades se destaca las de naturaleza ambiental y en especial las vinculadas con el sector del transporte.

Los gases que emiten los automóviles son una externalidad negativa porque originan un humo que tienen que respirar otras personas. Como consecuencia de esta externalidad, los automóviles tienden a contaminar demasiado; en consecuencia, es el gobierno el que debe resolver este problema, fijando unos niveles de emisión para los automóviles. (Mankiw, 2008)

La teoría que sustenta la intervención del Estado para normar una externalidad se basa en los estudios realizados por el economista Británico Arthur Celi Pigou (1920)¹, puesto que fue él quien planteó solucionar la problemática ambiental ocasionada por externalidades mediante la implementación de impuestos.

Para Mendezcarlo Silva, Medina Jiménez, & Becerra Quintero (2010), los impuestos pigovianos dieron paso a la creación del principio “*El que contamina paga*” acogido por la comunidad internacional como principio rector de las políticas públicas que utilizan instrumentos económicos para favorecer el desarrollo ambientalmente adecuado. Lo que trata este principio es de internalizar los costos para el saneamiento de los efectos negativos ocasionados por la contaminación ambiental.

1.2.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Cuando se busca evaluar el impacto de una política pública normalmente se recurre exclusivamente a métodos cuantitativos, sean estos de tipo experimental o cuasi – experimental. La finalidad de evaluar una política pública es valorar la utilidad, así como los beneficios, que puede ocasionar la intervención pública sobre la población.

¹ Arthur Cecil Pigou, 1877-1959, considerado como el fundador de la Economía del Bienestar y principal precursor del movimiento ecologista al establecer la distinción entre costes marginales privados y sociales, además de abogar por la intervención del Estado mediante subsidios e impuestos para corregir los fallos del mercado e internalizar las externalidades.

Entre los diseños cuasi – experimentales, para la evaluación de impacto, está el método de Doble Diferencias (DD), o denominado también “*diferencias en diferencias*”, considerado como uno de los métodos más exactos y seguros.

Dentro de las razones para escoger el uso del método de Diferencias en Diferencias es porque va acorde al tipo de información proporcionada por la Agencia Metropolitana de Transito, donde las bases de datos tienen características tanto de combinación de corte transversal como de series de tiempo de años anteriores y posteriores a la implementación del IACV.

Realizar una evaluación de Impacto permite demostrar si la intervención del gobierno mediante la implementación del IACV ha cumplido con el objetivo de disminuir la contaminación ambiental por fuentes móviles.

Con el presente estudio se pretende conocer cuál ha sido el efecto que ha tenido la implementación de una política ambiental sobre los niveles de contaminación en la ciudad de Quito.

Investigaciones realizadas a cerca de IACV en Ecuador no prueban cual ha sido su efecto a nivel ambiental; estas investigaciones hacen referencia al ámbito legal, jurídico, tributario o económico descartando el verdadero objetivo del Impuesto que es disminuir o controlar la contaminación del medio ambiente producida por el uso de vehículos motorizados.

1.1.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El presente estudio contribuirá a la investigación y análisis del IAVC, así como del parque automotriz, con el fin de determinar cómo incide el Impuesto en la emisión de gases contaminantes del parque automotor de la ciudad de Quito.

Dentro del ámbito académico, el estudio proporcionará información que ayude a desarrollar futuras investigaciones relacionadas con el tema, también puede servir de material bibliográfico complementario para docentes y estudiantes.

A nivel profesional la investigación afianzará y fortalecerá conocimientos en materia económica, tributaria, estadística y del medio ambiente.

1.3 HIPÓTESIS

Existe una reducción significativa en la emisión de Gases Contaminantes del parque automotriz de la ciudad de Quito como resultado de la implementación del IACV.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el IACV implementado en la Ley de Fomento Ambiental, de fecha 24 de noviembre del 2011, y conocer el efecto que tiene la aplicación de ésta política ambiental sobre la emisión de gases contaminantes del parque automotriz en la ciudad de Quito.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Presentar un panorama general sobre el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular.
2. Proporcionar información estadística descriptiva sobre los vehículos que se han presentado a la Revisión Técnica Vehicular en la Agencia Metropolitana de Transito de la ciudad de Quito durante el periodo de investigación 2008 - 2015.
3. Determinar un modelo econométrico que evalúe los efectos de la implementación de ésta política, de tipo ambiental, sobre la emisión de gases contaminantes del parque automotor de Quito.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se ofrece una descripción de la teoría sobre la cual se sustentan los impuestos ambientales; empezando con una exposición sobre impuestos e Impuestos Ambientales, posteriormente se explicará que son las externalidades y los impuestos pigovianos, para finalmente exponer que es el medio ambiente y cuáles son los principales gases contaminantes que emiten los tubos de escape de un vehículo automotor.

Para el análisis del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular; así como el efecto de la aplicación de esta política pública sobre los niveles de gases contaminantes que emiten los vehículos en la ciudad de Quito, es necesario partir del significado de sus términos y definir sus componentes; además es importante reconocer el carácter interdisciplinario del estudio que requiere ser visto a partir de diversas perspectivas como la fiscal, ambiental, tributaria y económica. Sin embargo, para el desarrollo de la siguiente investigación se lo abordará desde un punto de vista primordialmente económico.

2.1 IMPUESTOS

Un impuesto es aquel tributo o carga que las personas naturales o jurídicas que viven en una determinada zona o país deben pagar al Estado que los representa, tiene como finalidad la de contribuir al ingreso público respetando la capacidad del sujeto pasivo, y no necesariamente conlleva a ningún tipo de contraprestación directa (García Frías, 1994).

Según García Frías (1994), los impuestos según los fines para los que se usen, pueden ser:

1. **Fines fiscales:** las recaudaciones realizadas se usan para costear los diversos servicios públicos, como es el impuesto a la renta.

2. **Fines extra fiscales:** satisfacen de manera directa un interés público específico. Ejemplo: el impuesto al consumo de cigarrillos y bebidas alcohólicas.
3. **Fines mixtos:** combinan el financiamiento de servicios públicos con intereses públicos.

Al hablar de impuestos, se vuelve difícil idear un tributo puramente recaudatorio; no obstante, los impuestos ambientales han sido creados con fines extra fiscales, de manera que el pago de éstos, actúan como un incentivo o un desincentivo para los contribuyentes; siendo la recaudación del impuesto un fin complementario en relación con la finalidad justificadora de su implantación.

2.2 IMPUESTOS AMBIENTALES

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), define a los impuestos ambientales como: *“un impuesto cuya base imponible es una unidad física (o un equivalente de la misma) de algún material que tiene un impacto negativo, comprobado y específico sobre el medio ambiente”* (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2008).

Merece atención el concepto dado por Ferré Olive (2010), quién define a los impuestos ambientales de la siguiente forma:

Los tributos ambientales son aquellos impuestos, tasas y contribuciones especiales cuya estructura establece un incentivo a la protección ambiental, o bien compensa los daños ocasionados al medio ambiente por los sujetos que soportan la carga tributaria.

La diferencia entre el impuesto y la tasa ecológica es que el impuesto no tiende a la cobertura de los costos de un servicio público relativo a bienes ambientales, sino a reducir o impedir emisiones que dañen al ambiente; el impuesto no se confronta con el precio sino con la prohibición reglamentaria. La figura tributaria adecuada es el impuesto; la tasa se puede utilizar para autorizaciones, permisos, control de emisiones, servicios individualizados. (Ferré Olive, 2010)

Los Impuestos Ambientales son instrumentos de política fiscal que un Estado utiliza para recaudar valores de sus contribuyentes, sean éstos personas naturales o

jurídicas que por sus actividades económicas causan efectos negativos al medio ambiente; son gravámenes de carácter obligatorio, por los que no existe contraprestación alguna por parte del Estado y cuya finalidad es promover una cultura ambientalista que ayude a mitigar el daño al medio ambiente.

Esta definición ubica al Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV) como un cargo impuesto por ley a la emisión de gases perjudiciales para el medio ambiente provocados por el uso de vehículos. Independiente del destino que se dé a los recaudos o de los motivos que se tengan para la aplicación de éste impuesto.

2.2.1 CLASIFICACIÓN

Existen varias clasificaciones para los Impuestos Ambientales: de acuerdo a sus fines, al objeto del impuesto o según su base imponible.

Para Acquatella (2005), los Impuestos Ambientales de acuerdo a sus fines se clasifican en:

1. La utilización de impuestos ambientales como instrumentos para internalizar el costo social de actividades económicas que conllevan impactos ambientales, creando así una estructura de incentivos cuyo propósito sea reducir la degradación ambiental a través del sistema de precios.
2. La implementación de impuestos ambientales, tasas y cargos por el uso de recursos naturales y el medio ambiente, con fines recaudatorios en general.
3. El diseño de un régimen impositivo aplicable a la explotación de recursos naturales para inducir una utilización acorde con los objetivos nacionales de desarrollo sostenible y la gestión ambiental. (Acquatella, 2005)

Según Ferré Olive (2010), los impuestos ambientales de acuerdo a cuál es el objeto del impuesto se clasifican en:

1. **Impuestos especiales sobre productos.** - Como su nombre lo indica, los impuestos especiales sobre productos se aplican a la producción de ciertos bienes y servicios contaminantes, que por lo general causan perjuicio social o su consumo no es deseado, sea en la etapa industrial, del consumo o de residuo. Suelen ser aplicados a productos seleccionados como pesticidas,

aceites lubricantes, azufre en los combustibles, fertilizantes, baterías, envases no retornables.

- 2. Impuestos generales sobre consumos e insumos.** - Se trata de un impuesto sobre la contaminación añadida para incrementar el costo del producto y desalentar la demanda de consumo de los bienes y servicios que no sean aceptables en términos ambientales. La función de un impuesto de este tipo es reducir la contaminación a nivel global sobre la capa de ozono.
- 3. Impuestos sobre las emisiones.** - En los impuestos sobre las emisiones el hecho imponible lo configura la emisión de sustancias o gases contaminantes. Las desventajas que surgen de la aplicación de este tipo de impuesto es: que estos sistemas no guardan relación con los sistemas tributarios vigentes, y, que son difíciles de controlar, ya que deben ser monitoreados. Se basan en la cantidad y/o calidad de las descargas contaminantes al ambiente. Los mismos se fijan en función del volumen de emisión y del grado de daño ecológico. Son denominados “impuestos de Pigou”.
- 4. Impuestos diferenciales, subsidios e incentivos:**
 - **Impuestos diferenciales.** - Los impuestos diferenciales se emplean como incentivos, mayormente en el área de transporte, elevando los impuestos a los vehículos contaminantes, con ello lo que se pretende es incentivar la compra de automóviles limpios. Esto se utiliza en muchos países para diferenciar los precios de las gasolinas con mayor contenido de plomo.
 - **Subsidios.** - La diferencia entre un impuesto y un subsidio es que con el impuesto que se aplica a la empresa, la misma tiene un incremento de costos y una reducción de su producción. Pero con el subsidio puede ser un ingreso adicional sin efecto en la contaminación o quizás que provoque su aumento. Por ello, los subsidios se deben otorgar con la condición de que se reduzca la contaminación. Un subsidio puede consistir en una reducción tributaria- que puede ser una deducción especial en el impuesto a la renta sobre la parte del costo de equipos depuradores a cambio de evitar la contaminación.

- **Incentivos.** - Los estímulos tributarios son incentivos económicos que tienen naturaleza tributaria. Con estos incentivos se puede financiar de manera indirecta la reconversión tecnológica empresarial para el cuidado del medio ambiente. Los incentivos pueden ser préstamos con plazos especiales para los tomadores o tasas de interés reducidas con relación a los valores de mercado, desgravaciones impositivas o incentivos y premios por la eliminación de residuos o desechos.
- 5. **Certificados Verdes.** - Los certificados verdes son títulos negociables que justifican el empleo de energías limpias, como la producción de energía eléctrica partiendo de una fuente renovable. Esto produce dos efectos: el primero es proteger el medio y se evita el agotamiento de los recursos no renovables; el segundo las fuentes de energía renovable colaboran en la mitigación del cambio climático, ya que no liberan gases de efecto invernadero a la atmósfera.
- 6. **Permisos de Emisión-Licencias negociables.** - Establecido en el año de 1997, por el protocolo de Kyoto, donde 162 países intervinientes convinieron en reducir las emisiones de dióxido de carbono y otros gases que producen el efecto de invernadero.

El dictado de este Protocolo implica que los países deberán evaluar qué costo de aplicación tendrá y qué política se deberá aplicar para su cumplimento. A pesar de que no existe un acuerdo internacional específico donde se indique a las autoridades sobre las opciones de política que deben seguir para alcanzar las metas y plazos establecidos. Las autoridades deberán elegir entre dos instrumentos económicos: Los impuestos ecológicos o ecotasas o las Licencias negociables como complemento de instrumentos de política más tradicionales, así como la intervención directa y la reglamentación (denominadas "*medidas de comando y control*").

- 7. **Depósitos reembolsables.** - El consumidor paga un depósito al efectuar la compra. Al momento de devolver o realizar la devolución como puede ser al retornar el envase vacío a un centro de recuperación o desechos, percibe un

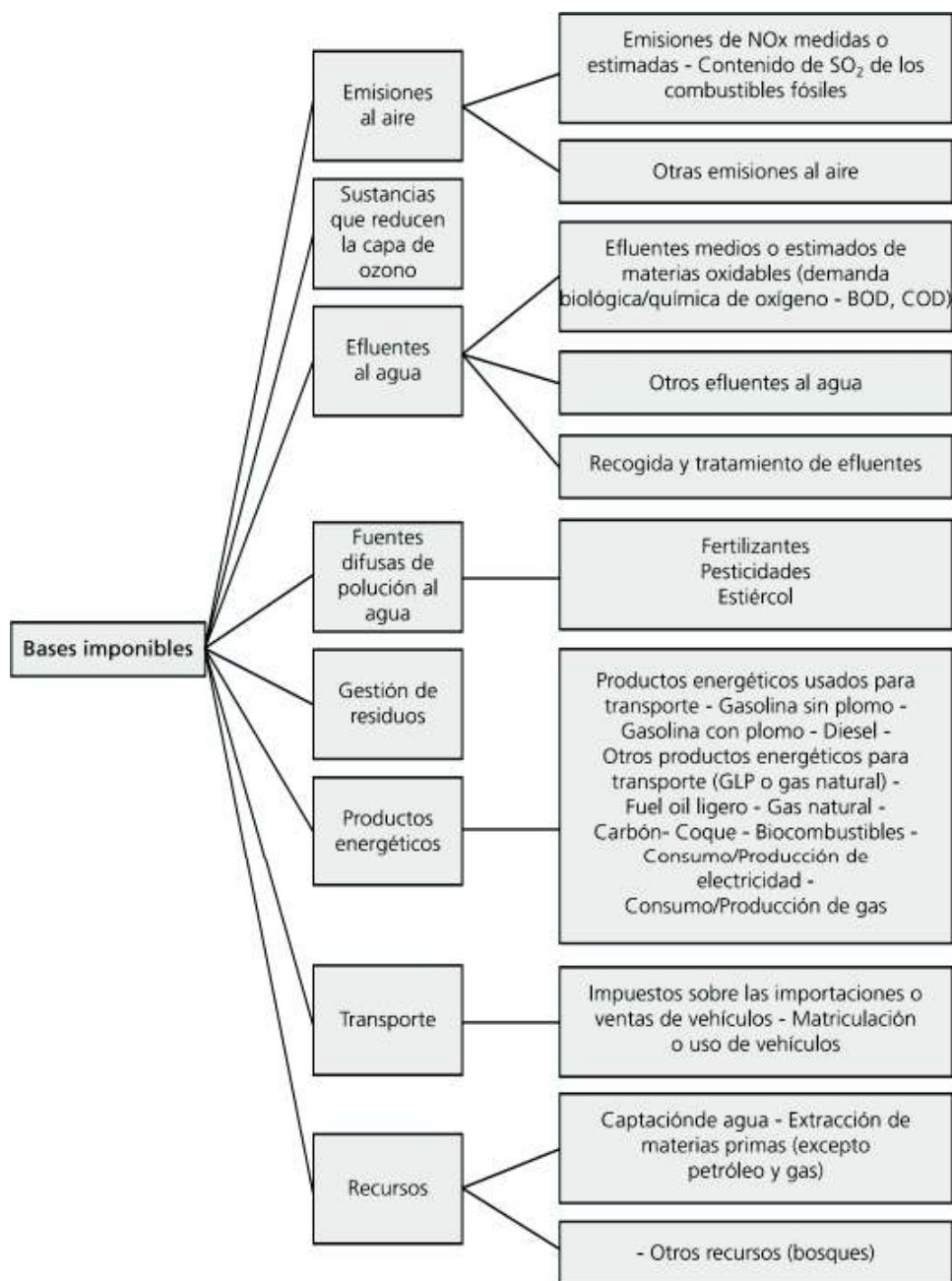
reembolso del depósito, siendo el mismo la subvención. Esta restitución se dirige a la reducción del daño ambiental que, de otra forma, se produciría en los desperdicios o vertidos ilegales. (Ferré Olive, 2010, págs. 11-14)

Según su base imponible, los países miembros de la Unión Europea reconocen cuatro subgrupos de impuestos ambientales

1. **Los impuestos a la energía**, incluye gravámenes a los bienes energéticos usados para el transporte como diésel, gasolina y para usos estacionarios como gas natural y electricidad.
2. **Los impuestos al transporte**, recaen sobre la contaminación originada por la propiedad o el uso de vehículos motorizados.
3. **Los impuestos a la contaminación**, recaen sobre las emisiones al aire y al agua, así como también al manejo de residuos y al ruido.
4. **Los impuestos a los recursos**, que se refieren a los cobros impositivos por la extracción, explotación y uso de los recursos naturales. (European Commission - Eurostat, 2010)

De acuerdo con Oliva, Rivadeneira, Serrano, Martín, y Cadena (2011), las bases imponibles de los impuestos ambientales se presentan de acuerdo a la siguiente estructura:

Gráfico 2 Bases imponibles de los Impuestos Ambientales



Fuente y Elaboración: Centro de Estudios Fiscales - Servicio de Rentas Internas

De acuerdo con la estructura presentada en el gráfico 2, el uso de vehículos es considerado como una base imponible de un impuesto ambiental aplicado al transporte.

2.3 MARCO LEGAL DEL IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR

En nuestro país existen pocos antecedentes de impuestos enfocados a la conservación del medio ambiente, a pesar de que la anterior Constitución Política también referenciaba el derecho que tienen las personas de vivir en un ambiente sano².

Ecuador con su última Constitución Política, aprobada en el año 2008, reconoce a la naturaleza como sujeto de derecho, al establecer una serie de artículos relacionados con la conservación ambiental. Así en el numeral 27 del artículo 66 de la Carta Magna “(...) *se reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza*” y específicamente en el segundo inciso del artículo 14 “*Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados*”.

Como parte de los deberes y responsabilidades de los ciudadanos ecuatorianos, la Carta Magna manifiesta en el numeral 6 del artículo 83 “*Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.*” Y finalmente el artículo 414 establece “*El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo*”.

Los artículos señalados nos llevan a entender la intensión del Estado ecuatoriano por proteger al medio ambiente y reducir el impacto de la contaminación en los ecosistemas y en la población. Con este principio la Asamblea Nacional aprobó una ley con carácter ambiental denominada “*Ley de Fomento Ambiental y Optimización*”

² Art. 86 de Constitución Política del Ecuador (1998)

de los Ingresos del Estado”, ley que resulta innovadora en temas ambientales no solo a nivel de Ecuador, sino también a nivel de Latinoamérica.

2.3.1 LEY DE FOMENTO AMBIENTAL Y OPTIMIZACIÓN DE LOS INGRESOS DEL ESTADO

Calificada con carácter de urgente en materia económica, y en concordancia con la Constitución de la República del Ecuador por la facultad que le otorga el artículo 135³, el Presidente de la República remitió a la Asamblea Nacional un proyecto de Ley; para reformar la Ley de Régimen Tributario Interno, Ley de Minería y Ley de Hidrocarburos; denominada “*Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado*” (LFAOIE), misma que fue aprobada el 20 de julio de 2011 y publicada en el Registro Oficial el 24 de noviembre del 2011.

Este cuerpo legal, junto con otros cambios en la Ley de Régimen Tributario Interno, contempla la creación de dos impuestos de carácter ambiental:

1. El Impuesto a la Contaminación Vehicular
2. El Impuesto Redimible a las Botellas Plásticas

La Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado mediante la aplicación de tributos tiene como finalidad que se pueda alcanzar una conducta ecológica, social y económicamente responsable en los ecuatorianos, que contribuya a disminuir la problemática ambiental que afronta el país.

Dentro de los motivos que se exponen para realizar esta reforma tributaria están:

1. Incentivar a los ciudadanos al reciclaje de sus desperdicios
2. Desincentivar prácticas contaminantes ocasionadas por los procesos de producción y consumo de bienes.

³ Art. 135.- Sólo la Presidenta o Presidente de la República podrá presentar proyectos de ley que creen, modifiquen o supriman impuestos, aumenten el gasto público o modifiquen la división político administrativa del país. Constitución Política del Ecuador (2008)

2.4 EXTERNALIDADES

Los efectos ambientales ocasionados por el uso de un vehículo automotor habitualmente no son cuantificados, mucho menos asumidos por los usuarios de los vehículos. Los casos en los que los actos de una persona imponen costos a otras, por los que está última no paga, se los denomina externalidades.

Según Mankiw (2008), *“existe una externalidad cuando una persona realiza una actividad que influye en el bienestar de otra y, sin embargo, ni una paga ni la otra recibe ningún tipo de compensación por ese efecto”*. Una externalidad es entendida como un costo que se traslada desde un actor económico a otro u otros de manera no intencional. Las externalidades surgen cuando tomamos decisiones de consumo o de producción, en las que no se consideran el tipo de consecuencias que éstas puedan tener sobre terceras personas (Quadri de la Torre, 2006).

Para Mankiw (2008), existen dos tipos de externalidades:

1. **Si la influencia es perjudicial es una externalidad negativa;** Los gases que emiten los automóviles son un ejemplo de este tipo de externalidades.
2. **Si la influencia es beneficiosa es una externalidad positiva;** La investigación sobre nuevas tecnologías genera una externalidad positiva porque crea conocimientos que pueden ser utilizados por toda la sociedad.

Lo que ocurre en una economía de mercado es que siempre se busca la eficiencia de una decisión o de una actividad, es decir, maximizar los beneficios netos (beneficios menos costos). Partiendo de que tanto productores como consumidores son actores racionales que buscan maximizar su utilidad en las decisiones que adoptan, para lo cual dependen de la información que reciben del sistema de precios; sin embargo, el sistema de precios normalmente no capta información ambiental, sobre la calidad del aire y del agua o sobre los ecosistemas y la biodiversidad, ni tampoco sobre muchos otros bienes y servicios ambientales, esto se debe a que los bienes y servicios ambientales, por lo regular, no tienen propietario ni se intercambian en mercados formales, por ello carecen de precio. Al no tomarlos en cuenta en nuestras decisiones, decimos que provocamos una

externalidad, o que externalizamos un costo, el cual es asumido, sufrido o pagado por otros, incluyendo a las generaciones futuras (Quadri de la Torre, 2006).

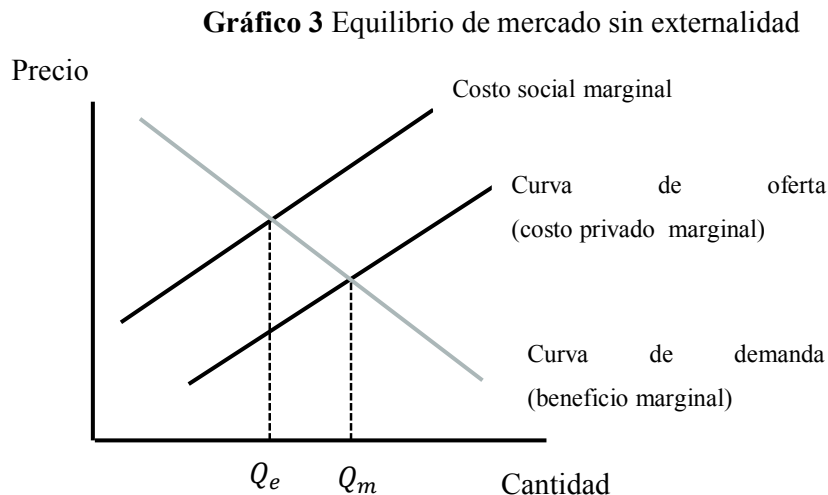
Entonces el punto clave aquí, es hablar de los costos sociales, (lo que le cuesta a la sociedad), es decir, todos los costos involucrados en una decisión o actividad, incluyendo las externalidades y no solo los costos privados que habitualmente se reconocen y se toman en cuenta (Quadri de la Torre, 2006).

Ante la presencia de externalidades, el interés de la sociedad va más allá del bienestar de los compradores y vendedores de un mercado, también incluye el bienestar de los que resultan afectados indirectamente. Cuando existen externalidades, el equilibrio del mercado no es eficiente, porque no maximiza el beneficio de la sociedad en su conjunto (Mankiw, 2008).

Por el tipo de tema investigado, en el presente trabajo nos enfocaremos en la externalidad negativa causada por el uso de automóviles.

El gráfico 3 muestra las curvas convencionales de oferta y demanda donde el equilibrio eficiente de mercado resultante, al no existir externalidad sería Q_m . La curva de demanda refleja los beneficios marginales que reporta al individuo la producción de una unidad adicional de la mercancía y, la de la oferta, los costos marginales de la producción de esa unidad. En la intersección de las dos curvas, el beneficio marginal es exactamente igual a los costos marginales. Más si se tienen en cuenta las externalidades la curva de oferta de la industria puede no reflejar los costos sociales marginales, es decir que reflejaría solo los costos privados, los que recaen directamente sobre las empresas. Pero si el aumento de la producción de un bien eleva el nivel de contaminación, ese aumento tiene un costo real privado que las empresas y las personas no tienen en cuenta como es el coste de la contaminación; por consiguiente, el gráfico 3 también muestra la curva de costo social marginal, que indica los costos adicionales totales (privados y sociales) de producir una unidad adicional. Esta curva de costo se encuentra por encima de la curva de oferta. La eficiencia de mercado exige que el costo social marginal sea igual al beneficio marginal de la producción; entonces el nivel de producción debe hallarse en Q_e que es la intersección de la curva de costos sociales marginales y la

de demanda. Donde el nivel eficiente de producción es inferior al nivel de equilibrio de mercado (Stiglitz, 2003).



Tomado de: Stiglitz, J. E. (2003)

Elaboración: La autora

La presencia de una externalidad negativa significa que los costos sociales marginales son superiores a los costos privados, por lo que el equilibrio de mercado conlleva una producción excesiva del bien; Q_m es el equilibrio de mercado y Q_e el nivel eficiente de producción (Stiglitz, 2003).

El problema del mercado no es que genere contaminación, de hecho, existe un nivel de contaminación socialmente eficiente, el cual es aceptado por la sociedad. El problema es que las personas y las empresas no toman en cuenta los costos sociales de las externalidades que producen, por lo que es probable que exista un nivel excesivo de contaminación. La tarea del Estado es ayudar al sector privado a lograr un nivel socialmente eficiente, induciendo a las personas y a las empresas a actuar de tal forma que tengan en cuenta las repercusiones de sus actos en los demás (Stiglitz, 2003).

2.4.1 TEORÍA PIGOUVIANA

De acuerdo con lo expuesto, el sistema de precios no recogería los costos reales de los productos y servicios, lo que lleva a la sociedad a tener un tipo de conducta

agresiva hacia el medio ambiente, que junto a la falta de una costumbre pro ambientalista, tarde o temprano, terminarán por deteriorar la calidad de vida de la población. Como consecuencia de ese razonamiento Arthur Cecil Pigou, fue el primero en proponer corregir las distorsiones generadas en los sistemas de precios por la presencia de externalidades negativas con el cobro de impuestos cuyo monto compensaría los daños causados (Mendezcarlo, et al., 2010).

Dado que en presencia de externalidades existe una discrepancia entre costos sociales y costos privados, se trata de que el Estado intervenga imponiendo impuestos u otorgando subsidios de tal modo que se pueda eliminar la diferencia existente en los costos. En un contexto de funcionamiento de mercados competitivos, la aplicación de impuestos a aquellos que generen externalidades negativas, origina que los precios de mercado vuelvan a ser capaces de conducir a la economía a un óptimo de Pareto (Barrantes, 1993).

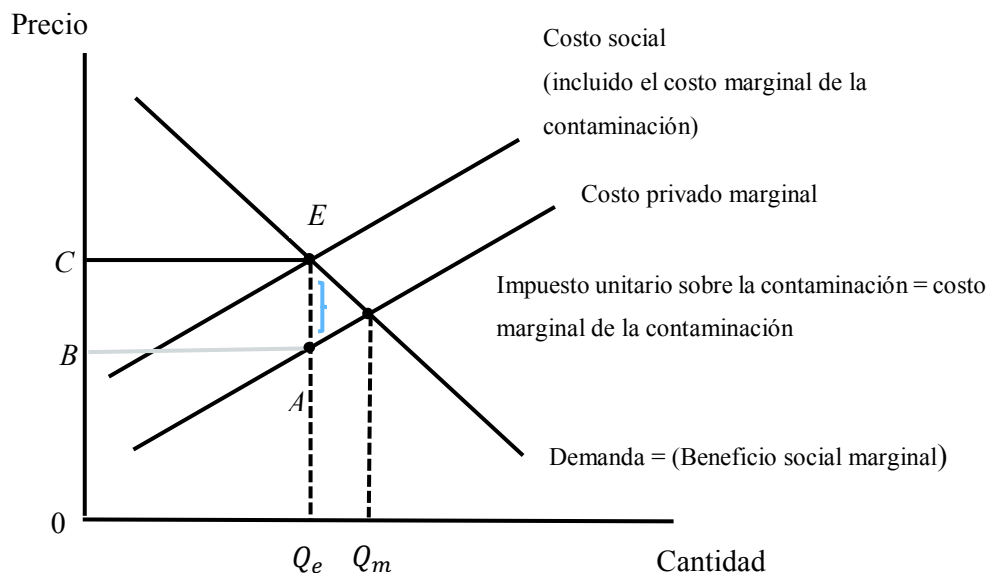
A este mecanismo de corregir la falla de mercado mediante la implementación de un impuesto se le denomina Impuesto Pigoviano y es el origen de los denominados impuestos ambientales cuya finalidad es, internalizar el costo social ocasionado por el desarrollo de actividades económicas que provocan externalidades en el medio ambiente, a través del uso del mismo sistema de precios. Los impuestos de inspiración pigoviana, pretenden servir de contrapeso para incrementar el costo marginal privado de los sujetos contaminantes de tal forma que los agentes económicos se responsabilicen por el costo externo que trasladan a la sociedad (Mendezcarlo, et al., 2010).

La internalización de una externalidad significa que existe una alteración de incentivos, con el propósito de que las personas tengan en cuenta los efectos externos de sus actos y reducir así su incentivo a contaminar, a la vez que se fomenta la conservación y preservación de los recursos naturales en los agentes económicos.

En el gráfico 4, suponiendo que la cantidad de contaminación es proporcional al nivel de producción y el coste marginal de cada unidad es fijo (por lo tanto, imponiendo un impuesto fijo por unidad de producción igual al costo social marginal de la contaminación) se induciría a los agentes económicos a producir la cantidad

socialmente eficiente. La distancia EA del gráfico representa el impuesto sobre la contaminación por unidad producida, y el área $EABC$ la cuantía total de los impuestos pagados por contaminar (Stiglitz, 2003).

Gráfico 4 Equilibrio de mercado con externalidad



Tomado de: Stiglitz, J. E. (2003)

Elaboración: La autora

El gráfico 4 consta el equilibrio de mercado con y sin impuesto. Establecido un impuesto igual al costo marginal de la contaminación se alcanza la eficiencia. El impuesto no genera una pérdida en la eficiencia de los mercados dado que internaliza los costos de la externalidad en lugar de modificarlos (Stiglitz, 2003).

Al implementarse un impuesto bien calculado muestra al individuo o a la empresa los verdaderos costos y beneficios sociales de sus actos. El impuesto está destinado a igualar los costos privados marginales y los costos sociales marginales de igual forma los beneficios privados marginales y los beneficios sociales marginales (Stiglitz, 2003).

Como se da en todo impuesto, la recaudación se obtiene de multiplicar un tipo impositivo, idealmente relacionado con el daño ambientalista ocasionado por la unidad de descarga gravada, por una base imponible. La tasa de impuesto debe estar relacionada directamente con el costo marginal del daño causado. Los sujetos pasivos del impuesto son los agentes contaminadores, es decir, los contribuyentes

propietarios de las fuentes que emiten sustancias que degradan el medio que se pretende mejorar (Mendezcarlo et al., 2010).

2.5 EL MEDIO AMBIENTE

De acuerdo al glosario de términos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2008), al medio ambiente se lo define como el conjunto de condiciones externas que afectan a la vida, el desarrollo y la supervivencia de un organismo.

Según Gómez Orea (2003), el medio ambiente es el medio o entorno vital; es decir el conjunto de factores constituido por elementos físicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan entre sí con el individuo y con la comunidad en la que se vive, determinando su forma, el carácter, el comportamiento y la supervivencia.

Entonces, el medio ambiente es un sistema integrado por todos los recursos naturales, así como por los seres vivos que en él habitan, por el cual un Estado debe legislar y fiscalizar su utilización racional, con la finalidad de preservarlo y protegerlo, para de esta forma mejorar la calidad de vida de sus habitantes y garantizar un desarrollo sostenible que alcance a las futuras generaciones.

2.5.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Se entiende por contaminación ambiental a cualquier sustancia que aparece en el ambiente como consecuencia de la actividad humana con un probado efecto nocivo en el entorno. El grado de toxicidad de un contaminante depende de su concentración, es decir de su forma química así como de su persistencia en el ambiente (Ciceron, 2007).

Entre los mayores problemas ambientales que actualmente se perciben a nivel mundial, producto de la contaminación ambiental están:

1. La disminución de la capa de ozono.
2. El cambio climático.

3. La acumulación de residuos.
4. La extinción de especies vivas.
5. Las actividades productivas en la industria, la generación de energía y las actividades agrícolas (Ferré Olive, 2010).

2.5.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Se puede decir que la problemática de la contaminación del aire ocurre desde la prehistoria, desde que el hombre descubrió el fuego. Sin embargo, Los problemas modernos de la contaminación del aire inician en el siglo XVIII con el nacimiento de la revolución industrial en Inglaterra. Las actividades agrícolas fueron disminuyendo y las poblaciones se desplazaron del campo a la ciudad. Para su producción las fábricas obtenían energía mediante la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo.

En el siglo XX el problema de la contaminación del aire ya no solo fue el humo y la ceniza que producían las plantas estacionarias de generación de energía, la calidad del aire fue empeorando con el uso creciente de automóviles, de tal manera que ciudades como Londres, Los Ángeles y la ciudad de México han presentado importantes episodios de salud pública asociados con la contaminación del aire (Limón Rodríguez, Martínez Tutanzas, Alfaro Barbosa, & Tijerina Medina, 2014).

Al hablar de la calidad del aire se habla también de la atmósfera y de la gran importancia que tiene en los ciclos biogeoquímicos, puesto que controla el clima y el ambiente en el que nos desarrollamos los seres vivos.

Merece especial atención la definición de contaminación atmosférica dada por Limón Rodríguez, et al. (2014), la cual manifiesta *“Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de sustancias o formas de energía que alteran tanto la salud como el bienestar de los seres humanos y que, además, implican un efecto perjudicial en los servicios ambientales de los ecosistemas”*.

2.5.2.1 Clasificación de los contaminantes del aire

La contaminación del aire puede ser de origen natural o antropogénica; las fuentes de origen natural incluyen erupciones volcánicas, incendios forestales, plantas en descomposición, acciones biológicas, etc.; mientras que las emisiones de gases contaminantes de origen antropogénico son aquellas donde la mano del hombre interviene y que representan una amenaza más significativa a largo plazo para la biosfera, ya que se generan en zonas densamente pobladas, incluyen: las actividades industriales, el transporte, la agricultura y la ganadería (Casas Castillo & Alarcón Jordán, 1999).

Para Limón Rodríguez, et al. (2014), los contaminantes se agrupan de acuerdo al criterio de: si su emisión se ha dispersado directamente en la atmósfera por la fuente emisora, como los automóviles, las chimeneas de la industria, o si se han formado en la atmósfera. Es decir, se distinguen en contaminantes primarios y contaminantes secundarios.

a) Contaminantes primarios: son aquellas sustancias contaminantes vertidas directamente a la atmósfera; entre los más frecuentes se encuentran:

- Óxidos de azufre.
- Óxidos de carbono.
- Óxidos de nitrógeno.
- Aerosoles, se incluyen las partículas suspendidas y los humos.
- Compuestos orgánicos volátiles.

Existen también otras sustancias que se presentan raramente, pero que pueden producir efectos negativos sobre determinadas zonas por ser muy localizada su emisión a la atmósfera como, por ejemplo:

- Partículas de metales pesados, como plomo, mercurio, cobre y cadmio.

- Compuestos clorofluorcarbonados⁴, que participan en la degradación de la capa de ozono.
- Partículas de sustancias minerales, como el amianto y los asbestos.
- Sustancias radiactivas.

Las fuentes de contaminantes primarias se clasifican en:

- Fuentes fijas o puntuales, como chimeneas de industrias y descargas domésticas.
- Fuentes móviles, por ejemplo, los medios de transporte.

La principal alteración de la atmósfera que propician los contaminantes primarios es la intensificación del efecto invernadero.

b) Contaminantes atmosféricos secundarios: no se descargan directamente a la atmósfera desde las fuentes de emisión, sino que se producen como resultado de reacciones químicas y fotoquímicas⁵ entre los contaminantes primarios.

Las principales alteraciones de la atmósfera producidas por los contaminantes secundarios son:

- El smog fotoquímico.
- La lluvia ácida.
- La disminución del espesor de la capa de ozono en la estratosfera (Limón Rodríguez, et al., 2014, págs. 92-95).

⁴ Los clorofluorcarbonos. son derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante sustitución de hidrógeno por flúor y/o cloro principalmente.

⁵ Son las interacciones entre átomos, moléculas pequeñas y la luz.

2.5.2.2 Efectos de la Contaminación del aire

Los contaminantes primarios emitidos y los contaminantes secundarios formados en la atmosfera tienen diferentes tiempos de permanencia. De acuerdo al tiempo de permanencia que tenga un contaminante en el ambiente y a la distancia en el que ha sido transportado, dependerá su impacto. Las sustancias con tiempos de permanencia de días o semanas dan lugar a problemas locales y regionales, aquellas sustancias que permanecen en el ambiente por meses generan problemas continentales y hemisféricos, aquellas que prevalecen por años propician problemas globales, tal es el caso de los gases de efecto invernadero que pueden permanecer en la atmosfera hasta 50.000 años.

Los efectos más visibles a escala local, causados por la contaminación atmosférica se reflejan en la salud humana, daños en los cultivos y otras formas de vegetación. Los efectos de alcance global se reflejan en el cambio climático, deterioro del ecosistema y disminución de la diversidad (Limón et al., 2014).

2.6 TOXICIDAD DE LOS GASES DE ESCAPE DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES

La energía que se requiere para poner en marcha un vehículo puede ser obtenida utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. Sin embargo, la energía térmica obtenida de la quema de combustibles fósiles es la más utilizada en todo el mundo, correspondiéndole más de un 80% de la totalidad de la energía producida en el mundo (Aficionados a la Mecánica, 2014).

Según el tipo de combustible usado por un vehículo tenemos dos tipos de motores:

- 1. Motores de encendido provocado MEP.** - También reciben el nombre de motores de encendido por chispa o motores de ciclo Otto, usan combustible gasolina súper y extra.
- 2. Motores de encendido por compresión MEC.** - Usualmente reciben también el nombre de motores diésel o motores de ciclo diésel, que usa combustible diésel.

Los gases más comunes emitidos por el escape de un vehículo automotriz, de acuerdo a Rovira y Muñoz (2015), son:

2.6.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO):

Es un gas incoloro e inodoro, altamente toxico. Inherente a cualquier proceso de combustión, aparece debido a la cinética química propia del proceso. Es tóxico para la salud humana, ya que inhibe la absorción de oxígeno por los glóbulos rojos, produciendo asfixia. Concentraciones superiores al 0,3 % en volumen resultan mortales para el ser humano. Una vez en la atmósfera y con el paso del tiempo se transforma en CO_2 ; es muy peligroso a nivel local y en recintos cerrados mientras dicha transformación no ha ocurrido. En un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indica la presencia de una mezcla inicial rica o faltante de oxígeno.

2.6.2 ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x)

Se conoce como óxidos de nitrógeno al grupo de compuestos químicos gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno, De acuerdo con la valencia atómica que utilice el nitrógeno recibe un nombre y una formulación química diferente, siendo los más importantes el óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2). En los motores se produce fundamentalmente NO, aunque tiende a reaccionar para transformarse en NO_2 . El NO es un gas incoloro e inodoro, con efectos sobre la salud humana muy parecidos a los del CO pero es muy improbable de respirar debido a que se emite en concentraciones muy pequeñas y se transforma rápidamente en NO_2 . El NO_2 , por su parte, es un gas irritante para salud humana y precursor de la formación de ozono (O_3).

Los Óxidos de Nitrógeno no sólo irritan la mucosa, sino que en combinación con los Hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación. (AS S.L.U., 2014)

2.6.3 HIDROCARBUROS:

Las emisiones de hidrocarburos, en un sentido amplio, son la emisión de hidrocarburos en estado sólido, líquido o gaseoso como consecuencia de falta de combustión o de una combustión.

Los hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El Benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de Aldehídos y Fenoles. La presencia simultánea de Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno, rayos ultravioletas y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímico, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos. (AS S.L.U., 2014)

2.6.4 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COV):

Los compuestos orgánicos volátiles son los hidrocarburos líquidos volátiles y los gaseosos. Aunque están presentes en los gases de escape, la contribución de las emisiones de los motores de combustión interna es muy baja en comparación con las de otros sectores industriales (pintura, barnices o productos de limpieza). Sin embargo, sí son de especial consideración en la recarga de combustible en los motores de encendido provocado, debido a su alta volatilidad. Son gases incoloros, pero no inodoros, por lo que son fácilmente detectables. Su efecto sobre la salud humana es muy diverso, existiendo especies no dañinas (como el metano, el propano o las parafinas ramificadas) y otras muy perniciosas como el formaldehído, los peróxidos o los hidrocarburos de base bencénica, que son todos ellos cancerígenos. Además, excepto el metano, son precursores de la formación ozono troposférico.

2.6.5 MATERIAL PARTICULADO:

Material particulado, es un término genérico para designar la mezcla de partículas sólidas o líquidas suspendidas en el gas de escape o en la atmósfera. Están compuestas principalmente por carbón o hidrocarburos deshidrogenados, aunque también pueden ser productos orgánicos pesados, sulfatos, metales y otros compuestos inorgánicos. El efecto que tienen a nivel local es el ensuciamiento del medio ambiente. Con respecto a la salud humana, su efecto depende de su tamaño y su composición. Las partículas más dañinas son las de menor tamaño, ya que no son filtradas en la respiración y pueden llegar a penetrar en los alvéolos pulmonares. Las partículas con elementos metálicos como el vanadio o el plomo pueden ser muy perjudiciales para la salud.

2.6.6 OZONO (O₃):

El ozono es un contaminante secundario, formado por la conjunción de la presencia de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y radiación solar. Es un gas altamente oxidante, corrosivo e irritante para la salud humana. Además, es causante de algunas enfermedades respiratorias, por lo que a nivel troposférico debe ser controlado.

2.6.7 ÓXIDOS DE AZUFRE Y CLORURO:

Estos compuestos aparecen como consecuencia del contenido en azufre y cloro respectivamente del combustible. Los óxidos de azufre son parte responsable de la lluvia ácida, con efectos a nivel transfronterizos, mientras que los cloruros son muy perjudiciales para la salud humana y su efecto es, además acumulativo.

2.6.8 PLOMO:

Es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetra-etilo de Plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas. En las gasolinas sin Plomo se ha sustituido este metal por otros componentes

menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano. (AS S.L.U., 2014)

2.6.9 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂):

Producido por la combustión completa del carbono. El dióxido de carbono es un gas inocuo para la salud humana. No es una especie contaminante en sí misma ya que forma parte de la composición de la atmósfera y de los ciclos vitales de la naturaleza. Sin embargo, su concentración sí se ha visto alterada por la acción del hombre. La preocupación acerca de la emisión de este gas se debe a que, junto con el vapor de agua, es el mayor responsable del efecto invernadero del planeta. Por tanto, la alteración de su concentración produce modificaciones en dicho efecto, que puede dar como resultado el calentamiento del planeta, existiendo prácticamente unanimidad de opinión, en la comunidad científica, sobre tal consecuencia. También hay que tener presente que las emisiones de CO₂ son directamente proporcionales al consumo de combustible en base de carbono, por lo que es completamente inevitable su producción mientras se continúe dependiendo de estos para la obtención de energía.

Cada tipo de motor, debido a la distinta naturaleza del proceso de combustión, destaca por la emisión de gases mencionados.

Para Rovira y Muñoz (2015), los Motores de Encendido Provocado (MEP) se caracterizan por:

- Las emisiones de NO_x, que se producen debido a la alta temperatura del frente de llama y que, por cinética química, no llegan a reducirse.
- Las emisiones de hidrocarburos, sobre todo por mezcla sin quemar debido a razones físicas o combustiones incompletas.
- Las emisiones de CO, que por cinética química no se termina de oxidar para transformarse en CO₂.

Las emisiones de partículas son prácticamente bajas y la cantidad de CO₂ emitido depende del combustible que se emplee y del rendimiento del motor.

Por otro lado, los Motores de Encendido por Comprensión se caracterizan por:

- Emitir una gran cantidad de partículas, proceso ligado a la combustión por difusión.
- Óxidos de nitrógeno, por las altas temperaturas y el exceso de aire en este tipo de motores.

En comparación con los de encendido por chispa, emiten menos cantidad de hidrocarburos, el combustible se quema al entrar en la cámara de combustión (por lo que es muy difícil la existencia de productos no quemados) y de CO debido al exceso de aire.

En cuanto a las emisiones de CO₂, se puede decir que los motores diésel emiten menos kg de CO₂ que los MEP convencionales, debido a la diferencia de rendimiento, con la excepción de que se utilice gas natural en los motores de encendido provocado (o, incluso, GLP), ya que el contenido en carbono de éste es muy bajo (Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015).

CAPÍTULO III

IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR

Durante el siguiente capítulo se brinda un panorama sobre el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular, su definición y ámbito de aplicación, según lo establecido en la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado (LFAOIE), promulgada en el año 2011. Se analiza también la recaudación de este impuesto.

3.1 CONCEPTO

El Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular, es una carga impuesta a todas las personas naturales o jurídicas propietarias de un vehículo automotor que por su uso provoquen contaminación al ambiente, debiendo cumplir con una cuantía y plazo determinado por la ley.

3.1.1 OBJETIVO

La finalidad del IACV es gravar la contaminación ambiental provocada por el uso de vehículos motorizados de transporte terrestre, que se producen como resultado de la quema de combustibles fósiles que son expulsados a través del tubo de escape.

3.1.2 HECHO GENERADOR

De acuerdo al artículo 16 del Código Tributario vigente, *“Hecho generador”* es *“El presupuesto establecido por la ley para configurar cada tributo”*.

El hecho generador del IACV es la contaminación ambiental producida por los vehículos motorizados de transporte terrestre.

3.1.3 SUJETOS DE IMPUESTO

Sujeto Activo. - El sujeto activo de este impuesto es el Estado ecuatoriano; lo administrará a través del Servicio de Rentas Internas.

Sujeto Pasivo. - Son sujetos pasivos del IACV, las personas naturales, sucesiones indivisas y las sociedades, nacionales o extranjeras, que sean propietarios de vehículos motorizados de transporte terrestre.

3.2 BASE IMPONIBLE Y TARIFA

La base imponible de este impuesto corresponde al cilindraje que tiene el motor del respectivo vehículo, expresado en centímetros cúbicos (c.c.), a la que se le multiplicará las tarifas que constan en la siguiente tabla:

Tabla 1 Base imponible y tarifa del IACV

No.	Tramo cilindraje – Automóviles y motocicletas	USD/CC.
1	menor a 1.500 c.c.	0,00
2	1.501 – 2.000 c.c.	0,08
3	2.001 – 2.500 c.c.	0,09
4	2.501 - 3.000 c.c.	0,11
5	3.001 – 3.500 c.c.	0,12
6	3.501 – 4.000 c.c.	0,24
7	Más de 4.000 c.c.	0,35

Tomado de: LFAOIE

Elaboración: La autora

Para establecer el valor que un contribuyente debe cancelar como concepto del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular la base imponible presentada no es suficiente, como en el caso de otros impuestos directos, por lo que se considera una segunda variable para el cálculo de éste impuesto, que son los años del automotor denominado “*Factor de Ajuste*”.

El factor de ajuste es un porcentaje relacionado con el nivel potencial de contaminación ambiental provocado por los vehículos motorizados de transporte terrestre, en relación con los años de antigüedad o la tecnología del motor del respectivo vehículo, conforme el siguiente cuadro:

Tabla 2 Antigüedad y factor de ajuste

No.	Tramo de Antigüedad (años) – Automóviles	Factor
1	menor a 5 años	0%
2	de 5 a 10 años	5%
3	de 11 a 15 años	10%
4	de 16 a 20 años	15%
5	mayor a 20 años	20%
6	Híbridos	-20%

Tomado de: LFAOIE

Elaboración: La autora

Además, se debe tomar en cuenta para el cálculo del valor a pagar, dos disposiciones transitorias de la misma Ley respecto al Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular:

- Los vehículos de transporte terrestre de motor mayor a 2.500 centímetros cúbicos, con una antigüedad mayor a 5 años, contados desde el año de fabricación, tendrán una rebaja del 80% del valor a pagar durante 3 años contados a partir del ejercicio fiscal en el que se empiece a aplicar este impuesto, para los años cuarto y quinto la rebaja será del 50%.
- El gobierno central implementará un programa de chatarrización y renovación vehicular para lo cual generará incentivos para los dueños de vehículos de mayor antigüedad y cilindraje conforme lo determine el respectivo reglamento.

3.2.1 CUANTÍA DEL IMPUESTO

La liquidación de este impuesto la realizará el Servicio de Rentas Internas; para tal efecto, se aplicará la siguiente fórmula:

$$IACV = [(b - 1.500) t] (1+FA) \quad (3.1)$$

Donde:

b = base imponible (cilindraje en centímetros cúbicos)

t = valor de imposición específica

F A = Factor de Ajuste

En ningún caso el valor del impuesto a pagar será mayor al valor correspondiente al 40% del avalúo del respectivo vehículo, que conste en la base de datos del Servicio de Rentas Internas, en el año al que corresponda el pago del referido impuesto.

Ejemplo:

- Para un automóvil con un cilindraje de 1.600 y con una antigüedad de 5 años:

$$IACV = [(b - 1.500) t] * (1 + FA)$$

$$IACV = [(1.600 - 1.500) 0,08] * (1 + 0,05)$$

$$IACV = [(100) 0,08] * 1,05$$

$$IACV = 8,40$$

3.2.2 PAGO DEL IMPUESTO

Los sujetos pasivos de este impuesto pagarán el valor correspondiente, en las instituciones financieras a las que se les autorice recaudar este tributo, en forma previa a la matriculación de los vehículos, conjuntamente con el impuesto anual sobre la propiedad de vehículos motorizados. En el caso de vehículos nuevos, el impuesto será pagado antes de que el distribuidor lo entregue a su propietario.

Cuando un vehículo sea importado directamente por una persona natural o por una sociedad, que no tenga como actividad habitual la importación y comercialización de vehículos, el impuesto será pagado conjuntamente con los derechos arancelarios, antes de su despacho por aduana.

Intereses. - El impuesto que no sea satisfecho en las fechas previstas en el reglamento, causará a favor del sujeto activo el interés por mora previsto en el artículo 21 del Código Tributario.

Responsabilidad solidaria. - Quien adquiera un vehículo cuyo anterior propietario no hubiere cancelado el impuesto a la contaminación ambiental vehicular por uno o varios años, será responsable por el pago de las obligaciones adeudadas, sin

perjuicio de su derecho a repetir el pago del impuesto en contra del anterior propietario.

3.2.3 EXENCIONES

Están exonerados del pago de este impuesto los siguientes vehículos motorizados de transporte terrestre:

1. Los vehículos de propiedad de las entidades del sector público.
2. Los vehículos destinados al transporte público de pasajeros, que cuenten con el permiso para su operación, conforme lo determina la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial;
3. Los vehículos de transporte escolar y taxis que cuenten con el permiso de operación comercial, conforme lo determina la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial;
4. Los vehículos motorizados de transporte terrestre que estén directamente relacionados con la actividad productiva del contribuyente, conforme lo disponga el correspondiente Reglamento;
5. Las ambulancias y hospitales rodantes;
6. Los vehículos considerados como clásicos,
7. Los vehículos eléctricos; y,
8. Los vehículos destinados para el uso y traslado de personas con discapacidad.

3.2.4 ENTE REGULADOR Y ADMINISTRADOR DE IMPUESTOS

En el año de 1997, a través de la Ley número 41 se resuelve crear el Servicio de Rentas Internas (SRI), como una entidad técnica y autónoma, con personería jurídica, de derecho público, patrimonio y fondos propios, jurisdicción nacional y sede principal en la ciudad de Quito.

Dentro de las facultades, atribuciones y obligaciones del SRI están:

- Ejecutar la política tributaria aprobada por el Presidente de la República;
- Efectuar la determinación, recaudación y control de los tributos internos del Estado y de aquellos cuya administración no esté expresamente asignada por Ley a otra autoridad;
- Preparar estudios respecto de reformas a la legislación tributaria;
- Conocer y resolver las peticiones, reclamos, recursos y absolver las consultas que se propongan, Dirección Nacional Jurídica Departamento de Normativa de conformidad con la Ley;
- Emitir y anular títulos de crédito, notas de crédito y órdenes de cobro;
- Imponer sanciones de conformidad con la Ley;
- Establecer y mantener el sistema estadístico tributario nacional;
- Solicitar a los contribuyentes o a quien los represente cualquier tipo de documentación o información vinculada con la determinación de sus obligaciones tributarias o de terceros, así como para la verificación de actos de determinación tributaria, conforme con la Ley. (Ley de Creación del Servicio de Rentas Internas, 1997)

3.3 RECAUDACIÓN DEL IACV

A continuación, se muestra la recaudación efectiva del IACV, para el periodo 2012-2015; siendo el 2014, el año donde se registra la mayor cantidad recaudada (USD 115.137.984), que representa el 0,11% del PIB nominal de ese año. Con respecto al año 2012, la recaudación se incrementó en 18%, y con respecto al año 2015, hubo una disminución en la recaudación del 1,68%.

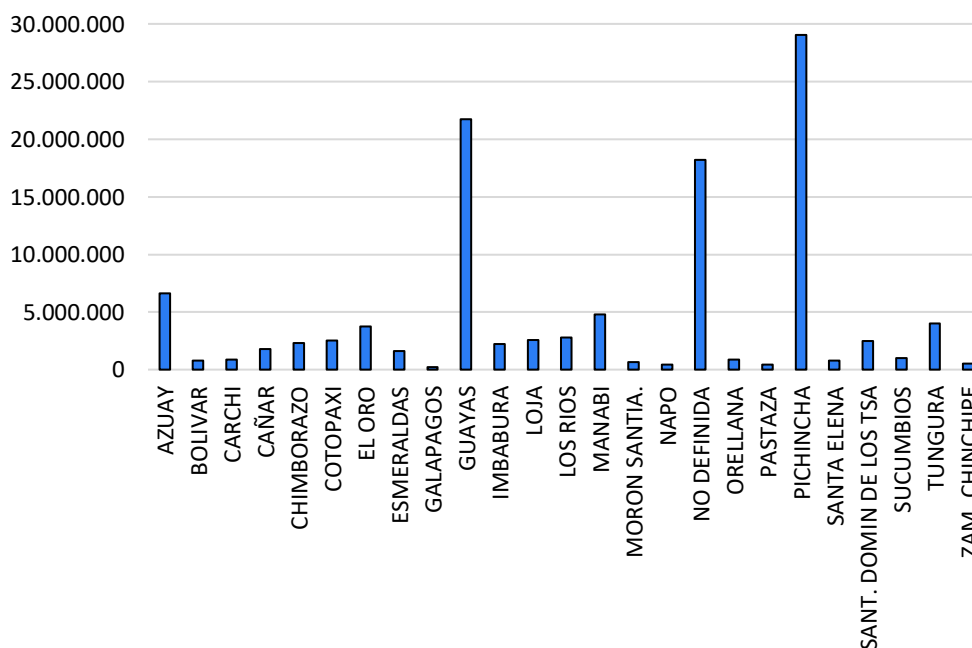
Tabla 3 Recaudación del IACV

Año	Miles USD	Porcentaje Recaudación Total	Porcentaje con respecto al PIB
2012	95.770	0,85%	0,11%
2013	114.809	0,90%	0,12%
2014	115.138	0,85%	0,11%
2015	113.198	0,81%	0,11%

Fuente: Servicio de Rentas Internas / Banco Central del Ecuador

Elaboración: La autora

Todas las cifras recaudadas por año del IACV representan menos del 1% de la recaudación total efectiva que realiza el SRI y además su peso con respecto al PIB nominal es aproximadamente del 0,12%. Aunque se aprecia el carácter no recaudatorio del impuesto, considerando el porcentaje de participación con respecto a la recaudación total, el monto es cercano a los USD 100 millones anuales.

Gráfico 5 Recaudación efectiva IACV 2015 en USD

Fuente: Servicio de Rentas Internas

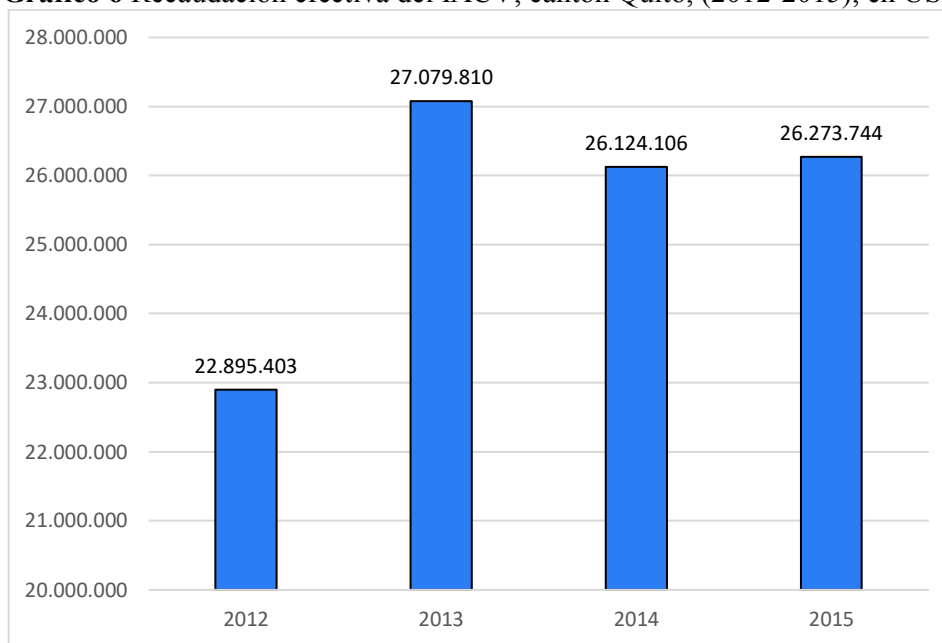
Elaboración: La autora

En el año 2015, Pichincha es la provincia con mayor recaudo del IACV (25,7%) del total recaudado, seguida por Guayas y Azuay con 19,2% y 5,8% respectivamente. El comportamiento de la recaudación efectiva por provincia no varía

significativamente en relación a los años de análisis, manteniéndose a lo largo del periodo el mismo comportamiento.

La recaudación efectiva del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular en el cantón Quito, en el periodo 2012-2015 se resume en el gráfico siguiente.

Gráfico 6 Recaudación efectiva del IACV, cantón Quito, (2012-2015), en USD



Fuente: Servicio de Rentas Internas

Elaboración: La autora

El valor máximo de la recaudación del IACV en el cantón Quito se produce en el año 2013; en el 2015 el impuesto recaudado fue de USD 26.273.744; con un crecimiento anual de 0,57% respecto al 2014, y un crecimiento de 14,76% comparado con la recaudación del año 2012.

CAPÍTULO IV

REVISION TÉCNICA VEHICULAR

El presente capítulo tiene como objetivo analizar los vehículos que se han presentado a la Revisión Técnica Vehicular (RTV) de la Agencia Metropolitana de Transito (AMT) en la ciudad de Quito durante los años 2008-2015, en cuanto a niveles de contaminación se refiere, considerando la base de datos proporcionada por dicha agencia.

4.1 CONCEPTO

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) 2349, La Revisión Técnica vehicular (RTV) es el “*conjunto de procedimientos técnicos normalizados utilizados para determinar la aptitud de circulación de vehículos motorizados terrestres y unidades de carga*”.

El objetivo de realizar una RTV, es garantizar las condiciones mínimas de seguridad de un vehículo motorizado, para lo cual se basa en los criterios de diseño y fabricación de los mismos. La RTV comprueba que un vehículo automotor mantenga un nivel de emisiones contaminantes donde no se supere los límites máximos establecidos en la normativa vigente.

La Agencia Metropolitana de Transito califica a la RTV como un conjunto de inspecciones realizadas a un vehículo destinadas a:

1. Reducir las fallas mecánicas
2. Mejorar la seguridad vial
3. Mejorar la capacidad de operación del vehículo
4. Reducir las emisiones contaminantes
5. Comprobar la idoneidad de uso

Siendo de carácter obligatorio para todos los vehículos que circulan en el Distrito Metropolitano de Quito, además de ser el paso previo para la matriculación vehicular.

4.2 ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR PARA LA CIUDAD DE QUITO

A pesar que son diversos los gases contaminantes que emanan de los tubos de escape de los vehículos automotores, para el análisis del presente estudio se tomarán en cuenta los gases descritos en este numeral, puesto que corresponden a la información proporcionada por la AMT. Los datos obtenidos son los siguientes:

- 1. Año de la Revisión:** Corresponde al año de la observación donde se realizó la medición de gases contaminantes.
- 2. Placa:** es una combinación de caracteres alfanuméricos que identifican e individualizan a un vehículo; por su naturaleza de variable identificadora, se omite su análisis.
- 3. Chasis:** es el número único asignado por el fabricante del automotor, sus primeros dos dígitos hacen referencia al país de origen del automotor; por su naturaleza de variable identificadora, no interviene en el análisis.
- 4. Dióxido de carbono (CO₂) en Ralentí:** Se refiere a la cantidad de CO₂ que emite un tubo de escape, cuando el vehículo se encuentra en la condición de marcha mínima (o ralentí) que se requiere para mantenerse funcionando sin carga y en neutro. Es medido de acuerdo a los gramos de CO₂ que se emiten en un kilómetro recorrido de distancia (g/km).
- 5. Dióxido de carbono (CO₂) en Altas:** Se refiere a la cantidad de CO₂ que emite un tubo de escape cuando el vehículo se encuentra en condición de acelerado, es decir cuando el motor acelerado en vacío alcanza los 2.500 rpm (revoluciones por minuto). Es medido de acuerdo a los gramos emitidos por kilómetro recorrido de distancia (g/km).

- 6. Hidrocarburos No Combustionados (HC) en Ralentí:** la cantidad de Hidrocarburos no quemados que emite un vehículo cuando se encuentra en la condición de marcha mínima que requiere para mantenerse en funcionamiento sin carga y en neutro. Su unidad de medida es partes por millón (ppm).
- 7. Hidrocarburos No Combustionados (HC) a 2.500 rpm:** la cantidad de Hidrocarburos no combustionados que emite un tubo de escape cuando el vehículo se encuentra en condición de acelerado; cuando el motor acelerado en vacío alcanza los 2.500 rpm. Su unidad de medida es partes por millón (ppm).
- 8. Monóxido de Carbono (CO) en Ralentí:** es la cantidad de CO que emite un tubo de escape, cuando el vehículo se encuentra en la condición de marcha mínima o ralentí que requiere para mantenerse funcionando sin carga y en neutro, es medido de acuerdo a los gramos de CO que se emiten en un kilómetro de distancia (g/km).
- 9. Monóxido de Carbono (CO) a 2.500 rpm:** la cantidad de CO que emite un tubo de escape, cuando el vehículo se encuentra en condición de acelerado, su unidad de medida es en (g/km)
- 10. Opacidad:** es el grado en que se reduce la intensidad de la luz visible ocasionado por una sustancia; el contaminante no se mide para los vehículos a gasolina, pero si se mide en vehículos a diésel o de otro tipo de combustible. Es medido en porcentaje.⁶

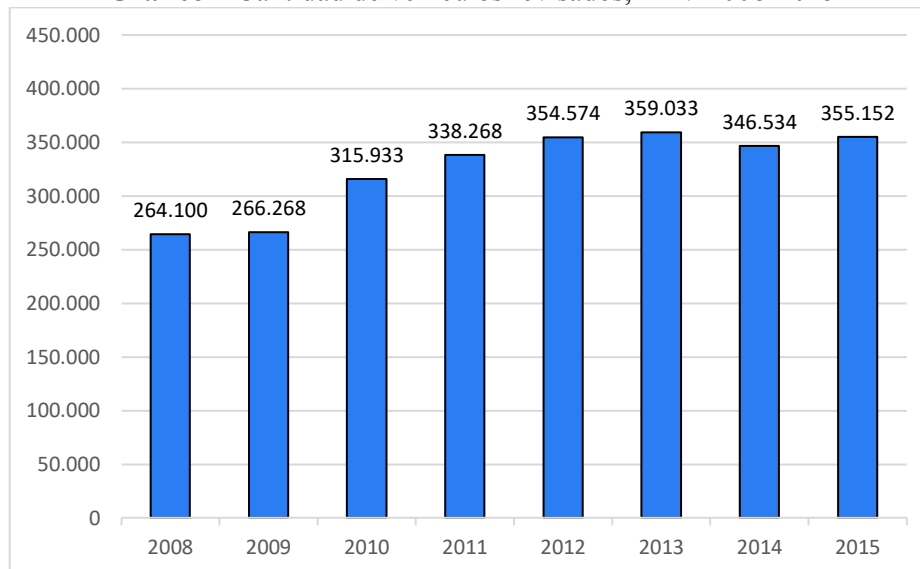
Por otra parte, en cuanto al Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular, a continuación, se analizará el impuesto generado de aquellos vehículos que se presentaron a la RTV en la AMT durante el periodo de estudio. En cuanto al IACV, se obtuvieron los siguientes datos del Servicio de Rentas Internas (SRI):

⁶ Los datos de las siete variables de contaminación corresponden al valor máximo que marcó un mismo vehículo en las diferentes revisiones, por cada año del periodo de estudio.

1. **Año Fiscal:** corresponde al año de la observación donde se generó el impuesto
2. **Placa:** es una combinación de caracteres alfanuméricos que identifican e individualizan a un vehículo, por su naturaleza de variable identificadora, se elimina su análisis.
3. **Chasis:** es el número único asignado por el fabricante del automotor, sus primeros dos dígitos hacen referencia al país de origen del automotor, por su naturaleza de variable identificadora, se omite su análisis.
4. **Clase:** corresponde al tipo de vehículo según la clasificación realizada por el SRI.
5. **Tipo de combustible:** corresponde al tipo de hidrocarburo que utiliza el vehículo para moverse.
6. **Tipo de servicio:** corresponde a si el vehículo es particular o de transporte público que en adelante se lo llamará de alquiler.
7. **Valor del Impuesto:** Valor en dólares correspondiente al IACV generado por un vehículo en un año fiscal respectivo.

4.3 ANÁLISIS DE LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES DE LOS VEHÍCULOS EN LA RTV

Gráfico 7 Cantidad de vehículos revisados, RTV 2008-2015

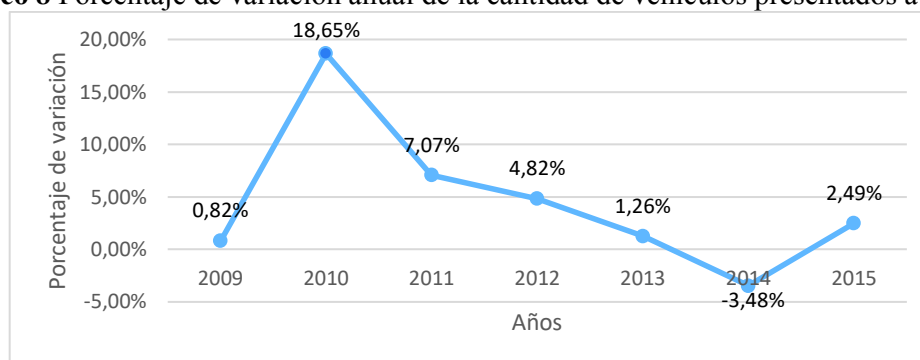


Fuente: Revisión Técnica Vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

El gráfico anterior muestra la cantidad de vehículos que se presentaron a la RTV de la AMT durante el periodo de estudio⁷. Mientras que en el año 2008 se presentaron 264.100 vehículos, en el 2015 se presentaron 355.152 vehículos, representando un crecimiento en el parque vehicular que se presentó a la RTV de 91.052 vehículos. El año de mayor crecimiento anual fue el 2010 con 18,65% mientras que en el año 2014 se registró un decrecimiento del 3,48%. Comparando los años 2008 y 2015, existió un crecimiento en la cantidad de vehículos presentados a la RTV de 34,5%.

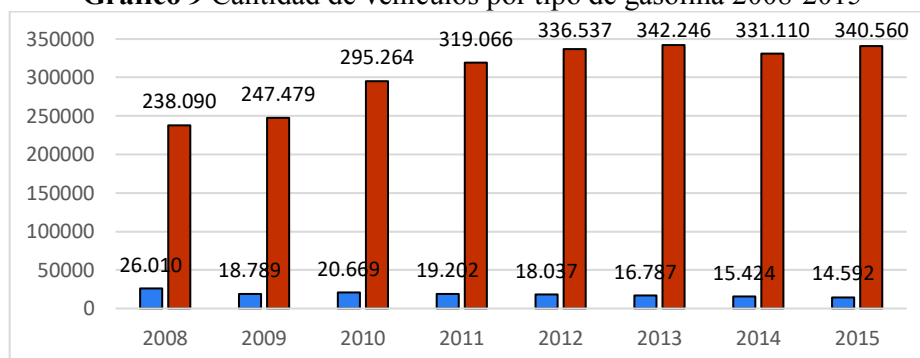
⁷ La tabla considera únicamente la cantidad de vehículos que se presentaron a la RTV independiente del número de veces que se presentó un vehículo el mismo año.

Gráfico 8 Porcentaje de variación anual de la cantidad de vehículos presentados a la RTV

Fuente: Revisión Técnica Vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

De acuerdo al tipo de combustible que use el motor de un vehículo, la AMT clasifica a los vehículos en dos tipos: diésel y gasolina; los vehículos a gasolina son los de mayor preferencia; es así que, en el año 2008, la cantidad de vehículos presentados a la RTV fue de 238.090, y en el año 2015 fue de 340.560, siendo en el año 2013 donde existe la más alta cifra para estos vehículos (342.246), la cantidad de vehículos que usa este tipo de combustible supera en todos los años con más del 90% a los vehículos a diésel; la presencia de vehículos a diésel conforme pasan los años es cada vez menor, descendiendo de 26.010 vehículos en el año 2008 a 14.592 vehículos en el año 2015.

Gráfico 9 Cantidad de vehículos por tipo de gasolina 2008-2015

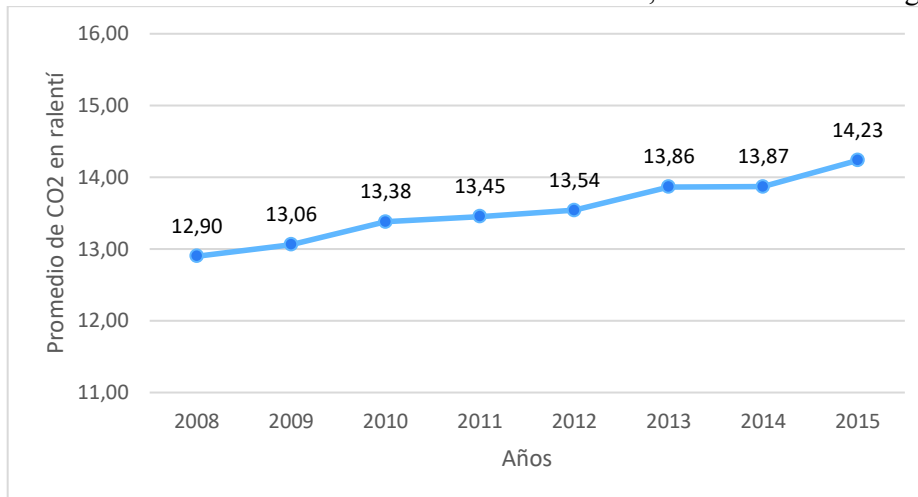
Fuente: Revisión Técnica Vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

Considerando las mediciones realizadas por la AMT dentro de la RTV durante el periodo de estudio, a continuación, se analiza la evolución de los gases contaminantes expuestos anteriormente.

4.3.1 DIÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ

Gráfico 10 Promedio de Dióxido de Carbono en Ralentí, RTV 2008-2015 en g/km.

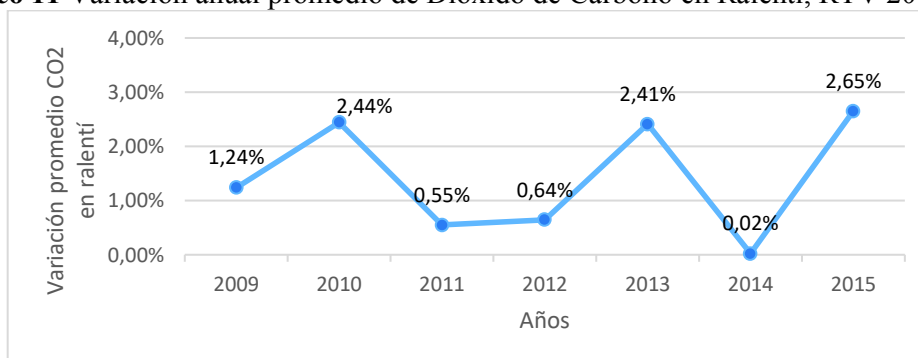


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

La emisión de CO₂ en Ralentí ha experimentado una tendencia creciente durante el periodo de estudio. En promedio, mientras que en el año 2008 cada vehículo emitía 12,90 g/km de CO₂ en Ralentí, en el 2015 la emisión aumento hasta 14,23 g/km, representando un incremento de 10,35% durante el periodo de estudio. En cuanto al crecimiento anual, el año de mayor crecimiento ha sido el 2015, con un crecimiento de 2,65%, mientras que en el 2014 se dio un 0,01% de crecimiento con respecto al año anterior, el menor durante el periodo de estudio.

Gráfico 11 Variación anual promedio de Dióxido de Carbono en Ralentí, RTV 2008-2015

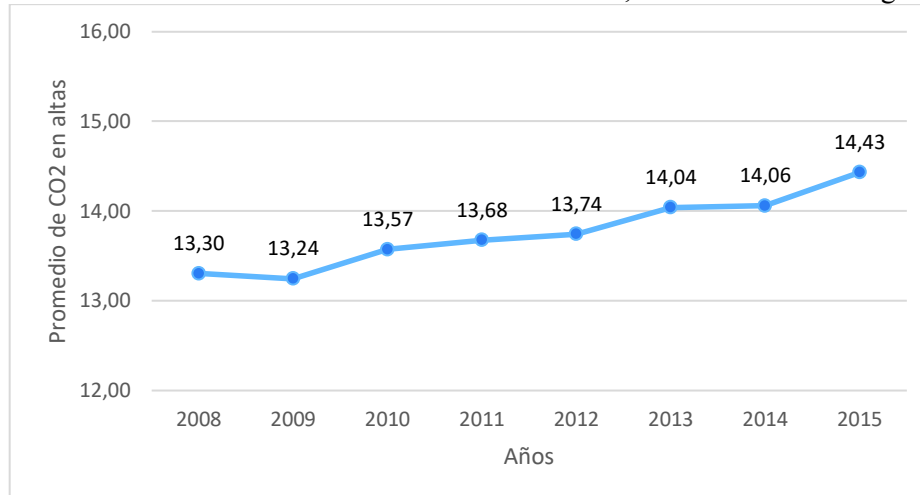


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

4.3.2 DIÓXIDO DE CARBONO EN ALTAS

Gráfico 12 Promedio Dióxido de Carbono en Altas, RTV 2008-2015 en g/km

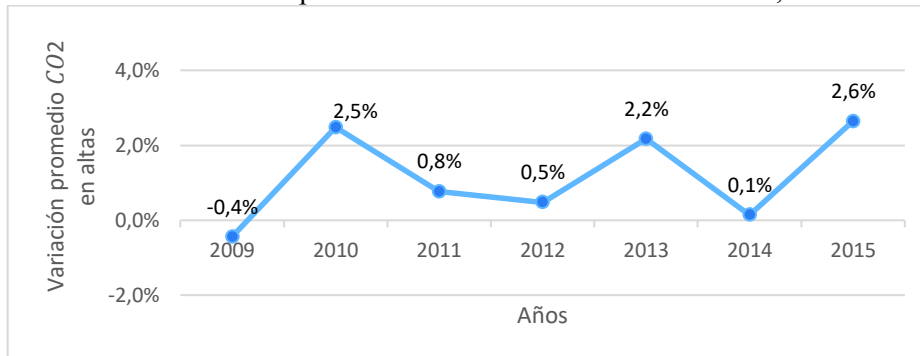


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

En cuanto a la emisión de CO₂ en Altas, también ha experimentado una tendencia creciente en la emisión de dicho gas. Mientras el promedio vehicular ascendió a 13,30 g/km en el año 2008, en el año 2015 fue de 14,43 g/km, dando un crecimiento durante el periodo de estudio de 8,5%. En relación al crecimiento anual, el año de mayor crecimiento correspondió al 2015 con un 2,6% anual, mientras el año de menor crecimiento fue el 2014, con un crecimiento de 0,1% anual y el año donde existe una disminución en el promedio de emisión de este gas es en el año 2009 con 0,4%.

Gráfico 13 Variación anual promedio Dióxido de Carbono en Altas, RTV 2008-2015

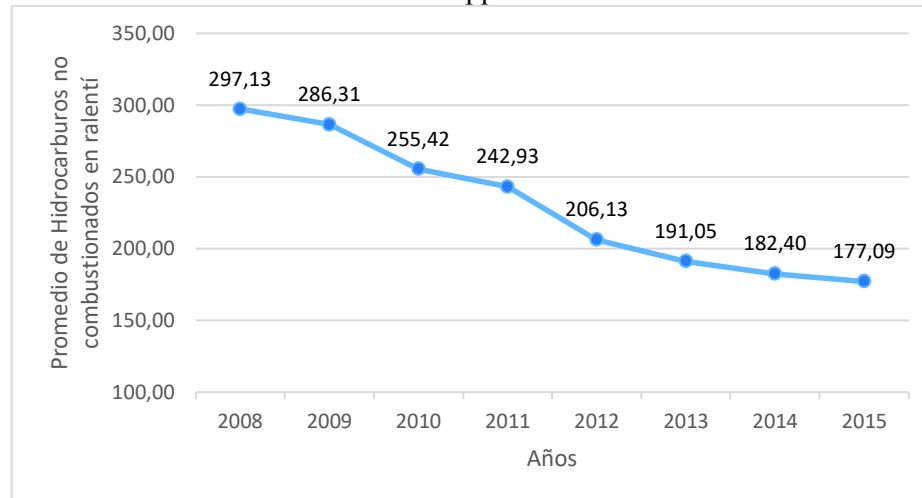


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

4.3.3 HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS EN RALENTÍ

Gráfico 14 Promedio de Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí, RTV 2008-2015, en ppm

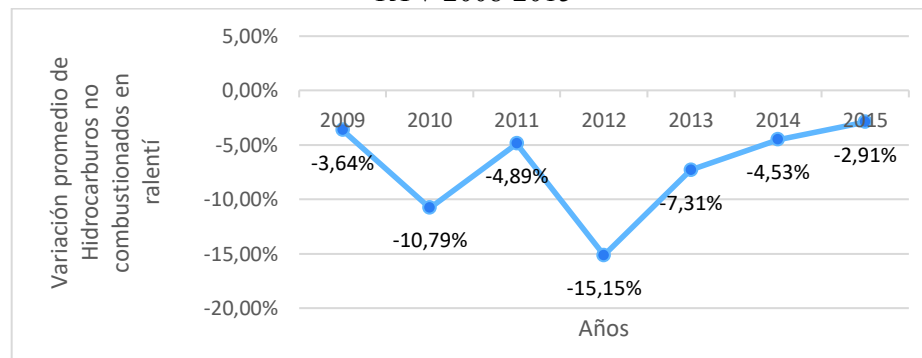


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

Acerca de la medición de Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí. la tendencia ha sido decreciente, implicando menores niveles de contaminación de este gas. Mientras en el año 2008 se dio una emisión promedio de 297,13 ppm, en el 2015 fue de 177,09 ppm, representando una disminución en la emisión de 40,40% durante los años 2008-2015. En cuanto a la variación anual, el año de mayor decrecimiento fue el 2012 con un 15,15% anual, mientras que el año de menor decrecimiento fue el 2015, con 2,91% con respecto al año anterior.

Gráfico 15 Variación anual promedio de Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí, RTV 2008-2015

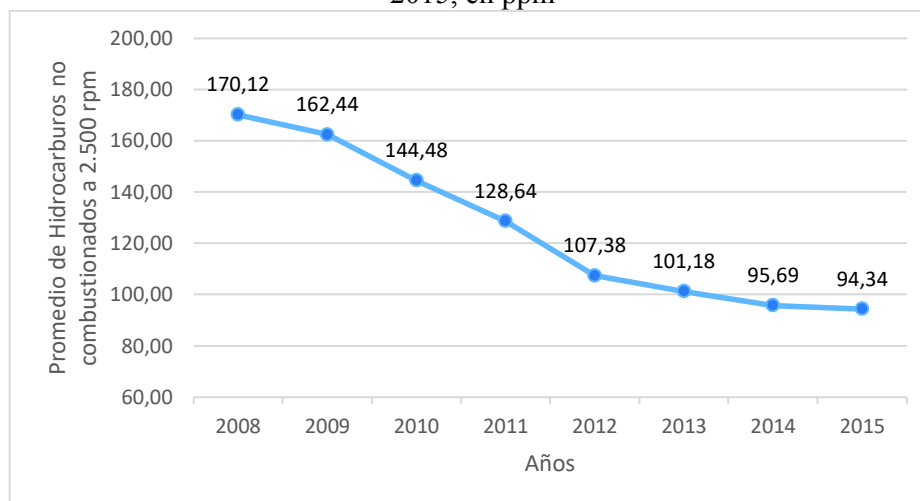


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

4.3.4 HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS A 2.500 RPM

Gráfico 16 Promedio de Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm, RTV 2008-2015, en ppm

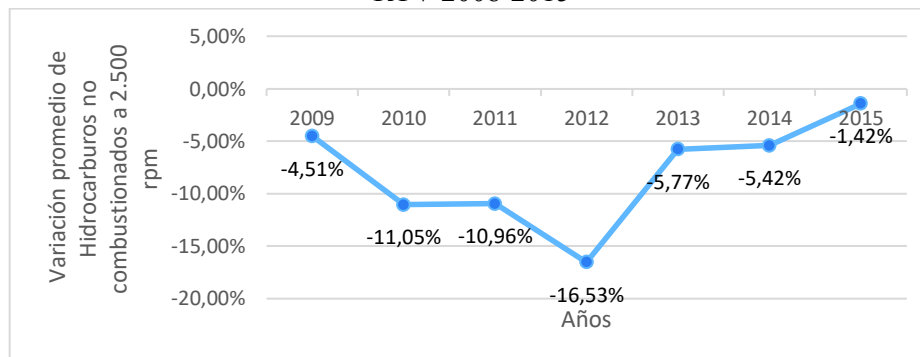


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

En relación a la emisión de Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm, mientras en el año 2008 fue de 170,12 ppm promedio, en el año 2015 fue de 94,34 ppm, representando un decrecimiento de 44,55% durante dicho periodo, es decir que hubo una tendencia decreciente en la emisión de este contaminante. En cuanto a las variaciones anuales, el año con mayor decrecimiento en la emisión fue el 2012 con un 16,53%, mientras el año con menor decrecimiento fue el 2015 con una disminución anual de 1,42%.

Gráfico 17 Variación anual promedio de Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm, RTV 2008-2015

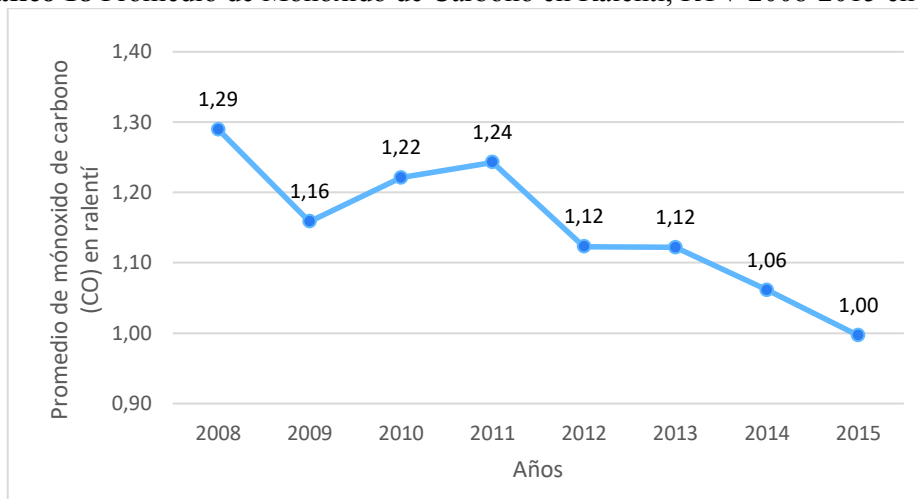


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

4.3.5 MONÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ

Gráfico 18 Promedio de Monóxido de Carbono en Ralentí, RTV 2008-2015 en g/km

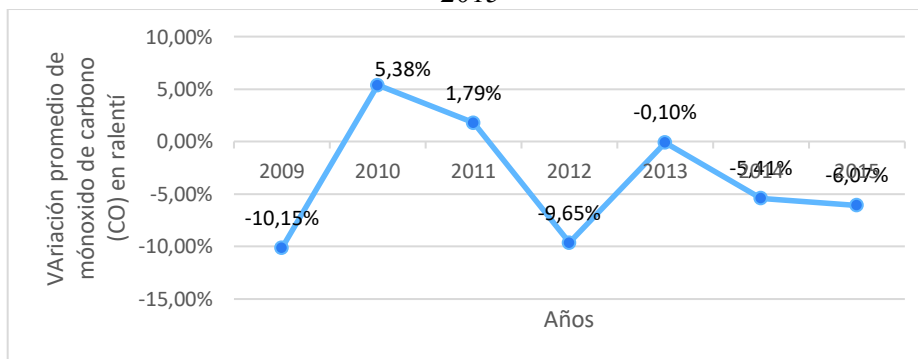


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

En cuanto a la emisión de CO en Ralentí, la tendencia ha sido irregular hasta el año 2011 y decreciente desde el año 2012 hasta el año 2015. En el 2008 el promedio de las emisiones de CO en Ralentí fue de 1,29 g/km, mientras que en el 2015 fue de 1 g/km, implicando un decrecimiento de 22,70% durante el periodo de análisis. En cuanto a la variación anual, el año de mayor crecimiento fue el 2010 con un 5,38%, mientras que los años con mayor decrecimiento fueron el 2009 y el 2012 con 10,15% y 9,65% respectivamente.

Gráfico 19 Variación anual promedio de Monóxido de Carbono en Ralentí, RTV 2008-2015

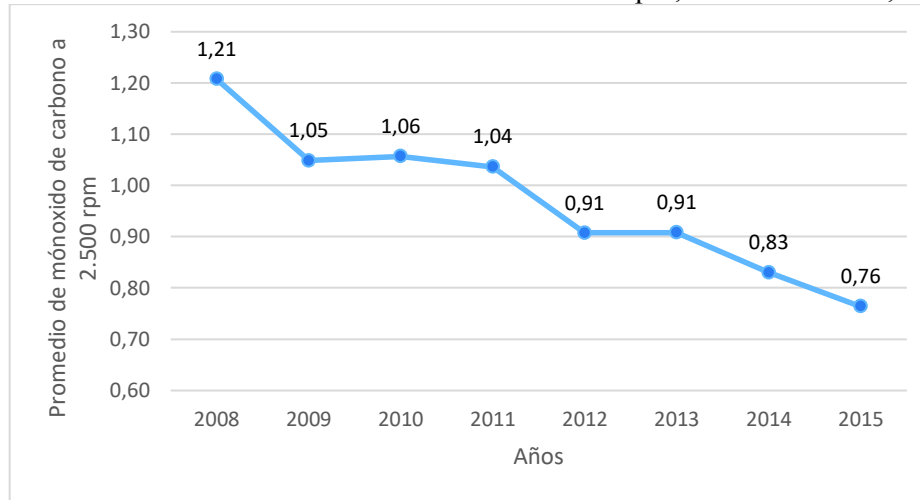


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

4.3.6 MONÓXIDO DE CARBONO A 2.500 RPM

Gráfico 20 Promedio de Monóxido de Carbono a 2.500 rpm, RTV 2008-2015, en g/km

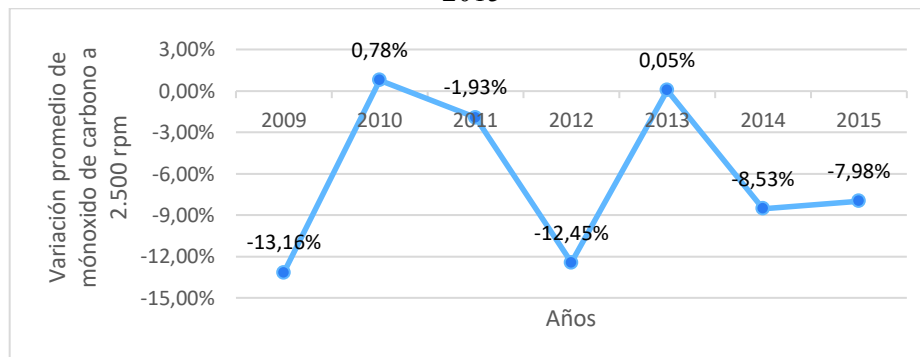


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

En relación al CO a 2.500 rpm, la tendencia en el promedio de la emisión ha sido decreciente. Mientras en el 2008 el promedio fue de 1,21 g/km, en el 2015 el promedio fue de 0,76 g/km, representando un decrecimiento de 36,72% durante dicho periodo. El año de mayor decrecimiento fue el 2009 con 13,16%, mientras que el año de menor decrecimiento anual fue en el 2011 con 1,93%. El año con mayor crecimiento fue el año 2010 con 0,78%.

Gráfico 21 Variación anual promedio de Monóxido de Carbono a 2.500 rpm, RTV 2008-2015

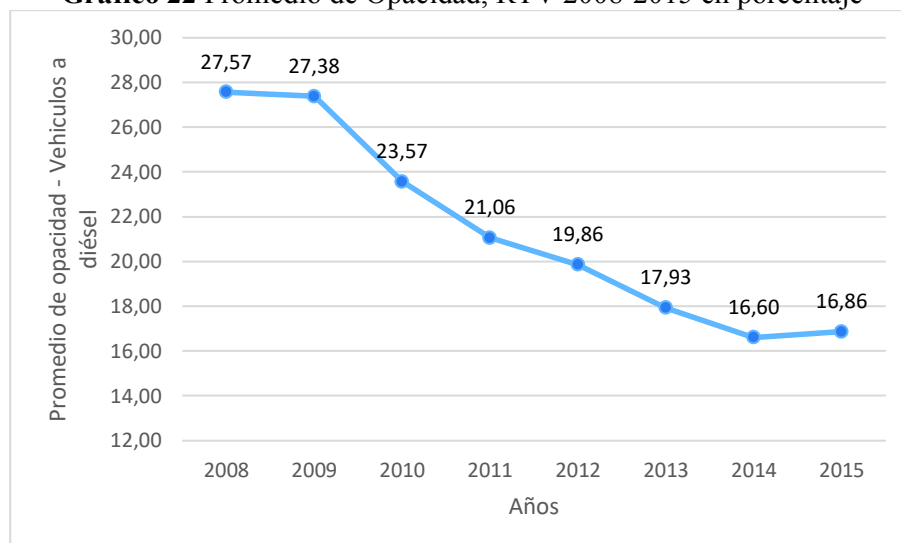


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

4.3.7 OPACIDAD

Gráfico 22 Promedio de Opacidad, RTV 2008-2015 en porcentaje

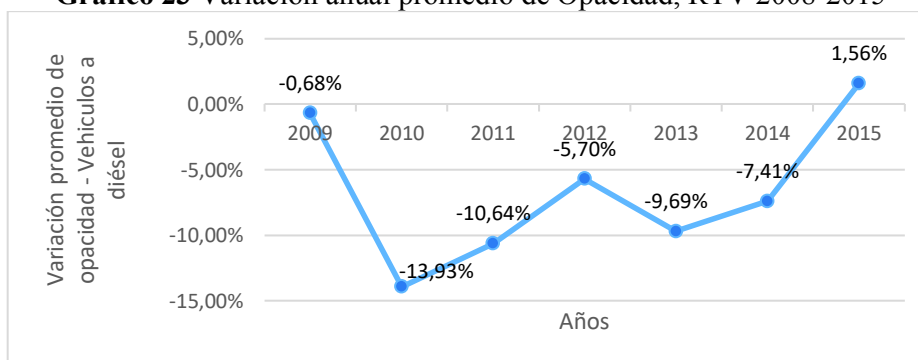


Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

Elaboración: La autora

El porcentaje de la Opacidad en los vehículos a diésel ha presentado una tendencia decreciente. En el año 2008 el promedio fue de 27,57%, mientras que en el 2015 fue de 16,86%, implicando un decrecimiento de 38,83% durante el periodo de estudio. El mayor año de decrecimiento anual fue el 2010 con un 13,93%, mientras que en el 2015 se dio un ligero crecimiento anual de 1,56%.

Gráfico 23 Variación anual promedio de Opacidad, RTV 2008-2015



Fuente: Revisión técnica vehicular, Base de datos AMT

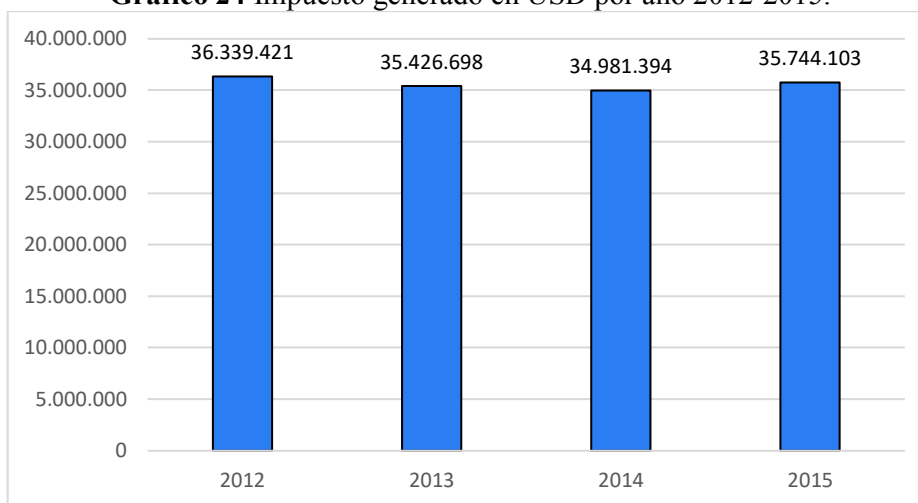
Elaboración: La autora

4.4 ANÁLISIS DEL IACV GENERADO POR LOS VEHÍCULOS DE LA RTV

A continuación, se analiza el IACV generado⁸ por los vehículos obtenidos de la base de la AMT emparejados con la base de vehículos del SRI, es decir, el parque automotor que se presentó a la RTV de la AMT durante los años 2012-2015 (aunque el periodo de estudio es 2008-2015, es a partir del 2012 que se aplica, genera y cobra el IACV):

4.4.1 IMPUESTO GENERADO POR AÑO

Gráfico 24 Impuesto generado en USD por año 2012-2015.



Fuente: Base de datos AMT y base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

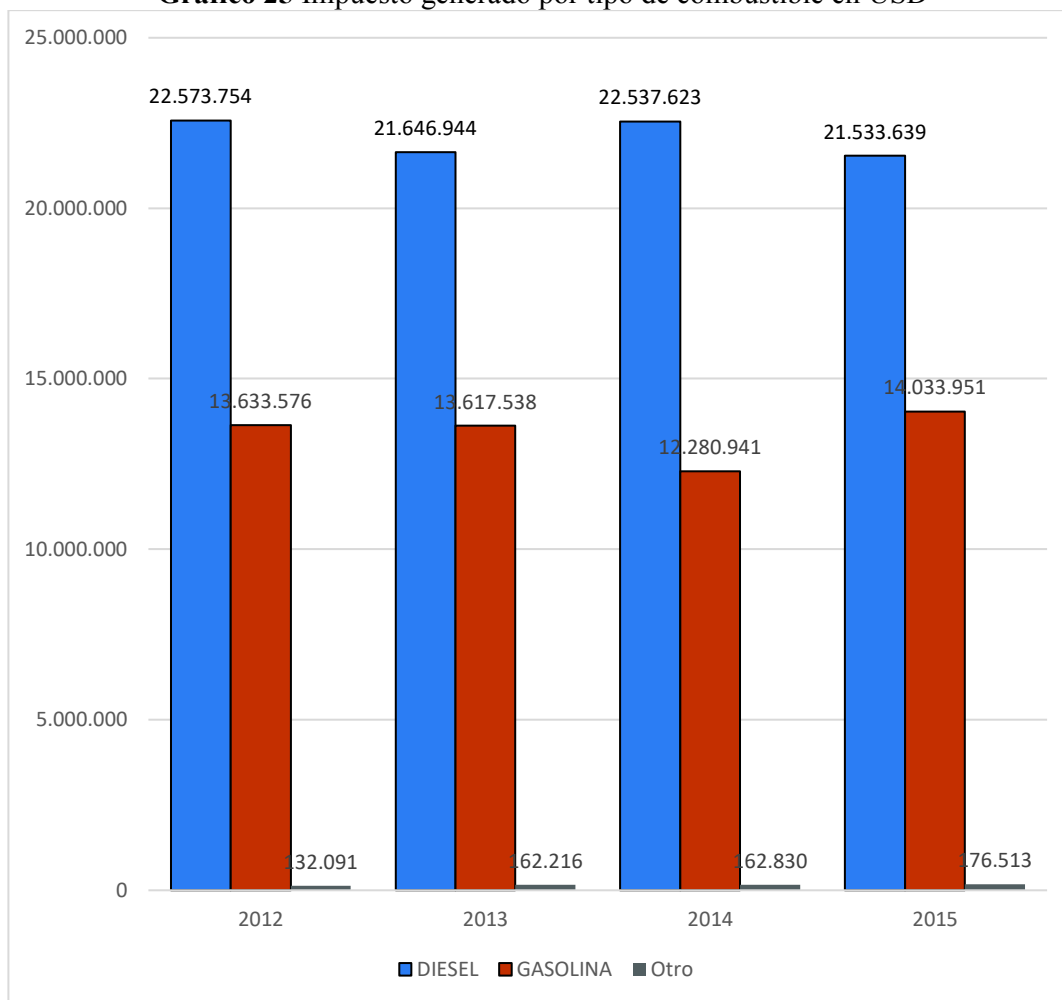
En relación a los vehículos que se presentaron a la RTV de la AMT, mientras en el año 2012 se generó un IACV de aproximadamente USD 36.339.421 millones, el 2015 se generó un impuesto de USD 35.744.103 millones⁹, representando una diferencia de USD 595.318; es decir un 1,64% menos.

⁸ Los datos con respecto al impuesto generado difieren con los del impuesto efectivamente recaudado, puesto que este último incluye exoneraciones, ajustes, intereses y/o multas.

⁹ El impuesto generado es mayor a la recaudación efectiva en el cantón Quito; se debe a que no se recauda la misma cantidad que se genera por impuesto, entre otros factores influyen las exoneraciones que contempla la ley.

4.4.2 IACV GENERADO POR TIPO DE COMBUSTIBLE

Gráfico 25 Impuesto generado por tipo de combustible en USD

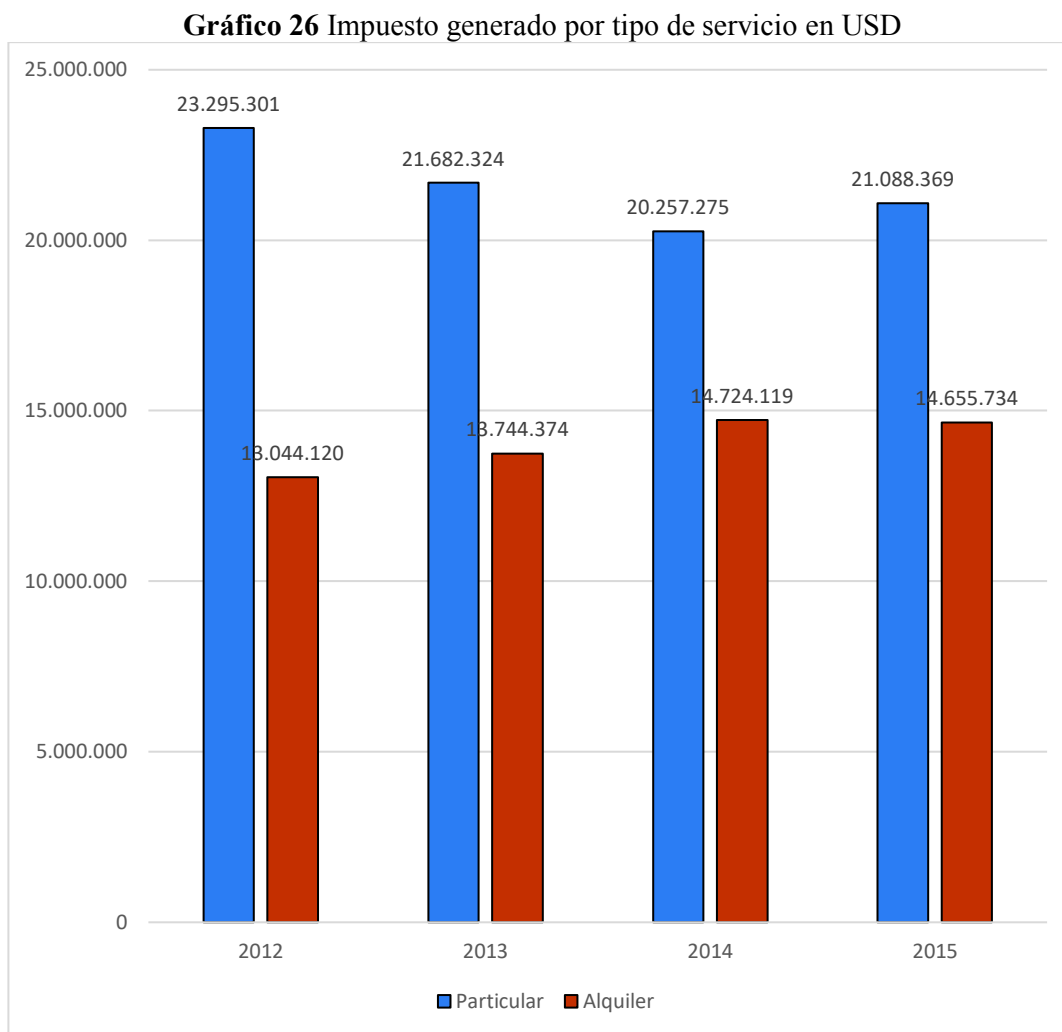


Fuente: Base de datos AMT y base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Analizando el IACV generado por tipo de combustible, en el 2012 cerca de 37% correspondió a vehículos a gasolina, mientras que el 62% correspondió a vehículos a diésel. Sin embargo, en el 2015 los vehículos a gasolina aportaron el 39% del impuesto generado, mientras que el 60% correspondió a vehículos a diésel. En ambos años, los otros tipos de combustible correspondieron a menos del 0,50% del total del impuesto generado.

4.4.3 IMPUESTO GENERADO POR TIPO DE SERVICIO



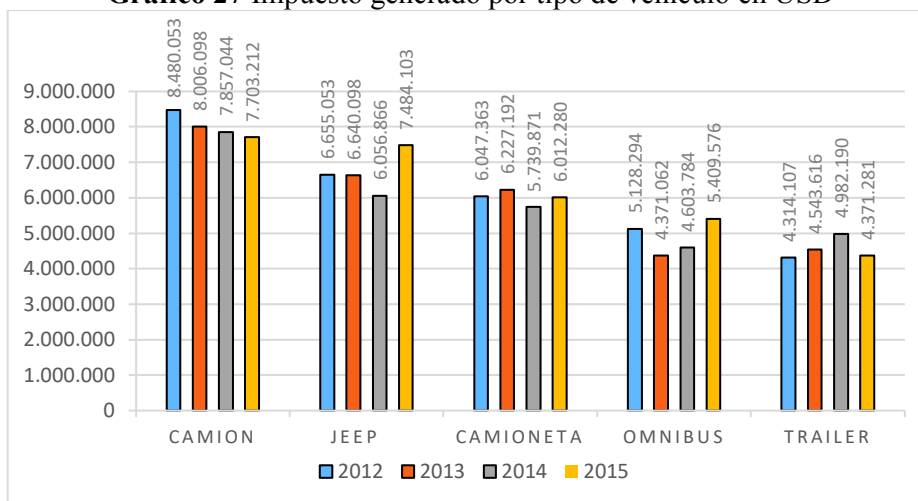
Fuente: Base de datos AMT y base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

En cuanto al tipo de servicio, mientras el 64% del impuesto fue generado por vehículos particulares en el 2012, al 2015 fue el 59%, registrándose un incremento en la aportación de los vehículos de alquiler en el IACV entre el 2012 y el 2015.

4.4.4 VEHÍCULOS POR CLASE

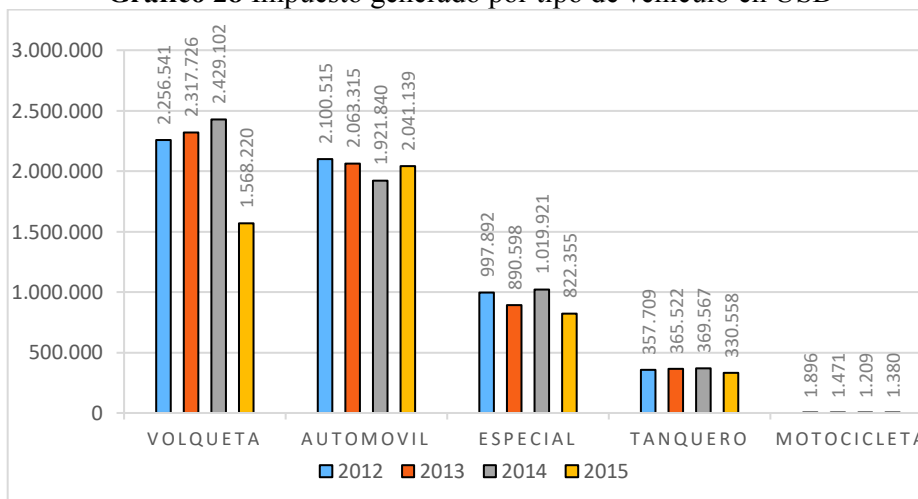
Gráfico 27 Impuesto generado por tipo de vehículo en USD



Fuente: Base de datos AMT y base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Gráfico 28 Impuesto generado por tipo de vehículo en USD



Fuente: Base de datos AMT y base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

En cuanto a la generación del impuesto por clase del vehículo, el tipo que más contribuye a IACV es la clase “Camión”, con un 22% del impuesto al 2015, seguido por la categoría Jeep, Camioneta, Buses, Tráiler, Volqueta, Automóvil, Especial, Tanqueros y Motocicletas. La composición básicamente no ha cambiado desde el 2012.

CAPÍTULO V

MARCO METODOLÓGICO

Una vez revisado los fundamentos teóricos sobre los impuestos ambientales y sobre el IACV, en este capítulo se realizará una descripción de la metodología de evaluación de impacto, se dará una breve descripción de los diferentes métodos, para finalmente detallar el método de diferencias en diferencias.

5.1 EVALUACIÓN DE IMPACTO

La evaluación es *“un proceso integral de observación, medida, análisis e interpretación, encaminado al conocimiento de una intervención pública -norma, programa, plan o política-, que permita alcanzar un juicio valorativo, basado en evidencias, respecto a su diseño, puesta en práctica, resultados e impactos”* (Agencia Estatal de Evaluación de las Políticas Públicas y la Calidad de los Servicios, 2010).

Según Gertler, Martínez, Premand, Rawlings, y Vermeersch (2011) *“una evaluación de impacto evalúa los cambios en el bienestar de las personas que pueden atribuirse a un proyecto, programa o política particular”*.

Los autores dicen que una evaluación responde a tres tipos de preguntas:

- **Preguntas descriptivas.** - La evaluación intenta determinar lo qué está ocurriendo, describe procesos, condiciones y relaciones.
- **Preguntas normativas.** - La evaluación compara lo que está ocurriendo con lo que debería ocurrir, evalúa si se cumplen o no los objetivos.
- **Preguntas sobre causa y efecto.** - La evaluación examina los resultados e intenta determinar la diferencia que ejerce la intervención sobre estos.

Las evaluaciones de impacto son un tipo particular de evaluación que intenta responder a preguntas sobre causa y efecto. A diferencia de las evaluaciones generales, que pueden responder a muchos tipos de preguntas, las evaluaciones de impacto se

preocupan por saber cuál es el impacto (o efecto causal) de un programa sobre un resultado de interés. Solo interesa el impacto del programa: el efecto directo que tiene en los resultados. Una evaluación de impacto analiza los cambios en el resultado directamente atribuibles al programa. El enfoque en la causalidad y la atribución es la característica distintiva de las evaluaciones de impacto y determina las metodologías a usar. (Gertler et al., 2011)

Una evaluación de impacto nos ayuda a verificar la efectividad de una intervención pública, para así informar sobre el impacto total de la misma, usualmente es de interés para los responsables de políticas, puesto que ofrece una evidencia sólida y creíble del desempeño de un programa o de una política. Además, permite conocer si se han cumplido o no con los objetivos planteados y, en el caso de que se hayan cumplido con los objetivos, nos ayuda a responder ¿en qué medida? se han cumplido esos objetivos, y determinar si los resultados obtenidos son por causa de esa intervención.

5.1.1 EL CONTRAFACTUAL

Según Pomeranz (2011), *“la dificultad en medir el impacto está en que lo observable, es lo que ocurrió, no lo que hubiera ocurrido sin el programa”*. Para el caso que se investiga no sabemos que hubieran hecho los contribuyentes si no se hubiera implementado el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular; a esta situación, *“lo que hubiera pasado sin la aplicación del programa, se le llama el contrafactual, entender el contrafactual es la clave para entender el impacto de una política”*.

Conocer el contrafactual permite comparar los resultados de quienes participan y los que no participan de una política pública, para de esta forma determinar el impacto de la política sobre ciertas características de los beneficiarios.

El impacto que genera una política es la diferencia entre el resultado que observamos con la implementación de la política y el resultado que hubiera ocurrido sin la política.

Debido a que no se conoce el contrafactual, básicamente se vuelve imposible construir un contrafactual totalmente cierto, sin embargo, es posible construir un

aproximado; para lo cual los individuos deben tener características similares, entonces se representa un grupo al que se le denomina el **grupo de control o de comparación**, este grupo lo constituyen las personas que no se benefician de la intervención de la política pública, mientras que el **grupo tratamiento** son las personas que se benefician de la intervención de la política pública. Para la estimación del impacto de la política se compara el grupo de tratamiento con el grupo de control (Pomeranz, 2011).

5.1.2 SESGO DE SELECCIÓN

El sesgo de selección, es un sesgo estadístico que enfrentan las evaluaciones de impacto, donde se considera que existe un error en la elección de los individuos que participan de un programa, ocasionando una distorsión en el análisis estadístico y por ende también en las conclusiones.

El sesgo de selección se relaciona con las características no observables de los individuos, estas características pueden modificar los resultados debido a que son variables que no se consideran en el estudio y erróneamente se atribuiría los cambios a la implementación del programa.

En los diseños experimentales donde se hace uso de la aleatorización no presentan problemas de sesgo de selección, debido a que equilibra el sesgo entre los grupos de tratamiento y control de tal forma que no se afecta a los resultados.

Los diseños cuasi experimentales y el método de diferencias en diferencias eliminan este sesgo, modelando los procesos de selección para llegar a una estimación insesgada usando datos no experimentales; por lo que la eliminación del sesgo depende de que tan bien se especifique el modelo (Baker, 2000).

Para realizar una evaluación de impacto existen varios métodos y técnicas, que se pueden clasificar en dos categorías: diseños experimentales (aleatorios) y diseños cuasi experimentales (no aleatorios).

5.1.3 DISEÑOS EXPERIMENTALES

Los diseños experimentales o también llamados diseños aleatorios, son metodologías donde:

El investigador manipula una variable (la intervención) y observa el efecto que tiene sobre una variable de resultado en un grupo de sujetos que se siguen a través del tiempo. La inferencia causal se obtiene comparando las variables de resultado en los sujetos clasificados de acuerdo a la intervención que ellos reciben. (Aedo, 2005)

El primer paso en un diseño experimental consiste en reunir a un grupo de personas representativas de entre un grupo potencial para recibir un programa o política, a los cuales se les debe realizar mediciones de línea base; posteriormente se asigna al azar a los sujetos que formaran parte del grupo de control y del grupo tratamiento; la conformación al azar de los dos grupos elimina el sesgo de selección. Para la evaluación de impacto del programa, luego de un periodo de seguimiento, el investigador observa la variable de resultados para los distintos sujetos y comprara los resultados entre los dos grupos de estudio (Aedo, 2005).

A pesar que se considera a este tipo de diseños como metodologías solidas por el confiable contrafactual que ofrece, se vuelve difícil su aplicación en la práctica, puesto que, al necesitar de datos de línea base de los grupos de tratamiento y control, la evaluación de impacto debe diseñarse antes de la implementación del programa, también se considera que la asignación al azar de los grupos es injusta ya que es posible que un sujeto que no participo del programa haya deseado ser incluido, lo que puede ocasionar conflictos políticos y económicos.

5.1.4 DISEÑOS CUASI EXPERIMENTALES

“Un diseño cuasi experimental basados en información existente, permite crear grupos de beneficiarios y de comparación similares al grupo de tratamiento en características observadas” (Aedo, 2005).

Al no producirse una selección al azar de los grupos de tratamiento y control, los métodos cuasi experimentales requieren incorporar en su evaluación posibles sesgos de selección asociados a la decisión de participar o no en el programa.

Estos sesgos son de tal magnitud que pueden afectar el diseño muestral como a la variable de resultado (Aedo, 2005).

Estas metodologías son económicas y fáciles de implementar porque se puede hacer uso de bases de datos antiguas, además que esta evaluación de impacto se la puede realizar después de haberse implementado un programa o política.

Los métodos cuasi experimentales más conocidos son:

1. Métodos de emparejamiento (“Matching”)
2. Método de diferencias en diferencias (DD)
3. Regresión discontinua
4. Comparaciones reflexivas

Sobre los cuales se detalla de una forma general en el Anexo 2

5.2 ANÁLISIS DE MEDIAS

Un análisis de medias nos sirve para probar la igualdad de las medias de dos muestras independientes. Para el presente estudio nos ayudara a evaluar el efecto que tiene la implementación del IACV, comparando los promedios de las contaminaciones del grupo al que se le aplicó la medida con el grupo al que no se le aplico el impuesto.

De acuerdo con Berenson & Levine (1996):

Llamamos:

$$\mu_1 = a \text{ la media del grupo de control}$$

$$\mu_2 = a \text{ la media del grupo de tratamiento}$$

Las hipótesis para la prueba de diferencia de medias se plantean como:

Hipótesis nula $H_0 : \mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa $H_A : \mu_1 \neq \mu_2$

Sean X_1, X_2, \dots, X_{n_1} e Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_2} dos muestras independientes de distribuciones $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ respectivamente entonces:

- Hipótesis nula $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = \Delta_0$

$$\text{Valor de estadístico de prueba: } t = (\bar{x} - \bar{y} - \Delta_0) / \sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2} \quad (5.1)$$

- Hipótesis alternativa Región de rechazo para un nivel α

$$H_A : \mu_1 - \mu_2 > \Delta_0 \qquad t > t_\alpha$$

$$H_A : \mu_1 - \mu_2 < \Delta_0 \qquad t < -t_\alpha$$

$$H_A : \mu_1 - \mu_2 \neq \Delta_0 \qquad t > t_{\frac{\alpha}{2}} \text{ o } t < -t_{\frac{\alpha}{2}}$$

Grados de libertad = ν

Para el cálculo de los grados de libertad se aproxima a una t de Student donde:

$$\nu = \frac{[(s_1^2/n_1) + (s_2^2/n_2)]^2}{[(s_1^2/n_1)^2/(n_1-1) + (s_2^2/n_2)^2/(n_2-1)]} \quad (5.2)$$

5.3 MÉTODO DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

El método de diferencias en diferencias estima el contrafactual del cambio en el resultado para el grupo tratamiento, calculando el cambio del resultado para el grupo de comparación. Este método nos permite tener en cuenta cualquier diferencia constante en el tiempo entre los grupos de tratamiento y de comparación. (Gertler et al, 2011)

Como ya se mencionó, el método compara dos tipos de variaciones: las diferencias en el tiempo y las diferencias entre los grupos.

Para estimar la primera diferencia, se comparan las variaciones a través de la implementación del programa, es decir, se compara los cambios a lo largo del tiempo (el antes y después) de los resultados en la variable de interés de un grupo inscrito en el programa (el grupo tratamiento). De esta forma se conoce cómo ha

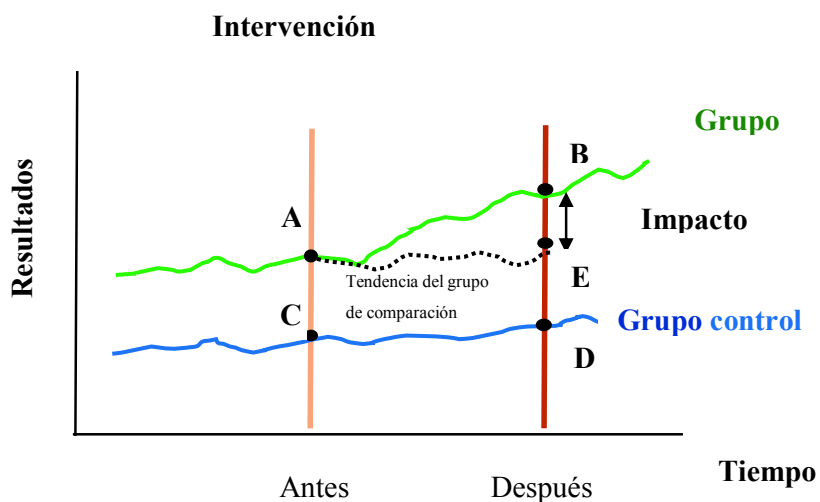
cambiado este grupo durante la implementación del programa; El supuesto que se considera en esta primera diferencia es que existen factores constantes en el tiempo para el grupo, debido a que se compara al grupo con sí mismo; pero la simple observación del cambio antes-después en el grupo tratamiento no nos mostrará el impacto causal del programa, ya que es probable que existan otros factores externos que influyan en el resultado sin ser causados por el programa, entonces se debe medir el cambio antes y después de los resultados del grupo que no se inscribió en el programa (el grupo control) pero que estuvo expuesto a las mismas condiciones, de esta forma se obtienen resultados considerados similares a los que hubiera tenido el grupo tratamiento sin el programa (Gertler et al, 2011).

Para estimar la segunda diferencia se restan los resultados del grupo tratamiento con el grupo control.

Si se limpia la primera diferencia de otros factores variables en el tiempo que afectan al resultado de interés sustrayéndole la segunda diferencia, entonces se habrá eliminado el sesgo en el caso de las comparaciones simples antes y después. Por lo tanto, el método de DD combinaría los dos falsos contrafactuales (comparaciones antes-después y comparaciones inscritos y no inscritos) para generar una mejor estimación del contrafactual (Gertler et al, 2011).

El gráfico 29 muestra gráficamente el método de diferencias en diferencias. Los puntos A y B representan al grupo tratamiento antes y después de participar del programa; de igual forma para el grupo control los puntos C y D representan el antes y el después de la implementación del programa.

Gráfico 29 Método de Diferencias en Diferencia



Tomado de: Gertler et al, 2011

Elaboración: La autora

La primera diferencia que calcula el método para el grupo inscrito en el programa o grupo tratamiento sería la distancia entre $B - A$ y para el grupo no inscrito en el programa o grupo de control sería los puntos $D - C$; y la segunda diferencia entre grupos de control y tratamiento daría como resultado $(B - A) - (D - C) = (B - E)$, que nos da como resultado el Estimador de impacto de DD.

El método controla tanto las características observables como las no observables de los grupos de tratamiento y control a lo largo del tiempo, lo que le hace cumplir con supuestos más fuertes y ofrecer un mejor contrafactual. (Pomeranz, 2011).

Una desventaja del método es que necesita de un grupo que no haya sido afectado por el programa y de datos anteriores a la intervención, además de que puede existir un sesgo de selección si los dos grupos se hubieran desarrollado de una manera diferente en la ausencia del programa (Pomeranz, 2011).

5.3.1 ESTIMACIÓN DEL MODELO DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

El modelo de diferencias en diferencias en su caso más simple; en el que solo existe un grupo de individuos al que se le somete a un tratamiento. El grupo tendrá un conjunto de observaciones o resultados antes del tratamiento, una por individuo, y otro conjunto después del tratamiento, siendo la formulación del modelo:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5.3)$$

Donde:

- Y_{it} es la variable resultado analizada para el individuo i en el momento t , con $i = 1, 2, \dots, nt$; $t = 0, 1$; indicando 0 el momento de tiempo antes del tratamiento y 1 el momento de tiempo después del tratamiento.
- La variable X_{it} es una variable ficticia con valor 1 si el individuo i ha recibido el tratamiento y 0 en otra situación, es decir valdrá 1 para $t=1$ y 0 para $t=0$.
- ε_{it} es un término de error con las hipótesis habituales de la perturbación aleatoria.
- β_1 es el parámetro de interés que nos recogerá el efecto o impacto del tratamiento sobre la variable resultado Y_{it} .

Un estimador insesgado de β es:

$$\hat{\beta}_1 = \bar{y}_{.1} - \bar{y}_{.0} \quad (5.4)$$

Recogiendo la diferencia de las medias de las observaciones que han experimentado el tratamiento y las que no lo han experimentado. Este modelo, que en la literatura se denomina modelo o diseño en diferencias, es el mismo que el denominado modelo ANOVA en el contexto del diseño experimental cuando se considera un único factor y este tiene solamente dos niveles. El modelo podemos estimarlo por mínimos cuadrados ordinario (MCO) para todas las observaciones y poder así contrastar la hipótesis de influencia del tratamiento, es decir $H_0: \beta_1 = 0$, con los contrastes t habituales.

El modelo en diferencias es muy limitado ya que supone que los dos grupos de observaciones (y), correspondientes a los dos momentos del tiempo considerados, mostrarían medias iguales si no se hubiera experimentado el tratamiento. De esta forma al haber existido tratamiento, los cambios registrados en la variable (y) se asignan exclusivamente a este. Esta hipótesis es difícil de mantener ya que, en experimentos no controlados o difícilmente controlables, actuarán otras variables además del tratamiento o efecto que queremos medir sobre la variable resultado,

de forma tal que no podemos aislar lo que pertenece a la variable tratamiento y lo que pertenece a otras variables. El simple caso del transcurso del tiempo, entre los dos momentos analizados, seguramente afectará a la variable que se analiza, especialmente si se trata de una variable económica.

Para solucionar el problema anterior se acude a un procedimiento simple como es tener, además del grupo objetivo al que se le aplica el tratamiento, un grupo de control que no recibe el tratamiento. Este grupo de control nos permitirá medir el impacto de otras variables que afectan al grupo objetivo pero que son distintas del tratamiento estudiado. A este tipo de diseño cuasi experimental o modelo es al que se denomina de diferencias en diferencias, tomando la forma general siguiente:

$$Y_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{ij} + \beta_3 X_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (5.5)$$

Donde:

- Y_{ijt} recoge la observación del individuo i del grupo j en el momento t , indicando el nuevo subíndice j el grupo, con $j=0$ para el grupo control y $j=1$ para el grupo tratamiento.
- X_{it} es una variable ficticia con valor 1 si la observación es del momento posterior al tratamiento y 0 en cualquier otro caso
- X_{ij} es una variable ficticia con valor 1 si la observación pertenece al grupo tratamiento y 0 en cualquier otro caso
- X_{ijt} es otra variable ficticia con valor 1 cuando la observación pertenezca al grupo tratamiento y en el momento posterior al mismo (es decir X_{ijt} es igual a $X_{it} * X_{ij}$)
- El parámetro de interés es el que recoge la diferencia entre el antes y el después del tratamiento, así como la diferencia del grupo tratado con el grupo de control, es decir el parámetro β_3 , y este parámetro puede estimarse mediante:

$$\beta_3 = (\bar{y}_{.11} - \bar{y}_{.10}) - (\bar{y}_{.01} - \bar{y}_{.00}) \quad (5.6)$$

Indicando las medias para todos los elementos i . Así, el estimador se obtiene calculando la diferencia entre antes y después del tratamiento para el grupo objetivo y eliminando de esta diferencia lo que se debe a otras causas y que se recoge mediante la diferencia entre antes y después para el grupo de control. Esta forma de calcular el parámetro y que está en la esencia del modelo es lo que hace que a este tipo de diseños se les denomine “diferencias en diferencias” (DD). Los parámetros pueden estimarse por MCO, al igual que el caso anterior, lo que nos permitirá realizar los habituales contrastes. Es fácil observar como la variable ficticia X_{ijt} es igual al producto de las variables ficticias X_{ij} y X_{it} , y que el parámetro β_1 recoge la diferencia entre el antes y el después del tratamiento y que el parámetro β_2 recoge las diferencias entre el grupo de tratamiento y el de control. Desde el punto de vista de un ANOVA nos encontramos con dos factores, tiempo y grupo, con dos niveles cada uno, y una interacción recogida por la variable X_{ijt} . (Vicéns Otero, 2006, págs. 4-6)

5.3.2 DATOS AGRUPADOS DE CORTE TRANSVERSAL SOBRE EL TIEMPO

No se debe confundir los datos agrupados de corte transversal sobre el tiempo con datos de panel. Cuando se analiza datos de panel un mismo grupo es observado durante varios periodos de tiempo, es decir que los mismos individuos que conforman un grupo de control serán los que pertenezcan al grupo tratamiento; y en los datos agrupados no necesariamente se observa a los mismos individuos durante varios periodos de tiempo por lo que el grupo de control suele diferir del grupo de tratamiento, esta estructura de datos da lugar a observaciones independientes, no idénticamente distribuidas.

Para la investigación se usa datos de corte transversal sobre el tiempo.

5.3.3 UTILIDAD Y SUPUESTOS DEL MÉTODO DE DD

La utilidad del método se da cuando se examina el primer falso contrafactual, que compara a los individuos participantes de un programa con los individuos no participantes. En este caso se tiene la preocupación de que los dos grupos puedan tener características diferentes y que dichas características expliquen la diferencia en los resultados entre los dos grupos en lugar del programa. Considerando que

existen características observables como la edad de una persona o la ubicación de una región, y características no observables como la personalidad o la inteligencia de una persona que, como tal, no se pueden analizar. El método de DD ayuda a resolver este problema en la medida que se pueda suponer que muchas de las características de las personas son constantes; cuando se observa a un grupo antes y después del programa y se computa la primera diferencia, se anula el efecto de todas las características específicas constantes en el tiempo de una persona. (Gertler, et al., 2011).

Un supuesto del método es el de igualdad de tendencias. Esto es, en ausencia del programa, los resultados deberían aumentar o disminuir al mismo ritmo en ambos grupos, es decir, es necesario que los resultados reflejen tendencias iguales en ausencia del tratamiento. (Gertler, et al., 2011).

Sin embargo, no existe una manera de demostrar que las diferencias entre los grupos de tratamiento y control habrían evolucionado paralelamente en ausencia del programa. Debido a que no se puede observar lo que habría pasado al grupo tratamiento en ausencia del programa o como se ha mencionado anteriormente no se puede observar el contrafactual. Por lo que se debe suponer que en ausencia del programa el resultado del grupo tratamiento habría evolucionado paralelamente al grupo de control. (Gertler, et al., 2011).

Si las tendencias de los resultados son diferentes para los grupos de tratamiento y de comparación, el efecto estimado de tratamiento obtenido mediante el método de DD será inválido o sesgado. Esto se debe a que la tendencia del grupo de comparación no es una estimación válida de la tendencia del contrafactual (Gertler, et al., 2011).

A pesar de que no se puede demostrar el supuesto de igualdad de tendencias, se puede comparar el comportamiento en los grupos de control y tratamiento antes de la implementación del programa. Si los resultados evolucionan paralelamente antes de la implementación del programa, se tendrá más confianza en los resultados. (Gertler, et al., 2011)

5.4 LITERATURA EMPÍRICA DEL MODELO DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

La literatura especializada en evaluación de impacto de programas y políticas públicas ha utilizado ampliamente el método de diferencias en diferencias, conjuntamente con otro tipo de metodologías que sirven para tal fin. A continuación, se puntualizan algunos ejemplos:

Card y Krueger (1994), analizaron si la subida del salario mínimo de New Jersey de USD 4,25 a USD 5,05 por hora en 1992 disminuyó el empleo. Mediante encuestas antes y después de la medida a 410 locales de comida rápida en New Jersey y el este de Pennsylvania y la aplicación del método de diferencias en diferencias, concluyeron que no existe evidencia de que la subida del salario mínimo haya reducido el empleo.

Duflo (2001), evaluó el efecto de la construcción de 61.000 escuelas primarias en Indonesia entre 1973 y 1978, uno de los programas de construcción más grandes que se tiene registro, sobre la educación y los salarios. Las estimaciones sugieren que la construcción de escuelas primarias llevo a un incremento en la educación y en los salarios de aquellos niños que estudiaron en dichas escuelas.

Catherine, Sánchez, y Armando (2007), evaluaron los resultados del Programa de Educación Rural (PER), implementado en Colombia a partir del año 1996, en las tasas de eficiencia y calidad de la educación en las escuelas rurales donde se aplicó dicho programa. Utilizando diferentes metodologías, entre ellas el modelo de diferencias en diferencias, concluyeron que programas de intervención dirigidos a las escuelas pueden mejorar sustancialmente la eficiencia y calidad de la educación en las zonas rurales.

Gertler et al. (2011), como parte de *“La evaluación de impacto en la práctica”*, manual que sintetiza las principales metodologías de evaluación de impacto, mencionan el trabajo realizado por Galiani, Gertler y Schargrotsky (2005), quienes utilizaron el método de diferencias en diferencias para determinar si *“la privatización de los servicios de suministro de agua podría mejorar los resultados para la salud y contribuir al alivio de la pobreza”*, concluyendo que *“(…) en Argentina, el sector privado regulado tuvo más éxito que el sector público en la mejora de los indicadores de acceso, servicio y, lo que es más importante, de mortalidad infantil”*.

Améstica, Llinas-Audet, y Sánchez (2014), analizaron la evolución de la tasa de retorno a la educación terciaria en Chile, utilizando el método de diferencias en diferencias. Su investigación buscó establecer el impacto que ésta genera en la movilidad social, utilizando datos de corte transversal obtenidos de la encuesta de caracterización socioeconómica gubernamental, para los períodos 2003 a 2009 y 2006 a 2011. Concluyeron que el salario de las personas más su nivel de estudios puede dar respuestas a hipótesis que podrían explicar un cambio en la estratificación social de los individuos. Además, que entre el 2003 y el 2009, la tasa interna de retorno de la educación superior fue positiva. Sin embargo, se evidenció que no hay mejoramiento real de ingresos para el individuo que decidió estudiar en el período 2006 a 2011.

CAPÍTULO VI

IMPACTO DEL IACV EN LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE QUITO

A continuación, se describen los criterios con los que se depuraron las bases de datos, las variables utilizadas en el modelo y los resultados obtenidos mediante el método DD, el cual evalúa el impacto que ha tenido el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular sobre los niveles de contaminación en la ciudad de Quito, en base a las emisiones promedio de gases contaminantes medidos en la Revisión Técnica Vehicular RTV realizado por la Agencia Metropolitana de Tránsito, durante el periodo de estudio 2008-2015.

6.1 CONSOLIDACIÓN Y DEPURACIÓN DE LA BASE DE DATOS:

Inicialmente la base proporcionada por la AMT contaba con 2.599.862 observaciones (revisiones) correspondientes a la Revisión Técnica Vehicular de 703.852 vehículos. Sin embargo, al momento de la consolidación con las bases del SRI, el número de observaciones resultantes disminuyó a 2.461.228 observaciones correspondientes a la RTV de 685.157 vehículos (aproximadamente un 5,33% menos de la base de la AMT).

Una vez que se obtuvo la base consolidada se procedió a una validación y depuración de dicha base, considerando los siguientes criterios:

1. Desde el año 2012 al 2015, se eliminaron las observaciones cuyo IACV causado era cero, y su cilindraje era mayor a 1.500 c.c., debido a la incongruencia que representa tener más de 1.500 c.c. y no causar impuesto;
2. Desde el año 2012 al 2015, se eliminaron las observaciones cuyo IACV causado era mayor a cero, y su cilindraje era menor o igual a 1.500 c.c. por la incongruencia de ser vehículos con cilindraje menor o igual a 1.500 c.c. y que generaban impuesto;

3. Para todos los años, se eliminaron aquellas observaciones que marcaron contaminación por Dióxido de Carbono en Ralentí, Dióxido de Carbono en Altas, Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí, Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm, Monóxido de Carbono en Ralentí y Monóxido de Carbono a 2.500 rpm, cuyo vehículo funciona a diésel, porque según la norma INEN 207 no sugiere la medición de Dióxido de Carbono en vehículos a diésel y fundamentalmente porque no existía una correcta medición de Hidrocarburos No Combustionados y Monóxido de Carbono;
4. Para todos los años, se eliminaron aquellas observaciones que marcaron Opacidad, cuyo vehículo funciona a gasolina, debido a que la opacidad no se mide para vehículos que funcionan con este combustible;
5. Para todos los años, se eliminaron aquellas observaciones donde todos los datos de las variables de contaminación eran datos perdidos o nulos; y,
6. Se eliminaron datos duplicados.

Considerando dichos criterios, la base final contó con 2.387.190 observaciones (aprox. un 8,18% menos que la base original entregada por la AMT).

6.2 DETERMINACIÓN DEL GRUPO DE TRATAMIENTO Y GRUPO DE CONTROL

El método DD requiere que los grupos de tratamiento y control compartan características similares entre individuos. Por tal motivo, para la utilización de dicho método, se han considerado aquellos vehículos con un cilindraje mayor a 1.500 c.c., y los grupos se han establecido en base al tipo de servicio, como grupo de tratamiento a los vehículos particulares sobre los cuales recae el pago del impuesto y el grupo de control a los vehículos de servicio público los cuales están exonerados del pago del IACV según la ley.

La tabla de aplicación del IACV establece que los vehículos con un cilindraje menor o igual a 1.500 c.c. no pagan impuesto. Es por este motivo que no se los ha incluido en el método de Diferencias en Diferencias. Además, estos vehículos no comparten características similares con el resto de vehículos (por ejemplo, mientras la mayoría

de motocicletas corresponden a esos cilindrajes, los vehículos de transporte pesado son de cilindrajes mayores), por lo que considerarlos dentro del modelo DD provoca resultados sesgados.

La segmentación de los vehículos mayores a 1.500 c.c. entre grupo de tratamiento y control considerando el tipo de servicio obedece al principio de aplicación del método DD. Los vehículos públicos están exonerados del pago del impuesto, por lo tanto, no han sido afectados por la implementación del IACV, mientras que los vehículos particulares son objeto del pago de dicho impuesto.

6.3 VARIABLES OBTENIDAS

Considerando los grupos señalados, se procedió a crear las siguientes variables binarias (dummy) como lo requiere el método DD:

1. Variable “per”, correspondiente al periodo antes y después de la implantación del IACV: cero si corresponde a los años 2008-2011 (antes del IACV), y 1 si corresponde a los años 2012-2015 (después del IACV);
2. Variable “trat”, correspondiente a los vehículos a los cuales se les grava y a los que no con el IACV, en base a su tipo de servicio: 0 si son vehículos de servicio público (grupo de control), y 1 si son catalogados como vehículos de servicio particular (grupo de tratamiento);
3. Variable “diff”, cuyo coeficiente mide el Efecto Promedio del Tratamiento, es decir el impacto de la implantación del IACV en la contaminación vehicular: variable obtenida de la multiplicación de las variables “per” y “trat”.

A continuación, se muestran las variables de la base obtenida, el tipo de variable y una breve descripción de cada una:

Tabla 4 Resumen de variables

Nombre de la Variable	Tipo de Variable	Descripción
VARIABLES IDENTIFICADORAS		
anio_fiscal	Numérica (int)	Año de revisión y pago de impuesto
anio_modelo	Numérica (int)	Año del modelo de un vehículo
cilindraje	Numérica (long)	Cilindraje del vehículo en centímetros cúbicos
VARIABLES DEPENDIENTES		
co2ralenti	Numérica (double)	Dióxido de Carbono en Ralentí en g/km, al momento de la RTV
co2altas	Numérica (double)	Dióxido de Carbono en Altas en g/km, al momento de la RTV
hcralenti	Numérica (long)	Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí en partes por millón (ppm), al momento de la RTV
hc2500	Numérica (long)	Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm en partes por millón (ppm), al momento de la RTV
coralenti	Numérica (double)	Monóxido de Carbono en Ralentí, en g/km, al momento de la RTV
co2500	Numérica (double)	Monóxido de Carbono a 2.500 rpm en g/km, al momento de la RTV
opacidad	Numérica (byte)	Opacidad en Vehículos a Diésel en %, al momento de la RTV
VARIABLES INDEPENDIENTES		
per	Numérica (binaria)	Relacionada con el periodo de aplicación del IACV: 1 si pertenece al periodo 2012-2015
trat	Numérica (binaria)	Relacionada con el grupo de tratamiento, es decir los vehículos que pagan IACV: 1 si particular
diff	Numérica (binaria)	Indicador de Diferencias en Diferencias (Efecto Promedio del Tratamiento): per * trat

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

6.4 RESULTADOS DEL IMPACTO DEL IACV MEDIANTE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

El objetivo del presente análisis es determinar el impacto que ha tenido la implantación del IACV en la contaminación vehicular para la ciudad de Quito durante el periodo 2008-2015. Para eso, y tomando en cuenta las siete variables relacionadas con la contaminación, se ha aplicado el método de DD para cada una de las variables.

Considerando que la muestra debe incluir a sujetos de características similares entre el grupo de tratamiento y el grupo de control, se han realizado los modelos considerando los vehículos de servicio público y los particulares con cilindraje mayor a 1.500 c.c. (ver numeral 6.2).

Previa a la aplicación del método DD, se grafican las tendencias de los promedios de las emisiones de gases contaminantes por año y por grupos para evidenciar una tendencia común, requisito básico e indispensable para la aplicación del modelo. Además, se ha aplicado una prueba de diferencia de medias para validar la diferencia entre los promedios de los gases contaminantes por grupos entre periodos.

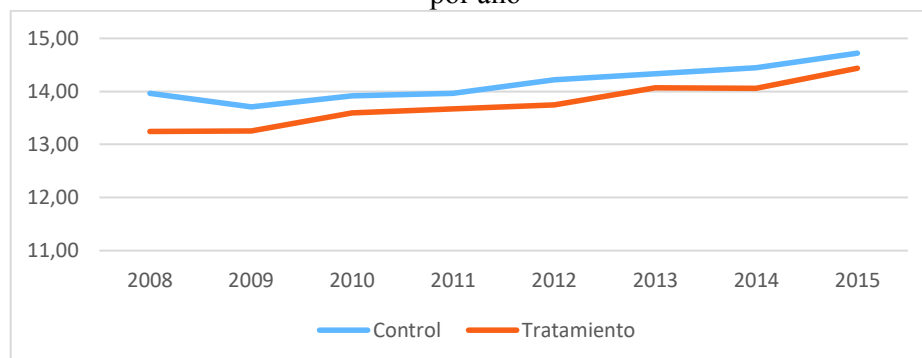
Puesto que los modelos DD han sido obtenidos mediante regresión lineal múltiple bajo el método de mínimos cuadrados ordinarios, solamente se aceptan aquellos modelos cuyos coeficientes sean estadísticamente significativos a un nivel de 95% de confianza ($P\text{-valor} < 0,05$). Para el caso de las pruebas de medias, también se han calculado los intervalos de confianza a un 95% de confianza).

A continuación, se presentan los resultados del modelo DD para cada variable contaminante¹⁰:

¹⁰ Resultados obtenidos utilizando el comando “diff” en STATA, desarrollado por Villa, Juan (2016). En el anexo C se muestran los resultados por el método de mínimos cuadrados ordinarios, los cuales coinciden con los obtenidos con el comando “diff”. Además, se incluyen los resultados originales del comando “diff” (en inglés).

6.4.1 ANÁLISIS DEL DIÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ

Gráfico 30 Evolución del promedio de Dióxido de Carbono en Ralentí por grupo y por año



Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando los vehículos que marcaron emisiones de CO₂ en Ralentí, la muestra consta de 1.557.431 observaciones, de la cual el 2,8% corresponden al grupo de control y 97,2% al grupo de tratamiento. Analizando los promedios de las emisiones de este gas de la muestra, se observa que la tendencia es creciente en ambos grupos, por lo que se podría aplicar el modelo DD. Considerando los valores de los promedios anuales, el grupo de control promedió emisiones de 13,96 g/km y el grupo de tratamiento de 13,25 g/km durante el 2008 (con una brecha de -0,71 g/km), mientras que en el año 2015 dichos promedios fueron de 14,72 g/km y 14,44 g/km respectivamente (con una brecha de -0,28 g/km).

Tabla 5 Prueba de medias: Dióxido de Carbono en Ralentí

Periodo	Grupo	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
2008-2011	Control	13,889	13,868	13,910	0,0000
	Tratamiento	13,463	13,459	13,466	
2012-2015	Control	14,445	14,436	14,455	0,0000
	Tratamiento	14,072	14,070	14,075	

*Ho: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; Ha: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Analizando las medias por periodos y por grupos, la prueba de diferencia de medias indica que son estadísticamente diferentes de cero para ambos periodos.

Tabla 6 Resultados del método de DD para Dióxido de Carbono en Ralentí

RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS				
Número de observaciones en Dif-en-Dif:		1.557.431		
	Antes	Después		
Control:	10.956	32.030	42.986	
Tratamiento:	689.940	824.505	1.514.445	
	700.896	856.535		

Resultado	co2ra~i	Error Est.	t	P> t
Antes				
Control	13,889			
Tratamiento	13,463			
Difer. (T-C)	-0,426	0,012	-36,26	0,000 ***
Después				
Control	14,445			
Tratamiento	14,072			
Difer. (T-C)	-0,373	0,007	53,68	0,000 ***
Dif-en-Dif	0,053	0,014	3,88	0,000 ***

R-cuadrado: 0,06

* Medias y Errores Estándar estimadas mediante regresión lineal

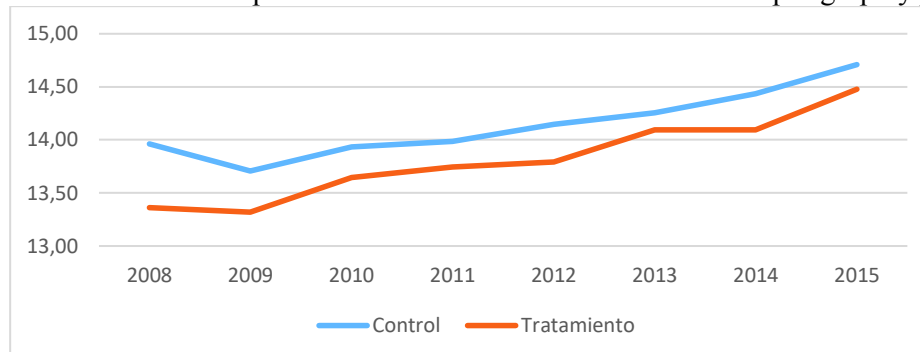
** Inferencia: *** p<0.01; **p<0.05; *p<0.1

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI**Elaboración:** La autora

Considerando que las tendencias entre grupos son similares en el periodo 0, se aplica el método DD para el CO₂ en ralentí. Mientras que el grupo de control presentó emisiones por 13,89 g/km promedio en el periodo 0, el grupo de tratamiento presentó emisiones por 13,46 g/km, presentando una diferencia de -0,43 g/km. Sin embargo, en el periodo 1, mientras el grupo de control promedió emisiones por 14,45 g/km, el grupo de tratamiento promedió un valor de 14,07 g/km, obteniéndose una diferencia de -0,37 g/km. Es así que el indicador de diferencias en diferencias fue de 0,05 g/km promedio. Dada la tendencia positiva de las emisiones de CO₂ en ralentí, mientras que el grupo de control aumentó sus emisiones en 0,56 g/km promedio entre los dos periodos antes señalados, el grupo de tratamiento aumentó en 0,61 g/km, concluyendo que la implementación del IACV no ha contribuido en disminuir la emisión promedio de CO₂ en ralentí.

6.4.2 ANÁLISIS DEL DIÓXIDO DE CARBONO EN ALTAS

Gráfico 31 Evolución del promedio de Dióxido de Carbono en Altas por grupo y por año



Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando el CO₂ en altas, la muestra se compone de 1.557.058 observaciones, de la cual el 2,8% corresponde al grupo control, y el 97,2% corresponde al grupo de tratamiento. Analizando los promedios anuales de emisión de este gas, podemos evidenciar una tendencia al alza. En el 2008, el promedio de emisión de CO₂ en ralentí del grupo de control fue de 13,96 g/km, mientras que la del grupo de tratamiento fue de 13,36 g/km (con una brecha de -0,60 g/km promedio); mientras que, en el 2015, el promedio de emisión del grupo de control fue de 14,71 g/km y el del grupo de tratamiento fue de 14,47 g/km (con una brecha de -0,23 g/km).

Tabla 7 Prueba de medias: Dióxido de Carbono en Altas

Periodo	Grupo	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
2008-2011	Control	13,897	13,878	13,917	0,0000
	Tratamiento	13,538	13,535	13,541	
2012-2015	Control	14,405	14,399	14,411	0,0000
	Tratamiento	14,112	14,110	14,113	

*Ho: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; Ha: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Analizando los promedios de emisión del gas bajo análisis, la diferencia de medias es estadísticamente significativa distinta de cero.

Tabla 8 Resultados del método de DD para Dióxido de Carbono en Altas

RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

Número de observaciones en Dif-en-Dif: 1.557.058

	Antes	Después	
Control:	10.956	32.029	42.985
Tratamiento:	689.708	824.365	1.514.073
	700.664	856.394	

Resultado	co2al~s	Error Est.	t	P> t
Antes				
Control	13,897			
Tratamiento	13,538			
Difer. (T-C)	-0,360	0,010	-34,57	0,000 ***
Después				
Control	14,405			
Tratamiento	14,112			
Difer. (T-C)	-0,293	0,006	47,70	0,000 ***
Dif-en-Dif	0,066	0,012	5,47	0,000 ***

R-cuadrado: 0,07

* Medias y Errores Estándar estimadas mediante regresión lineal

** Inferencia: *** p<0.01; **p<0.05; *p<0.1

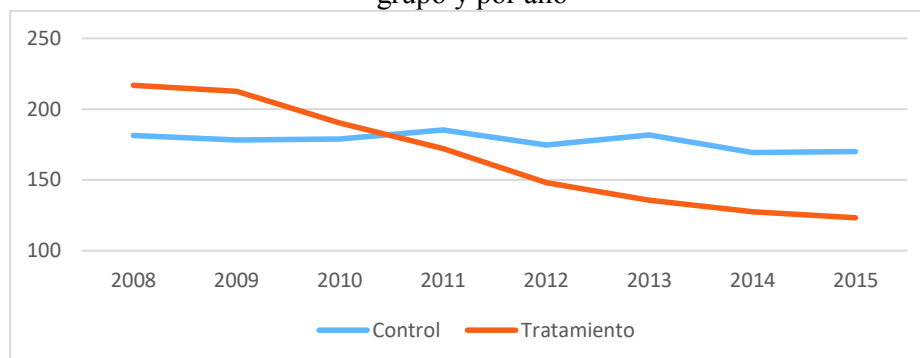
Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando las tendencias similares entre los grupos durante el periodo pre-impuesto para el CO₂ en altas, se aplicó el modelo DD. Bajo esta metodología, en el periodo pre-impuesto el grupo de control presentó una emisión de 13,90 g/km promedio, mientras el grupo de tratamiento fue de 13,54 g/km, representando una diferencia de -0,36 g/km. Pero durante el periodo de aplicación del IACV, el grupo de control promedió una emisión de 14,41 g/km y el grupo de tratamiento una emisión de 14,11 g/km, presentando una diferencia de -0,29 g/km. Es decir que el indicador de diferencias en diferencias fue de 0.07 g/km. Tal como el CO₂ en ralentí, las emisiones han presentado una tendencia positiva, y además el crecimiento de la emisión promedio de contaminación entre periodos ha sido mayor para el grupo de tratamiento que para el grupo de control (0,51 g/km grupo de control; 0,57 g/km grupo de tratamiento), concluyendo nuevamente que la implementación del IACV no ha contribuido en disminuir la emisión promedio de CO₂ en altas.

6.4.3 ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS EN RALENTÍ

Gráfico 32 Evolución del promedio de Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí por grupo y por año



Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Para el análisis del HC en Ralentí, la muestra consta de 1.538.317 observaciones, de la cual el 2,8% corresponde al grupo de control y el 97,2% al grupo de tratamiento. La tendencia de este gas ha sido decreciente para el grupo tratamiento, y relativamente constante en el grupo de control. En el 2008, el promedio de emisiones de HC en ralentí en el grupo de control fue de 181 ppm y el del grupo de tratamiento fue de 217 ppm (con una brecha de 36 ppm); mientras que para el 2015 el promedio fue de 170 ppm y 123 ppm para cada grupo respectivamente (con una brecha de -47 ppm). Como se observa en el gráfico, las tendencias no son similares durante el periodo pre-impuesto, por lo que se anticipa la imposibilidad de aplicación del método DD para este tipo de gas.

Tabla 9 Prueba de medias: Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí

Periodo	Grupo	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
2008-2011	Control	180,882	172,116	189,648	0,0002
	Tratamiento	195,893	194,921	196,864	
2012-2015	Control	173,575	170,154	176,996	0,0000
	Tratamiento	133,665	132,992	134,339	

*H₀: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; H_a: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando los promedios de los grupos por periodos, se observa que, estadísticamente hablando, las medias de los grupos serían diferentes, es decir que la diferencia de medias sería diferente de cero. Sin embargo, el intervalo de

confianza del grupo de control en el periodo pre-impuesto se interseca con el intervalo de confianza en el periodo de aplicación de impuesto.

Tabla 10 Prueba de medias: Hidrocarburos No Combustionados en Ralentí

Grupo	Período	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
Control	2008-2011	180,882	172,116	189,648	0,0656
	2012-2015	173,575	170,154	176,996	
Tratamiento	2008-2011	195,893	194,921	196,864	0,0000
	2012-2015	133,665	132,992	134,339	

*Ho: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; Ha: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

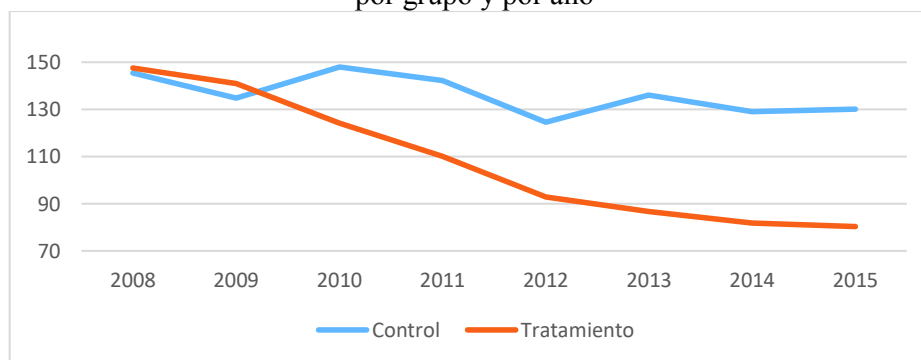
Elaboración: La autora

Considerando los promedios de los periodos por grupos, podemos comprobar que la media del grupo de control es estadísticamente igual durante el periodo antes del impuesto y después del impuesto, puesto que el P-valor de la prueba de la diferencia de medias es superior a 5%. Esto evidencia que el grupo de control ha mostrado un comportamiento similar durante todo el periodo de estudio, resultado esperado al ser grupo de control.

Sin embargo, como se observó anteriormente, durante los años 2008-2011 las tendencias de los grupos no han sido similares (existe una intersección entre los años 2010-2011), por lo que no se puede aplicar el método DD para el HC en ralentí.

6.4.4 ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS NO COMBUSTIONADOS A 2.500 RPM

Gráfico 33 Evolución del promedio de Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm por grupo y por año



Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando el HC a 2.500 rpm, la muestra se compone de 1.542.904 observaciones, de la cual el 2,8% corresponde al grupo de control y el 97,2% al grupo de tratamiento. La tendencia durante el periodo de tiempo ha sido decreciente para el grupo tratamiento y ligeramente decreciente para el grupo control. Durante el 2008, el grupo control promedió emisiones por 145 ppm, y el grupo de tratamiento por 147 ppm (con una brecha de 2 ppm); mientras que, durante el 2015, las emisiones fueron de 130 ppm y 80 ppm respectivamente (con una brecha de -50 ppm).

Tabla 11 Prueba de medias: Hidrocarburos No Combustionados a 2.500 rpm

Periodo	Grupo	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
2008-2011	Control	142,586	136,178	148,993	0,0000
	Tratamiento	129,012	128,370	129,655	
2012-2015	Control	129,936	127,280	132,592	0,0000
	Tratamiento	85,427	84,969	85,886	

*Ho: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; Ha: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

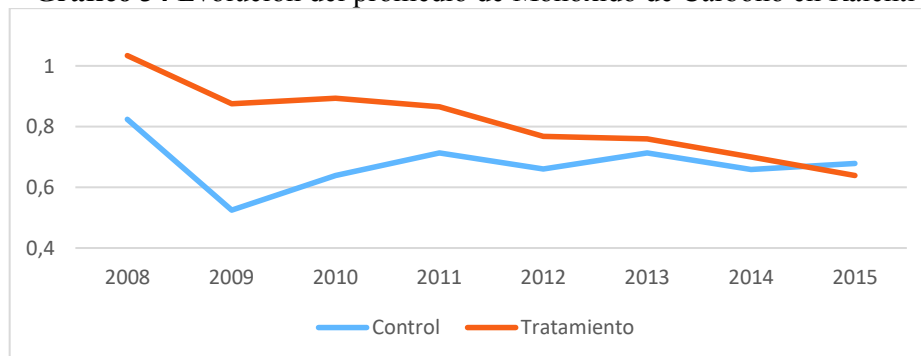
Elaboración: La autora

Analizando los promedios de emisión del gas bajo análisis, la diferencia de medias es estadísticamente significativa distinta de cero.

Sin embargo, como se evidenció en el gráfico 33, las tendencias durante el periodo pre-impuesto no son similares (existe una intersección entre los años 2009-2010), por lo que no se puede aplicar el método de diferencias en diferencias para el HC a 2.500 rpm (similarmemente al resultado del HC en ralentí).

6.4.5 ANÁLISIS DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ

Gráfico 34 Evolución del promedio de Monóxido de Carbono en Ralentí



Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando el Monóxido de Carbono en Ralentí, la muestra consta de 1.304.241 observaciones, de las cuales el 3,1% corresponden al grupo de control, y el 96,9 corresponden al grupo de tratamiento. Observando las tendencias de las series, podemos apreciar que tanto el grupo de control como el grupo tratamiento tienen una tendencia decreciente, siendo más pronunciada para el grupo tratamiento. En el 2008, el grupo de control promedió emisiones de este gas por 0,82 g/km y el grupo de tratamiento promedió 1,03 g/km (con una brecha de 0,21 g/km); mientras que en el 2015 el grupo de control promedió 0,68 g/km y el grupo de tratamiento 0,64 g/km (con una brecha de -0,04 g/km).

Tabla 12 Prueba de medias por periodo: Monóxido de Carbono en Ralentí

Periodo	Grupo	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
2008-2011	Control	0,665	0,639	0,691	0,0000
	Tratamiento	0,911	0,907	0,916	
2012-2015	Control	0,677	0,663	0,692	0,0000
	Tratamiento	0,720	0,716	0,723	

*H₀: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; H_a: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Realizando la prueba de diferencia de medias de los grupos por período, los resultados muestran que son estadísticamente diferentes de cero. Sin embargo, los intervalos de confianza se intersecan entre los grupos de control para los dos períodos.

Tabla 13 Prueba de medias por grupo: Monóxido de Carbono en Ralentí

Grupo	Período	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
Control	2008-2011	0,665	0,639	0,691	0,3982
	2012-2015	0,677	0,663	0,692	
Tratamiento	2008-2011	0,911	0,907	0,916	0,0000
	2012-2015	0,720	0,716	0,723	

*Ho: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; Ha: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Realizando la prueba de diferencia de medias de los periodos por grupo, se puede observar que para el grupo de control son estadísticamente igual a cero, es decir que las medias del grupo de control son iguales. Esto implicaría que los promedios del grupo de control no han variado significativamente durante el periodo de estudio, resultado esperado para dicho grupo.

Tabla 14 Resultados del método de DD para Monóxido de Carbono en Ralentí

RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

Número de observaciones en Dif-en-Dif: 1.304241

	Antes	Después	
Control:	10.127	30.578	40.705
Tratamiento:	595.435	668.101	1.263536
	605.562	698.679	

Resultado	coral~i	Error Est.	t	P> t
Antes				
Control	0,665			
Tratamiento	0,911			
Difer. (T-C)	0,246	0,017	14,85	0,000 ***
Después				
Control	0,677			
Tratamiento	0,720			
Difer. (T-C)	0.042	0,010	4,36	0,000 ***
Dif-en-Dif	-0,204	0,019	10,63	0,000 ***

R-cuadrado: 0,00

* Medias y Errores Estándar estimadas mediante regresión lineal

** Inferencia: *** p<0.01; **p<0.05; *p<0.1

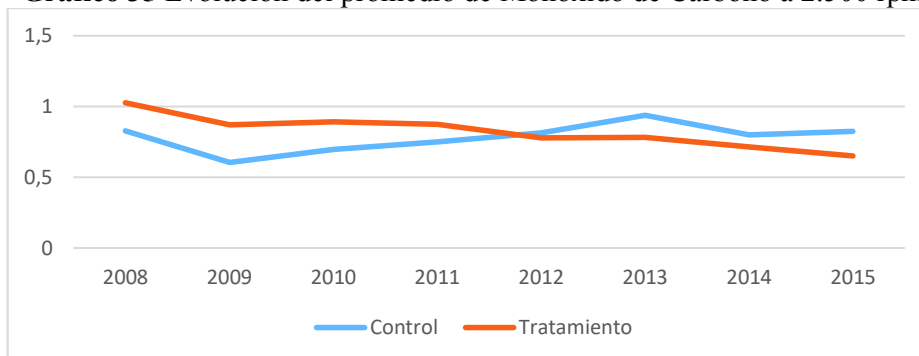
Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Una vez que se ha verificado la similitud de las tendencias en los grupos durante el periodo pre-impuesto, se ha aplicado el método DD al CO en ralentí. En el periodo 2008-2011 el grupo de control presentó emisiones por 0,67 g/km promedio, mientras que el grupo de tratamiento presentó 0,91 g/km, es decir que hubo una diferencia entre grupos de 0,25 g/km. En el periodo 2012-2015, el grupo de control marcó una emisión promedio de 0,68 g/km mientras que el de tratamiento fue de 0,72 g/km, con una diferencia intergrupala de 0.04 g/km. Es así que el indicador de diferencias en diferencias fue de -0,20 g/km, considerando la tendencia negativa de esta emisión en el tiempo implica que el grupo de tratamiento disminuyó sus emisiones de gases en -0.19 g/km entre periodos y el grupo control aumentó 0.01 g/km, concluyendo que la implementación del IACV ha contribuido en disminuir la emisión de este gas.

6.4.6 ANÁLISIS DEL MONÓXIDO DE CARBONO A 2.500 RPM

Gráfico 35 Evolución del promedio de Monóxido de Carbono a 2.500 rpm



Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando el CO a 2.500 rpm, la muestra considera un total de 1.396.260 observaciones, siendo el 3% del total el grupo de control y el 97% el grupo de tratamiento. Gráficamente se puede observar que la tendencia para el grupo de control es decreciente durante el periodo pre-impuesto y creciente en el periodo post impuesto; la tendencia del grupo tratamiento es decreciente durante todo el periodo. En el año 2008, el promedio de emisión de este gas fue de 0,83 g/km para el grupo de control y de 1,02 g/km para el grupo de tratamiento (con una brecha de 0,19 g/km), mientras que en el año 2015 los promedios fueron de 0,82 g/km y 0,65 g/km para cada grupo respectivamente (con una brecha de -0,17g/km).

Tabla 15 Prueba de medias: Monóxido de Carbono a 2.500 rpm

Periodo	Grupo	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
2008-2011	Control	0,711	0,689	0,734	0,0000
	Tratamiento	0,910	0,906	0,914	
2012-2015	Control	0,841	0,827	0,855	0,0000
	Tratamiento	0,732	0,729	0,736	

*Ho: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; Ha: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Analizando las medias de los grupos por periodos, se puede evidenciar que las diferencias de medias son distintas de cero, con significancia estadística.

Tabla 16 Resultados del método de DD para Monóxido de Carbono a 2.500 rpm

RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

Número de observaciones en Dif-en-Dif:	1.396.260		
	Antes	Después	
Control:	10.559	31.421	41.980
Tratamiento:	629.494	724.786	1.354.280
	640.053	756.207	

Resultado	co2.500	Error Est.	t	P> t
Antes				
Control	0,711			
Tratamiento	0,910			
Difer. (T-C)	0,199	0,015	12,85	0,000 ***
Después				
Control	0,841			
Tratamiento	0,732			
Difer. (T-C)	-0,109	0,009	12,01	0,000 ***
Dif-en-Dif	-0,308	0,018	17,16	0,000 ***

R-cuadrado: 0,00

* Medias y Errores Estándar estimadas mediante regresión lineal

** Inferencia: *** p<0.01; **p<0.05; *p<0.1

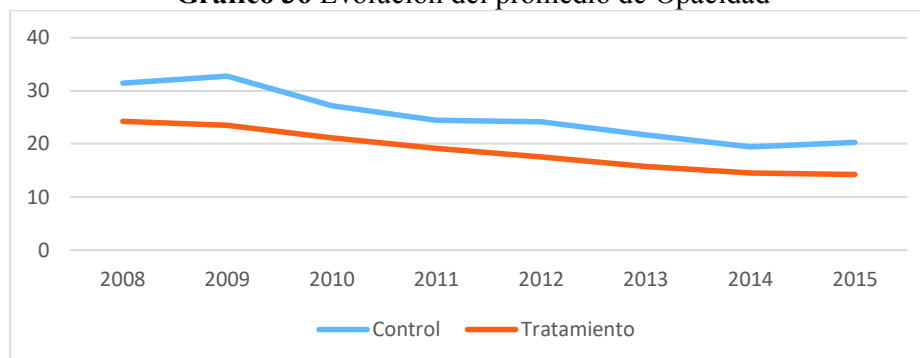
Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando la similitud de las tendencias de los grupos durante el periodo 2008-2011, se ha aplicado el método DD al CO a 2.500 rpm. Es así que, durante el periodo pre-impuesto el grupo de control emitió dicho gas en 0,71 g/km promedio mientras el grupo de tratamiento fue de 0,91 g/km, con una diferencia entre grupos de 0,20 g/km; mientras que en el periodo de aplicación del impuesto el grupo de control emitió 0,84 g/km promedio y el grupo de tratamiento 0,73 g/km, con una diferencia entre grupos de -0,11 g/km. Es así que la diferencia de las diferencias fue de -0,31 g/km, implicando que el grupo de tratamiento disminuyó la emisión de este tipo de gas (control: 0,13 g/km; tratamiento: -0,18 g/km), por lo que se puede atribuir esta disminución en la emisión de este gas a la implementación del IACV.

6.4.7 ANÁLISIS DE OPACIDAD

Gráfico 36 Evolución del promedio de Opacidad



Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando la Opacidad, la muestra consta de 216.813 observaciones, de la cual el 29,2% está conformado por el grupo de control, mientras que el 70,8% por el grupo de tratamiento. Las tendencias de ambos grupos han sido negativas: en el 2008 el promedio del grupo de control fue de 31,45% y el promedio del grupo de tratamiento fue de 24,28% (con una brecha entre grupos de -7,17%); mientras que en el 2015 el promedio del grupo de control fue de 20,27% y el del grupo de tratamiento fue de 14,23% (con una brecha de -6,04%).

Tabla 17 Prueba de medias: Opacidad

Periodo	Grupo	Promedio	Intervalo de Confianza 95%		P-valor Diferencia de Medias*
2008-2011	Control	28,078	27,732	28,424	0,0000
	Tratamiento	21,704	21,551	21,857	
2012-2015	Control	21,207	21,037	21,377	0,0000
	Tratamiento	15,526	15,412	15,640	

*Ho: $\mu_0 - \mu_1 = 0$; Ha: $\mu_0 - \mu_1 \neq 0$

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

En cuanto a los promedios de la opacidad entre los periodos antes y después de la aplicación del IACV, el análisis de diferencia de medias indica que son estadísticamente diferente de cero.

Tabla 18 Resultados del método de DD para Opacidad

RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS

Número de observaciones en Dif-en-Dif: 216.813

	Antes	Después	
Control:	15.666	47.701	63.367
Tratamiento:	67.436	86.010	153.446
	83.102	133.711	

Resultado	opaci~d	Error Est.	t	P> t
Antes				
Control	28,078			
Tratamiento	21,704			
Difer. (T-C)	-6,374	0,168	37,99	0,000 ***
Después				
Control	21,207			
Tratamiento	15,526			
Difer. (T-C)	-5,680	0,108	52,60	0,000 ***
Dif-en-Dif	0,694	0,200	3,48	0,001 ***

R-cuadrado: 0,04

* Medias y Errores Estándar estimadas mediante regresión lineal

** Inferencia: *** p<0.01; **p<0.05; *p<0.1

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Considerando la similitud de tendencias entre grupos durante el periodo 2008-2011, se ha aplicado el método DD. Durante el periodo pre-impuesto el grupo de control marcó una opacidad promedio de 28,08% mientras que el grupo de tratamiento marcó 21,70%, es decir hubo una diferencia de -637 puntos básicos¹¹. En el periodo de aplicación de impuesto, el grupo de control promedió un 21,21% de opacidad, mientras que el grupo de tratamiento promedió 15,53%, es decir que hubo una diferencia entre grupos de -568 puntos básicos. Es así que el indicador de diferencias en diferencias fue de 69 puntos básicos; 0,69 puntos porcentuales. Considerando la tendencia negativa en la evolución de este tipo de gas, se puede observar que el grupo de tratamiento disminuyó su emisión de gases en un volumen menor que el grupo de control: siendo -687 puntos básicos el grupo de control y -618 puntos básicos el grupo tratamiento.

¹¹ 1 punto básico = 0.01%

6.4.8 ANÁLISIS POR AÑO DE ANTIGÜEDAD

En base a la aplicación del método de diferencias en diferencias a los gases anteriormente expuestos (con excepción del HC en ralentí conforme lo expuesto en el numeral 6.4.3 y 6.4.4), se ha procedido adicionalmente a obtener el indicador de diferencias en diferencias agrupando según el año del modelo del vehículo en base a los años de la Tabla 2, es decir conforme la Tabla de Antigüedad y Factor de Ajuste utilizada para el cálculo del IACV.

Tabla 19 Número de observaciones del modelo de DD por años de antigüedad

TIPO DE GAS	ESTAD O	Grupo	Número de observaciones					
			Todos	<=5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	>20 años
CO ₂	Ralentí	Control	42.986	10.991	20.916	9.925	791	363
		Tratam.	1.514.445	206.098	573.658	407.100	131.496	196.093
		Total	1.557.431	217.089	594.574	417.025	132.287	196.456
	Altas	Control	42.985	10.990	20.916	9.925	791	363
		Tratam.	1.514.073	206.087	573.424	406.940	131.503	196.119
		Total	1.557.058	217.077	594.340	416.865	132.294	196.482
HC	Ralentí	Control	42.853	10.920	20.855	9.924	791	363
		Tratam.	1.495.464	196.912	564.937	406.049	131.472	196.094
		Total	1.538.317	207.832	585.792	415.973	132.263	196.457
	2.500 rpm	Control	42.895	10.934	20.882	9.925	791	363
		Tratam.	1.500.009	199.212	567.123	406.083	131.478	196.113
		Total	1.542.904	210.146	588.005	416.008	132.269	196.476
CO	Ralentí	Control	40.705	9.871	19.863	9.819	789	363
		Tratam.	1.263.536	130.486	435.752	371.478	130.046	195.774
		Total	1.304.241	140.357	455.615	381.297	130.835	196.137
	2.500 rpm	Control	41.980	10.436	20.497	9.895	790	362
		Tratam.	1.354.280	153.375	487.222	387.021	130.733	195.929
		Total	1.396.260	163.811	507.719	396.916	131.523	196.291
Opacidad	Control	63.367	18.449	24.930	17.109	1.730	1.149	
	Tratam.	153.446	37.151	74.349	31.482	4.950	5.514	
	Total	216.813	55.600	99.279	48.591	6.680	6.663	

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Para el estudio de DD de acuerdo al año de antigüedad y al tipo de gas, la mayor cantidad de observaciones se encuentra en los vehículos con una antigüedad entre los 6 a 10 años, de igual forma, la menor cantidad de observaciones se encuentra en los vehículos con una antigüedad mayor a 20 años.

Tabla 20 Porcentaje de observaciones del modelo de DD por años de antigüedad

TIPO DE GAS	ESTADO	Grupo	% de observaciones					
			Todos	<=5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	>20 años
CO2	Ralentí	Control	2,76%	5,06%	3,52%	2,38%	0,60%	0,18%
		Tratam.	97,24%	94,94%	96,48%	97,62%	99,40%	99,82%
	Altas	Control	2,76%	5,06%	3,52%	2,38%	0,60%	0,18%
		Tratam.	97,24%	94,94%	96,48%	97,62%	99,40%	99,82%
HC	Ralentí	Control	2,79%	5,25%	3,56%	2,39%	0,60%	0,18%
		Tratam.	97,21%	94,75%	96,44%	97,61%	99,40%	99,82%
	2.500 rpm	Control	2,78%	5,20%	3,55%	2,39%	0,60%	0,18%
		Tratam.	97,22%	94,80%	96,45%	97,61%	99,40%	99,82%
CO	Ralentí	Control	3,12%	7,03%	4,36%	2,58%	0,60%	0,19%
		Tratam.	96,88%	92,97%	95,64%	97,42%	99,40%	99,81%
	2.500 rpm	Control	3,01%	6,37%	4,04%	2,49%	0,60%	0,18%
		Tratam.	96,99%	93,63%	95,96%	97,51%	99,40%	99,82%
Opacidad		Control	29,23%	33,18%	25,11%	35,21%	25,90%	17,24%
		Tratam.	70,77%	66,82%	74,89%	64,79%	74,10%	82,76%

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

La conformación de grupos de control y tratamiento de acuerdo a los años de antigüedad y al tipo de gas, para el grupo de control oscila entre 0,18% y 35,21% de las observaciones; en tanto el grupo tratamiento oscila entre 64,79% y 99,82% de las observaciones totales.

Tabla 21 Resultados del modelo de DD por años de antigüedad

TIPO DE GAS	ESTADO	INDICADOR DIF-EN-DIF E INFLUENCIA DEL IACV, POR AÑO DEL MODELO DEL VEHÍCULO (ANTIGÜEDAD)									
		<=5 años	IACV	6-10 años	IACV	11-15 años	IACV	16-20 años	IACV	>20 años	IACV
CO2	Ralentí	-0.147	SI	-0.161	SI	0.073	NO	0.153*	NO*	0.395	NO
	Altas	-0.107	SI	-0.119	SI	0.123	NO	0.149*	NO*	0.389	NO
HC	Ralentí	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	2.500 rpm	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
CO	Ralentí	-0.243	SI	-0.317	SI	-0.012*	SI	0.378	NO	-0.551*	SI*
	2.500 rpm	-0.412	SI	-0.39	SI	-0.038	SI	0.111*	NO*	-0.207*	SI*
Opacidad		-3.189	SI	-0.676	SI	2.719	NO	3.519	NO	4.228	NO
* Indicador (coeficiente) significativo al menos al 91% de confianza											
SI: La implementación del IACV si ha contribuido a reducir la emisión del gas contaminante											
NO: La implementación del IACV no ha contribuido a reducir la emisión del gas contaminante											

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

Agrupando los vehículos en base a la antigüedad (año base=2015), se obtiene que para los vehículos con antigüedad menor o igual a 10 años la aplicación del impuesto ha influido positivamente, puesto que el indicador de diferencias en diferencias ha sido negativo para cada uno de los gases contaminantes en estudio, mientras que, para los vehículos con una antigüedad mayor a 11 años los resultados varían dependiendo del tipo de gas contaminante. Estos resultados demuestran una efectividad parcial del IACV, reduciendo la emisión de gases contaminantes para vehículos cuyo modelo es mayor al 2005, es decir para vehículos nuevos y seminuevos, mientras que, para los vehículos antiguos, la efectividad ha sido parcial dependiendo del tipo de gas.

6.4.9 RESUMEN DE LOS RESULTADOS

Tabla 22 Resumen de los resultados del modelo de DD

TIPO DE GAS	ESTADO	TENDENCIA (TRAT/CTRL)	COEFICIENTE DD	INFLUENCIA DEL IACV
CO ₂	Ralentí	POSITIVA/POSITIVA	0,053	No contribuyó a reducir
	Altas	POSITIVA/POSITIVA	0,066	No contribuyó a reducir
HC	Ralentí	NEGATIVA/NEGATIVA	#N/A	#N/A
	2.500 rpm	NEGATIVA/NEGATIVA	#N/A	#N/A
CO	Ralentí	NEGATIVA/NEGATIVA	-0,204	Si contribuyó a reducir
	2.500 rpm	NEGATIVA/NEGATIVA	-0,308	Si contribuyó a reducir
Opacidad		NEGATIVA/NEGATIVA	0,694	No contribuyó a reducir

Fuente: Base de datos AMT, base de vehículos SRI

Elaboración: La autora

En base a la aplicación del método de diferencias en diferencias para evaluar la influencia del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV) en la emisión de gases contaminantes (medidos durante la Revisión Técnica Vehicular - RTV- anual) para la ciudad de Quito durante el periodo 2008-2015, se ha evidenciado que existiría una efectividad parcial de dicho impuesto como lo demuestran los resultados mixtos obtenidos a través del método DD. Para el grupo de tratamiento, es decir para aquellos vehículos gravados con el IACV, la emisión de Monóxido de Carbono (en ralentí y a 2.500 rpm) ha disminuido, obteniéndose un resultado positivo de la implantación del impuesto. Para el caso de las emisiones por Dióxido de Carbono, el grupo de control ha emitido gases en menor medida que el grupo de tratamiento, y en el caso de la Opacidad, la disminución ha sido mayor para el grupo de control que para el grupo de tratamiento, concluyendo que la implementación del IACV no ayudado a reducir la emisión de estos gases contaminantes.

Además, se evidencia que la implantación del IACV ha presentado mejores resultados para aquellos vehículos con antigüedad menor o igual a 10 años que para aquellos con una antigüedad mayor. Esto refuerza la conclusión de efectividad parcial del impuesto.

Como tal, el IACV no depende de las emisiones de gases de un vehículo en particular, puesto que su fórmula depende del cilindraje del vehículo y del año de fabricación/año del modelo. Finalmente, los resultados mixtos de los modelos de diferencias en diferencias (utilizando la base completa o segmentándola por

antigüedad) demuestran una efectividad parcial del impuesto en la emisión de gases contaminantes, debiendo analizarse si la recaudación del IACV es utilizada para mitigar las emisiones de gases contaminantes del parque automotor en el ambiente como estudio complementario al presente estudio.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Los Impuestos Ambientales son instrumentos de política fiscal que utiliza un Estado para recaudar valores de los contribuyentes, que por sus actividades económicas causan efectos negativos al medio ambiente. Para este tipo de impuestos generalmente no se brinda contraprestación alguna por parte del Estado, siendo su finalidad promover una cultura ambientalista que ayude a mitigar el daño al medio ambiente.
- El Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV) es un impuesto de carácter nacional que grava a la contaminación provocada por el uso de vehículos motorizados de transporte terrestre. El valor del impuesto generado se calcula en función del cilindraje del vehículo y un factor de ajuste relacionado con los años de antigüedad del mismo. Existen ciertas deducciones que provocan que el valor a cancelar del impuesto disminuya y en otros casos se exoneren del pago, como es el caso de los vehículos de transporte público.
- Durante el periodo de análisis, la recaudación del IACV no supera el 0,90% de la recaudación efectiva total, comprobándose con ello que el enfoque de este impuesto no es estrictamente recaudatorio, y al igual que otros impuestos donde más se lo recauda es en Quito, Guayaquil y Cuenca.
- La Revisión Técnica Vehicular (RTV) es un procedimiento técnico de carácter obligatorio para los vehículos que circulan por la ciudad de Quito. Su finalidad dentro del aspecto ambiental, es que el vehículo automotor mantenga un nivel de emisiones contaminantes donde no se supere los límites máximos establecidos en la normativa vigente.

- El crecimiento del parque automotor en la ciudad de Quito es evidente, considerando que el incremento de los vehículos que se han presentado a la RTV durante el periodo de estudio ha sido de un 34,5%. Considerando las emisiones promedio (es decir, por vehículo presentado a la RTV), los resultados demuestran que el Dióxido de Carbono ha experimentado un crecimiento en su emisión durante el periodo de estudio, mientras que los Hidrocarburos no Combustionados, Monóxido de Carbono, y Opacidad en vehículos a diesel han experimentado un decrecimiento, siendo la mayor disminución la registrada por los Hidrocarburos No combustionados.
- El método de diferencias en diferencias es una metodología para evaluar el impacto de una política pública en base a la determinación de dos periodos de tiempo y de dos grupos denominados grupo de tratamiento y grupo de control. Para la aplicación del método de diferencias en diferencias en el presente estudio, se ha fijado como el periodo pre-impuesto los años 2008 - 2011, y el periodo de aplicación del impuesto a los años 2012 - 2015. Además, se ha determinado como grupo de tratamiento los vehículos de servicios particular, puesto que estos vehículos pagan el IACV, mientras que el grupo de control corresponde a los vehículos de servicio público, los cuales están exonerados del pago del IACV. Se han excluido del análisis los vehículos con cilindraje menor o igual a 1.500 c.c. por ser un segmento de vehículos que no comparten características similares con aquellos vehículos con cilindraje mayor.
- Mediante la aplicación del método de diferencias en diferencias a los vehículos con un cilindraje mayor a 1.500 c.c., se ha determinado que la aplicación del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular ha influido positivamente en la emisión de Monóxido de Carbono, reduciendo dichas emisiones para el grupo de tratamiento. Para el caso de las emisiones por Dióxido de Carbono, el grupo de control ha emitido gases en menor medida que el grupo de tratamiento, y en el caso de la Opacidad, la disminución ha sido mayor para el grupo de control que para el grupo de tratamiento. En el caso de los Hidrocarburos no Combustionados, no ha sido posible aplicar la

metodología propuesta considerando las tendencias de las emisiones durante el periodo antes de la aplicación del IACV.

- Considerando una clasificación de los vehículos por años de antigüedad en base a los grupos de tratamiento y control especificados previamente, se demuestra que el IACV ha influido positivamente en las emisiones promedio de gases contaminantes para los vehículos que tienen hasta 10 años de antigüedad. En cuanto a los vehículos mayores a 10 años, los resultados han sido mixtos dependiendo del tipo de gas contaminante, demostrándose una efectividad parcial del IACV.

7.2 RECOMENDACIONES

- Dada la relación con el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular y sus exoneraciones, sobre todo a los vehículos de servicio público, se debería verificar si la baja recaudación del impuesto se debe al gasto tributario originado por dichas exoneraciones, así como por las disposiciones transitorias de la ley.
- Aunque políticamente correcto, personalmente no comparto exonerar del pago del IACV a los vehículos de servicio público. Diariamente recorren buses que arrojan por sus tubos de escape grandes cantidades de “humo negro”, contaminando el ambiente, por lo que la exoneración al pago del IACV para este segmento del parque automotor resulta en una ineficiencia del impuesto en sí mismo.
- El enfoque del presente trabajo de titulación ha sido con respecto al IACV y su relación con la emisión de gases contaminantes obteniéndose resultados mixtos. Es así que, como complemento de esta investigación, se propone determinar si los ingresos por el IACV en el Presupuesto General del Estado han sido efectivamente utilizados para la mitigación de los efectos que los gases contaminantes ejercen en el medio ambiente.
- Se ha podido verificar la efectividad parcial del IACV vigente sobre los niveles de contaminación. De mejor forma, se podría enfocar el impuesto al tipo de gasolina y prioritariamente a la calidad de los combustibles que utilizan los vehículos, o grabar el impuesto a las emisiones de gases provocados por cada vehículo. Así se estaría vinculando efectivamente el impuesto a la contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

Acquatella, J. (2005). El papel conjunto de las autoridades fiscales y ambientales en la gestión ambiental de los países de América Latina y el Caribe. En J. Acquatella, & A. Bárcena (Edits.), *Política fiscal y medio ambiente: bases para una agenda común* (págs. 25-61). Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Aedo, C. (2005). *Evaluación de impacto*. (N. Unidas, Ed.) Santiago de Chile. Obtenido de www.cepal.org/publicaciones/xml/7/24337/lcl2442e.pdf

Aficionados a la Mecánica. (2014). Recuperado el 05 de 01 de 2017, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>

Agencia Estatal de Evaluación de las Políticas Públicas y la Calidad de los Servicios. (2010). *Fundamentos de evaluación de políticas públicas* (Primera ed.). Madrid: Ministerio de Política Territorial y Administración Pública. Agencia Estatal de Evaluación de las Políticas Públicas y la Calidad de los Servicios.

Améstica, L., Llinas-Audet, X., & Sánchez, I. (2014). Retorno de la Educación Superior en Chile. Efecto en la movilidad social a través del estimador de Diferencias en Diferencias. *Revista Formación Universitaria: Vol. 7*.

AS S.L.U. (2014). *Tipos de gases producidos en la combustión y sus consecuencias*. Recuperado el 05 de 01 de 2017, de https://www.as-sl.com/pdf/tipos_gases.pdf

Baker, J. L. (2000). *Evaluación de impacto de los proyectos de desarrollo en la pobreza*. Washington: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial.

Barrantes, R. (1993). *Economía del medio ambiente: consideraciones teóricas (Documentos de Trabajo)* (Vol. 48). Lima, Perú: IEP Instituto de Estudios Peruanos.

Berenson, M. L., & Levine, D. M. (1996). *Estadística Básica en Administración* (6 ed.). México: Pearson Educación.

Card, D., & Krueger, A. B. (1994). Minimum Wages and Employment: A Case Study of the Fast-Food Industry in New Jersey and Pennsylvania. *American Economic Review*, 772-793.

Casas Castillo, M. C., & Alarcón Jordán, M. (1999). *Meteorología y clima*. Catalunya: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, SL.

Catherine, R., Sánchez, F., & Armando, A. (2007). Hacia Una Mejor Educación Rural: Impacto de un Programa de Intervención en las Escuelas de Colombia. *Universidad de los Andes: Documento CEDE*.

Ciceron, D. (2007). *Contaminación y el Medio Ambiente*. Argentina: Eudeba Editorial Universidad de Buenos Aires.

Constitución de la República del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). *Registro Oficial N. 449*. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.

Duflo, E. (2001). Schooling and Labor Market Consequences of School Construction in Indonesia: Evidence from an Unusual Policy Experiment. *American Economic Review*. 91, 795-813.

European Commission - Eurostat. (2010). *Environmental statistics and accounts in Europe*. Union Europea. doi:10.2785/48676

Fernández Díaz, A., Parejo Gármir, J. A., & Rodríguez Saiz, L. (2006). *Política Económica*. McGraw-Hill.

Ferré Olive, E. H. (Octubre de 2010). Legislación Ambiental y Política Tributaria. *Área 1. Tema 10. Contabilidad Ambiental. Política Tributaria Ambiental*. Buenos Aires, Argentina.

Galiani, S., Gertler, P., & Schargrotsky, E. (2005). Water for Life: The Impact of the Privatization of Water Services on Child Mortality. *Journal of Political Economy*, 83-120.

García Frías, M. d. (1994). *La financiación territorial mediante recargos: un análisis jurídico* (1 ed.). España: Ediciones Universidad de Salamanca.

Gertler, P. J., Martínez, S., Premand, P., Rawlings, L. B., & Vermeersch, C. M. (2011). *La evaluación de impacto en la práctica*. Washington DC: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial.

Gómez Orea, D. (2003). *Evaluación de Impacto Ambiental: Un Instrumento Preventivo para la Gestión Ambiental* (2 ed.). Madrid: Mundi-Prensa.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2002). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204:2002. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2002). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207:2002. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2003). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 349:2003. *Revisión Técnica Vehicular. Procedimientos*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2002). Anuario de Estadística de Transporte. Anuario de Estadística de Transporte.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2007). Anuario de Estadística de Transporte. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Anuario de Estadísticas de Transporte. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec/?s=anuario+transporte

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). Anuario Estadísticas de Transporte. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas%20de%20Transporte/Publicaciones/Anuario_de_Estad_de_Transporte_2014.pdf

Ley de Creación del Servicio de Rentas Internas. (Diciembre de 1997). Ley N. 41, Registro Oficial 206. Quito, Ecuador.

Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado. (24 de 11 de 2011). *Registro Oficial N.583*. Quito, Pichincha, Ecuador: Editora Nacional.

Limón Rodríguez, B., Martínez Tutanzas, G. Á., Alfaro Barbosa, J. M., & Tijerina Medina, G. (2014). *Ambiente y sustentabilidad: por una educación ambiental*. Larousse - Grupo Editorial Patria. Obtenido de <http://site.ebrary.com.bvirtual.epn.edu.ec/lib/epnsp/reader.action?docID=11013266&ppg=1>

Mankiw, N. G. (2008). *Principios de Economía* (Cuarta ed.). Madrid: Paraninfo.

Maya Pantoja, L. A., & Rosero Muñoz, P. A. (s.f.). Los Tributos verdes en América Latina: Un comparativo estructural. *IV Encuentro Nacional de Profesores de Contaduría Pública*. Obtenido de http://www.conveniopc.org/images/Memorias_iv_encuentro/Mesa_Auditoria/Los_tributos_verdes_en_Am%C3%A9rica_Latina_-_Un_comparativo_estructural.pdf

Mendezcarlo Silva, V., Medina Jimenez, A., & Becerra Quintero, G. E. (2010). Las Teorías de Pigou y Coase, Base para la propuesta de gestión e innovación de un Impuesto Ambiental en México. *Tlatemoani*, 1-11.

Oliva Pérez, N., Rivadeneira Alava, A., Serrano Mancilla, A., Martín Carrillo, V., & Cadena Aldaz, V. (06 de 2011). Impuestos Verdes: ¿una alternativa viable para el Ecuador? *Fundación Friedrich Ebert Stiftung*.

Organisation for Economic Cooperation and Development. (2008). *OECD Glossary of Statistical Terms*. Paris: Publishing, OECD. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264055087-en>

Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo*. Recuperado el 30 de 04 de 2016, de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Organización Mundial de la Salud. (marzo de 2014). *Nota descriptiva N°313*. Obtenido de Calidad del aire (exterior) y salud: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

- Pigou, A. C. (1932). *The Economics of Welfare* (4 ed.). London: Macmillan and Co. Limited.
- Pomeranz, D. (2011). *Métodos de evaluación*. Obtenido de www.hbs.edu/faculty/.../Metodos-de-Evaluacion-de-Impacto_50067.pdf
- Quadri de la Torre, G. (2006). *Políticas públicas, sustentabilidad y medio ambiente*. México D.F., MX: Miguel Ángel Porrúa.
- Rovira de Antonio, A., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *Motores de combustión interna*. Madrid: UNED - Universidad de Educación a Distancia.
- Semarnat. (15 de 11 de 2007). *Instituto Nacional de Ecología*. Recuperado el 05 de 05 de 2016, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/396/tipos.html>
- Stiglitz, J. E. (2003). *La economía del sector público* (3ra ed.). Barcelona: Antoni Bosch editor.
- Vicéns Otero, J. (2006). Problemas de Estimación y Contraste en los Modelos de Diferencias en Diferencias. (13), 1-27. Madrid: Instituto L.R. Klein - Centro Gauss. Recuperado el 25 de 04 de 2016, de https://www.uam.es/otroscentros/klein/doctras/DT_13_JV.pdf
- Villa, J. M. (2016). diff: Simplifying the estimation of difference-in-differences treatment effect. *Stata Journal*, 16(1), 52-71.

ANEXOS

ANEXO A: IMPUESTOS AMBIENTALES EN LATINOAMÉRICA	104
ANEXO B: METODOS CUASI-EXPERIMENTALES.....	108
ANEXO C: MODELOS DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS: RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN Y REGRESIONES	110
ANEXO D: PROGRAMACION EN STATA	115

ANEXO A: IMPUESTOS AMBIENTALES EN LATINOAMÉRICA

Gracias al impulso generado por la Cumbre de la Tierra (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo CNUMAD en la ciudad de Río de Janeiro, 1992), en América Latina y en el Caribe durante los años noventa del siglo anterior se promovieron acciones pro ambiente, se crearon nuevos ministerios del ambiente al igual que comisiones nacionales de rango ministerial con mandatos otorgados por leyes generales sobre medio ambiente; sin embargo este desarrollo institucional no fue acompañado de la transferencia de recursos financieros y técnicos necesarios para implementar sistemas nacionales de gestión ambiental, que resulten operativos o que hayan podido volverse autofinanciados, frente a la magnitud de los mandatos asignados. Y aun actualmente en algunos países todavía está pendiente la construcción de una plataforma jurídico-institucional apropiada que posibilite una colaboración operativa entre la autoridad fiscal y las autoridades ambientales. (Acquatella, 2005, págs. 20-21)

Según un comparativo estructural de los impuestos verdes en América Latina realizado por (Maya Pantoja & Rosero Muñoz), los impuestos ambientales han evolucionado de la siguiente manera:

IMPUESTOS AMBIENTALES EN MÉXICO

México es uno de los países latinos en donde se introdujeron impuestos ambientales desde 1980; con la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios, se gravó un impuesto a la enajenación de gasolina y diésel, así como a la enajenación e importación de plaguicidas. En 1991, con la Ley Federal de Derecho se introdujo los derechos de descarga de aguas residuales donde se cargó una tasa al uso o aprovechamiento de bienes del dominio público como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales. Tempranamente estos impuestos fueron concebidos por una regulación administrativa y para controlar la explotación de los recursos naturales.

La Reforma Fiscal dada en el año 2014, incluyó en el sistema tributario el propósito de alentar conductas pro ambientalistas grabando finalmente un impuesto a la producción, enajenación e importación de combustibles fósiles.

IMPUESTOS AMBIENTALES EN CHILE

En 1974 según Decreto de Ley 828, se introduce un Impuesto Específico al Tabaco grabando a la Producción, importación y distribución mayoritaria de tabaco elaborado o cigarrillos, con la aplicación de este impuesto se pretendía disminuir su consumo e internalizar en los precios del tabaco y sus derivados el costo que ocasiona su consumo. Para el año 1986 se crea un impuesto específico a los combustibles, a la primera venta o importación de la gasolina automotriz y de petróleo diésel, con el fin de disminuir el consumo de combustibles contaminantes así como desincentivar la compra de vehículos nuevos y finalmente en el año 2005 se implementó un Impuesto específico a la actividad minera, grava a la Renta Imponible Operacional de la Actividad Minera obtenida por un Explotador Minero, su objetivo es compensar fiscalmente la explotación de recursos no renovables.

IMPUESTOS AMBIENTALES EN VENEZUELA

En Venezuela la presencia de ciertas tasas se da a partir de 1999 con la Ley de Timbre Fiscal, el Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales otorgaba licencias, permisos, estudios y registros de actividades de impacto ambiental; aunque estas tasas han sido consideradas como tributos verdes, su finalidad fue recaudatoria y administrativa.

Para el 2008, se introducen impuestos al uso y aprovechamiento de los bienes maderables y forestales obtenidos en un bosque nativo productor; a la afectación de vegetación con fines agrícolas, urbanísticos, mineros o industriales; que de igual forma son considerados de naturaleza recaudadora. Sin embargo, se ha considerado a este tipo de impuestos como ambientales por su destinación más no porque fomenten un cambio de comportamiento entre las personas sujeto de impuestos.

IMPUESTOS AMBIENTALES EN BRASIL

La presencia de Impuestos Ambientales en Brasil de acuerdo a su normativa viene dada por tasas, cuyos fines son reguladores además de controlar el aprovechamiento y la explotación indiscriminada de los recursos naturales; un ejemplo de ello son los cargos por el uso del agua (1997), donde se gravó a la utilización del agua para la dilución de sustancias o la generación de electricidad, esta ley buscaba la racionalización de su uso. Con las Tasas por recogida y tratamiento de residuos sólidos se quería recaudar fondos para financiar proyectos que contribuyan a disminuir la afectación ambiental. En el año 2000 se implementaron nuevas Tasas de Control y Fiscalización Ambiental a la realización de actividades relacionadas con la extracción y procesamiento de minerales, tratando con ello de controlar la explotación indiscriminada de los recursos no renovables.

IMPUESTOS AMBIENTALES EN COLOMBIA

Existen dos puntos de vista para los impuestos Ambientales en Colombia; para unos es prohibir el deterioro ambiental causado por el consumo o utilización de elementos ambientales, es así con la Tasa de aprovechamiento forestal cuyo objetivo principal es desestimular comportamientos no deseados en cuanto a uso sostenible de los recursos del bosque natural, y para otros con los recursos recaudados recuperan, preservan o mitigan los impactos negativos causados por la utilización de recursos naturales como agua, electricidad y medio ambiente, esto de acuerdo a la tasa por utilización de aguas (1993), o a Sobretasas ambientales de los peajes (2005).

IMPUESTOS AMBIENTALES EN GUATEMALA

Guatemala empezó creando incentivos fiscales en el impuesto a la renta con lo cual se procuró mitigar la deforestación, posteriormente de acuerdo al decreto 101-96 se crea un programa de incentivos forestales con el que se reemplaza los incentivos fiscales sobre la renta,

El único impuesto que tiene este país es el impuesto a la gasolina, dirigido al despacho, depósito o importación, el mismo que tiene como propósito mejorar la infraestructura vial y el servicio de transporte del país. Que visto desde la perspectiva ambiental no tiene relación en buscar un cambio en el comportamiento negativo de las personas. (págs. 15-47)

ANEXO B: METODOS CUASI-EXPERIMENTALES

Los métodos cuasi experimentales más conocidos son:

MÉTODOS DE EMPAREJAMIENTO “MATCHING”

El caso básico del método “Matching”, trata de emparejar a cada individuo del grupo tratado con un individuo del grupo no tratado con las mismas características observables. Y para estimar el impacto del programa se compara los resultados entre el grupo tratamiento y el grupo control; dado que los dos grupos tenían las mismas características observables antes del programa, se espera que la única diferencia después del programa sea la exposición al mismo. (Pomeranz, 2011)

Básicamente el supuesto de la metodología es que los no participantes en promedio son idénticos a los participantes emparejados, a excepción de su participación en el programa.

La desventaja que presenta la metodología es que no se puede controlar las variables no observables, entonces se tiene un problema de sesgo de selección; además de tener la dificultad de encontrar individuos con las mismas características en el grupo no tratado como en el grupo tratado, lo que se vuelve una dificultad cuando se tiene una gran cantidad de datos (Pomeranz, 2011).

Por las debidas dificultades presentes en el matching, se desarrolló el “Propensity Score Matching” (PSM), por sus siglas en ingles. “El PSM reduce el número de características a un índice que predice la probabilidad de formar parte del programa. Éste índice es un promedio ponderado de las características subyacentes. Para luego realizar un matching entre individuos que tenían probabilidad de participar en el programa” (Pomeranz, 2011).

Una de las críticas que se dan al PSM es que pueden existir características no observables que afecten a la probabilidad de participar en el programa y al mismo tiempo afecten a los resultados, lo que provoca un sesgo de selección (Pomeranz, 2011).

MÉTODO DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS (DD)

Como lo indica su nombre, el método de diferencias en diferencias o doble diferencias (DD), consiste en aplicar una doble diferencia. La diferencia en el tiempo y la diferencia entre grupos, para lo cual primero se busca la diferencia entre el estado del individuo después de la aplicación del programa y el estado del individuo antes del programa, esto se realiza tanto para el grupo tratamiento como para el grupo de control; posteriormente se realiza la diferencia entre los resultados de los dos grupos, dando como resultado el impacto del programa.

REGRESIÓN DISCONTINUA

El método de regresión discontinua selecciona al grupo de control y tratamiento mediante la asignación de un valor de corte o umbral, que se establece de entre las variables del individuo, los individuos que se encuentre de un lado de ese corte forman parte del grupo tratamiento, mientras que los que se encuentran del otro lado pasan a ser parte del grupo de control. Al aplicarse un programa o una política sobre el grupo tratamiento, cuando se evalué el impacto de esta intervención y si el programa ha generado un impacto significativo, en los resultados de los individuos se mostrará una discontinuidad o “salto” que se atribuye a la implementación del programa.

El método permite formular conclusiones que se aplican para los individuos de alrededor del umbral sin conocerse cuál sería el impacto para los individuos que están muy lejos del umbral (Pomeranz, 2011).

COMPARACIONES REFLEXIVAS

Compara el mismo grupo de individuos antes y después de la intervención de un programa, para lo cual se realiza un registro de todas las características de los participantes previo a la intervención, posteriormente se repite el registro. El impacto del programa se mide por el cambio en la situación de los participantes.

ANEXO C: MODELOS DE DIFERENCIAS EN DIFERENCIAS: RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN Y REGRESIONES

DIÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ

```
. reg co2ralenti per trat diff
```

Source	SS	df	MS			
Model	152947.445	3	50982.4817	Number of obs = 1557431		
Residual	2317531.161557427		1.48805123	F(3,1557427) =34261.24		
Total	2470478.611557430		1.58625338	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.0619		
				Adj R-squared = 0.0619		
				Root MSE = 1.2199		

co2ralenti	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
per	.5566719	.0135011	41.23	0.000	.5302103	.5831335
trat	-.4258749	.0117464	-36.26	0.000	-.4488974	-.4028524
diff	.052955	.013647	3.88	0.000	.0262074	.0797027
_cons	13.8886	.0116542	1191.72	0.000	13.86576	13.91145

```
. diff co2ralenti, p(per) t(trat)
```

DIFFERENCE-IN-DIFFERENCES ESTIMATION RESULTS

Number of observations in the DIFF-IN-DIFF: 1557431

	Before	After		
Control:	10956	32030	42986	
Treated:	689940	824505	1514445	
	700896	856535		

Outcome var.	co2ra~i	S. Err.	t	P> t
Before				
Control	13.889			
Treated	13.463			
Diff (T-C)	-0.426	0.012	-36.26	0.000***
After				
Control	14.445			
Treated	14.072			
Diff (T-C)	-0.373	0.007	53.68	0.000***
Diff-in-Diff	0.053	0.014	3.88	0.000***

R-square: 0.06

* Means and Standard Errors are estimated by linear regression

Inference: * p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

DIÓXIDO DE CARBONO EN ALTAS

```
. reg co2altas per trat diff
```

Source	SS	df	MS	
Model	133235.575	3	44411.8585	Number of obs = 1557058
Residual	1816620.761557054		1.16670376	F(3,1557054) =38066.10
Total	1949856.341557057		1.25227037	Prob > F = 0.0000
				R-squared = 0.0683
				Adj R-squared = 0.0683
				Root MSE = 1.0801

co2altas	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
per	.5075545	.0119548	42.46	0.000	.4841236 .5309854
trat	-.3595181	.010401	-34.57	0.000	-.3799037 -.3391324
diff	.0660811	.012084	5.47	0.000	.0423969 .0897654
_cons	13.89745	.0103194	1346.73	0.000	13.87723 13.91768

```
. diff co2altas, p(per) t(trat)
```

DIFFERENCE-IN-DIFFERENCES ESTIMATION RESULTS

Number of observations in the DIFF-IN-DIFF: 1557058

	Before	After	
Control:	10956	32029	42985
Treated:	689708	824365	1514073
	700664	856394	

Outcome var.	co2al~s	S. Err.	t	P> t
Before				
Control	13.897			
Treated	13.538			
Diff (T-C)	-0.360	0.010	-34.57	0.000***
After				
Control	14.405			
Treated	14.112			
Diff (T-C)	-0.293	0.006	47.70	0.000***
Diff-in-Diff	0.066	0.012	5.47	0.000***

R-square: 0.07

* Means and Standard Errors are estimated by linear regression

Inference: * p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

MONÓXIDO DE CARBONO EN RALENTÍ

```
. reg coralenti per trat diff
```

Source	SS	df	MS	
Model	12285.8611	3	4095.28705	Number of obs = 1304241
Residual	3570993.931304237		2.73799465	F(3,1304237) = 1495.72
Total	3583279.791304240		2.74740829	Prob > F = 0.0000
				R-squared = 0.0034
				Adj R-squared = 0.0034
				Root MSE = 1.6547

coralenti	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
per	.0125549	.0189712	0.66	0.508	-.024628 .0497379
trat	.2463169	.016582	14.85	0.000	.2138167 .2788172
diff	-.2041714	.0191991	-10.63	0.000	-.2418009 -.1665419
_cons	.664801	.0164428	40.43	0.000	.6325737 .6970284

```
. diff coralenti, p(per) t(trat)
```

DIFFERENCE-IN-DIFFERENCES ESTIMATION RESULTS

Number of observations in the DIFF-IN-DIFF: 1304241

	Before	After	
Control:	10127	30578	40705
Treated:	595435	668101	1263536
	605562	698679	

Outcome var.	coral~i	S. Err.	t	P> t
Before				
Control	0.665			
Treated	0.911			
Diff (T-C)	0.246	0.017	14.85	0.000***
After				
Control	0.677			
Treated	0.720			
Diff (T-C)	0.042	0.010	4.36	0.000***
Diff-in-Diff	-0.204	0.019	10.63	0.000***

R-square: 0.00

* Means and Standard Errors are estimated by linear regression

Inference: * p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

MONÓXIDO DE CARBONO A 2.500 RPM

```
. reg co2500 per trat diff
```

Source	SS	df	MS	
Model	10818.227	3	3606.07566	Number of obs = 1396260
Residual	3468127.991396256		2.48387688	F(3,1396256) = 1451.79
Total	3478946.221396259		2.49161955	Prob > F = 0.0000
				R-squared = 0.0031
				Adj R-squared = 0.0031
				Root MSE = 1.576

co2500	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
per	.1297523	.0177282	7.32	0.000	.0950056 .1644989
trat	.1987537	.0154656	12.85	0.000	.1684417 .2290657
diff	-.3078306	.0179349	-17.16	0.000	-.3429825 -.2726787
_cons	.7114282	.0153375	46.38	0.000	.6813673 .7414891

```
. diff co2500, p(per) t(trat)
```

DIFFERENCE-IN-DIFFERENCES ESTIMATION RESULTS

Number of observations in the DIFF-IN-DIFF: 1396260

	Before	After		
Control:	10559	31421	41980	
Treated:	629494	724786	1354280	
	640053	756207		
Outcome var.	co2500	S. Err.	t	P> t
Before				
Control	0.711			
Treated	0.910			
Diff (T-C)	0.199	0.015	12.85	0.000***
After				
Control	0.841			
Treated	0.732			
Diff (T-C)	-0.109	0.009	12.01	0.000***
Diff-in-Diff	-0.308	0.018	17.16	0.000***

R-square: 0.00

* Means and Standard Errors are estimated by linear regression

Inference: * p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

OPACIDAD

```
. reg opacidad per trat diff
```

Source	SS	df	MS	
Model	2975073.62	3	991691.205	Number of obs = 216813
Residual	77578048.8216809	357	817474	F(3,216809) = 2771.50
Total	80553122.4216812	371	534428	Prob > F = 0.0000
				R-squared = 0.0369
				Adj R-squared = 0.0369
				Root MSE = 18.916

opacidad	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
per	-6.871363	.1741885	-39.45	0.000	-7.212768 -6.529958
trat	-6.374051	.1677689	-37.99	0.000	-6.702874 -6.045229
diff	.6936	.1995191	3.48	0.001	.3025476 1.084652
_cons	28.07807	.1511304	185.79	0.000	27.78186 28.37428

```
. diff opacidad, p(per) t(trat)
```

DIFFERENCE-IN-DIFFERENCES ESTIMATION RESULTS

Number of observations in the DIFF-IN-DIFF: 216813

	Before	After	
Control:	15666	47701	63367
Treated:	67436	86010	153446
	83102	133711	

Outcome var.	opaci~d	S. Err.	t	P> t
Before				
Control	28.078			
Treated	21.704			
Diff (T-C)	-6.374	0.168	-37.99	0.000***
After				
Control	21.207			
Treated	15.526			
Diff (T-C)	-5.680	0.108	52.60	0.000***
Diff-in-Diff	0.694	0.200	3.48	0.001***

R-square: 0.04

* Means and Standard Errors are estimated by linear regression

Inference: * p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

ANEXO D: PROGRAMACION EN STATA®

```

*****
use "C:\BASE(sin 1500).dta", clear
*ANALISIS CO2RALENTI
table anio_fiscal trat, c(mean co2ralenti)
table trat, c(count co2ralenti)
ttest co2ralenti if per==0, by(trat)
ttest co2ralenti if per==1, by(trat)
reg co2ralenti per trat diff
diff co2ralenti, p(per) t(trat)
*ANALISIS CO2ALTAS
table anio_fiscal trat, c(mean co2altas)
table trat, c(count co2altas)
ttest co2altas if per==0, by(trat)
ttest co2altas if per==1, by(trat)
reg co2altas per trat diff
diff co2altas, p(per) t(trat)
*ANALISIS HCRALENTI
table anio_fiscal trat, c(mean hcralenti)
table trat, c(count hcralenti)
ttest hcralenti if per==0, by(trat)
ttest hcralenti if per==1, by(trat)
ttest hcralenti if trat==0, by(per)
ttest hcralenti if trat==1, by(per)
*ANALISIS HC2500
table anio_fiscal trat, c(mean hc2500)
table trat, c(count hc2500)
ttest hc2500 if per==0, by(trat)
ttest hc2500 if per==1, by(trat)
*ANALISIS CORALENTI
table anio_fiscal trat, c(mean coralenti)
table trat, c(count coralenti)
ttest coralenti if per==0, by(trat)
ttest coralenti if per==1, by(trat)
ttest coralenti if trat==0, by(per)
ttest coralenti if trat==1, by(per)
reg coralenti per trat diff
diff coralenti, p(per) t(trat)
*ANALISIS CO2500
table anio_fiscal trat, c(mean co2500)
table trat, c(count co2500)
ttest co2500 if per==0, by(trat)
ttest co2500 if per==1, by(trat)
reg co2500 per trat diff
diff co2500, p(per) t(trat)
*ANALISIS OPACIDAD
table anio_fiscal trat, c(mean opacidad)
table trat, c(count opacidad)
ttest opacidad if per==0, by(trat)
ttest opacidad if per==1, by(trat)
reg opacidad per trat diff
diff opacidad, p(per) t(trat)
*POR AÑOS DE ANTIGUEDAD
*HASTA 5 AÑOS

```

```
diff co2ralenti if anio_modelo>2010, p(per) t(trat)
diff co2altas if anio_modelo>2010, p(per) t(trat)
diff coralenti if anio_modelo>2010, p(per) t(trat)
diff co2500 if anio_modelo>2010, p(per) t(trat)
diff opacidad if anio_modelo>2010, p(per) t(trat)
*6-10 AÑOS
diff co2ralenti if anio_modelo>2005&anio_modelo<2011, p(per) t(trat)
diff co2altas if anio_modelo>2005&anio_modelo<2011, p(per) t(trat)
diff coralenti if anio_modelo>2005&anio_modelo<2011, p(per) t(trat)
diff co2500 if anio_modelo>2005&anio_modelo<2011, p(per) t(trat)
diff opacidad if anio_modelo>2005&anio_modelo<2011, p(per) t(trat)
*11-15 AÑOS
diff co2ralenti if anio_modelo>2000&anio_modelo<2006, p(per) t(trat)
diff co2altas if anio_modelo>2000&anio_modelo<2006, p(per) t(trat)
diff coralenti if anio_modelo>2000&anio_modelo<2006, p(per) t(trat)
diff co2500 if anio_modelo>2000&anio_modelo<2006, p(per) t(trat)
diff opacidad if anio_modelo>2000&anio_modelo<2006, p(per) t(trat)
*16-20 AÑOS
diff co2ralenti if anio_modelo>1995&anio_modelo<2001, p(per) t(trat)
diff co2altas if anio_modelo>1995&anio_modelo<2001, p(per) t(trat)
diff coralenti if anio_modelo>1995&anio_modelo<2001, p(per) t(trat)
diff co2500 if anio_modelo>1995&anio_modelo<2001, p(per) t(trat)
diff opacidad if anio_modelo>1995&anio_modelo<2001, p(per) t(trat)
*MAYOR A 20 AÑOS
diff co2ralenti if anio_modelo<1996, p(per) t(trat)
diff co2altas if anio_modelo<1996, p(per) t(trat)
diff coralenti if anio_modelo<1996, p(per) t(trat)
diff co2500 if anio_modelo<1996, p(per) t(trat)
diff opacidad if anio_modelo<1996, p(per) t(trat)
*NOTA: no se calcula "diff" ni "reg" para hcralenti y hc2500: grupos no
tienen tendencia similar desde 2008-2011
```