



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y
EMPRESARIALES**

CARRERA DE ECONOMIA

**Impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV)
como instrumento correctivo del deterioro ambiental en
Ecuador, 2012 – 2019**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

ECONOMISTA

Autor: Villalta Cruz, Sherley Paloma

Directora: Encalada Jumbo, Diana del Cisne

LOJA
2022



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2022

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 04 de octubre de 2022

Doctor

Diego Ochoa Jiménez

Director de la Carrera de Economía

Ciudad.-

De mi consideración:

Me permito comunicar que en calidad de director de el presente Trabajo de Titulación denominado: Impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) como instrumento correctivo del deterioro ambiental en Ecuador, 2012 – 2019, realizado por Sherley Paloma Villalta Cruz, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo. Así mismo, doy fe que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

MSc. Encalada Jumbo, Diana del Cisne

C.I.: 1103978134

Declaración de autoría y cesión de derechos

“Yo, Sherley Paloma Villalta Cruz, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

- Ser autora del Trabajo de Titulación denominado: Impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) como instrumento correctivo del deterioro ambiental en Ecuador, 2012 – 2019, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Marco teórico, conformado por Concepciones básicas del deterioro ambiental, Fundamentos microeconómicos, Políticas públicas, y Evidencia empírica. Capítulo 2. Antecedentes. Capítulo 3. Descripción Metodológica. Capítulo 4. Resultados y Discusión seguido de las Conclusiones y Recomendaciones, MSc. Encalada Jumbo, Diana del Cisne, directora del presente trabajo; y, en tal virtud, eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.
- Que mi obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.
- Autorizo a la Universidad Técnica Particular de Loja para que pueda hacer uso de mi obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de mi completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Sherley Paloma Villalta Cruz

C.I.: 1104335649

Dedicatoria

Especialmente dedico este trabajo de titulación a mi padre Alvino quien, pese a no estar físicamente en este mundo, dio su vida entera a educarme, guiarme y apoyarme hasta un año atrás de su partida, su ausencia aún duele y aunque con el tiempo sea más llevadera, vivo feliz y le agradezco por haberme inculcado grandes valores y enseñarme que rendirse no es opción, ser la mejor no es prioridad y que esforzarse, dedicarse y amar hacerlo es lo importante. Le dedico este trabajo al padre ejemplar que me dio Dios y vivo agradecida por haberlo convertido en el ser que más amo en este mundo.

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición ha llenado siempre mi vida, por acompañarme, darme salud y una familia maravillosa en la cual poder confiar.

A mi padre, quien no se me permitió agradecerle poniendo en sus manos este logro; sin embargo, le doy gracias por haberme apoyado en cada momento de mi vida académica, por enseñarme a no desistir y dedicarme grandes palabras de aliento que siguen y seguirán presentes mientras tenga vida.

A mi madre, quien con su trabajo y esfuerzo es y será mi apoyo incondicional, por amarme y día a día enseñarme a ser una persona noble, responsable, generosa y correcta.

A mi hermano, quien ha estado conmigo cada paso de mi vida, siendo mi inspiración y apoyo para no dejarme vencer y seguir adelante pese a las adversidades, por mostrarme que se puede ser una gran persona sin ofender ni menospreciar a nadie.

A mi cuñada, sobrina, tíos, primos y amiga quienes han estado y están para cualquier palabra de aliento cariño y comprensión.

Le agradezco especialmente a mi tutora MSc. Diana Encalada quien, ha sido un gran apoyo para la realización de mi trabajo de titulación, brindándome su tiempo, compartir sus conocimientos y experiencias.

Sin dejar de lado a mis revisores, a la Institución, maestros y compañeros que han aportado en diferentes formas a llegar hasta este punto de mi vida universitaria.

Este logro más que mío es de todos aquellos que estuvieron para mí y jamás me alcanzaran las palabras para agradecerles, por tanto.

Índice de contenidos

Carátula.....	I
Aprobación del director del Trabajo de Titulación	II
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	III
Dedicatoria	V
Agradecimiento.....	VI
Índice de contenidos	VII
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Capítulo uno.....	6
Marco Teórico	6
1.1 Marco conceptual	6
1.1.1 Contaminación ambiental.....	6
1.1.2 Contaminación del aire.....	7
1.1.3 Gases de efecto invernadero	8
1.1.4 Dióxido de carbono (CO ₂).....	9
1.1.5 Calidad de la gasolina y contaminación.....	11
1.2 Fundamentos microeconómicos	12
1.2.1 Fallos de mercado	12
1.2.2 Internalización de externalidades	16
1.3 Política pública relacionada.....	18
1.3.1 Política fiscal verde en el Ecuador	21
1.4 Evidencia empírica	25
Capítulo dos.....	27
Antecedentes	27
2.1 Estadísticas del sector transporte.....	27
2.2 Evolución de las variables	30
Capítulo tres.....	39
Descripción metodológica	39
3.1 Descripción de datos y metodología econométrica.....	39
3.1.1 Datos.....	39
3.1.2 Análisis correlacional.....	41
3.1.3 Modelo econométrico.....	42
Capítulo cuatro	45
Resultados y discusión.....	45
4.1 Análisis correlacional.....	46
4.2 Modelo econométrico.....	49
4.3 Discusión de resultados.....	63

Conclusiones	69
Recomendaciones	70
Apéndice.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1 Reformas fiscales ambientales adoptadas por los países miembros de la OCDE.....	19
Tabla 2 Reformas fiscales ambientales adoptadas por países de América Latina.....	21
Tabla 3 Acuerdos medioambientales en los que ha participado el Ecuador.....	21
Tabla 4 Base imponible y Factor de ajuste para el cálculo de la cuantía del impuesto	24
Tabla 5 Descripción de variables.....	40
Tabla 6 Resumen estadístico de las variables.....	41
Tabla 7 Regresión inicial por Mínimos Cuadrados Ordinarios.....	50
Tabla 8 Resultados de pruebas de autocorrelación.....	52
Tabla 9 Resultados de la prueba de homocedasticidad	52
Tabla 10 Resultados de prueba de raíz unitaria aumentada de Dickey-Fuller.....	53
Tabla 11 Resultado de la prueba de cointegración de Johansen.....	54
Tabla 12 Resultados de la estimación de Vector de Corrección de Error (VEC).....	55
Tabla 13 Resultados de la estimación del modelo de Vectores Autorregresivos (VAR).....	56
Tabla 14 Resultados de la prueba de cointegración de Granger (1969)	62

Índice de Figuras

Figura 1 Parque automotor comparativo regional, período 2012 - 2019.....	28
Figura 2 Vehículos motorizados matriculados en Ecuador, 2012 - 2019	29
Figura 3 Antigüedad del parque automotor en Ecuador año 2014 y 2019.....	30
Figura 4 Evolución de las emisiones de CO2 período 2012 - 2019.....	31
Figura 5 Evolución de la recaudación del Impuesto ambiental a la contaminación vehicular	33
Figura 6 Evolución del Valor agregado bruto período 2012 - 2019.....	34
Figura 7 Evolución del consumo de energía renovable período 2012 - 2019	36
Figura 8 Consumo de energía por sector (kBEP).....	37
Figura 9 Evolución del consumo de energía no renovable del sector transporte (kBEP).....	38
Figura 10 Consumo de energía por fuente (kBEP).....	39
Figura 11 Gráfico de correlación entre emisiones de CO2 y el Impuesto ambiental a la contaminación vehicular.....	46

Figura 12 Gráfico de correlación entre emisiones de CO2 y el valor agregado bruto.	47
Figura 13 Gráfico de correlación entre emisiones de CO2 y el consumo de energía renovable	48
Figura 14 Gráfico de correlación entre emisiones de CO2 y el consumo de energía no renovable del sector transporte.....	49
Figura 15 Gráficos de impulso respuesta	59

Resumen

Los impuestos ambientales son una herramienta de política pública importante para proteger el ambiente y contrarrestar los efectos negativos de la actividad humana, por el uso, principalmente, de combustibles fósiles. Con este fin, en Ecuador se implementó un impuesto ambiental a la contaminación vehicular entre 2012 y 2019. En este sentido, la presente investigación tiene por objetivo analizar el efecto del impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) en las emisiones de CO₂ en Ecuador, durante su implementación. Utilizando un modelo de mínimos cuadrados ordinarios, se encontró que el impuesto vehicular y las emisiones de CO₂ tienen una relación negativa y estadísticamente significativa, de -0.21. Mediante el uso de técnicas de cointegración y un modelo de vector de corrección de error (VEC), se encontró que no existe una relación en el corto y largo plazo entre estas variables. Así también el análisis de relación impulso respuesta y la causalidad de Granger permitió determinar que el efecto del impuesto a la contaminación en el largo plazo no se sostiene en el tiempo, por lo tanto se rechaza la hipótesis propuesta.

Palabras claves: Impuestos ambientales, CO₂, externalidades, impacto.

Abstract

Environmental taxes are an important public policy tool to protect the environment and counteract the negative effects of human activity, mainly due to the use of fossil fuels. To this end, an environmental tax on vehicle pollution was implemented in Ecuador between 2012 and 2019. In this sense, the present research aims to analyze the effect of the environmental tax on vehicle pollution (IACV) on CO₂ emissions in Ecuador, during its implementation. Using an ordinary least squares model, it was found that the vehicle tax and CO₂ emissions have a negative and statistically significant relationship, -0.21. Using cointegration techniques and an error correction vector (ECV) model, it was found that there is no relationship in the short and long term between these variables. Also, the impulse response relationship analysis and Granger causality analysis allowed us to determine that the effect of the pollution tax in the long term is not sustained over time; therefore, the proposed hypothesis is rejected.

Keywords: Environmental taxes, CO₂, externalities, impact.

Introducción

Los gases de efecto invernadero (GEI) son uno de los factores responsables del deterioro ambiental. Originalmente los GEI no constituían un problema para el medio ambiente; sin embargo, la actividad humana, bajo el modelo capitalista consumista, ha provocado que se generen más desechos de los que el planeta soporta, alterando su biocapacidad (Gobierno de La Rioja, 2022). El dióxido de carbono CO₂, es el responsable del 82,1% de las emisiones de gases de efecto invernadero y está ligado principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas (Barchilon, 2020).

A nivel mundial, las emisiones de CO₂ han pasado de 20 millones de kilotoneladas en 1990 a 34 millones de kilotoneladas en 2019; es decir, en 29 años las emisiones casi se han duplicado (Banco Mundial, 2022); provocando grandes problemas ocasionados por la contaminación emitida. Según la Organización Mundial de la Salud, nueve de cada diez personas respiran aire contaminado, consecuentemente, siete millones de personas mueren cada año por la contaminación del aire; principalmente con cardiopatías, enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón, neuropatía obstructiva e infecciones respiratorias como neumonía (OMS, 2018).

Según Alcántara y Padilla (2006), una de las principales fuentes de emisión de CO₂ es el transporte, ya que un automóvil convencional emite 150 gr de CO₂ por cada kilómetro recorrido. En América Latina y el Caribe las emisiones del sector transporte están en constante aumento, en promedio hasta 962 kg de CO₂ per cápita en 2016, representando a nivel mundial el 24.3% de emisiones y, pese a tener valores bajos con respecto a economías avanzadas, superan a las de economías emergentes de Asia, el Sur de Asia, el Norte de África y África Subsahariana (Rivas et al. 2019).

En los últimos 10 años el sector automotor de gran parte de los países de América Latina y el Caribe ha experimentado un aumento anual promedio equivalente a 4,7%, (Rivas et al., 2019). En Ecuador, el sector automotor tuvo un incremento promedio anual de 5,9%, pasando de 1.558.158 vehículos en 2012 a 2.311.960 vehículos en el año 2019 (INEC, 2021).

La internalización de externalidades negativas sobre el ambiente se puede llevar a cabo mediante el diseño e implementación de políticas públicas (Loganathan et al., 2014). Dentro del marco mundial, la implementación de impuestos tuvo origen en los países europeos. Estos estuvieron relacionados principalmente con los sectores del transporte y la energía, dos de los mayores causantes de contaminación. Estos impuestos se basan en el principio “quien contamina paga” (Ekins, 1999).

En Ecuador, a partir del año 2011 en el Art.14 se “reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” (Const, 2008, p.29). En ese mismo año se creó la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de Ingresos del Estado, en cuyo Capítulo I se incluyó el impuesto ambiental a la contaminación vehicular, cuyo objeto imponible era la contaminación ambiental producida por los vehículos motorizados de transporte terrestre.

La presente investigación tiene por objetivo general analizar el efecto del impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) en las emisiones de CO₂ en Ecuador y, como objetivos específicos, sustentar teóricamente a los impuestos verdes como política fiscal enfocada a la mitigación y reducción de la contaminación ambiental, analizar el comportamiento de las emisiones de CO₂ y de las variables relacionadas con la contaminación del aire durante el periodo de análisis y determinar el impacto del IACV en la contaminación ambiental por CO₂ en Ecuador. Para la generación de resultados se utilizó el método de análisis correlacional y modelos econométricos como mínimos cuadrados ordinarios (MCO), técnicas de cointegración de Johansen, el modelo de Vector de corrección de error (VEC), gráficos de relación de impulso respuesta y la prueba de causalidad de Granger.

Se espera que los resultados puedan ser útiles para que los hacedores de la política pública relacionada, y otros agentes económicos como: el sector privado, la academia y comunidad en general, promuevan el uso impuestos verdes como método de internalización

de externalidades negativas al medio ambiente, contrarrestando de esta forma la contaminación ambiental.

El presente trabajo de investigación se estructura en cuatro capítulos. El capítulo 1 corresponde al marco teórico, en donde se encuentran las conceptualizaciones y fundamentos teóricos del estudio, así como la política pública relacionada y evidencia empírica. En el capítulo 2 se presentan los antecedentes y características de cada una de las variables en análisis; con el fin de observar su comportamiento durante el periodo de estudio. En el capítulo 3 se encuentran la descripción de los datos y metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos y comprobación de la hipótesis. En el capítulo 4 se presentan y discuten los resultados de la investigación. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones de estudio en un siguiente apartado.

Capítulo uno

Marco Teórico

1.1 Marco conceptual

1.1.1 Contaminación ambiental

Para Encinas (2011), contaminación ambiental es la presencia de formas o sustancias no deseables en el agua, suelo o aire, que afectan la salud, bienestar y confort de la humanidad. Surge, principalmente, por la sobreexplotación de los recursos naturales, que el hombre realiza para generar riqueza, afectando nocivamente la vida humana y deteriorando o malgastando los recursos naturales renovables, además, se reconoce como elementos de contaminación a los residuos resultantes de las actividades realizadas por el ser humano como sociedad (Atilio de la Orden, 2010).

Por su parte, Jaramillo et al. (2009), mencionan que: si estas sustancias no superan la calidad del ambiente de poder transformarlos y sus efectos no son adversos, pueden evitarse o sobrellevarse. Para estos autores el conflicto grave aparece cuando la contaminación se excede en el tiempo y espacio, es decir, cuando los niveles de contaminantes aumentan y permanecen así por períodos prolongados, rompiendo el equilibrio ecológico y creando efectos adversos.

Asimismo, Labandeira et al. (2007) señalan que: la economía mundial es un sistema abierto y para que funcione se deben extraer materias primas del medio ambiente, procesar los recursos en productos de consumo y finalmente emitir los desperdicios convirtiéndose en un círculo vicioso que la humanidad siempre necesitará para su supervivencia, de tal forma que; mientras, más recursos extrae mayores residuos arroja, superando así la capacidad del ambiente para asimilar esos desechos que, a su vez, generan cambios en el medio receptor entendiéndose como contaminación ambiental.

1.1.2 Contaminación del aire

Yassi et al. (2002) describen a la contaminación del aire como “la emisión al aire de sustancias peligrosas a una tasa que excede la capacidad de los procesos naturales de la atmósfera para transformarlos, precipitarlos, y depositarlos o diluirlos por medio del viento y el movimiento del aire” (p.239). Se produce como consecuencia de la actividad vehicular y de la actividad industrial, responsables de aproximadamente el 80% de las emisiones de monóxido de carbono en la atmósfera, a nivel mundial (Téllez et al., 2006).

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) menciona que: la contaminación del aire representa un riesgo medioambiental para la salud, tanto en países en desarrollo como en países desarrollados y estima que la contaminación del aire, en las zonas rurales y urbanas, es la causa de 4,2 millones de muertes prematuras por año; debido a la exposición a partículas pequeñas de 2,5 micrones, o menos, de diámetro, que causan enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer. Además, argumenta que 12,5% de las muertes podrían evitarse mejorando la calidad del aire; es decir, disminuyendo los niveles de contaminación, de tal modo que se reduzca la carga de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, los costos de atención de la salud y aumente la esperanza de vida.

La contaminación del aire es también una de las consecuencias de la creciente industrialización y el desarrollo económico asociado a más vehículos, más zonas urbanas y más bienes materiales (Echeverri, 2019). Puede definirse como toda sustancia extraña o indeseable que cambie la naturaleza del aire, o a su vez altere su equilibrio ecológico (Rosenson et al., 1991).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2021), oficialmente, nadie muere por contaminación del aire, dado que el certificado de defunción dice bronquitis crónica, cáncer al pulmón, cáncer de estómago, enfisema, o trastorno cardíaco, pero no contaminación al aire; por lo que, en algunas ciudades hasta el 50% de los contaminantes del aire son producidos por los vehículos motorizados, procesos industriales y plantas de energía reconocidos como principales emisores de

combustibles fósiles. La contaminación del aire causada por el crecimiento de la población y los nuevos métodos industriales de producción han traído como efecto la liberación de enormes cantidades de residuos hacia la atmósfera, constituyéndose como uno de los problemas más amenazantes, sin embargo, la UNESCO también menciona que; mientras las densidades de la población permanezcan bajas, la contaminación causada por el hombre no es un problema grave.

1.1.3 Gases de efecto invernadero

Se los identifica como aquellos gases que se acumulan en la atmósfera, capaces de absorber la radiación infrarroja del sol, reteniendo el calor y dando lugar al efecto invernadero. Entre los gases de efecto invernadero se encuentran: el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozono (O₃), clorofluorocarbonos (CFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), en donde el más contaminante y conocido es el CO₂, cuya contribución en el efecto invernadero es mayor que la del resto de gases y es emitido directamente por la actividad humana (Building a sustainable world [Bester], 2021).

Después de más de un siglo de industrialización, agricultura y deforestación a gran escala, las cantidades de gases de efecto invernadero en la atmósfera se han incrementado a niveles nunca antes vistos, pues, a medida que la población, el nivel de vida y las economías asociadas al nivel del consumo crecen, también lo hace el nivel de emisiones de estos gases (Pérez y Ramírez, 2021).

Para entender mejor la raíz del problema que gira en torno a la emisión de estos gases a la atmósfera se toma en cuenta tres hechos científicos: el primero menciona que la concentración de GEI en la atmósfera está directamente relacionada con la temperatura media de la tierra, el segundo hace referencia al aumento progresivo de emisiones y la temperatura del planeta que se han suscitado desde la revolución industrial y, por último, el tercero indica que el GEI más abundante, es el dióxido de carbono (CO₂), resultante de la quema de combustibles fósiles, representando alrededor de dos tercios de todos los tipos de GEI (Naciones Unidas, 2015).

Según el World Meteorological Organization and Global Atmosphere Watch (WMO and GAW, 2019), la concentración de CO₂ alcanzó un valor máximo en 2018, de 407,8 partes por millón (ppm). El incremento de 2017 a 2018 superó el crecimiento de los últimos diez años. El índice de aumento del CO₂ de tres decenios consecutivos (1985–1995, 1995–2005 y 2005–2015) se incrementó de 1,42 ppm/año a 1,86 ppm/año y a 2,06 ppm/año, y entre 1990 y 2018 el forzamiento radiactivo causado por los gases de efecto invernadero de larga duración aumentó un 43%, habiendo contribuido el CO₂ a ese aumento en casi un 80%.

Por otro lado, el metano (CH₄) es el segundo gas de efecto invernadero de larga duración más importante, contribuyendo aproximadamente en un 17% al fortalecimiento radiactivo. Cerca del 40% de CH₄ procede de fuentes naturales, por ejemplo: humedales y termitas, mientras que, el 60% proviene de fuentes antropógenas como: la cría de ganado, cultivo de arroz, explotación de combustibles fósiles, vertederos y biomasas. En 2018 se tuvo un nuevo valor máximo de CH₄ emitido, de 1869 partes por mil millones (ppb), situándose en 259% del nivel emitido en la era preindustrial. De 2017 a 2018 su incremento fue mayor que el observado entre el 2016 y 2017 debido a humedales en los trópicos y de fuentes antropogénicas (WMO y GAW, 2019).

En cuanto al óxido nitroso (N₂O), éste proviene de fuentes naturales (60%) y de fuentes antropógenas (40%), resultado del uso del suelo, los fertilizantes, la quema de biomasa y diversos procesos industriales. En 2018, la concentración fue de 331,1 partes por mil millones, equivalentes a 123% de los niveles emitidos en la era preindustrial (WMO y GAW, 2019).

1.1.4 Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es una molécula que participa en diferentes ciclos de transformación de carbono, asociada a la conversión de carbono inorgánico a orgánico a través del proceso de fotosíntesis (Mondragón, 2021). Es el más importante de los GEI antropogénicos en la atmósfera, al que se le atribuye aproximadamente el 82% del aumento

del fortalecimiento radiactivo de la última década y el 81% del aumento en los últimos cinco años (Iglesias y Laguna, 2021).

El nivel de CO₂ de 278 ppm representaba un equilibrio de flujos entre la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre; sin embargo, ascendió en 2018 a 407,8 ppm superando el umbral de 400 partes por millón en el 2015. El aumento de la media anual de 2017 a 2018 fue de 2,3 ppm, siendo casi igual que el aumento de 2016 a 2017 y prácticamente igual a la tasa de crecimiento media de la última década de 2,26 ppm anuales. Es decir, en los últimos 10 años, la cantidad de CO₂ presente en la atmósfera ha experimentado en promedio un crecimiento de 2 partes por millón por año (WMO y GAW, 2019).

Del total de emisiones procedentes de las actividades humanas, la quema de carbón, petróleo y gas natural constituyen el motor de la dramática aceleración del aumento de CO₂, que durante el período 2009-2018 cerca del 44% se acumularon en la atmósfera, 23% en el océano y el 29% en la tierra; sumando el desequilibrio presupuestario no atribuido del 4% (WMO y GAW, 2019).

El CO₂ tiene una larga permanencia en la atmósfera, aproximadamente de 50 a 200 años, lo que supone que las emisiones de este gas seguirán teniendo efecto incluso aunque dejasen de emitirse en algún momento futuro. De otro lado, el uso de combustibles fósiles constituye la principal fuente de emisiones de CO₂, debido a que su reducción presenta grandes dificultades, puesto que tendrían que modificarse los procesos, equipamientos y comportamientos que, tanto directa como indirectamente, usen combustibles fósiles (Cancelo y Diaz, 2006).

Según Alcántara y Padilla (2006), las principales fuentes de emisión de CO₂ son las siguientes:

- Transporte: de acuerdo a cada tipo de transporte existe una determinada cantidad de emisiones de CO₂. Un automóvil convencional emite 150 gr de CO₂ al recorrer un kilómetro, al recorrer la misma cantidad un avión emite 180 gr, un autobús 30 gr y un ferrocarril 35 gr de CO₂.

- Sector energético: el uso de combustibles fósiles debería ser manejado de una manera eficiente para reducir las emisiones de CO₂, el cambio a energía nuclear o de fuentes renovables.
- Industria, PIB per cápita y crecimiento poblacional.

Por otro lado, la OMS (2018) señala que: se han librado cantidades de CO₂ suficientes para retener más calor de lo debido en las capas de la atmósfera y alterar el clima, por ello, las temperaturas extremas contribuirían directamente a las defunciones por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, principalmente en personas de edad avanzada. Concluye que el cambio climático causará anualmente unas 250.000 defunciones adicionales entre 2030 y 2050; 38.000 por exposición de personas ancianas al calor; 48.000 por diarrea; 60.000 por paludismo y 95.000 por desnutrición infantil. El dióxido de carbono; a través de la quema de combustibles fósiles, residuos, materiales biológicos o reacciones químicas ingresa a la atmósfera convirtiéndose en uno de los gases más importantes dentro del calentamiento global (Agencia de protección ambiental de Estados Unidos [EPA], 2021).

1.1.5 Calidad de la gasolina y contaminación

Existe una relación directa innegable entre la calidad del ambiente y la calidad de los combustibles, mientras mejor sea la calidad de los combustibles mejor será la calidad del ambiente (Arellano, 2013). Los vehículos que utilizan hidrocarburos de baja calidad son los mayores contaminantes del aire; por ello, es necesario controlar la calidad de los combustibles que se comercializan, que cumplan con las normas o, superen los estándares de calidad mínimos (Bedoya et al., 2017).

En el informe anual de la Asociación de empresas automotrices del Ecuador (AEADE, 2020), se menciona que la principal causa de contaminación en la mayoría de los países del mundo son los vehículos y por esa razón los países, sobre todo los desarrollados, buscan ampliar y mejorar las regulaciones de calidad.

Fernando et al., (2016) mencionan que la calidad de las gasolinas para el transporte se mide por el octanaje, dado que es lo que determina la calidad y capacidad de consumo de

la gasolina, al señalar la presión y temperatura a la cual el combustible se somete para ser carburado, o mezclado con el aire. Además, afirman que un mayor octanaje mejora las características antidetonantes de las gasolinas, pues una gasolina con mayores grados de octanos mejora el rendimiento y potencia del motor, favoreciendo de esa forma la vida útil del motor de combustión interna y a su vez, reduce las emisiones contaminantes.

Por lo tanto, la calidad del combustible se mide según varias normas mundiales y medioambientales, hasta el momento se encuentran vigentes las Euro como norma europea y las TIER de Estados Unidos, las cuales establecen el control de emisiones de CO₂ y se encargan de regular los límites de otros gases contaminantes. La comisión Europea ya se encuentra preparando la Euro VII, convirtiéndose en la más avanzada hasta ahora, misma que entrará en vigor a partir del 2025. En Ecuador, se adoptó las normativas Euro, en la que promueve el uso de combustible con calidad Euro 3, sin embargo, las gasolinas apenas cumplen los requerimientos de la Euro II y el diésel, aún muy por debajo, llega a cumplir con la Euro I. Teniendo en cuenta que la Euro 3 establece que la gasolina tenga mínimo 95 octanos (Bedoya et al., 2017).

No obstante, Ecuador se encuentra atrás de sus pares regionales con respecto al uso de octanajes; por ejemplo, Perú cuenta con un producto de entre 90 y 98 octanos y Colombia de 88 a 95 octanos. En Ecuador la gasolina, por norma tiene 85 octanos para el caso de ecopaís y 92 octanos en el caso de la súper, aun así, el octanaje real de la gasolina súper es variable y en algunas ocasiones llega hasta 88 octanos. Lo recomendable para este combustible es mantener un valor mínimo de 93 octanos (AEADE, 2020).

1.2 Fundamentos microeconómicos

1.2.1 Fallos de mercado

La teoría microeconómica en la que se basa el presente estudio la constituye principalmente los fallos de mercado, en donde los agentes no tienen información perfecta del uso de los bienes, pues en muchos de los casos los individuos son desconocedores de los efectos que pueden tener sus decisiones privadas, tanto de consumo como de producción.

De otro lado, a muchos de los bienes ambientales, como el agua o el aire, es difícil asignarles derechos de propiedad, por lo que, la mayoría de estos son bienes de no mercado o simplemente no está definido su mercado (Labandeira et al., 2007).

Los derechos de propiedad son la estructura fundamental para el adecuado funcionamiento de los mercados, puesto que, estos no podrían existir si no hay un derecho bien definido sobre el bien a intercambiar, por ejemplo; para los bienes privados el sistema de derechos de propiedad funciona adecuadamente protegiendo y definiendo los privilegios sobre su uso y exclusividad, mientras que, para los bienes ambientales estos derechos no aplican, pues no es claro a quienes pertenecen, así como tampoco su calidad ambiental. Dicho de otra forma, los fallos de mercado son efectos negativos del mercado, resultado de un funcionamiento incontrolado o ineficiente, que conducen a situaciones como las desigualdades sociales, la contaminación excesiva o la posición dominante de ciertas empresas (Stiglitz, 2016). Se produce porque el mercado suministra bienes o servicios en una cantidad mayor o menor a la eficiente (Unidad técnica de procompite, 2008). Se reconocen como fallos de mercado a los siguientes:

Bienes públicos

Los bienes ambientales y públicos están vinculados en gran medida a las externalidades. El aire, por ejemplo, siendo un bien gratuito producto de la naturaleza y a disposición de todos, está asociado a una externalidad negativa como la contaminación excesiva, puesto que, no están sujetos a ningún derecho de propiedad bien definido (Caffera, 1999).

Comúnmente, los bienes ambientales no son valorados adecuadamente en las transacciones comerciales, lo que produce una sobreutilización y asignación ineficiente, desde el punto de vista social, en donde los individuos no pueden expresar sus preferencias por estos bienes a través de las instituciones económicas, pudiendo así ocasionar que los bienes queden fuera de los márgenes del proceso de asignación de recursos económicos y corriendo el riesgo de reducirse o extinguirse (Labandeira et al., 2007).

Por consiguiente, el aire limpio no existe por ser un bien público y consta de dos características: la no-rivalidad, que existe cuando la cantidad que consume un agente no disminuye la cantidad disponible para los demás y su otra característica la no-exclusión, la cual hace referencia al hecho de ser imposible o infinitamente costoso impedir que aquellos que no pagan o aportan no lo consuman. Por esta razón es difícil eliminar este fallo, puesto que, para lograrlo cada usuario de aire limpio debería poseer la información acerca de los impactos que se generan por su mal uso, además de que los costos para compensar el fallo son lo suficientemente altos para evitar que un aire completamente limpio exista (Caffera, 1999).

Externalidades

La existencia de fallos de mercado da paso a las externalidades. Parkin y Loría (2006) las definen como “el costo o beneficio que surge de la producción y que recae sobre una persona distinta al productor, o bien al costo o beneficio que surge del consumo y que recae sobre una persona distinta al consumidor” (p.362). Aparecen cuando el comportamiento de un consumidor o empresa afecta el bienestar de otro en su función de producción o en su función de utilidad, sin que exista un precio que lo compense (Azqueta et al., 2007).

De manera similar, para Labandeira et al. (2007) las externalidades son “las interacciones que surgen entre consumidores y/o productores en el uso de los bienes que proporciona el medio ambiente. Se trata, por tanto, de un concepto útil para definir las relaciones entre productores y/o consumidores que no pasan por el mercado” (p.70). Las externalidades existen siempre que las transacciones económicas generen impacto sobre terceros que no están directamente involucrados en la transacción (Goolsbee et al., 2015).

Las externalidades pueden clasificarse en dos positivas y negativas. Según Graue Russek (2006), las **externalidades positivas** se presentan cuando las acciones de una persona benefician a otros sin que el costo de esta acción recaiga sobre ellos. De igual forma, Pérez et al. (2011) menciona que: cuando los costos sociales son menores que los costos privados o también cuando los beneficios sociales son mayores que los beneficios privados

se presentan las externalidades positivas. Las externalidades serán positivas siempre y cuando promuevan el bienestar de todos los miembros de la sociedad, obteniendo un máximo de rentabilidad social y reduciendo los costos sociales (Victor Manuel, 2014).

Para Graue Russek (2006) las **externalidades negativas** son actividades de una persona, empresa o país que perjudican directamente a otros, cuyo costo externo no recae exclusivamente sobre la entidad que las produce sino que se reparte entre toda la sociedad.

Por otro lado, Azqueta et al. (2007) menciona que: para que exista una externalidad negativa, debe haber alguien que cause un daño y alguien que lo reciba. Una externalidad negativa está presente cuando “la producción del mercado es mayor que el nivel de producción eficiente. Por su parte, Pérez et al. (2011) señala que: cuando se está en presencia de una externalidad negativa, como la contaminación, los costos sociales son mayores que los costos privados.

Gran parte de la atención sobre este tema se ha dirigido al estudio del coste social externo que genera contaminación del aire y el cambio climático como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que aumentan la temperatura media del planeta, provocando perturbaciones y agresiones en el clima y en la atmósfera. Se ha identificado a las industrias y al transporte como los sectores que más influyen en el aumento de las emisiones de gases contaminantes (Menc, 2017).

En este sentido, la contaminación vehicular genera un fallo de mercado, una externalidad negativa, de este modo, el uso de medios de transporte al ser contaminantes de alto nivel se constituyen como los principales generadores de polución emisiones contaminantes, principalmente aquellos cuyo motor trabaja a través de la combustión de derivados fósiles. Las emisiones están directamente relacionadas con los años de los vehículos, ya que a mayor número de años mayor es la cantidad de gases contaminantes que emiten (Menc, 2017).

1.2.2 Internalización de externalidades

Una alternativa de solución sería que los agentes causantes de las externalidades negativas tengan conciencia del efecto de sus acciones sobre otros al momento de producir o consumir, lo que constituye una internalización de efectos externos, es decir, una solución apropiada para dicho problema sería el establecimiento de un mecanismo adecuado que pueda calcular el coste o beneficio externo en un enfoque interno de decisiones privadas (Lavandeira et. al., 2017).

Algunos instrumentos para mitigar los efectos de las externalidades negativas y fallos en el mercado se encuentran contemplados en la economía del bienestar, planteada por Pigou (1877-1959), principal precursor del movimiento ecologista, quien argumentó que al realizar una diferenciación o distinción de los costes marginales, sociales y privados; así como, fomentar la intervención del estado para corregir la problemática ambiental a través de impuestos, se conseguirá que las externalidades económicas puedan ser controladas (Silva et al., 2010).

La teoría pigouviana da lugar a la aplicación del principio “el que contamina paga”, adoptado por primera vez en 1972 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Los estudios de Pigou tenían como finalidad poner en evidencia las divergencias entre los objetivos de bienestar privado contra los del bienestar común. Para Pigou la forma de remediar las distorsiones es a través de la intervención del Estado con la recaudación que se obtiene de multiplicar un tipo impositivo, idealmente relacionado con el daño ambiental ocasionado por la unidad de descarga gravada, por una base imponible y la tasa del impuesto debe estar relacionada directamente con el costo marginal del daño causado (Silva et al., 2010).

Por otra parte, la teoría de Ronald Coase 1959 básicamente postula como argumento principal que el costo de las medidas necesarias para evitar o reducir la contaminación debe ser cubierto por sus responsables, es decir, por los causantes de dicha contaminación, en consecuencia, la aplicación de una medida como la ya mencionada servirá como pauta para

poder cumplir apropiadamente con las normas de calidad ambiental (Egüez y Rodríguez, 2019).

Gran parte de la solución de las externalidades se basa en la propuesta planteada por Pigou y Coase, convirtiéndose en la base de la regulación ambiental. Entre algunos de los instrumentos de internalización de externalidades León y Castiblanco (2012) plantean los siguientes:

Instrumentos actuación vía precios: se basan en la incorporación de un precio ligado a la conducta que se pretende desestimular, es decir, un agente puede contaminar, pero a consecuencia pagar por ello o adecuar tecnologías menos contaminantes a cambio de una retribución, en este grupo estarían las tasas, impuestos, subsidios, compensaciones e incentivos a la conservación.

Creación de mercados: en donde el administrador público establecería reglas de juego respecto a la calidad del ambiente, promoviendo que surjan mercados en donde los agentes afectados ajusten su conducta. En este grupo estarían los sistemas de permisos de contaminación transables y la creación de mercados ambientales.

Incentivos a la conservación como pagos por servicios ambientales: que serían incentivos para que los sujetos contaminantes, tanto consumidores como productores, realicen cambios voluntarios en sus patrones de decisión ligados al uso de los recursos naturales en donde se tendría, los incentivos a la producción limpia, exención de impuesto a las ventas, exenciones de impuesto a la renta y complementarios, incentivos a la enajenación de inmuebles con función ecológica y certificado de incentivo forestal (CIF).

Además de los mencionados están los **Impuestos ambientales o impuestos verdes**, los cuales constituyen una obligación del ciudadano hacia el Estado, puesto que componen una herramienta fundamentalmente económica de reforma fiscal, al representar un ingreso permanente al Estado (Curillo y Cornejo, 2020). Los impuestos ambientales, son aquellos que se aplican a las emisiones de sustancias contaminantes, es decir, sería el cobro individualizado exigible para quienes utilizan el servicio o causan el deterioro y en donde los

montos recaudados tienen un destino específico, el de mitigar los efectos contaminantes (Lanzilotta, 2015).

En la misma línea, Pérez et al. (2011) afirman que este tipo de impuestos son creados con fines estrictamente ambientales, que recaen sobre la sustancia perjudicial para el medio ambiente o sobre bienes cuyo uso está relacionado con dichas sustancias, cubriendo así los costos de los servicios.

Según lo expuesto, los impuestos ambientales surgen de las distorsiones generadas en los sistemas de precios. En este sentido los impuestos de inspiración pigouviana pretenden servir de contrapeso y de esa forma incrementar el costo marginal privado de las empresas contaminantes. Provocando que los agentes económicos asuman la responsabilidad del costo externos (Acquatella, 2005).

Es decir, su justificación y principio rector sería corregir las externalidades presentes e internalizar los costos ambientales por medio de la vía impositiva que muevan a los agentes económicos.

1.3 Política pública relacionada

Dentro del marco mundial existen varios tratados que promueven políticas para la conservación ambiental. Según Ekins (1999), la implementación de impuestos como de otros instrumentos económicos tuvo sus inicios en los países europeos. Este tipo de herramientas se originaron en principio por una mayor concientización del poder y potencial de los mercados dentro de la política pública; reconocimiento de limitaciones del Estado; sistemas de comando y control en la política ambiental; preocupación de la ineficiencia de las regulaciones tradicionales enfocados en problemas ambientales, generando la necesidad de instrumentos de política ambiental más rentables y, por último, el deseo de progresar en la implementación del principio “ quien contamina paga”. A esto se le sumó la situación económica que atravesaban los países a inicios de los 90, dando paso el establecimiento de impuestos ambientales.

La Unión Europea mantiene cuatro subgrupos de impuestos ambientales: 1) Los impuestos a la energía que incluyen bienes energéticos. Se encuentran los derivados del uso del transporte como el diésel y la gasolina, los de usos estacionarios como el gas natural, la electricidad y también los impuestos al CO₂. 2) Los impuestos al transporte que gravan la propiedad o el uso de vehículos motorizados. 3) Los impuestos a la contaminación que recaen sobre todo en las emisiones al aire, al agua, manejo de residuos y al ruido. 4) Los impuestos a los recursos naturales dirigidos al uso o extracción de materiales (Ekins, 1999).

Almeida (2014) realizó un análisis minucioso de las políticas fiscales implementadas en los diversos países europeos para el control de la contaminación, las principales medidas que se destacan son: los impuestos en la compra venta de vehículos, subsidios para cambiar vehículos, impuestos al carbono, tasas impositivas especiales por tipos de vehículos y bonos para vehículos con bajas emisiones de CO₂.

Acquatella (2005) expone que en los 199 países que forman parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el 2,5% del PIB en recaudación de impuestos ambientales son relacionados principalmente con los sectores del transporte y la energía y como dos de los mayores causantes de contaminación.

En la Tabla 1 se resumen las reformas fiscales ambientales en los países de la OCDE especialmente en los pioneros miembros de la Unión Europea.

Tabla 1

Reformas fiscales ambientales adoptadas por los países miembros de la OCDE

Finlandia	En 1990 fue el primer país que introdujo un impuesto al carbón, el cual fue seguido de un proceso de armonización progresiva del sistema fiscal con el medio ambiente. En 1996 entró en vigor el impuesto a los vertederos de basura, como el impuesto a los vehículos automotores, envases de bebidas y un cargo a la generación eléctrica en plantas nucleares.
	En 1991, entro en vigor un impuesto al CO ₂ de aceites minerales (0,46 coronas por litro), el cual se extendió al carbón, el uso de

Noruega	energía, a la piedra caliza y el gas. En 1999 la base del impuesto se amplió a suministros de mar, transporte aéreo, metales y productos químicos industriales. En 2002 los impuestos cubrían el 62% del total de las emisiones de este gas.
Suecia	En 1991 se llevó a cabo la implementación del impuesto al carbón y al azufre, el CO ₂ de 250 coronas por tonelada y el azufre a 30 coronas por kg
Dinamarca	En 1992 se impuso el impuesto al CO ₂ de los combustibles y de 1994 al 2002 se encaminó a una evolución constante de sus impuestos relacionados con la energía.
Francia	En 1999, comenzó con la reestructuración de los impuestos y cargos ambientales. En el 2000 se fusionaron los cargos a la contaminación del aire, a los residuos domésticos, residuos industriales especiales, a los aceites y al ruido
Alemania	En 1999, planteó una reforma ambiental, con el objetivo de estimular el ahorro de energía e incrementar el empleo. La cual consta de dos componentes principales: el impuesto a la electricidad y el incremento de la tributación de aceites minerales, ambos cambiando continuamente hasta 2003.
Italia	En 1999 inició su reforma tributaria ambiental con la implementación de impuestos a aceites minerales conforme a su contenido de carbono y su utilización, además, el impuesto de consumo al carbón.
Suiza	En 1998 se implementaron impuestos ambientales a los derivados del petróleo para calefacción y a los componentes orgánicos volátiles en 1999. También en 1999 se incorporó el impuesto a los vehículos pesados.
Reino Unido	En 1993 se implementó el impuesto a los combustibles para vehículos con el fin de reducir las emisiones de CO ₂ y que hasta 1999 se incrementaron de un 5% a un 6%. En 2001 se estableció un gravamen de cambio climático al uso de energía eléctrica en las empresas y el sector público.

Nota: Información tomada de Acquatella (2005)

Con respecto a América Latina, al igual que Europa, se han implementado políticas ambientales, y gran parte de éstas han sido impuestos que gravan a los combustibles así lo

menciona Pérez et al. (2011) en la Tabla 2 en donde se resumen las reformas fiscales ambientales de América Latina.

Tabla 2

Reformas fiscales ambientales adoptadas por países de América Latina

Argentina	Mantiene la implementación del impuesto al combustible, donde se incluyeron combustibles; líquidos, gas oíl, diésel oíl y kerosene, recaudó algo más del 1% del PIB.
Paraguay	Recaudó 1,55% del PIB por la implementación del impuesto selectivo al consumo y combustibles.
Chile	Recaudo 0,8% del PIB, a través de su impuesto a los productos específicos: derechos de explotación, petróleo diésel, automóviles a gas licuado.
Colombia	Con el impuesto Global tasa fija en moneda nacional para la gasolina y el diésel y una sobretasa de un 25% sobre el precio de venta por galón para la gasolina y de un 6% para el diésel, alcanzó una recaudación del 0,28% del PIB.
Perú	Con un impuesto selectivo al consumo de combustibles, recaudo el 0,57% del PIB, en el 2009.

Nota: Información tomada de Pérez et al. (2011)

1.3.1 Política fiscal verde en el Ecuador

Ecuador en su afán por proteger y conservar el ambiente ha suscrito varios acuerdos. En la tabla 2 se resumen los principales.

Tabla 3

Acuerdos medioambientales en los que ha participado el Ecuador

1975	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES)
1990	Convenio de Viena
1990	Protocolo de Montreal

1993	Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD)
1993	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)
1993	Convenio de Basilea
1995	Convención internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación en particular en África (UNCCD)
2000	Protocolo de Kioto
2003	Protocolo de Cartagena
2004	Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS)
2004	Convenio de Rotterdam
2004	Tratado sobre los Recursos Fitogenéticos
2004	Convenio de Estocolmo
2016	Convenio de Minamata
2017	Acuerdo de París
2017	Protocolo de Nagoya
2020	Acuerdo de Escazu

Nota: Información tomada de Naciones Unidas(2021)

Por otro lado, en el marco legal del Estado Ecuatoriano, para proteger el ambiente y a la sociedad, se establecen medidas regulatorias en las cuales se plasman los impuestos ambientales. En el Art. 300 se norma que la política tributaria promoverá la redistribución estimulando el empleo, la producción de bienes y servicios, además de conductas ecológicas, sociales y económicas responsables, rigiéndose por principios de generalidad, eficiencia, progresividad, equidad, simplicidad administrativa, transparencia y suficiencia recaudatoria (Const, 2008), por lo cual, el Art. 396 de la Constitución estipula que “El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos” (Const, 2008, p.177).

En virtud a las normas enunciadas, y con la finalidad de que la aplicación de tributos pueda mejorar la conducta ecológica, el 24 de noviembre de 2011, el Estado emitió la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado, publicada en el registro oficial 583, en cuyos Capítulos I y II se establecen el impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) y el impuesto redimible a las botellas plásticas no retornables, cuyo objetivo es desincentivar las prácticas contaminantes (Ley de Fomento Ambiental y Optimización de Ingresos Del Estado, 2011).

Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular

La Ley de Fomento Ambiental y Optimización de Ingresos Del Estado (2011) estableció el objeto imponible, sujeto pasivo, exoneraciones, base imponible, tarifa y ajustes aplicables en materia fiscal así como la metodología para la declaración del Impuesto Ambiental a la Contaminación vehicular, mismos que se detallan a continuación:

- **Objeto imponible:** La contaminación ambiental producida por los vehículos motorizados de transporte terrestre.
- **Sujeto activo:** El Estado ecuatoriano administrado por el Servicio de Rentas Internas (SRI).
- **Sujeto pasivo:** Personas naturales, sucesiones indivisas y las sociedades, nacionales o extranjeras, propietarios de vehículos motorizados de transporte terrestre.
- **Extensiones:** Serán exonerados del pago del IACV los siguientes vehículos motorizados de transporte terrestre
 1. Los vehículos de propiedad de entidades del sector público, según el art 225 de la constitución de la República.
 2. Vehículos destinados al transporte público de pasajeros siempre y cuando cuente con el permiso de operación conforme la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.

3. Vehículos de transporte escolar y taxis que de igual forma cuenten con el permiso de operación conforme la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.
4. Vehículos motorizados de transporte terrestre que estén directamente relacionados con la actividad productiva del contribuyente.
5. Ambulancias y hospitales rodantes.
6. Vehículos considerados como clásicos.
7. Vehículos eléctricos.
8. Vehículos destinados para el uso y traslado de personas con discapacidad.

Tabla 4

Base imponible y Factor de ajuste para el cálculo de la cuantía del impuesto

Base Imponible			Factor de ajuste		
Tramo cilindraje- Automóviles y motocicletas	\$/cc		Tramo de Antigüedad (años) – Automóviles		Factor
1	Menor a 1500 cc	0.00	1	Menor a 5 años	0%
2	1501 – 2000 cc	0.08	2	De 5 a 10 años	5%
3	2001 – 2500 cc	0.09	3	De 11 a 15 años	10%
4	2501 – 3000 cc	0.11	4	De 16 a 20 años	15%
5	3001 – 3500 cc	0.12	5	Mayor a 20 años	20%
6	3501 - 4000 cc	0.24	6	Híbridos	-20%
7	Más de 4000 cc	0.35			

Nota: Información tomada de la Ley de Fomento Ambiental Optimización de Ingresos Del Estado (2011)

En la Tala 4 se presenta la base imponible, tarifa y factor de ajuste del IACV, elementos necesarios para la obtención de la cuantía del impuesto, la cual se calculaba en base a la siguiente formula:

$$IACV = [(b - 1500) t] (1 + FA) \quad (1)$$

Donde:

b = base imponible (cilindraje en centímetros cúbicos), corresponde al cilindraje que tiene el motor del respectivo vehículo.

t = valor de imposición específica

$F A$ = Factor de Ajuste, no es más que un porcentaje relacionado con el nivel potencial de contaminación ambiental de los vehículos, en relación con los años de antigüedad o tecnología.

Cabe señalar que el impuesto fue derogado, por la Asamblea Nacional, el 19 de agosto de 2019, basándose en que no había cumplido su objetivo de impulsar conductas ambientales responsables (Ley Derogatoria Al Impuesto Ambiental A la Contaminación Vehicular, 2019).

1.4 Evidencia empírica

Esta sección inicia con la revisión de la literatura empírica asociada al ámbito impositivo vehicular y sus efectos sobre la reducción de emisiones de dióxido carbono. En primer lugar, se detallan las investigaciones que han encontrado una relación positiva y, en segundo lugar, el compendio de literatura que niega tal relación.

Christiane (2016) encuentra que en Alemania los impuestos a la circulación de vehículos sobre la emisión de dióxido de carbono conducen a reducciones estadísticamente significativas, pero relativamente pequeñas, en dichas emisiones y en general en los costos del cambio climático

Dineen et al. (2018), en su investigación para un conjunto de países de Europa, concluyen que los países con impuestos por CO₂ sobre vehículos tienen mayores probabilidades de lograr la reducción en las emisiones de contaminantes. Bajo esta misma perspectiva, Yan y Eskeland (2016) concluyen que el efecto estimado del impuesto vehicular explicó la mayor parte de la reducción en la intensidad promedio del dióxido de carbono entre 2006 y 2011 en Noruega. Mientras que, Ciccone (2018), en su estudio para Noruega, encontró que el cambio en la tasa impositiva ambiental que se cobra a los vehículos

de pasajeros provocó una gran reducción de la intensidad media de las emisiones de dióxido de carbono.

En Reino Unido, Cerruti et al. (2019), al analizar el impacto del impuesto especial vehicular, concluyeron que la aplicación de este tributo provocó la adopción de vehículos de bajas emisiones y desalentó la compra de vehículos muy contaminantes, reduciendo las emisiones de CO₂. Solaymani (2019), de manera similar, concluye en su estudio aplicado en base a los 7 principales países emisores de CO₂ del transporte; Estados Unidos, China, India, Rusia, Brasil, Japón y Canadá que se puede lograr la reducción en las emisiones de carbono optimizando aún más las estructuras energéticas y limitando la población de vehículos privados.

Haciendo una comparativa entre Noruega, Suecia y Dinamarca, Østli et al. (2021) concluyen que el sistema tributario grabado a automóviles tiene un impacto notable y en esencia, entre las tres jurisdicciones examinadas, el régimen fiscal noruego tiene mejor efecto en la reducción de CO₂, debido al impacto que tiene la flota vehicular, en su mayoría, de baja cuota contaminante. Por su parte, Nkosi et al. (2021), al analizar el impuesto a la emisión de CO₂ a los vehículos y combustibles, concluyen que existe evidencia de que dicho impuesto ha reducido las emisiones de dióxido de carbono y también ha provocado el aumento del volumen de vehículos nuevos con baja intensidad de carbono en Sudáfrica.

De otro lado, Adamou et al. (2012) expone que la adopción de un impuesto de matriculación basado en el CO₂, en países que ya imponen un impuesto de matriculación, tiene consecuencias medioambientales negativas, este autor plantea un sistema de incentivos diferenciado antes que aplicar un impuesto de este tipo.

Por su parte, Nel y Nienaber (2012) concluyen que los impuestos sobre los vehículos pueden no ser la forma más eficaz de reducir las emisiones de CO₂. Para un mejor abordaje se recomienda una política de debate como iniciativa alternativa. Mientras que, en Escocia, Melo (2016) concluye que el impacto positivo de la descarbonización de la flota vehicular en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono del transporte en realidad es muy

pequeño. En el estudio de Nienabera y Barnardb (2018) se expone que el impuesto a las emisiones no ha logrado su propósito de hacer que la flota de vehículos de motor de Sudáfrica sea más amigable con el medio ambiente.

Para Tovar (2020) un impuesto adicional al carbono sobre el combustible utilizado para el transporte vehicular es regresivo cuando no hay asignación de ingresos fiscales, ya que los hogares de bajos ingresos pueden reducir la carga tributaria. Resultados similares presenta Vidyattama et al. (2021), quienes concluyen que gravar el uso de los vehículos puede llegar a afectar más a los hogares de menores ingresos, por lo que recomiendan intensificar el impuesto solamente a los vehículos más antiguos. Por último, Wang et al. (2021) encuentran que el encuadre hedónico con respecto a un impuesto al carbono no fue significativamente diferente para reducir los niveles de dióxido de carbono proveniente de la flota vehicular.

Capítulo dos

Antecedentes

2.1 Estadísticas del sector transporte

América Latina

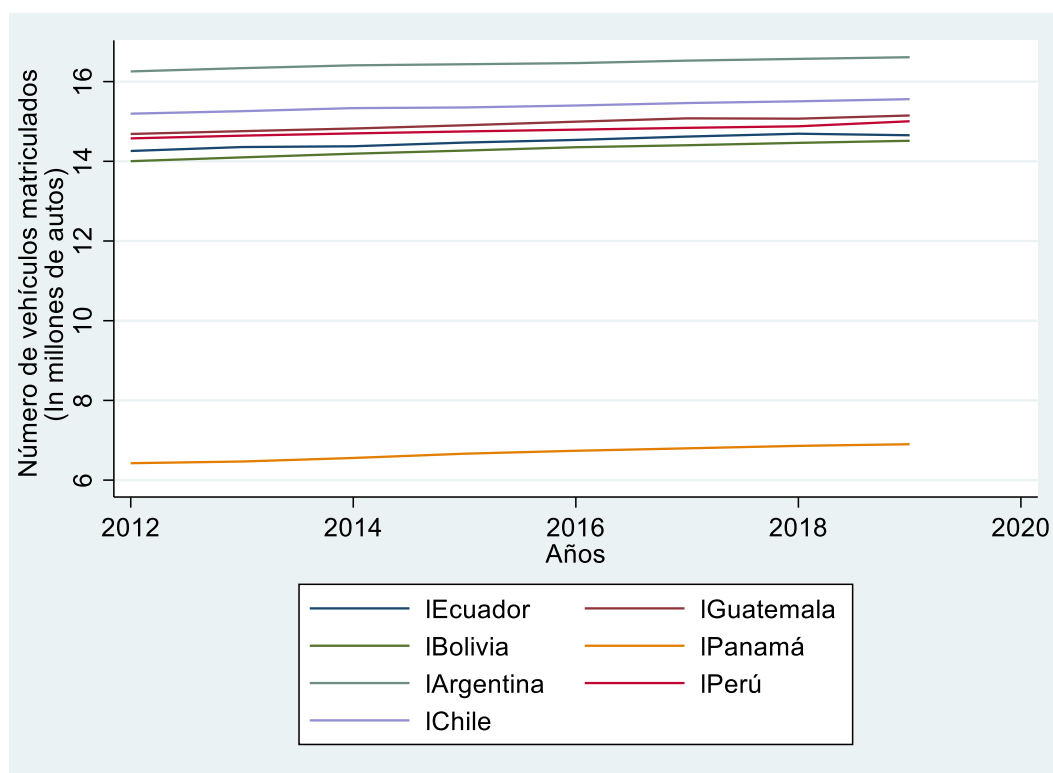
Rivas et al. (2019) mencionan que: el sector automotor es uno de los factores de crucial importancia para impulsar el crecimiento económico, reducir la pobreza y lograr los objetivos de desarrollo nacional. A nivel global, la industria se destaca por ser intensiva en capital y por la magnitud del empleo que genera, no obstante, también genera contaminación ambiental. Por lo cual agrega que las emisiones de CO₂ del sector automotor en América Latina y el Caribe están en constante aumento y pese a tener valores bajos con respecto a economías avanzadas, como Medio Oriente y Europa del Este, supera al de economías emergentes de Asia, el Sur de Asia, el Norte de África y África Subsahariana, estimando que las emisiones promedio de transporte en América Latina y el Caribe fueron de 962 kg de CO₂ per cápita, representando a nivel mundial el 24.3% de emisiones en 2016.

Del mismo modo, en los últimos 10 años el sector automotor de gran parte de los países de Latinoamérica y el Caribe ha experimentado un aumento anual promedio equivalente a 4,7%. En 2015, el sector automotor para Latinoamérica y el Caribe alcanzó los 201 vehículos por cada 1000 habitantes, manteniéndose por debajo de los niveles de Europa, que alcanzó 471 vehículos por cada 1000 habitantes y Estados Unidos y Canadá con 805 vehículos por cada 1000 habitantes (Rivas et al., 2019).

Al comparar el parque automotor entre países de la región, en la Figura 1 se observa que Argentina es el país con el mayor número de vehículos matriculados (16.394.610) en 2019, es decir, 368 vehículos por cada 1000 habitantes, seguido por Chile con 302 vehículos por cada 1000 habitantes. Ecuador se ubica en el quinto puesto en la región con 134 vehículos por cada 1000 habitantes.

Figura 1

Parque automotor comparativo regional, período 2012 – 2019



Nota: Datos tomados del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), Instituto Nacional de Estadística Guatemala (INE, 2020), Asociación de fábricas argentinas de componentes

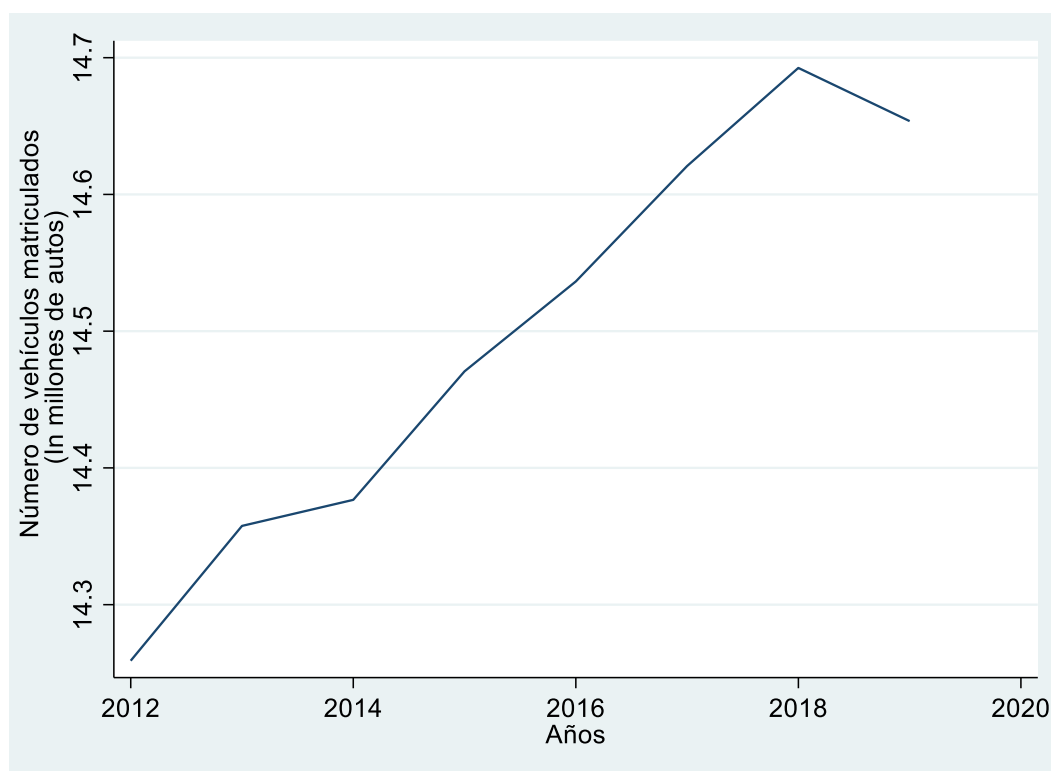
(AFAC, 2020), Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2022), Instituto nacional de Estadísticas (INE, 2022), Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2021), Asociación Automotriz del Perú (AAP, 2020).

Ecuador

En Ecuador, durante el período de 2012-2019, el sector automotor tuvo un incremento promedio anual de 5,9%, pasando de 1.558.158 vehículos en 2012 a 2.311.960 vehículos en el año 2019 (INEC, 2021). (Ver Figura 2).

Figura 2

Vehículos motorizados matriculados en Ecuador, 2012 – 2019



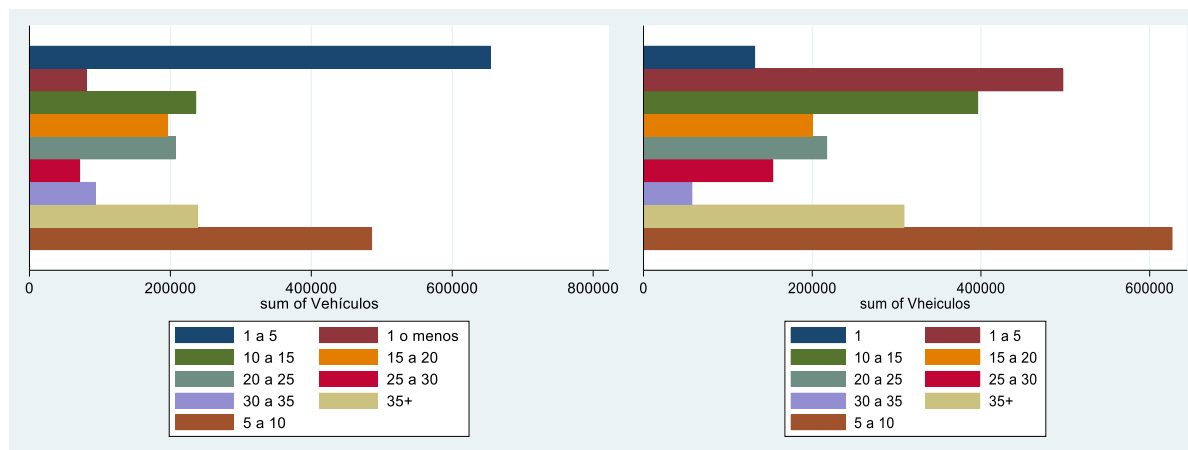
Nota: Datos tomados del INEC (2022)

Es importante tomar en cuenta los años de vida de un vehículo, ya que a medida que sus motores se desgastan, producen una mayor cantidad de residuos contaminantes. En la Figura 3 se muestra la antigüedad del parque automotor ecuatoriano entre 2014 y 2019, donde 238.935 vehículos tienen más de 35 años de antigüedad altamente perjudiciales para el medio ambiente. Al revisar el año 2019 no se observa una disminución de vehículos

antiguos, al contrario, son 309.241 los vehículos que con una vida de más de 35 años siguen en circulación.

Figura 3

Antigüedad del parque automotor en Ecuador año 2014 y 2019 (In millones de autos)



Nota: Datos tomados del AEADE (2022)

2.2 Evolución de las variables

En los siguientes apartados se analiza la evolución de las variables que se utilizarán para determinar si el impuesto ambiental a la contaminación vehicular tuvo un efecto significativo en la reducción de la contaminación ambiental.

2.2.1 Emisiones de CO₂

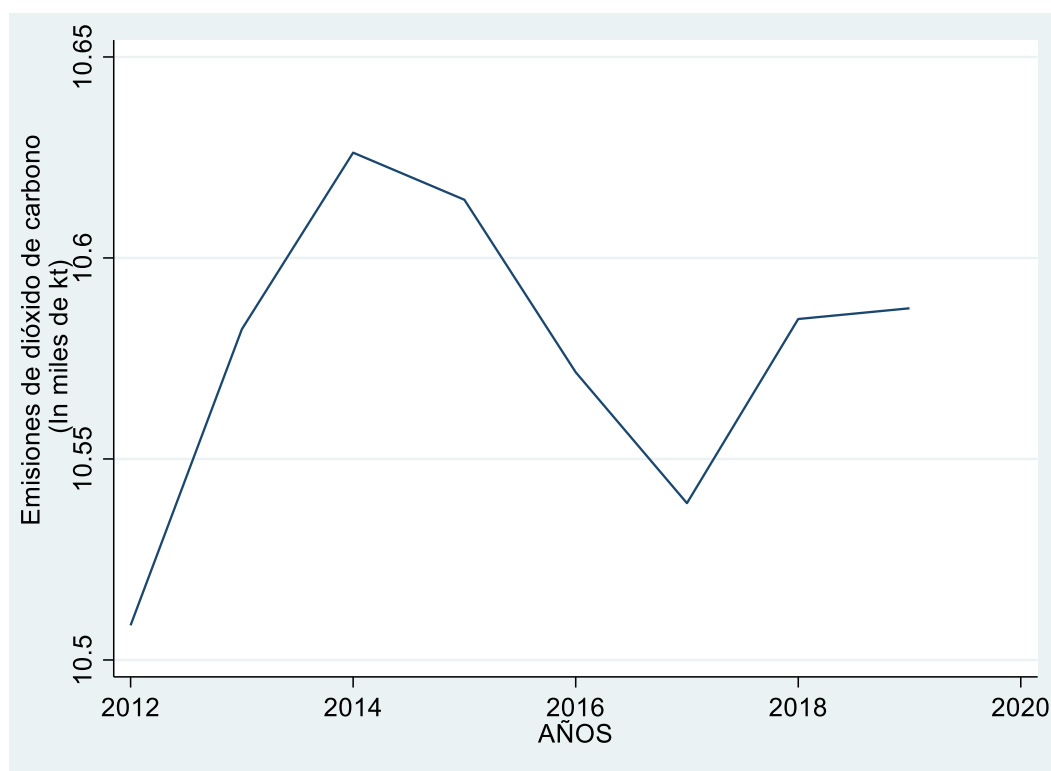
El dióxido de carbono es un gas tóxico de altas concentraciones, incoloro y su fórmula química es CO₂, este elemento es liberado desde el interior de la tierra a través de fenómenos como procesos de suelos, fenómenos tectónicos, evaporación oceánica u otros compuestos con carbono obtenidos de la combustión de hidrocarburos que contamina de dos formas: la primera, cuando se produce el conocido efecto invernadero, mediante la retención de calor, y la segunda, cuando aumenta la concentración debido a la quema de combustibles fósiles (Alcívar, 2016).

En la Figura 4 se puede observar que las emisiones del dióxido de carbono en Ecuador, entre 2012 y 2019, han aumentado de 36.630 a 39.635 kilotoneladas, teniendo una variación anual promedio de 1,22%, el incremento, a diferencia de otros países, no parece

excesivo, además se observa que a partir del 2014 han reducido las emisiones de CO₂, esto coincide con la implementación de estrategias, planes y proyectos hidroeléctricos implementados por el gobierno de turno. Por lo cual, se puede decir que la operación comercial de varios proyectos hidroeléctricos como el Proyecto Mazar-Dudas con una capacidad de 21 MW, Proyecto Saymirín de 7 MW, Proyecto Chorrillos de 3,96 MW, Proyecto Victoria de 10 MW, Proyecto Manduriacu de 60 MW, Proyecto Topo de 29,2 MW, Proyecto San José de Minas de 5,95 MW han influido en esta reducción (Consejo nacional de electricidad [CONELEC], 2015).

Figura 4

Evolución de las emisiones de CO₂ período 2012 – 2019



Nota: Datos tomados del Banco Mundial (2022)

2.2.2 Recaudación del impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV)

El impuesto ambiental a la contaminación vehicular fue creado el 24 de noviembre del 2011, siendo un impuesto que se grabó a la contaminación del ambiente producida directamente por el uso de vehículos motorizados de transporte terrestre, se basa en el

objetivo de desincentivar las prácticas ambientales irresponsables, considerando que los vehículos se constituyen como uno de los principales contaminantes del ambiente, este impuesto lo deben pagar todo propietario de vehículo motorizado de transporte terrestre de acuerdo al cilindraje y factor de ajuste del vehículo (Servicio de Rentas Internas [SRI], 2020).

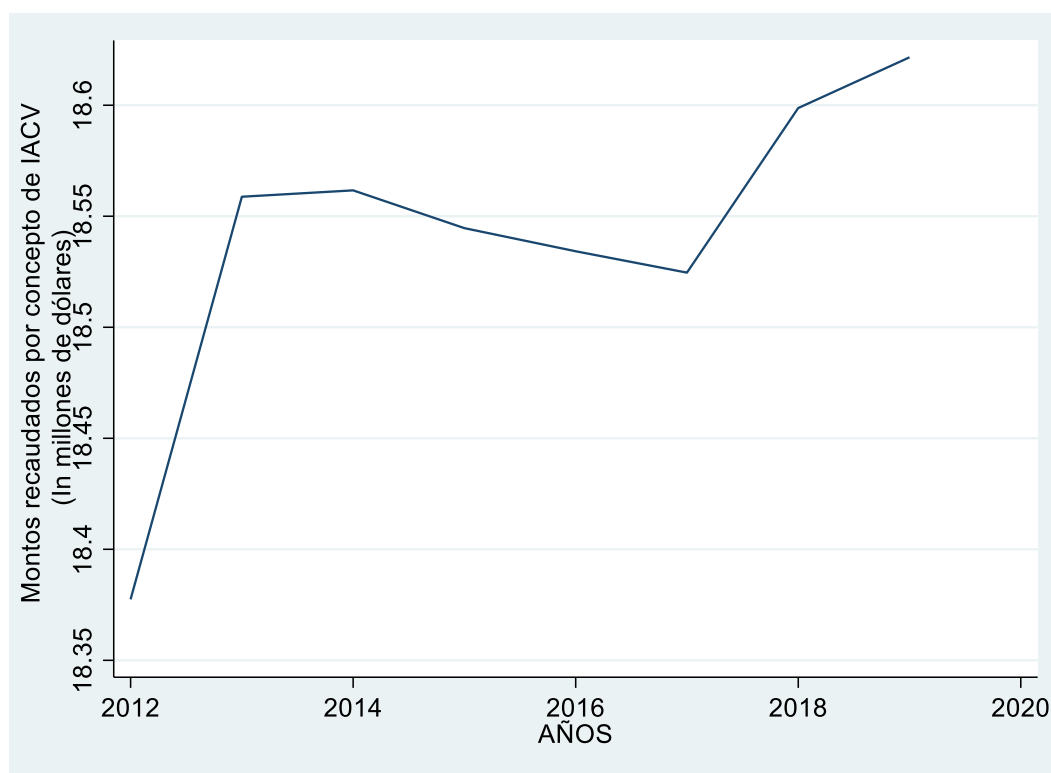
A continuación, se muestran los montos recaudados del impuesto ambiental a la contaminación vehicular para el periodo 2012 - 2019, se recuerda que este impuesto es recaudado por el Estado, a través del SRI, estos impuestos van a la cuenta única nacional, que se encuentra en el Banco Central de Ecuador. Lo que conlleva a que el destino de la recaudación de este impuesto sean las principales inversiones de gobierno actual, entre las cuales no se ha visualizado el porcentaje que se destina al cuidado y remediación ambiental, o al menos, se dirija a un fondo especial para contribuir con el objetivo principal del impuesto (Álvarez Saráuz, 2017).

La aplicación del impuesto se dio de forma progresiva, iniciando en los años 2012, 2013 y 2014 con una reducción del impuesto hasta el 80% a vehículos con motores mayores a 2500 y una antigüedad de 5 años, ya para el 2015 y 2016 bajo a un descuento del 50%, y finalmente para 2017 el beneficio terminó y se estableció pagar el impuesto de forma íntegra (AEADE, 2019).

En la Figura 5 según datos del (SRI) 2021, hasta el año 2019, se recaudaron 903.630.586 millones de dólares por concepto del impuesto. Se observa que durante el periodo en que estuvo vigente el impuesto mantuvo un comportamiento anual de recaudación irregular, sin embargo, en promedio creciente. Dentro del periodo 2012 - 2019, se puede apreciar que a partir del año 2014 los valores de recaudación disminuyeron, esto pudo deberse a las varias exenciones que se encontraban vigentes en la Ley de Fomento Ambiental, a las cuales la población comenzó a tener acceso, sobre todo el transporte público y del sector público, pese a ello, a partir del 2017 se observa un repunte, resultado del fin del beneficio de pago que se venía aplicando progresivamente.

Figura 5

Evolución de la recaudación del Impuesto ambiental a la contaminación vehicular



Nota: Datos tomados del SRI (2022)

2.2.3 Valor agregado bruto

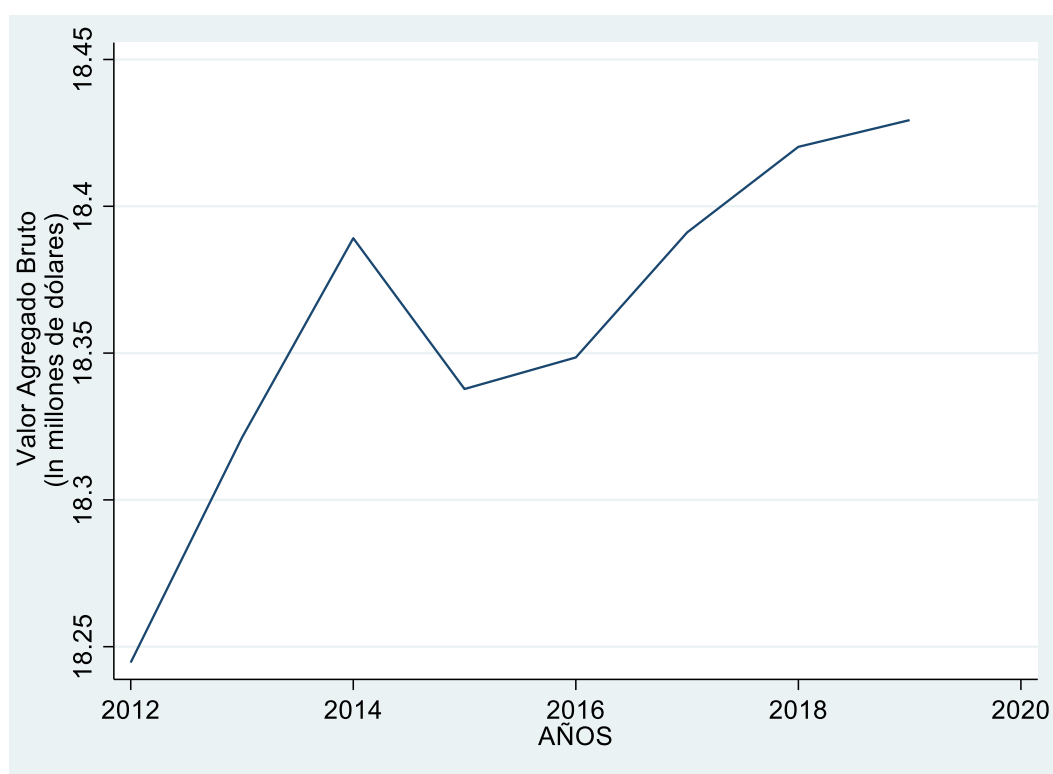
El valor agregado bruto se toma como una expresión de crecimiento económico, sirve como base para la estimación del PIB. Se conceptualiza como el resultado de la actividad de la producción, ya que se entiende como el resultado final de la actividad de producción midiendo el valor añadido realizado por cada industria o sector (Guerra y González, 2015). Es decir, el valor agregado bruto es la diferencia entre la producción de la actividad económica y el consumo intermedio (Pereira et al., 2018).

La Figura 6 muestra el crecimiento del VAB en Ecuador para el periodo 2012-2019, con un crecimiento promedio anual de 2,76% para dicho periodo. Para el 2012 el VAB fue de 83.856.171 millones y de 100.871. 577 millones para 2019. En este periodo se observa que en el año 2015 el VAB cae significativamente, esto debido a la guerra de precios desatada entre la OPEP y los productores norteamericanos (Salinas et al., 2021), lo cual afectó el

mercado del crudo, causando así la caída del VAB petrolero, entonces, los precios del petróleo influyeron en la conformación del VAB reflejándose en una tasa negativa de crecimiento para este año. Pese a la eminente caída del VAB petrolero hasta 2019 es el VAB no petrolero es quien sobresale aplicando un mayor dinamismo de industrias como: la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y explotación de minas, provocando nuevamente el crecimiento del VAB progresivamente hasta 2019 (Salinas et al., 2021). En términos generales la tasa de crecimiento se considera bastante aceptable.

Figura 6

Evolución del Valor agregado bruto período 2012 - 2019



Nota: Datos tomados del Banco Central del Ecuador (2022)

2.2.4 Energía renovable

Los conflictos ambientales han promovido a una atracción progresiva hacia las fuentes de energía renovable, ya que su aprovechamiento no causa alteraciones graves al medio ambiente (Coviello et al., 2012). La energía renovable proviene de recursos ilimitados, se renuevan constantemente y pueden ser explotados sin agotarse, siendo la principal fuente de

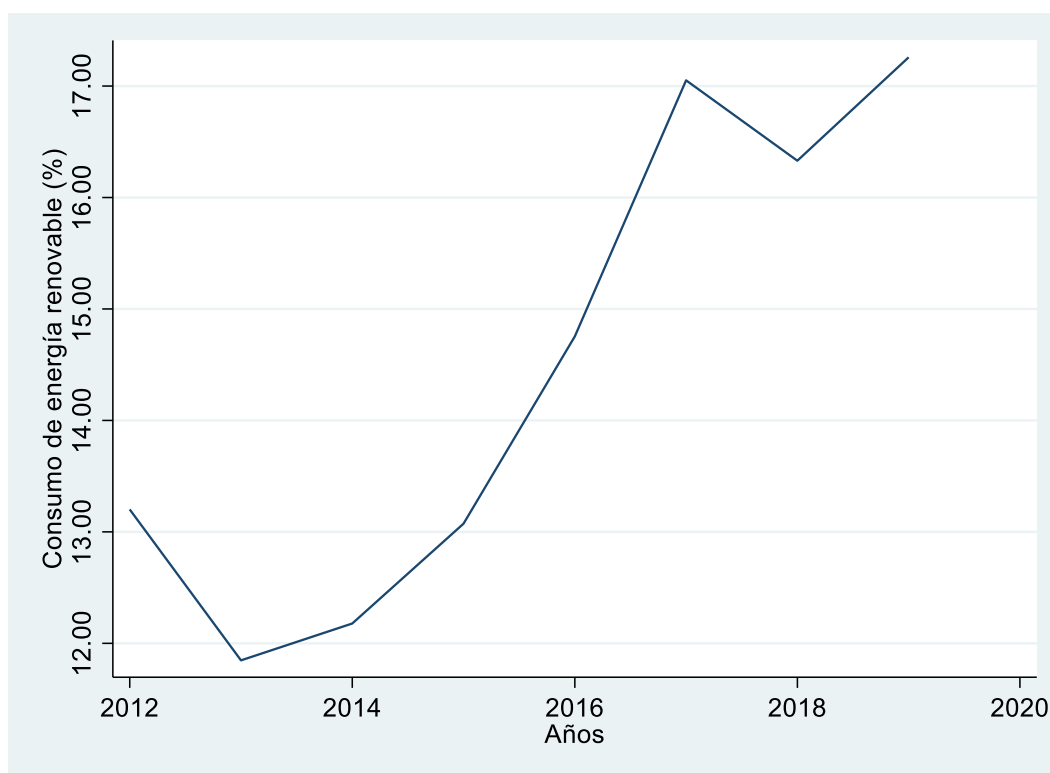
energía renovable, el sol quien mediante radiación infrarroja y ultravioleta permite aprovechar energías como la eólica, fotovoltaica, hidráulica, térmica y biomasa. Además, menciona que invertir en este sector energético limpio permite poseer un gasto más eficiente, con energías inagotables y romper con la dependencia que tenemos de otros países por la importación de energía eléctrica (De la Torre, 2013).

En la Figura 7 se muestra el consumo de energía renovable para el periodo 2012 - 2019, este período presenta diversas fluctuaciones concluyendo en un crecimiento promedio de 4,30%, pasando de 13,20% del consumo de energía final en el año 2012 a tener 4,85 puntos porcentuales más en 2019.

La energía renovable mantiene una tasa de crecimiento bastante aceptable y se puede decir que este gran impulso se dio a partir del 2014, debido a la implementación de la generación hidroeléctrica en donde empezaron los grandes proyectos hidroeléctricos como los ya mencionados anteriormente; el Proyecto Mazar-Dudas con una capacidad de 21 MW, Proyecto Saymirín de 7 MW, Proyecto Chorrillos de 3,96 MW, Proyecto Victoria de 10 MW, Proyecto Manduriacu de 60 MW, Proyecto Topo de 29,2 MW, Proyecto San José de Minas de 5,95 MW (CONELEC, 2015). Sin embargo, el aumento más notorio se encuentra en el año 2017 con una tasa de crecimiento de 15,57%, llegando a ser la mayor tasa de crecimiento registrada en este periodo.

Figura 7

Evolución del consumo de energía renovable período 2012 - 2019



Nota: Datos tomados del Banco Mundial (2022)

2.2.5 Consumo de energía no renovable del sector transporte

No se puede negar que la energía es uno de los motores que mueven el mundo siendo la fuente de luz, calor, permite desplazarse, cocinar alimentos, fabricar máquinas entre otras, sin embargo, comprende problemas para la humanidad y el planeta. Existe una relación notable entre desarrollo, energía y el deterioro ambiental, particularmente cuando proviene de combustibles fósiles, esta contribuye con el deterioro al ambiente (Mazón et al., 2019).

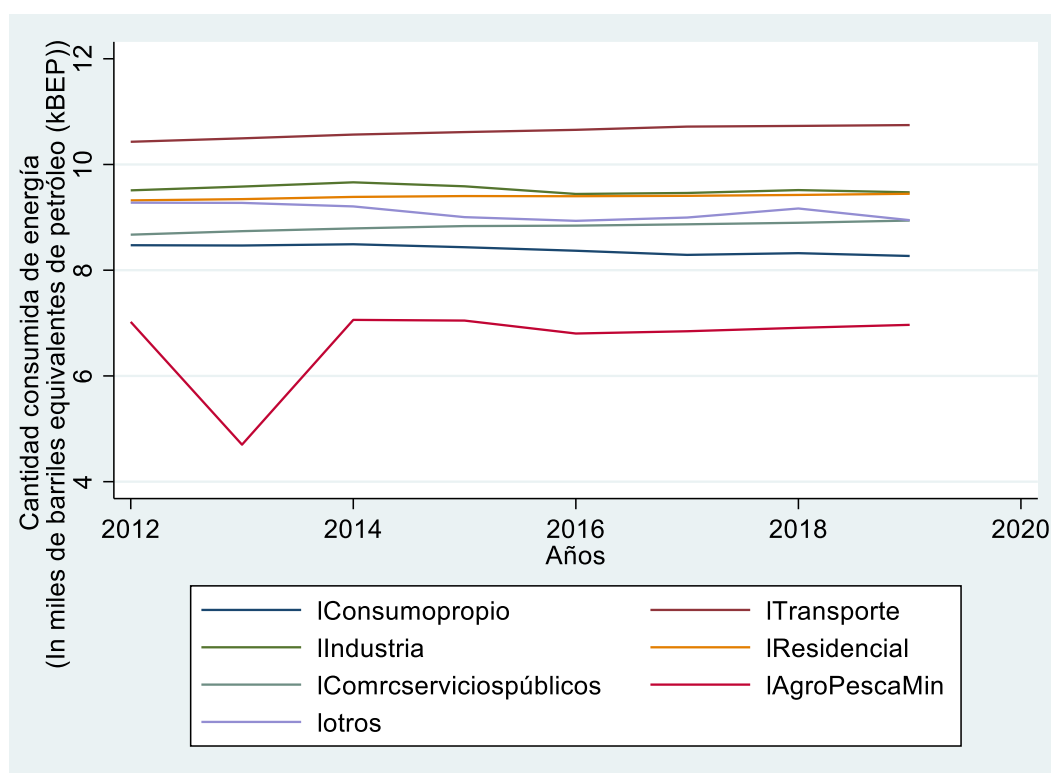
En la actualidad el sector transporte resulta especialmente determinante pues contribuye con un 50% a la polución de gases de efecto invernadero asociada al consumo energético, siendo los medios de transporte basados en la quema de combustibles fósiles, cuyas emisiones varían de acuerdo al tipo y medio de transporte. Por ello, se han emprendido acciones dirigidas principalmente a la disminución de emisiones del sector, dado que el

consumo de energía a nivel global presenta una grave problemática, pues viene acompañada de un rápido desgaste medioambiental (Toussaint, 2014).

La Figura 8 muestra que el consumo energético total en Ecuador se incrementó pasando de 80.960 millones de BEP en el año 2012 a 83.396 millones de BEP en 2019. En términos porcentuales. El sector de mayor consumo fue el sector transporte con 37.744 millones de BEP equivalente a 46,52%, 3 millones más con respecto al año 2012. Seguido por el sector industrial con 15,62%, el sector residencial con 13,80%, y otros sectores en general con 10,11%.

Figura 8

Consumo de energía por sector (kBEP)

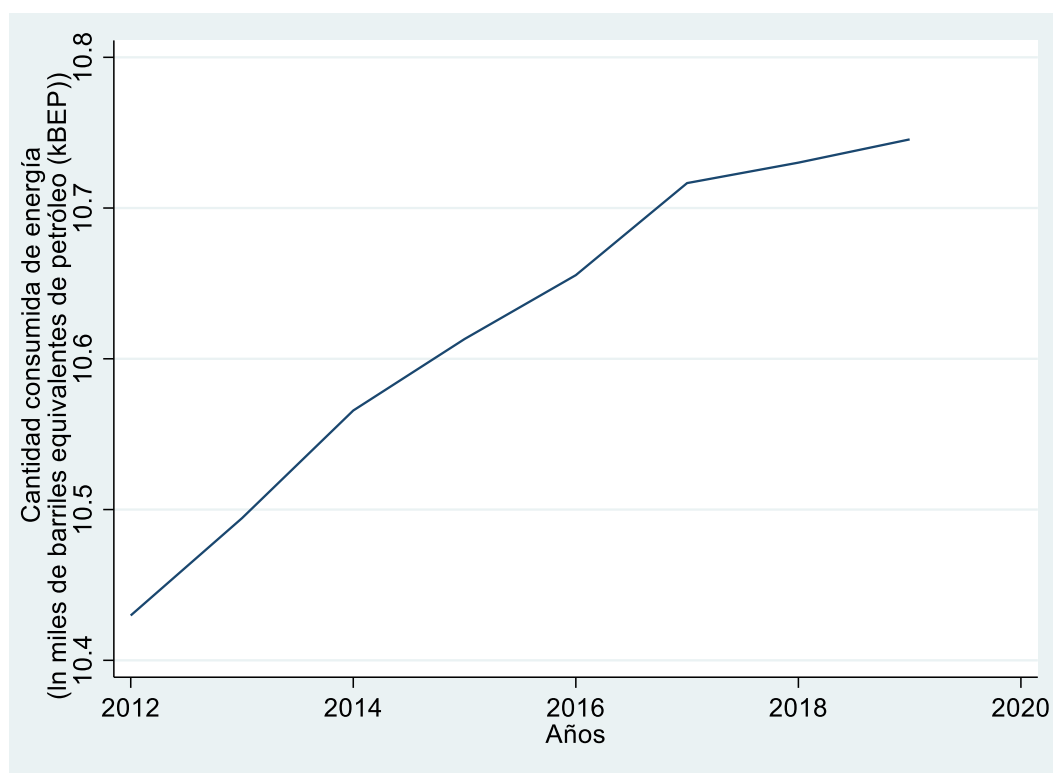


Nota: Datos tomados del Banco Central del Ecuador (2022)

En la Figura 9 se observa como el consumo de energía del sector transporte para el periodo 2012 – 2019, tiene una tasa de crecimiento promedio de 4,64%, se puede decir que va de la mano con el aumento de la flota vehicular, quien es el que más demanda combustibles fósiles.

Figura 9

Evolución del consumo de energía no renovable del sector transporte (kBEP)

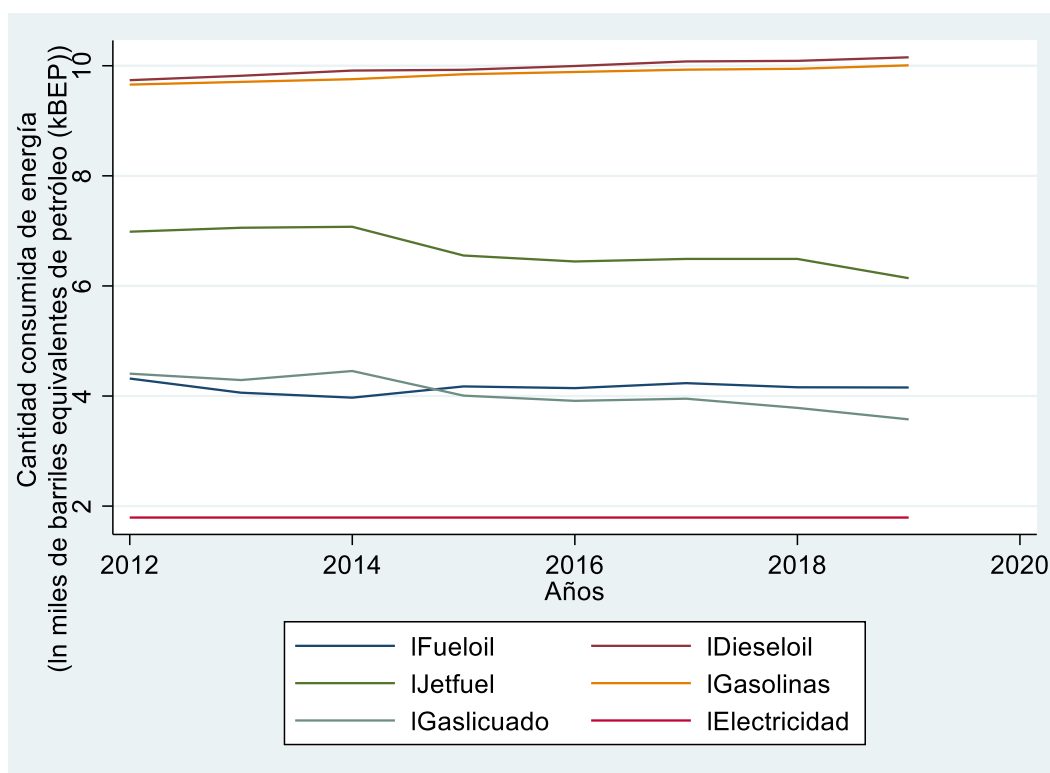


Nota: Datos tomados del Banco Central del Ecuador (2022)

Por otro lado, con respecto al consumo del sector transporte para el año 2019 se puede observar que el diésel y las gasolinaz son los que mayor demanda representan con 31,40% y 26,50% de todo el consumo energético del país. Al ser los combustibles fósiles los de mayor demanda energética de Ecuador. Ver Figura 10.

Figura 10

Consumo de energía por fuente (kBEP)



Nota: Datos tomados del Banco Central del Ecuador (2022)

Capítulo tres

Descripción metodológica

3.1 Descripción de datos y metodología econométrica.

3.1.1 Datos

Los datos para la presente investigación se recolectaron de diferentes fuentes. Las variables de emisiones de CO₂ y el consumo de energía renovable se tomaron del Banco Mundial, el valor del impuesto ambiental a la contaminación vehicular del servicio de Rentas Internas (SRI) y el valor agregado bruto como el consumo de energía no renovable del sector transporte del Banco Central del Ecuador. Las variables se recopilaban en series anuales del periodo 2012 – 2019. Se utilizó como variable dependiente las emisiones de CO₂ y como variable independiente al impuesto ambiental a la contaminación vehicular; además, se

agregaron variables de control como el valor agregado bruto, el consumo de energía renovable y el consumo de energía no renovable del sector transporte.

Al presentarse las variables en datos anuales, estas se transformaron en datos trimestrales, con la utilización de la matriz de Lissam Sandee (1964). Se trata de un método de desagregación temporal sin indicadores, que permite trimestralizar bases de datos a partir de agregados anuales, con el fin de ampliar el tamaño de la muestra. Este método permite obtener una adaptación bastante buena de las cifras trimestrales a los totales anuales brindando ventajas de simplicidad, plausibilidad y la utilidad práctica (Masiya, 2014).

En la Tabla 5 se resume la información de las variables de estudio, y se señala la fuente de donde fue tomada:

Tabla 5

Descripción de variables

Variables	Descripción	Fuente
Variable dependiente		
Emisiones de CO2 en kilotoneladas	Emisiones de dióxido de carbono proveniente de la quema de combustibles fósiles, producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas de Ecuador, para el periodo 2012-2019.	Banco Mundial
Variable independiente		
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	Estadísticas de recaudación del IACV de Ecuador, en el periodo 2012-2019.	Servicio de Rentas Internas (SRI)
Variables de control		
Consumo de energía renovable	Producción de energía renovable en el consumo total de energía final 2012-2019.	Banco Mundial

Valor agregado bruto	Valor agregado bruto periodo 2012-2019.	Cuentas nacionales Banco Central del Ecuador.
Consumo de energía no renovable del sector transporte	Consumo de energía no renovable del sector transporte 2012- 1019.	Cuentas nacionales Banco Central del Ecuador.

En la Tabla 6 se muestran las variables descritas anteriormente y sus principales estadísticos descriptivos. Se registra un total de 32 observaciones trimestralizadas junto con la desviación estándar y sus valores mínimos y máximos.

Tabla 6

Resumen estadístico de las variables

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Emisiones de CO2	32	9721.875	430.909	8937	10379
Impuesto ambiental a la contaminación vehicular	32	2.82e+07	2646709	2.22e+07	3.54e+07
Energía renovable	32	3.615312	.526437	2.9025	4.39293
Energía no renovable del sector transporte	32	1.03e+07	1117463	8233370	1.20e+07
Valor agregado bruto	32	2.36e+07	1943283	1.62e+07	2.65e+07

3.1.2 Análisis correlacional

Se realizó un análisis correlacional entre las variables de la Tabla 4. Para ello se utilizó gráficas de correlación, en el programa Stata versión 16.0.

3.1.3 Modelo econométrico

Para el desarrollo de la presente investigación sobre el Impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) como instrumento correctivo del deterioro ambiental en Ecuador se empleó una metodología basada en técnicas econométricas de series de tiempo, la cual se desarrolla en las siguientes etapas. En principio se realizó el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para estimar el modelo, seguido de un Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), con series integradas de primer orden para determinar la cointegración de Johansen.

Luego, se utilizó el método de Johansen (1988) para encontrar la relación de equilibrio de largo plazo entre las variables, el cual parte del vector autorregresivo VAR antes mencionado, en el que posteriormente se aplica el procedimiento de máxima verosimilitud al VAR estimado, con el fin de determinar el rango (r) de cointegración del sistema rescribiéndose en Vector de Corrección de Error (VEC). Continuación a ello, se realizó la prueba de causalidad de Granger (1969) para medir el efecto direccional entre las variables y por último, se revisan cada uno de los pasos realizados y, finalmente, se realizan las gráficas de impulso respuesta, en las cuales se pretende ver el impacto de shocks estructurales, para conocer la relación de las variables del sistema frente a shocks.

Para determinar el efecto del impuesto ambiental a la contaminación vehicular sobre las emisiones de CO2 se utilizó un modelo de series de tiempo, cuya forma funcional está dada por:

$$CO2_i = \beta_0 + \beta_1 IACV_t + \beta_2 IVAB_t + \beta_3 C_EGRENOV_t + \beta_4 IC_EGNORENOVTRAN_t + \mu_t \quad (2)$$

Donde:

$ICO2_i$ = Ln de emisiones de CO2

$IACV_t$ = Ln del impuesto ambiental a la contaminación vehicular

$C_EGRENOV_t$ = Consumo de energía renovable

$IC_EGNORENOVTRAN$ = Ln consumo de energía no renovable del sector transporte.

$IVAB_t$ = Ln del valor agregado bruto

μ_t = Término de error

El subíndice representa el tiempo de cada variable.

Para evitar problemas y asegurar que la autocorrelación y la heteroscedasticidad de los modelos sean corregidos, y de este modo no pierdan consistencia, se utilizó las pruebas de Durbin - Watson (1950) y Breusch - Godfrey (1986) que detecta la autocorrelación como también la prueba de prueba de White (1980) para detectar heteroscedasticidad.

Antes de realizar las pruebas de cointegración, en donde se verificará la relación de largo plazo, se realizarán las pruebas de la raíz unitaria, las cuales permiten detectar la no estacionariedad en las series de tiempo. Las variables al no ser estacionarias pueden invalidar muchas pruebas de hipótesis, como la prueba F, donde se puede sobreestimar la importancia de la prueba llegando a obtener resultados espurios. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se aplicó la prueba Dickey y Fuller (1981) aumentado para las series transformadas en logaritmos para lo cual se plantea el siguiente modelo AR:

$$y_t = \alpha + \rho y_{t-1} + e_t, t = 1, 2, \dots \quad (3)$$

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

$$H_0: \rho = 1 \quad (4)$$

$$H_1: \rho < 1 \quad (5)$$

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

$$\Delta y_t = \alpha + \theta_{t-1} + e_t \quad (6)$$

Este es un modelo dinámicamente completo y también sencillo para probar $H_0: \theta = 0$ contra $H_1: \theta < 0$. Dado que el estadístico t no aplica bajo estas condiciones, Dickey-Fuller establecieron valores críticos apropiados para la distribución asintótica del estadístico t bajo H_0 , lo que se conoce como distribución de Dickey- Fuller.

Luego de realizar las pruebas de raíces unitarias, se estimó la relación de largo plazo entre las variables del modelo, para ello se utilizó el método de Johansen (1988) partiendo de un enfoque de Vector Autorregresivo, como se especifica a continuación:

$$X_t = A_0 + A_1 + A_{t-1} + \dots + A_p x_t + \varepsilon_t \quad (7)$$

Donde $X_t = x_{1t}x_{2t}x_{mt}$, el cual va a ser explicado por su comportamiento pasado, A_0 es un vector columna de parámetros $N \times 1$, A_1, \dots, A_p es una matriz $N \times N$ de parámetros, y ε_t es un vector columna de errores.

Posteriormente, para delimitar el rango (r) de cointegración del sistema, se aplicó el procedimiento de máxima verosimilitud al VAR ya estimado, por lo que la ecuación VAR se reescribe en un Vector de Corrección de Error (VEC), de la siguiente forma:

$$\Delta X_t = r_1 \Delta X_{t-1} + \dots + r_{p-1} \Delta X_{t-p} + \Pi X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Donde Δ es el operador de primera diferencia, ejemplo: $\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$; X_t es el vector de variables integradas de orden I (1); $r_i = (I - X_1 \dots - A_i)$; $i = 1, \dots, p - 1$; Π ; es una matriz ($N \times N$) de la forma $\Pi = \alpha\beta^t$ en donde α y β son matrices de rango completo ($N \times N$), la matriz se interpreta como la velocidad de ajuste de cada variable para recuperar la posición de equilibrio cuando se produzcan desviaciones; la matriz β recoge las "r" relaciones de cointegración y ε_t es un vector columna de error normal e independientemente distribuido.

Una vez realizado el procedimiento de Johansen (1991) se procede a encontrar la causalidad entre las variables. Las relaciones de causalidad pueden ser unidireccionales, cuando una variable causa a otra y no se produce el mismo efecto desde la otra variable

hacia la primera, y causalidad bidireccional cuando se produce el mismo efecto de dirección causal de una variable hacia otra. Para esta investigación, se utilizará las pruebas de causalidad de Granger (1969) el cual señala que si dos variables, son integradas de primer orden y están cointegradas, debe existir algún efecto causal entre las variables. La prueba de Granger implica la estimación de las siguientes ecuaciones:

$$\ln CO2_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln IACV_{t-1} + \sum_{j=1}^n \beta_j \ln CO2_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (9)$$

$$\ln IACV_t = \sum_{i=1}^n \gamma_i \ln CO2_{t-1} + \sum_{j=1}^n \delta_j \ln IACV_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (10)$$

Donde se supone que ε_{1t} y ε_{2t} no están correlacionados. La ecuación (9) postula que las emisiones de CO2 $\ln CO2_t$ se relacionan con los valores pasados $\ln CO2_{t-j}$, al igual que con los del Impuesto ambiental a la contaminación vehicular $\ln IACV_{t-1}$ y la ecuación (10) supone un comportamiento similar para el $\ln IACV_t$. La hipótesis nula de la prueba de Granger es $H_0: \alpha_i = 0, i=1, 2, \dots$, es decir, los términos rezagados del IACV no pertenecen a la regresión.

Por último, se realizan las gráficas de impulso respuesta, cuyo objetivo es observar el impacto de shocks estructurales. Es decir, se trata de conocer la relación de las variables del sistema frente a shocks. La función de impulso respuesta FIR representa la relación de la variable endógena ante un cambio de una de las variables aleatorias (shocks), así, por ejemplo, en este caso dada una variación del IACV el efecto será inmediato en el CO2, pero también habrá un efecto en los valores futuros de dichas variables y en el valor futuro de las otras variables debido al carácter dinámico interconectado del sistema (Cisneros, 2014).

Capítulo cuatro

Resultados y discusión

En este apartado se presentan los resultados del estudio, utilizando la metodología antes descrita. Se estimaron los determinantes de las emisiones de CO2 y se calculó el efecto del impuesto ambiental en la contaminación vehicular y emisiones de CO2 en Ecuador para el periodo 2012- 2019.

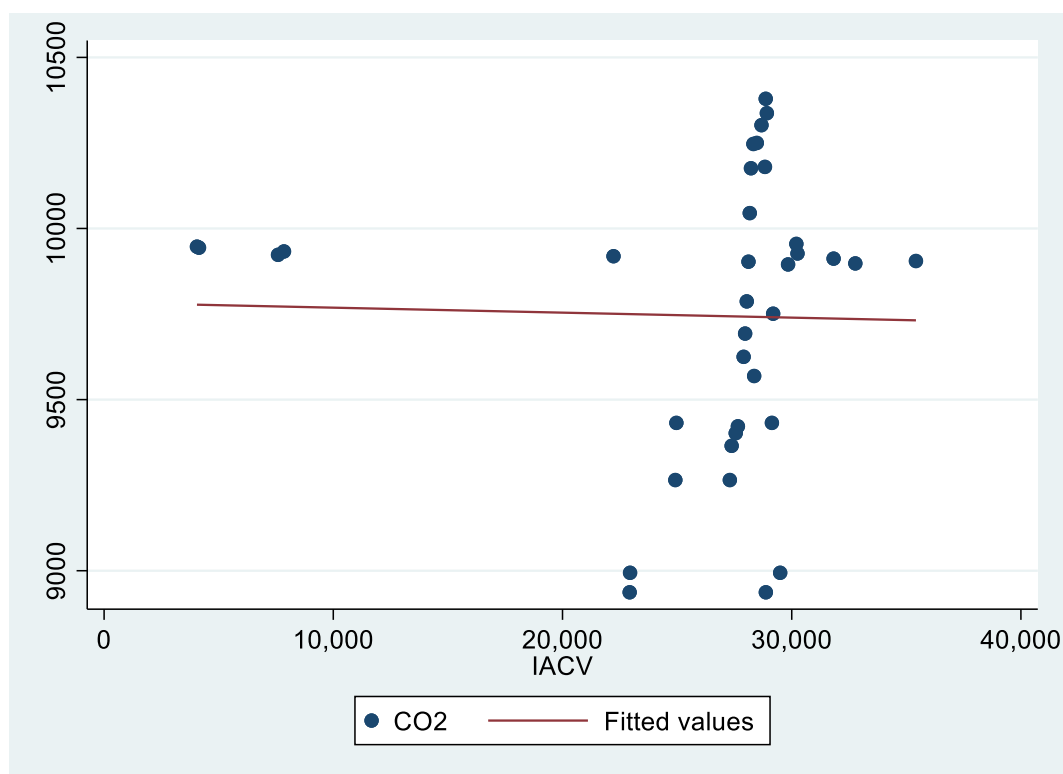
4.1 Análisis correlacional

4.1.1 Correlación entre emisiones de CO2 y el Impuesto ambiental a la contaminación vehicular.

La Figura 11, muestra una relación inversa entre las emisiones de CO2 y el impuesto ambiental a la contaminación vehicular en el periodo 2012- 2019. Es decir, a medida que aumente el IACV las emisiones de CO2 disminuyen. Este resultado es coherente, ya que, según la teoría económica, el objetivo principal de la implementación de un impuesto verde, es mitigar los efectos contaminantes, mediante el cobro a quienes causan el deterioro ambiental (León y Castiblanco, 2012).

Figura 11

Gráfico de correlación entre las emisiones de CO2 y el Impuesto ambiental a la contaminación vehicular



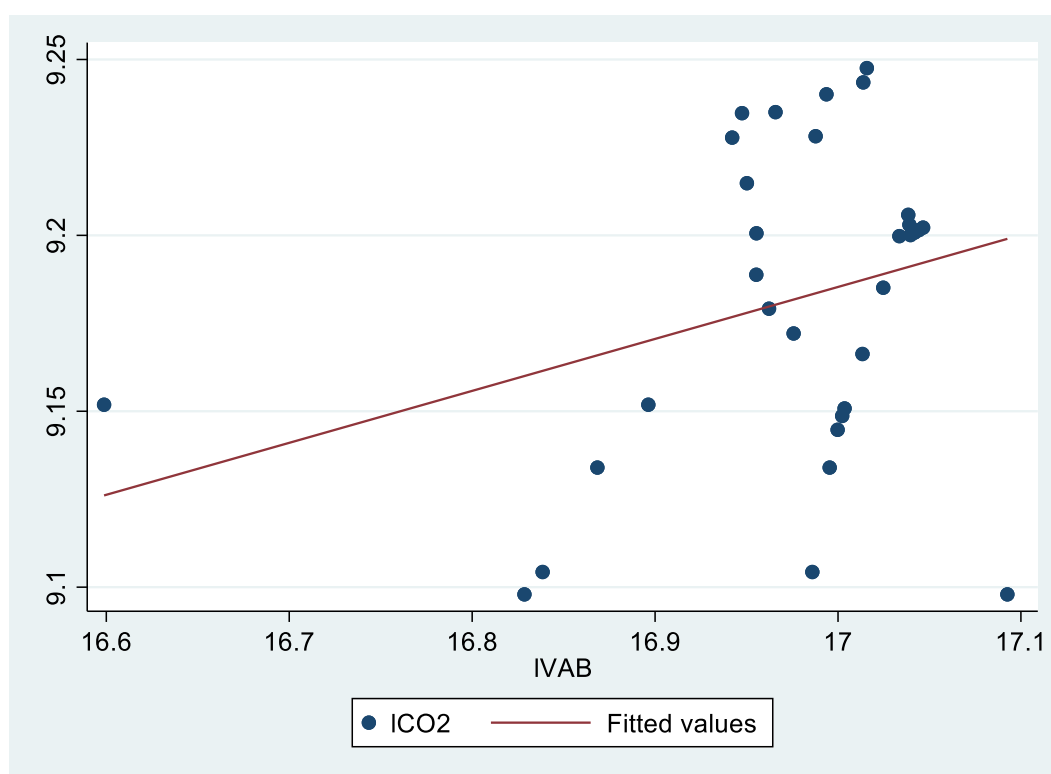
Nota: Datos tomados del Banco Central del Ecuador (2022) y SRI (2022)

4.1.2 Correlación entre emisiones de CO2 y el valor agregado bruto

La Figura 12 presenta la relación entre las emisiones de CO₂ y el valor agregado bruto para el periodo 2012-2019. Se observa una correlación positiva, es decir, un aumento del valor agregado bruto, implicará un aumento de las emisiones de CO₂. Esto se atribuye a que el valor agregado bruto es una expresión de crecimiento económico, por ende, una mayor producción involucra diferentes procesos productivos, entre ellos, los que incluyen insumos de origen fósil, considerados contraproducentes para el medio ambiente (Hernández, 2021). Las emisiones de CO₂ son una externalidad negativa asociada a la actividad productiva.

Figura 12

Gráfico de correlación entre las emisiones de CO₂ y el valor agregado bruto



Nota: Datos tomados del Banco Mundial (2022) y Banco Central del Ecuador (2022).

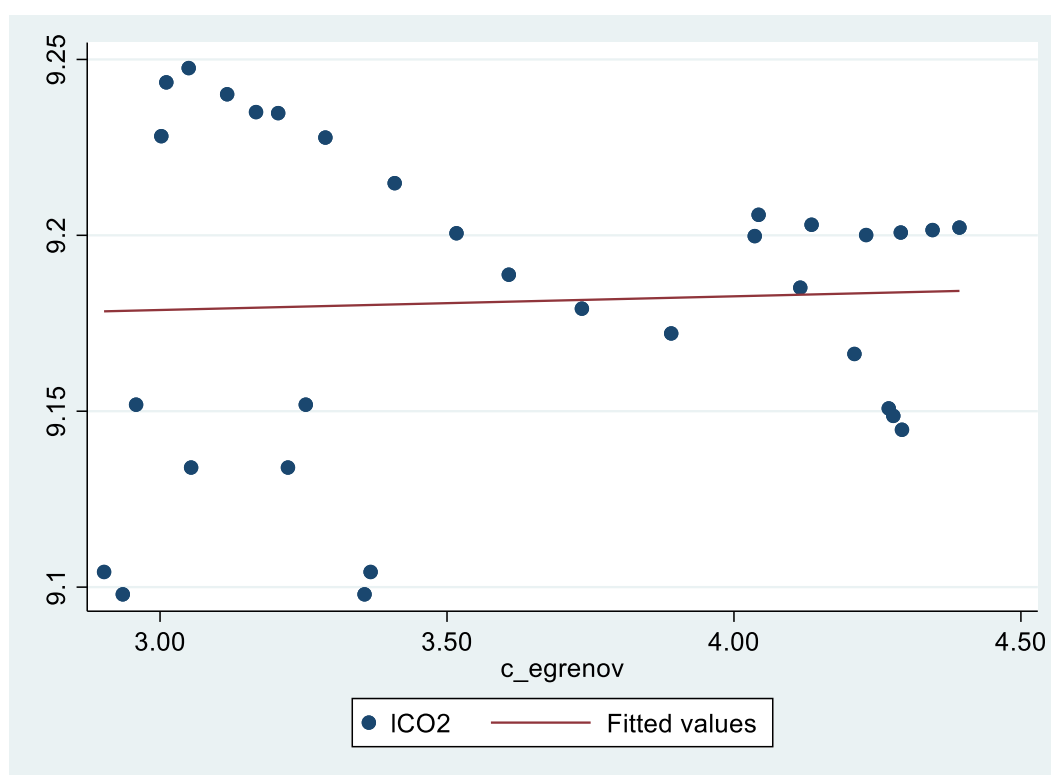
4.1.3 Correlación entre emisiones de CO₂ y el consumo de energía renovable

La Figura 13, presenta la relación de las emisiones de CO₂ y el consumo de energía renovable en el periodo 2012-2019. Al correlacionar estas variables se observa una tendencia positiva, mostrando un comportamiento diferente a la teoría económica, ya que un mayor consumo de energía renovable aumenta las emisiones de CO₂.

Los hallazgos no estarían respaldados por la teoría económica, puesto que, el consumo de energía renovable no presenta una relación indirecta con las emisiones de CO₂. Sin embargo, se encontró un comportamiento similar en el trabajo de Vo et al. (2020), cuyos resultados muestran que en el corto plazo el consumo de energía renovable aumenta las emisiones de CO₂, resultado de las emisiones indirectas procedentes de las fuentes de generación de energía renovable durante el periodo de fabricación e instalación, esto a causa de la tecnología empleada en la producción. En este sentido, recomiendan promover el intercambio y la adopción de tecnologías de producción más respetuosos con el medio ambiente y reducir la cantidad de subproductos nocivos.

Figura 13

Gráfico de correlación entre las emisiones de CO₂ y el consumo de energía renovable



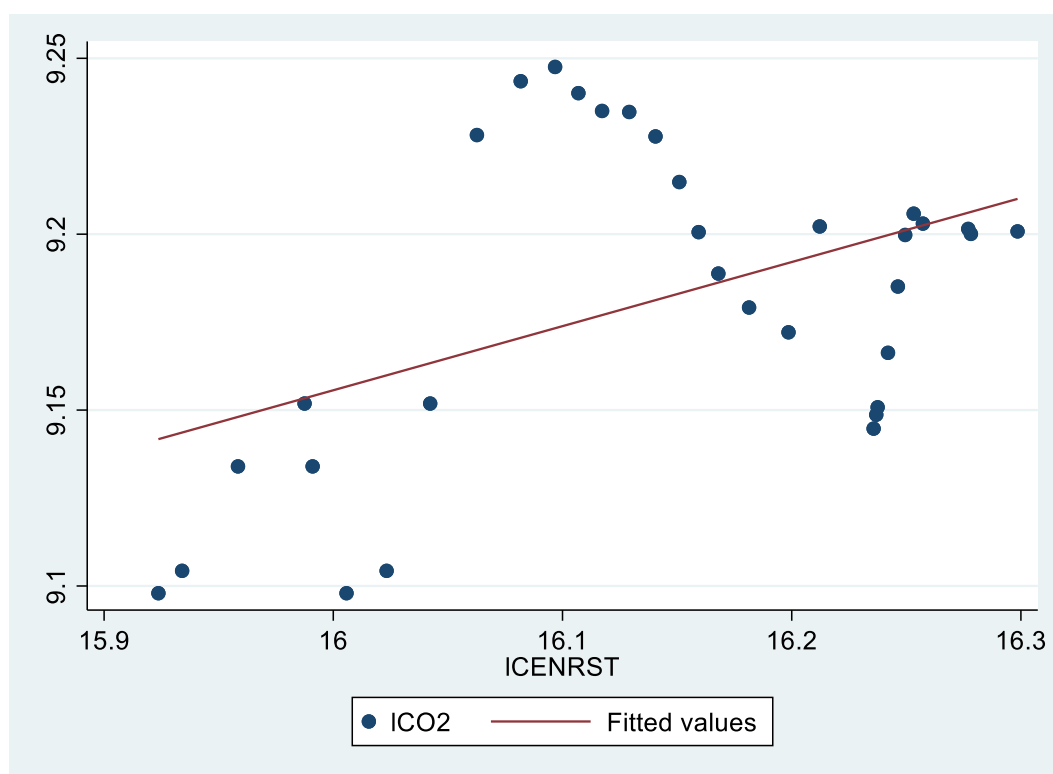
Nota: Datos tomados del Banco Mundial (2022)

4.1.4 Correlación entre emisiones de CO₂ y el consumo de energía no renovable del sector transporte

La Figura 14 describe la relación entre las emisiones de CO₂ y el consumo de energía no renovable del sector transporte para 2012-2019. Se muestra una correlación positiva, ya que al aumentar el consumo de energía no renovable del sector transporte aumentan las emisiones de CO₂. Esta relación coincide con lo expuesto por Ezpeleta et al. (2003), quienes señalan que el consumo de energía del sector transporte es uno de los principales responsables del aumento de emisiones de CO₂ entre los otros sectores de consumo energético. De otro lado, este comportamiento se explicaría por el permanente crecimiento del parque automotor que ha tenido el país durante el periodo de estudio ver Figura 2.

Figura 14

Gráfico de correlación entre las emisiones de CO₂ y el consumo de energía no renovable del sector transporte



Nota: Datos tomados del Banco Mundial (2022) y Banco Central del Ecuador (2022)

4.2 Modelo econométrico

Modelo econométrico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

Para evaluar la incidencia del impuesto en la contaminación ambiental, como primer

paso, se estimó una regresión lineal simple a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios, la cual permitió establecer una relación de partida, y mostrar de manera simplificada, cómo se comportan las variables en su conjunto. En la Tabla 7 se resumen los resultados obtenidos del modelo, donde se puede observar que la mayoría de variables resultaron estadísticamente significativas. Adicionalmente, el R cuadrado ajustado obtenido fue de 0.60, lo que implica una relación moderada.

Tabla 7

Regresión inicial por Mínimos Cuadrados Ordinarios

Emisiones de CO ₂ en kilotoneladas	
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	-0.216* (-2.53)
Valor Agregado Bruto	0.0184 (0.28)
Consumo de energía renovable	-0.132*** (-5.75)
Consumo de energía no renovable del sector transporte	0.804*** (6.00)
Constante	0.069* (0.05)
Observaciones	32.00
R ² Ajustado	0.609

Nota: * representa la significancia estadística t en el nivel * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Los resultados del modelo muestran que el impuesto ambiental a la contaminación vehicular y las emisiones de CO₂ presentaron una relación negativa y estadísticamente significativa, de -0.21. Dicha relación implica que un incremento del 1% en la tasa impositiva vehicular en el Ecuador genera la reducción de 0.21% en las emisiones de CO₂.

Al analizar el comportamiento de la energía consumida por el sector transporte y su impacto sobre la contaminación ambiental por emisiones de CO₂, se puede observar que existe alto grado de asociación entre estas variables, dado el coeficiente obtenido (0.80), lo que demuestra un impacto positivo, puesto que el incremento del 1% del consumo de energía derivada del transporte provoca un incremento del 0.80% en la contaminación medioambiental.

Por otra parte, la relación entre el consumo de energía renovable y las emisiones de CO₂ se observa que estas mantienen una relación estadísticamente significativa, cuyo coeficiente demuestra una reducción de (-0.13) en la contaminación ambiental. Dicho de otra manera, el incremento del 1% del consumo de energías de tipo renovable como la eólica, solar, o hidroeléctrica provoca que el nivel de emisiones de CO₂ en el Ecuador se reduzcan en 0.13%.

Mientras que, la relación entre el valor agregado bruto y las emisiones de CO₂ no es estadísticamente significativa, y su coeficiente muestra un impacto poco representativo, por lo que no se considera como predictor válido bajo esta estimación inicial.

Para finalizar, de los resultados obtenidos se puede inferir que, el consumo de energía proveniente del sector transporte tiene mayor probabilidad de influir positivamente en la contaminación ambiental en el Ecuador, ya que el coeficiente hallado es el más alto del conjunto de variables analizadas. Mientras que, el impuesto a la contaminación vehicular influye de manera negativa, no obstante, el impacto que tiene es mucho más bajo que la contaminación proveniente de la contaminación vehicular.

Pruebas de verificación estadística

Para comprobar que no existan problemas que comprometan la significancia de las estimaciones se procedió, en primer lugar, a realizar la prueba de autocorrelación de Durbin - Watson (1950) y Breusch - Godfrey (1986). Los resultados de estas dos pruebas se resumen en la Tabla 8, donde se muestra que existe un proceso de autocorrelación en los errores. Esto debido a que la probabilidad chi² se encuentra por debajo del requisito estadístico (0.05),

por lo que se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación serial, de esta forma se ve comprometida la correcta especificación de la estimación MCO.

Tabla 8

Resultados de pruebas de autocorrelación

Prueba de Durbin- Watson (1950)			
lags(p)	chi2	df	Prob > chi2
1.000	56.267	1.000	0.000
Prueba de Breusch-Godfrey (1986)			
lags(p)	chi2	df	Prob > chi2
1.000	21.887	1.000	0.000

Seguidamente, se procedió a analizar la presencia de homocedasticidad de las varianzas, para ello se aplicó la prueba de normalidad de White (1980), cuyos valores se resumen en la Tabla 9, donde se observa que las variables son heterocedásticas, es decir, las varianzas no se distribuyen de manera constante, esto se sustenta en el valor estadístico de la Probabilidad Chi2, el cual sobrepasa el límite. Asimismo, los valores desagregados también permiten reafirmar esta condición. En presencia de estos problemas se recurre a otro tipo de estimación de corrección de error, mismo que se presenta más adelante.

Tabla 9

Resultados de la prueba de homocedasticidad

	chi2(14)	31.21	
	Prob > chi2	0.01	
Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	31.21	14.00	0.01
Skewness	17.89	4.00	0.00
Kurtosis	0.10	1.00	0.75

Total	49.20	19.00	0.00
-------	-------	-------	------

Identificación de raíces unitarias

Para poder aceptar un proceso de convergencia entre las variables se procedió a comprobar si las mismas tienden a ser estacionarias, para ello se utilizó la prueba aumentada de raíz unitaria propuesta por Dickey y Fuller (1981), los resultados obtenidos se encuentran resumidos en la Tabla 10, donde se puede observar que las variables, en su estado original (en niveles), carecen de la significancia estadística para aceptarlas como estacionarias.

Por lo tanto, al someterlas a la diferenciación, se comprueba que existe un proceso de cointegración, pues, se observa un comportamiento de estacionariedad conjunta, lo que permite confirmar un proceso de cointegración de orden 1. De esta forma, las variables son óptimas para su análisis de convergencia en el largo plazo.

Tabla 10

Resultados de prueba de raíz unitaria aumentada de Dickey-Fuller

<i>En niveles</i>					
Variables	Test Statistic	1% valor crítico	5% valor crítico	10% valor crítico	pvalue
Emisiones de CO ₂ en kilotoneladas	-1.584	-3.709	-2.983	-2.623	0.490
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	-1.966	-3.709	-2.983	-2.623	0.300
Valor Agregado Bruto	-3.943	-3.709	-2.983	-2.623	0.010
Consumo de energía renovable	0.216	-3.709	-2.983	-2.623	0.970
Consumo de energía no renovable del sector transporte	-1.696	-3.709	-2.983	-2.623	0.430
<i>En diferencias</i>					
Emisiones de CO ₂ en kilotoneladas	-4.596	-3.723	-2.989	-2.625	0.000

Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	-3.081	-3.723	-2.989	-2.625	0.020
Valor Agregado Bruto	-6.146	-3.723	-2.989	-2.625	0.000
Consumo de energía renovable	-2.895	-3.730	-2.992	-2.626	0.040
Consumo de energía no renovable del sector transporte	-2.805	-3.723	-2.989	-2.625	0.005

Proceso de Cointegración de Johansen

Una vez identificada la estacionariedad, se verificó que las variables diferenciadas respondan de manera conjunta al proceso de cointegración, para ello se aplicó la prueba de cointegración de Johansen (1991), que se resume en la Tabla 11. Con el test de Johansen se obtuvo el número de vectores óptimos a tomarse en consideración dentro de la estimación de corrección de error. Para la elección de dichos vectores se toma el estadístico de la traza, del cual se puede evidenciar que con cuatro vectores de cointegración se puede realizar la estimación de corrección de error.

Tabla 11

Resultado de la prueba de cointegración de Johansen

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	critical value 1%	critical value 5%
0.000	80.000	417.822		261.046	68.520	76.070
1.000	89.000	470.899	0.980	154.892	47.210	54.460
2.000	96.000	511.040	0.949	74.610	29.680	35.650
3.000	101.000	538.832	0.872	19.026	15.410	20.040
4.000	104.000	547.620	0.478	1.450*5	3.760	6.650

Estimación del Vector de Corrección de Error

Continuando con el proceso de cointegración, el modelo de Vector de Corrección de Error (VEC) arrojó resultados consistentes ante problemas estadísticos como la autocorrelación y heterocedasticidad, que fueron encontrados anteriormente. Por lo general, la modelación VEC es realizada para estimar el comportamiento de corto plazo. Los resultados de esta estimación se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12

Resultados de la estimación de Vector de Corrección de Error (VEC)

Emisiones de CO2 en kilotoneladas	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
<hr/>						
_ce4						
L1.	0.014	0.057	0.240	0.811	-0.099	0.126
Emisiones de CO2 en kilotoneladas						
LD.	0.465	0.326	1.430	0.154	-0.174	1.103
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular						
LD.	-0.012	0.187	-0.060	0.950	-0.378	0.355
Valor Agregado Bruto						
LD.	-0.067	0.055	-1.210	0.226	-0.174	0.041
Consumo de energía renovable						
LD.	0.062	0.071	0.880	0.379	-0.076	0.201
Consumo de energía no renovable del sector transporte						
LD.	0.247	0.468	0.530	0.598	-0.671	1.165
<hr/>						
_cons	-0.001	0.003	-0.170	0.863	-0.007	0.006
<hr/>						

El estadístico ce_4 considera los errores rezagados de cada una de las variables del modelo; no obstante, se puede apreciar que la falta de significancia estadística de este no permite aceptar la existencia de una relación a corto plazo entre las variables del modelo. Al analizar individualmente cada una de las variables, también se puede comprobar que ninguna de las variables posee significancia estadística. Se puede concluir, con base en estos resultados, que la relación impuesto ambiental-contaminación ambiental no representa un vínculo de significancia.

Estimación del modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)

Una vez analizado el comportamiento de las variables en el corto plazo, se presenta en la Tabla 13 los resultados de las variables en el largo plazo, mediante la estimación del Vector Autorregresivo (VAR) se puede observar que, el impuesto vehicular no resulta ser estadísticamente significativo, pues, conforme aumenta el tiempo considerado, las emisiones de CO₂ no mantienen una relación estadísticamente significativa.

Tabla 13

Resultados de la estimación del modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)

	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
Emisiones de CO ₂ en kilotoneladas						
L2.	1.365	0.326	4.190	0.000	0.727	2.004
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular						
L2.	0.418	0.138	3.020	0.002	0.147	0.689
L3.	-0.050	0.136	-0.370	0.711	-0.317	0.216
L4.	-0.228	0.303	-0.750	0.451	-0.822	0.365
Valor Agregado Bruto						
L2.	0.163	0.040	4.080	0.000	0.085	0.241
L3.	0.283	0.061	4.640	0.000	0.163	0.403

L4.	0.109	0.055	1.980	0.048	0.001	0.217
Consumo de energía renovable						
L2.	-0.194	0.065	3.000	0.003	0.067	0.321
L3.	-0.089	0.069	-1.290	0.196	-0.224	0.046
L4.	-0.170	0.085	-1.990	0.046	-0.337	-0.003
Consumo de energía no renovable del sector transporte						
L2.	1.430	0.448	-3.190	0.001	-2.308	-0.551
L3.	0.685	0.455	1.510	0.132	-0.207	1.577
L4.	1.662	0.538	3.090	0.002	0.609	2.716
<hr/> _cons	<hr/> -0.012	<hr/> 0.003	<hr/> -3.710	<hr/> 0.000	<hr/> -0.018	<hr/> -0.006

También se puede apreciar que el Valor Agregado Bruto y la contaminación ambiental, mantienen una relación estadísticamente significativa, por lo tanto, puede ser considerado como predictor válido de largo plazo, pese a que el impacto que tiene este sobre las emisiones de CO₂ es positivo, este no es tan representativo, por lo tanto, los resultados en el largo plazo deberían considerar posibles riesgos ambientales asociados al aumento (0.16%) de la producción que añade valor agregado.

De manera contraria, el papel de la energía renovable parece tener los resultados esperados en materia de cuidado medioambiental, puesto que, aunque se halla evidencia estadística que permite considerarla como predictor del comportamiento de las emisiones de CO₂, no obstante, la reducción es leve (0.19%). Finalmente, el nivel de contaminantes asociados al transporte parece incrementar el nivel de emisiones de CO₂ en el largo plazo (1.43%), siendo la relación que mayormente explica la polución en el Ecuador.

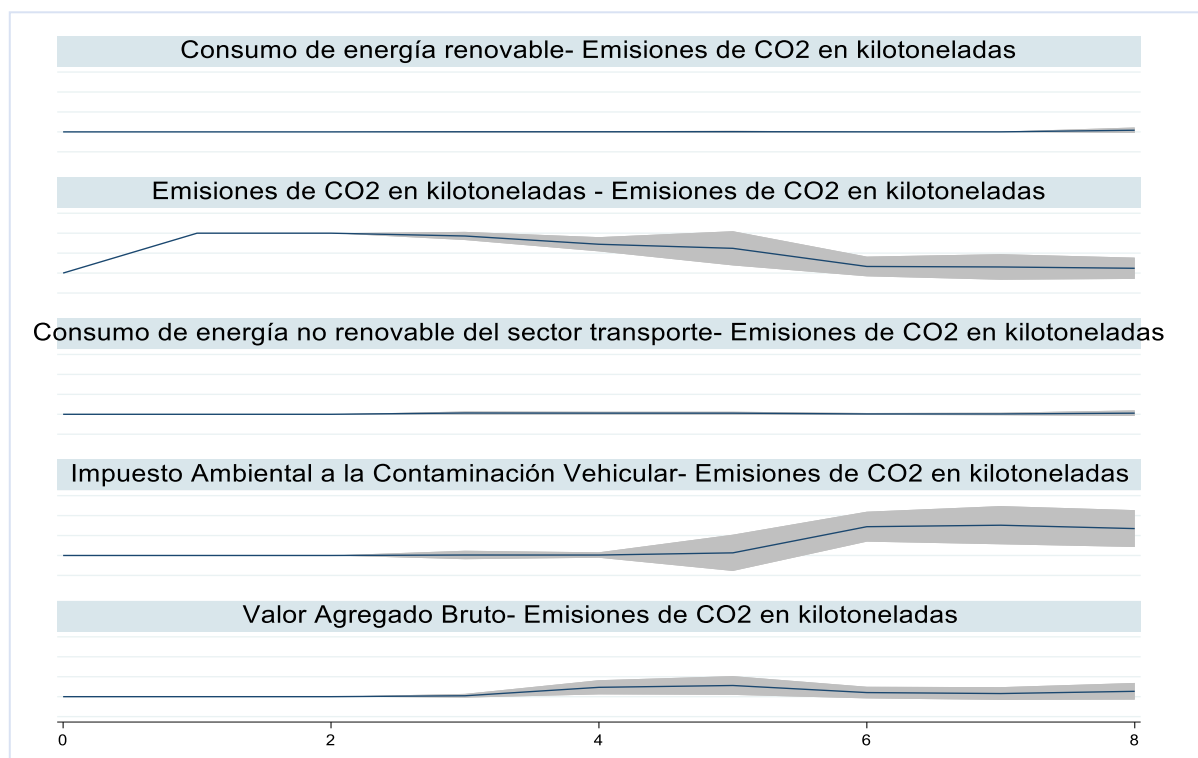
Relación impulso respuesta

Por consiguiente, se analiza la relación de impulso respuesta, en la Figura 15 se muestra el impacto que tiene cada una de las variables independientes en la dependiente,

dado un shock incentivo. Los resultados obtenidos no son los más adecuados, puesto que, conforme pasan los trimestres, el efecto que, en primera instancia sufren la mayoría de las variables, no se sostiene en el tiempo. De manera detallada, la dinámica entre el consumo de energía renovable y la contaminación ambiental, refleja que no hay impulso que reduzca la contaminación dado un shock, por lo que la aplicación de políticas respecto al uso de energías limpias deberá ser reformuladas a como se han llevado a cabo actualmente.

De manera similar, el consumo de energía no renovable proveniente del sector del transporte demuestra que, dado un shock, esta no presenta ningún cambio a lo largo del tiempo, por lo cual, se puede confirmar que el nivel de contaminación asociado a la emisión de gases de CO₂ derivados de la flota automotriz en el país no parece cambiar los patrones existentes, pese a los intentos por reducirla. Ya que si bien, se aplicó una tasa impositiva para prevenir dicha contaminación, el efecto que ha mostrado el impuesto a la contaminación vehicular en el largo plazo es muy tenue, en principio esta responde ante un shock y después disminuye, demostrando la ineficacia de la misma para lograr el propósito del cuidado ambiental.

Finalmente, al examinar la relación entre el valor agregado bruto y el nivel de contaminación se puede observar que luego del shock incentivado por un cambio en el valor agregado bruto, este no conduce a una reducción de la polución en el país. Por lo tanto, los resultados en el largo plazo reafirman que las propuestas ambientales no se encaminan a la iniciativa de conservación y de crecimiento del país, siendo uno de los principales problemas el sector automotriz poco regularizado e incipientemente modernizado que agrava la situación.

Figura 15*Gráficos de impulso respuesta***Causalidad entre las variables**

En la Tabla 14 se detallan los resultados del proceso de causalidad de Granger (1969) entre la variable dependiente y cada una de las covariables. Se puede destacar que la relación entre el impuesto vehicular y el nivel de emisiones de CO2 es bidireccional debido a que la probabilidad chi cuadrado es menor a 0.05, es decir, el nivel de contaminación ambiental se ve afectado por el comportamiento de esta tasa impositiva y, a su vez, esta se ve afectada por la contaminación.

De igual manera, el Valor Agregado Bruto parece relacionarse de manera bidireccional con el nivel de contaminación ambiental, ya que, el incremento visto en la modelación VAR parece retroalimentarse desde el incremento de la producción de valor agregado hacia las emisiones de CO2 y viceversa. Mientras que, el consumo de energía renovable posee un efecto unidireccional con el nivel de contaminación, siendo el efecto desde este último hacia

el consumo de energía renovable. Cuanto mayor sean las emisiones de CO₂, estas se contrarrestarán mediante la aplicación de tecnologías limpias.

Para finalizar, se observa que la variable consumo de energía no renovable del sector transporte posee una relación bidireccional con la mayoría de variables, salvo por la variable consumo de energía renovable, siendo el efecto unidireccional desde la contaminación del transporte hacia la energía renovable, es decir, el uso de energías alternativas es mayormente utilizadas cuando se empieza a experimentar altos niveles de polución.

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
Emisiones de CO2 en kilotoneladas	Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	19.376	3.000	0.000
Emisiones de CO2 en kilotoneladas	Valor Agregado Bruto	25.911	3.000	0.000
Emisiones de CO2 en kilotoneladas	Consumo de energía renovable	9.629	3.000	0.022
Emisiones de CO2 en kilotoneladas	Consumo de energía no renovable del sector transporte	15.238	3.000	0.002
Emisiones de CO2 en kilotoneladas	ALL	235.980	12.000	0.000
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	Emisiones de CO2 en kilotoneladas	53.999	3.000	0.000
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	Valor Agregado Bruto	35.607	3.000	0.000
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	Consumo de energía renovable	75.784	3.000	0.000
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	Consumo de energía no renovable del sector transporte	21.773	3.000	0.000
Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	ALL	127.850	12.000	0.000
Valor Agregado Bruto	Emisiones de CO2 en kilotoneladas	156.390	3.000	0.000
Valor Agregado Bruto	Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	103.950	3.000	0.000
Valor Agregado Bruto	Consumo de energía renovable	207.990	3.000	0.000

Valor Agregado Bruto	Consumo de energía no renovable del sector transporte	283.290	3.000	0.000
Valor Agregado Bruto	ALL	858.840	12.000	0.000
Consumo de energía renovable	Emisiones de CO2 en kilotoneladas	7.106	3.000	0.069
Consumo de energía renovable	Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	4.628	3.000	0.201
Consumo de energía renovable	Valor Agregado Bruto	6.153	3.000	0.104
Consumo de energía renovable	Consumo de energía no renovable del sector transporte	6.149	3.000	0.105
Consumo de energía renovable	ALL	13.480	12.000	0.335
Consumo de energía no renovable del sector transporte	Emisiones de CO2 en kilotoneladas	44.779	3.000	0.000
Consumo de energía no renovable del sector transporte	Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular	102.540	3.000	0.000
Consumo de energía no renovable del sector transporte	Valor Agregado Bruto	20.680	3.000	0.000
Consumo de energía no renovable del sector transporte	Consumo de energía renovable	72.560	3.000	0.000
Consumo de energía no renovable del sector transporte	ALL	133.600	12.000	0.000

Tabla 14

Resultados de la prueba de cointegración de Granger (1969)

4.3 Discusión de resultados

A partir de los hallazgos encontrados en el apartado anterior, se rechaza la hipótesis propuesta; la cual establece que el impuesto ambiental a la contaminación vehicular (IACV) tiene un efecto positivo en la reducción de emisiones de CO₂, debido a que el efecto de la variable IACV con respecto a las emisiones de CO₂ carece de significancia, es decir, no se puede considerar a la implementación del impuesto vehicular como un propulsor directo de la disminución de las emisiones de CO₂ en Ecuador.

El modelo de mínimos cuadrados ordinarios demostró que existe una relación inversa y estadísticamente significativa entre las emisiones de CO₂ y el impuesto ambiental a la contaminación vehicular, es decir, un cambio en el impuesto vehicular tiene como efecto una reducción de las emisiones de dióxido de carbono, sin embargo, el impacto presentado resulta ser mínimo. Este comportamiento resulta alentador y justificable desde el punto de vista de la teoría pigouviana (Sánchez y Yalilí, 2020), ya que, se esperaría que, ante un aumento en la tasa impositiva vehicular, los niveles de polución de CO₂ reduzcan. Los resultados presentados se muestran similares a los de Wang et al. (2021) y Melo (2016), los cuales enfatizan que, aunque el resultado es significativo, el impacto positivo de la descarbonización de la flota vehicular en la reducción de las emisiones de CO₂ es pequeño.

La relación entre la energía consumida por el sector del transporte y la contaminación ambiental fue positiva, en otros términos, al aumentar el consumo de energía no renovable en el sector del transporte se incrementan las emisiones de CO₂. Esto concuerda con los estudios realizados por Shahbaz et al. (2015) y, Saboori et al. (2014), quienes encontraron que el consumo de energía del sector transporte tiene un efecto positivo sobre las emisiones de CO₂, además, mencionaron que es uno de los sectores que más contamina. En Ecuador, esto puede deberse a que se cuenta con una considerable flota vehicular antigua (INEC, 2017), donde la mayor cantidad de vehículos utiliza combustibles fósiles, consecuentemente, se produce un incremento de gran magnitud en los niveles de polución.

Con respecto al consumo de energía renovable y al CO₂, se evidencia una relación inversa, esto significa, que a mayor consumo de energía renovable disminuyen las emisiones de CO₂. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Alonso (2021), donde se indica que el consumo de energía renovable impacta negativamente sobre las emisiones de CO₂, sin embargo, su efecto contaminante es menor al efecto del consumo de las energías no renovables.

Al examinar la relación del impuesto con el Valor Agregado Bruto, los resultados muestran que carece de significancia estadística, por consiguiente, no se obtiene suficiente respaldo que permita confirmar la injerencia de esta variable sobre la contaminación ambiental.

En general, se podría decir que el sector automovilístico del Ecuador es uno de los principales emisores de contaminación, ya que el consumo de energía del sector transporte es la variable de mayor impacto sobre las emisiones de CO₂, a diferencia del IACV y el consumo de energía renovable. Lo cual, a su vez limita el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, especialmente los objetivos: 12 de producción y consumo responsables, 13 de acción por el clima y 15 de vida de ecosistemas terrestres, que buscan promover la protección ambiental (Naciones Unidas, 2018).

Aunque los resultados presentados son favorables, no se pueden considerar como óptimos, ya que el modelo de MCO, para ser considerado como válido y preciso, debe cumplir con los supuestos de Gauss-Markov, convirtiéndose en un modelo MELI (Mejor estimador lineal insesgado) (Uriel, 2013). No obstante, al someter al modelo a diferentes pruebas de especificación, el modelo presentó problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación incumpliendo los supuestos 4 y 5 de Gauss-Markov, lo cual se puede corroborar al ver la Tabla 8 y 9. De acuerdo con estos resultados, se consideró que utilizar el modelo ajustado no es adecuado y puede llevar a conclusiones erradas, por tal razón se tuvo la necesidad de evaluar posibles escenarios de largo plazo que permitan adoptar medidas para revertir dicha situación.

En base a lo expuesto, se procedió a analizar los resultados de cointegración, mismos que relacionan los conceptos de estacionariedad con los avances de un modelo econométrico dinámico de los mecanismos de corrección del error y con la estructura de las relaciones de equilibrio implantadas por la teoría económica, estableciendo relaciones a largo plazo reales y resolviendo los problemas que pueden arrojar resultados espurios (Zegarra y Agüero, 2014). Los resultados de la modelación econométrica de cointegración que indaga la relación de convergencia, evidencia que no existe una relación tanto en el largo plazo, como en el corto plazo, pues, conforme aumenta el tiempo considerado, las emisiones de CO₂ no mantienen una relación consistente con el impuesto vehicular, este resultado se ve influenciado por la falta de significancia estadística que arroja la variable del impuesto vehicular respecto al CO₂.

El efecto encontrado en el presente trabajo de investigación concuerda con el estudio de Østli et al. (2021), quienes señalaron que en Suecia y Dinamarca el sistema de impuestos sobre automóviles no es muy eficaz en términos de mitigación de CO₂, sin embargo, enfatizan que en Dinamarca el impuesto, pese a no reducir las emisiones, genera el doble de ingresos para el gobierno. Por lo tanto, se puede decir que, en Ecuador, de manera similar, durante su aplicación los valores recaudados del IACV fueron significativos (Ver Figura 5), cuyos montos anuales tuvieron una dirección creciente, con una variación porcentual promedio hasta 2019 de 3,78% y recaudando en total 903.630.586,23 millones de dólares.

Los resultados de este trabajo también guardan relación con la investigación de Nel y Nienaber (2012), quienes en su estudio concluyeron que los impuestos sobre los vehículos no son la forma más eficaz de reducir las emisiones de CO₂, algo con lo que Nienabera y Barnardb (2018) también concuerdan, ya que, para el caso de Sudáfrica el impuesto a las emisiones sobre los vehículos no ha logrado su propósito de hacer que la flota vehicular sea más respetuosa con el medio ambiente, al tratar de cambiar el comportamiento de los consumidores e influir en la decisión de compra incentivando a adquirir automóviles nuevos. Estos resultados coinciden con el caso ecuatoriano, ya que, al igual que en Sudáfrica, la renovación del parque automotor no ha sido eficiente como se observa en la Figura 3, donde

se muestra que para el año 2019 no existió una disminución de vehículos antiguos, al contrario, existió un incremento, alcanzado un total de 309.241 vehículos con una vida de más de 35 años que siguen en circulación.

Adicionalmente, cabe mencionar que la aplicación de un impuesto vehicular puede llegar a afectar más a los hogares de bajos ingresos como lo menciona Vidyattama et al. (2021). Esto debido a que la posibilidad de comprar un vehículo menos contaminante estaría fuera del alcance de algunos, por lo tanto, se optaría por tener un vehículo con más de 10 años de antigüedad que de igual forma implicaría pagar un monto elevado por el hecho de tener un vehículo considerado viejo. En otras palabras, resultaría caro para un individuo de bajos ingresos tener un vehículo que sea amigable con el medio ambiente.

De forma contraria, los resultados de este trabajo no coinciden con a los estudios de, Yan y Eskeland (2016) y Ciccone (2018), dado que ellos si encontraron que la disminución de las emisiones de CO₂ está explicada por la implementación del impuesto vehicular. De igual forma Cerruti et al. (2019) y Nkosi et al. (2021) lograron demostrar que la adopción de un impuesto especial sobre los vehículos, redujo las emisiones de dióxido de carbono y también provocó un aumento del volumen de vehículos nuevos con baja intensidad de carbono, lo cual no se ha logrado evidenciar para el caso ecuatoriano.

Por otro lado, se concluye que el impuesto ambiental a la contaminación vehicular no tuvo un efecto significativo en las emisiones de CO₂ en Ecuador durante el periodo de estudio. En resumen, el IACV, debido a sus limitaciones, no fue una medida eficaz para disminuir las emisiones de CO₂. Una de las principales limitaciones fue que el impuesto ambiental a la contaminación vehicular tuvo como hecho generador la contaminación ambiental producida por los vehículos motorizados de transporte terrestre, lo que daría a entender que el impuesto se aplica directamente a la contaminación que produce cada vehículo, es decir, entre más uso se le dé a un vehículo, más impuesto se debería pagar, pero en realidad no sucede de esta forma, ya que el impuesto se calculó independientemente del uso del vehículo, esto debido a que el impuesto se aplicó en base a una fórmula

relacionada con el cilindraje en centímetros cúbicos de cada vehículo y el factor de ajuste al igual que la antigüedad.

Por ende, se cree que estos factores fueron tomados en cuenta por dos razones: la primera, basándose en que si un vehículo tiene un motor con un cilindraje alto consumirá mucho más combustible que un vehículo con un cilindraje menor; y, segundo, la antigüedad, justificando que un vehículo nuevo tiene mejor tecnología que ayuda a mejorar su combustión y posterior emisión de gases, emitiendo menos contaminantes, mientras que un vehículo de más de 20 años tiende a contaminar más debido a sus sistemas obsoletos, pues el simple hecho de ser viejos ya no funcionan como uno nuevo (Ormaza Avila, 2020). Sin embargo, se cree que se dejó de lado un aspecto importante, la movilización real de los vehículos.

En cuanto a cumplir con el objetivo de reducir la contaminación ambiental emitida por el sector vehicular, principalmente se debería tomar en cuenta que el impuesto reduzca el uso del vehículo. Dado que el IACV dependía del cilindraje y año del vehículo, no se logró reducir el uso de la flota vehicular. Lo óptimo sería lograr que las personas se cuestionen sobre el gasto que implica el uso del vehículo y la contaminación que emite su uso, y que esto motive el uso de medios de transporte alternativos, más ecológicos o amigables con el medio ambiente.

Otra de las posibles implicaciones del impuesto que explicarían los resultados es el incumplimiento del principio “el que contamina paga” (Sánchez y Yalilí, 2020), lo cual se debió a las exenciones con las que vino acompañado el IACV, entre las cuales estaban los vehículos de transporte público, buses, tanto escolares como de pasajeros, taxis entre otros. Es importante mencionar que estos medios de transporte son quienes más contaminan por su uso recurrente y por tanto no deben ser exonerados del pago del IACV. Como lo menciona Ormaza (2020), si el fin del impuesto es reducir las emisiones contaminantes provenientes del sector automotor este tipo de vehículos no deberían estar exentos del pago, por lo que se debería cobrar a los usuarios mediante el pago de los pasajes, dado que son los que usan el autobús o taxi para transportarse, pudiendo optar por la bicicleta, caminar, o exigir la

implementación de un medio más ecológico, como buses eléctricos que utilicen energías renovables.

Son razonables las exenciones a las ambulancias, hospitales rodantes, flota policial, entre otras, por el servicio social que prestan; sin embargo, en función de las posibilidades que tenga, el Estado debería adquirir medios de transporte ecológicos, como vehículos híbridos u eléctricos, dando ejemplo de adaptación y a la vez contribuir con la disminución de la contaminación (Ormaza Avila, 2020).

En definitiva, es importante mencionar que el IACV contradice el principio contaminador, creando privilegios para los sujetos que más contaminan, evitando que se internalicen los costos de las conductas contaminantes. Además, de ser cuestionado por principios de igualdad, debido a que este impuesto se aplica a determinados individuos, sin considerar el nivel de contaminación real que emiten.

Finalmente, en base a las acciones de otros países, principalmente desarrollados, donde la importancia de preservar el ambiente los ha llevado a la implementación de cargas impositivas ambientales eficientes, se podrían considerar las siguientes políticas públicas:

- Adoptar políticas fiscales de la Unión Europea, que se puedan ajustar a la realidad ecuatoriana, como impuestos en la compra y venta de vehículos con altas emisiones de CO₂, o de otro lado, subsidios o bonos para la adquisición de vehículos ecoamigables.
- Vincular estos impuestos a las tasas de emisión de CO₂ de los vehículos, podría ser una forma eficiente de reducir la contaminación del sector transporte. Esto ya fue estudiado por Nkosi et al. (2021), quienes comprobaron que la introducción del impuesto sobre el CO₂ de los vehículos en 2010 cambia la preferencia de los consumidores hacia vehículos de bajas emisiones (120g/km) y consecuentemente el nivel de CO₂ emitido.
- En la misma línea, se podrían adoptar las medidas de política analizadas por May (2012), específicamente: impuestos sobre el combustible, cargos por tarificación vial,

mejoras de capacidad de bajo costo y frecuencias del transporte público. En el estudio se demostró su efectividad para disminuir la contaminación proveniente del sector transporte. Aquí es necesario recalcar que el impuesto sobre el combustible, tanto en países desarrollados como en países de América Latina y el Caribe, es el principal tributo relacionado a la contaminación vehicular y es una de las vías más eficientes para lograr la descarbonización de la flota vehicular, dado que implica una reducción significativa del consumo de combustibles fósiles.

- Adicionalmente, se debería priorizar la importancia de la calidad del combustible. Tal como se ha demostrado, los vehículos más contaminantes del aire son los que utilizan hidrocarburos de baja calidad, por lo que es necesario controlar la calidad de los combustibles que se comercializan en Ecuador. Observar que se cumplan las normas y estándares de calidad mínimos. Aunque no cabe la comparación entre países en desarrollo y desarrollados, es importante mencionar que Europa se encuentra preparando la norma Euro VII, la más avanzada hasta ahora, a diferencia de Ecuador que apenas alcanza la norma de la Euro II y, que, en comparación con sus pares regionales de Perú y Colombia, el combustible que se comercializa en nuestro país es el de más bajos octanos.

Conclusiones

Este trabajo de investigación fue sustentado por la teoría económica propuesta para internalizar las externalidades negativas, como la contaminación ambiental emitida por el sector vehicular. Se tomó como base la teoría planteada por Pigou entre 1877 y 1959, contemplada en la economía del bienestar, en la que sobresale el principio “quien contamina paga” y cuya finalidad es poner en evidencia las divergencias entre los objetivos de bienestar privado contra los del bienestar común.

Se estimaron dos modelos econométricos. Un modelo de MCO que mostró las relaciones esperadas del IACV con respecto a las emisiones de CO₂, sin embargo, pese a presentar significancia estadística, el impacto sobre el CO₂ fue mínimo. El otro, fue un modelo

econométrico de cointegración que evidenció que la variable del impuesto carece de significancia ante las emisiones de CO₂, por lo que se puede afirmar que no existe una relación, tanto a corto plazo como a largo plazo, entre la variable del impuesto vehicular y el CO₂. Por lo tanto, se concluye que el IACV no fue un factor determinante sobre las emisiones de CO₂ en el periodo de estudio.

Gran parte de los estudios revisados en la literatura concluyeron que un impuesto sobre los vehículos no es la medida más adecuada para disminuir las emisiones de CO₂. Resultados más favorables se presentan cuando se aplican medidas como precios más altos del combustible. La política pública (impuestos verdes) analizada en otros países de América Latina, como Perú, Colombia y Paraguay, se han enfocado al uso de combustible. Estos países mantienen impuestos selectivos al consumo de combustibles, mientras que, en Ecuador se subsidiaba su precio, lo cual podría ser una de las razones por las que el número de vehículos se ha incrementado y la calidad del combustible no ha mejorado.

El IACV aumentó el valor de la matrícula vehicular, pero al parecer no logró que los ciudadanos tomen conciencia de la contaminación que emiten y tampoco que cambien su comportamiento sobre el uso vehicular. Además, no se ha transparentado si los tributos recaudados han sido o no destinados para mitigar la contaminación emitida por el sector transporte. La aplicación de un impuesto ambiental, en concordancia con los principios de este tipo de medidas, supone, además de recaudar recursos para contrarrestar la contaminación, el cambio de conducta de uso y consumo, aspectos que no se han podido verificar para Ecuador.

Recomendaciones

El principio “quien contamina paga” no debe interpretarse como “tener derecho a contaminar”, si no como “quien contamina tiene la obligación de compensar los efectos adversos que causa al ambiente y a quien dicha contaminación afecte”. Para que este precepto se cumpla, el diseño e implementación de políticas regulatorias como los impuestos verdes, deben formularse en base a principios regulatorios adecuados.

Sobre la base de que el uso del vehículo es altamente contaminante, se tomó en cuenta el cilindraje y los años de antigüedad del vehículo para implementar el IACV. No está mal, también son factores importantes, sin embargo, no son directos, por lo tanto, no se puede determinar el costo real de la contaminación causada por el sector vehicular. En tal virtud, se recomienda, en base la evidencia empírica revisada, que impuestos como el IACV se graven sobre el uso del vehículo, o sobre la cantidad consumida de combustible.

Como política pública, el Estado debería direccionar los valores recaudados por concepto de impuestos verdes a la reparación de daños causados en el ambiente. Para esto debería crearse una carpeta o cuenta específica o, en su defecto, un fideicomiso, que enfoque y destine los recursos hacia la generación de energías limpias, transporte público que utilice energías limpias y/o iniciativas que estimulen a la población a adquirir vehículos menos contaminantes como híbridos u eléctricos, por ejemplo, a través exenciones arancelarias para estos medios de transporte.

Otra forma de enfrentar la contaminación ambiental es que el Estado considere la aplicación de algunas de las iniciativas de la Unión Europea, pionera en políticas ambientales eficientes, que se puedan ajustar a la realidad ecuatoriana. Algunas medidas viables son los impuestos a los bienes que utilicen energía de fuentes no renovables, los impuestos que gravan la propiedad o el uso de vehículos motorizados, exoneración de aranceles para la comercialización de vehículos ecoamigables, entre otros.

Referencias bibliográficas

- 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. In *Política fiscal y medio ambiente Bases para una agenda común* (pp. 65–88). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2430/1/S053143_es.pdf
- Adamou, A., Clerides, S., & Zachariadis, T. (2012). Trade-offs in CO₂-oriented vehicle tax reforms: A case study of Greece. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(6), 451–456. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.05.005>
- Agencia de protección ambiental de Estados Unidos. (2022). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. 14 de Junio de 2022. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Alcántara, V., & Padilla, E. (2006). Análisis de las emisiones de CO₂ y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo. *Departament d'Economia Aplicada*. <https://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/2119/wpdea0507.pdf?sequence=1>
- Alcívar, N. (2016). *Evaluación del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular: análisis comparativo con otros países de América Latina* [Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador]. <https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/5429>
- Alonso, H. C. (2021). Impact of renewable energies on greenhouse gas emissions in Mexico. *Problemas Del Desarrollo*, 52(204), 59–83. <https://doi.org/10.22201/IIEC.20078951E.2021.204.69611>
- Álvarez Saráuz, J. P. (2017). *Impuesto Ambiental a La Contaminación Vehicular y Su Impacto* [Universidad Técnica Del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6616>
- Arellano, C. V. (2013). *Determinación y análisis de las emisiones de contaminantes primarios y rendimiento vehicular mediante la variación del octanaje y contenido de azufre en la gasolina y diesel*. [Universidad de las Fuerzas Armadas].

Asamblea Nacional de Ecuador. (19 de agosto 2019). *Ley Derogatoria al Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular*. https://www.sri.gob.ec/o/sri-portlet-biblioteca-alfresco-internet/descargar/2acc9fd3-9304-421f-b725-ef42916ef81a/Ley_derogatoria_del_Impuesto_Ambiental.pdf

Asamblea Nacional de Ecuador. (24 de Noviembre del 2011). *Ley de Fomento Ambiental y Optimización de Ingresos Del Estado*. <https://www.sri.gob.ec/impuesto-ambiental-a-la-contaminacion-vehicular1>

Asociación Automotriz del Perú (AAP). (2020). *Informe Estadístico Automotor Peruano*. <https://aap.org.pe/estadisticas/informe-estadistico-automotor/>

Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE). (2019). *32% del parque automotor del Ecuador tiene más de 12 años*. 23 de Enero de 2019. <https://www.aeade.net/32-del-parque-automotor-del-ecuador-tiene-mas-de-12-anos/>

Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE). (2020). *Anuario 2020, AEADE*. 593, 1–128.

Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE). (2022). *Boletín Sector Automotor en Cifras*. <https://www.aeade.net/boletin-sector-automotor-en-cifras/>

Asociación de fábricas argentinas de componentes (AFAC). (2020). *Industria Argentina de Autopartes*. <http://www.afac.org.ar/>

Atilio de la Orden, E. (2010). Contaminación. *Facultad de Ciencias Agrarias UNCA*, 34. http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicaciones_online/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf

Azqueta Oyarzun, D., Alviar Ramírez, M., Domínguez Villalobos, L., & O’Ryan, R. (2007). *Introducción a La Economía ambiental* (Segunda ed). Mcgraw-hill/Interamericana de España,S.A.U. https://www.academia.edu/download/53271179/Introduccion_a_la_Economia_Ambient_al__2da_Edicion_-_Diego_Azqueta.pdf

- Banco Central del Ecuador. (2022). *Información económica y estadística*.
<https://www.bce.fin.ec/index.php/informacioneconomica>
- Banco Mundial. (2022). *Datos*. <https://datos.bancomundial.org/>
- Bedoya, M., Oviedo, A., Mera, E., & Flores, S. (2017). Análisis del Impacto del Impuesto Ambiental en el Ecuador, Zona 3. *Revista Digital de Medio Ambiente "Ojeando La Agenda,"* 47, 46–58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6007597>
- Breusch, T., & Godfrey, L. (1986). Data transformation tests. *The Economic Journal*, volumen 96, 47–58.
- Building a sustainable world (Bester). (2021). *Gases de efecto invernadero (GEI). Advertencia global sobre el cambio climático*. <https://bester.energy/gases-de-efecto-invernadero-gei/>
- Caffera, M. (1999). Estados , Mercados , Comunidades y Recursos Naturales. *Ambios-Cultura Ambiental: Gestión Ambiental, Tecnología y Sociedadv*, 1–21.
http://www2.um.edu.uy/marcaffera/investigacion/Estados_Mercados_Comunidades_y_RRNN.pdf
- Calderón Rossell, H. (2015). Environmental Taxes. *Revista Auctoritas Prudentium*, 12, 35–38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5002037>
- Cancelo, M., & Díaz, M. del R. (2006). *Cambio tecnológico y emisiones de CO2: análisis input-output y análisis de sensibilidad mediante programación lineal*. Estudios Económicos de Desarrolla Internacional. AEEADE. Vol. 2, núm. 1 (2002).
<https://elibro.net/es/ereader/bibliotecautpl/21455>
- Cerruti, D., Alberini, A., & Linn, J. (2019). Charging Drivers by the Pound: ¿How Does the UK Vehicle Tax System Affect CO 2 Emissions? In *Environmental and Resource Economics* (pp. 99–129). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-018-00310-x>
- Christiane, M. (2016). The environmental impact of vehicle circulation tax reform in Germany. *CAWM Discussion Paper*. <https://www.econstor.eu/handle/10419/145114>

- Ciccone, A. (2018). Environmental effects of a vehicle tax reform: Empirical evidence from Norway. *Transport Policy*, 69(April 2018), 141–157.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.05.002>
- Cisneros, J. M. (2014). Vectores autoregresivos. *Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.*, 12.
https://economia.unmsm.edu.pe/data/apu_cla/Apuntes_de_Clase_OBG_Nro9_Bustamante.pdf
- Consejo nacional de electricidad. (2015). Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental. *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*, 380.
<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion-2013-2022/>
- Constitución de la República del Ecuador [Const]. (20 de octubre de 2008). *Artículo 14 [Título II]*.https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Constitución de la República del Ecuador [Const]. (20 de octubre de 2008). *Artículo 300 [Título VI]*.https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Constitución de la República del Ecuador [Const]. (20 de octubre de 2008). *Artículo 396 [Título VI]*.https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Coviello, M. F., Gollán, J., & Pérez, M. (2012). Las alianzas público-privadas en energías renovables en América Latina y el Caribe. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*, 1–8.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3978/S1200218_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Curillo Vera, N. J., & Cornejo Valverde, K. J. (2020). *Los impuestos verdes como instrumento correctivo de las externalidades negativas en América Latina. Período 2010 - 2018*

[Universidad de Guayaquil]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41488/1/T-ZAMBRANO_ZAMBRANO_JOSELYN_JAMILE.pdf

De la Torre, S. G. (2013). *Análisis de la implementación de energía renovable como método alternativo de generación de electricidad en el Ecuador con cooperación internacional: caso Galápagos – “Proyecto Ergal- Re Electrificación Con Energía Renovable En Galápagos” En El Período 20* [Escuela multilingüe de negocios y relaciones internacionales trabajo]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/7454>

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 7(2), 1057–1072.

Dineen, D., Ryan, L., & Gallachóir, B. (2018). Vehicle tax policies and new passenger car CO2 performance in EU member states. In *Climate Policy* (pp. 396–412). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2017.1294044?scroll=top&needAccess=true>

Durbin, J., & Watson, G. S. (1950). Testing for serial correlation in least squares regression. I. *Biometrika*, 37(3–4), 409–428. <https://doi.org/10.1093/biomet/37.3-4.409>

Echeverri Londoño, C. A. (2019). *Contaminación Atmosférica* (20 ed). Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/ereader/bibliotecaupl/127067?page=5>.

Ekins, P. (1999). European environmental taxes and charges: recent experience, issues and trends. In *Ecological Economics* (pp. 39–62). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800999000518>

Encinas, M. (2011). Medio Ambiente y Contaminación. Principios Básicos. In *Addi.Ehu.Es*. <https://bit.ly/2QDqF6R>

Fernando, J., Guasua, A., Gorky, G., Campaña, R., & Granja, M. E. (2016). Comparative study of emission of pollutant gases in vehicle M1 , using fuel of the Andean Community. *Enfoque UTE*, V.7-N.3, 110–119.

Goolsbee, A., Levitt, S., & Syverson, C. (2015). *Microeconomics*. Reverté S.A.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4DbeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=Microeconomics+2015+Goolsbee,+Austan+Levitt,+Steven+Syverson,+Chad&ots=m1cXDlaTt0&sig=aG19EagDcFhGgmfPY2BSnLxDnWk>

Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 37(3), 424–438. <https://doi.org/10.1017/ccol052179207x.002>

Graue Russek, A. L. (2006). *Microeconomía enfoque de negocios*. Pearson Ed. <https://elibro.net/es/ereader/bibliotecautpl/74100>

Guerra, M., & González, I. M. (2015). The Dynamic Relationship of the Gross Added Value, Commercial Production, and Material Expenditure. Its Importance for Decision Making. *Economía y Desarrollo*. 2015. 154 (Número 1). 118-131, 154(Número 1), 224–233.

Guzman, L. A., de la Hoz, D., & Monzón, A. (2016). Optimization of transport measures to reduce GHG and pollutant emissions through a LUTI modeling approach. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(7), 590–603. <https://doi.org/10.1080/15568318.2015.1033039>

Hernández, G. (2021). Emissions of greenhouse gases and key sectors in Colombia. *Trimestre Económico*, 88(350), 523–550. <https://doi.org/10.20430/ETE.V88I350.857>

Iglesias Fernández, H. J., & Laguna Ibarra, J. E. (2021). *Calculo de huella de carbono de una planta de agua residual de un parque industrial ubicado en malambo, atlántico* (Issue March). [Universidad de la Costa CUC].

Instituto Nacional de Estadística Guatemala (INE). (2020). *Estadísticas de Transportes y Servicios*. <https://www.ine.gob.gt/ine/estadisticas-de-transportes-y-servicios/>

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2021). *Transporte en Panamá*. https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=986&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=22

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2017). *Informe de Estadística de*

- Transporte 2017*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-de-transporte-2017/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Ecuador en cifras*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Instituto nacional de Estadísticas (INE). (2022). *Parque automotor de Bolivia*.
<https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/transportes/parque-automotor-cuadros-estadisticos/>
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2022). *Transporte y comunicaciones Chile*.
<https://www.ine.cl/estadisticas/economia/transporte-y-comunicaciones/permiso-de-circulacion/parque-de-vehiculos>
- Jānis Brizga, M. J. & B. Š.-R. (2021). Impact of the environmental taxes on reduction of emission from transport in Latvia. *Post-Communist Economies*.
<https://doi.org/10.1080/14631377.2021.1965358>
- Jaramillo Juárez, F., Rincón Sánchez, A. R., & Rico Martínez, R. (2009). *Toxicología ambiental*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
<https://www.worldcat.org/title/toxicologia-ambiental/oclc/607937866>
- Johansen, S. (1991). Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 59(6), 1551–1580.
- Labandeira, X., J. Leon, C., & VÁZQUEZ, M. X. (2007). *Economía ambiental*. Pearson.
- León Rodríguez, N., & Castiblanco Roza, C. (2012). *Instrumentos Economicos*. Secretaría de Ambiente de Bogotá.
- Masiya, M. (2014). The Lisman and Sandee Method of Interpolation in Stata. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2504523>
- May, A. D. (2012). Delivering a more sustainable urban environment through transport policy packages. In *Transport and Sustainability* (Vol. 3). Emerald Group Publishing Limited.
[https://doi.org/10.1108/S2044-9941\(2012\)0000003009](https://doi.org/10.1108/S2044-9941(2012)0000003009)

- Mazón Fierro, G. J., Calderón Limaico, P. R., Villa Uvidia, R. N., & Villamarín Padilla, J. M. (2019). Modelo matemático para estimar la producción de la energía primaria en Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(2.2), 118–131. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.2.464>
- Melo, P. (2016). Driving down road transport CO2 emissions in Scotland. *International Journal of Sustainable Transportation*, 906–916. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15568318.2016.1176281>
- Menc, J. A. (2017). El caso del Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular en Ecuador. *Revista Propuestas Para El Desarrollo*, 1, 79–91.
- Mondragón, F. (2021). Carbon dioxide cycles in the formation and use of fossil fuels and their effect on climate change. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(176), 833–849. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1364>
- Naciones Unidas. (2015). *Desafíos globales Cambio climático*. <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>
- Naciones Unidas. (2018). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/es/impacto-académico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible>
- Naciones Unidas. (2021). *Tratados ratificados por Ecuador*. 5 de Abril de 2021. <https://observatoriop10.cepal.org/es/countries/37/treaties>
- Nel, R., & Nienaber, G. (2012). Tax design to reduce passenger vehicle CO2 emissions. *Meditari Accountancy Research*, 20, 39–51. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/10222521211234219/full/html>
- Nienabera, G., & Barnardb, B. (2018). The effect of passenger vehicle CO2 emissions tax on consumer behaviour relating to new car purchase decisions. *South African Journal of Accounting Research*, 132–153. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10291954.2018.1505265>
- Nkosi, M., Dikgang, J., Kutela Gelo, D., & Pholo, A. (2021). Greening the vehicle fleet, how

does South Africa's tax reforms affect new car sales. *Leibniz Information Centre for Economics, Kiel, Hamburg*. <https://www.econstor.eu/handle/10419/236726>

Organización de las naciones unidas para la educación la ciencia y la cultura. (2021). Modulo educacional sobre problemas ambientales en las ciudades. *Programa Internacional de Educación Ambiental*.

Ormaza Avila, D. A. (2020). Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular, análisis de sus elementos y el respeto a los Principios Tributarios. Caso Ecuador. *Revista de La Facultad de Derecho de México*, 70(277–2), 797. <https://doi.org/10.22201/fder.24488933e.2020.277-2.75662>

Østli, V., Fridstrøm Icono, L., Lindberg, G., & Kristensen, N. (2021). Comparing the Scandinavian automobile taxation systems and their CO2 mitigation effects. *International Journal of Sustainable Transportation*, 1–18. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15568318.2021.1949763>

Páez Egüez, J. C., & Recalde Rodríguez, M. F. (2019). Incidencia del gasto tributario del Impuesto Ambiental a la contaminación vehicular en el PIB del Ecuador, durante el periodo 2015-2017. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(1), 39–46. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.1795>

Parkin, M. (2006). *Microeconomía* (Septima Ed).

Pereira, S., Apunte, R., & Pulgar, M. E. (2018). Relación Entre El Desempeño De Las Pyme Y El Valor Agregado Bruto. *CienciAmérica*, 7(2017), 11. <http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/156/201>

Pérez, N. O., Alava, A. R., Serrano, A., & Martín, S. (2011). *Impuestos Verdes: ¿ una herramienta para la política ambiental en Latinoamérica ?* Fundación Friedrich Ebert, FES-ILDIS. <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/08160-20110603.pdf>

Pérez Noriega, E., & Ramírez Salas, L. (2021). *Conocimientos y actitudes sobre el cambio climático*. 1, 13–19.

- Rivas, M. E., Suárez-Alemán, A., & Serebrisky, T. (2019). Hechos estilizados de transporte urbano en América Latina y el Caribe. *Nota Técnica No. IDB-TN-1640*, 1–14. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Hechos_estilizados_de_transporte_urbano_en_América_Latina_y_el_Caribe_es_es.pdf
- Rosenson, A. S., Mintz, A., Ali, A., & Fordham, E. W. (1991). Unsuspected finding on a gastric emptying study. *Clinical Nuclear Medicine*, 16(10), 780–781. <https://doi.org/10.1097/00003072-199110000-00018>
- Salinas Campuzano, D. X., Cedeño Alonso, J. I., Vega Jaramillo, F. Y., & Sotomayor Pereira, J. G. (2021). El valor agregado bruto del Ecuador 2007-2017. *Conference Proceedings (Machala)*, 5(1), 9–27. <https://doi.org/10.48190/cp.v5n1a2>
- Sánchez, N., & Yalilí, Q. (2020). *Sistema tributario y su relación con los impuestos pigouvianos en las empresas textiles de San Juan de Lurigancho – 2019*. [Universidad César Vallejo].
- Servicio de Rentas Internas (SRI). (2020). *Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular*. <https://www.sri.gob.ec/impuesto-ambiental-a-la-contaminacion-vehicular1#¿qué-es?>
- Servicio de Rentas Internas (SRI). (2022). *Estadísticas generales de recaudación SRI*. <https://www.sri.gob.ec/estadisticas-generales-de-recaudacion-sri>
- Silva, V., Jiménez, A., & Quintero, G. (2010). Las Teorías De Pigou Y Coase, Base Para La Propuesta De Gestión E Innovación De Un Impuesto Ambiental En México. *Tlatemoani*, 2. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7306141>
- Solaymani, S. (2019). CO2 emissions patterns in 7 top carbon emitter economies: The case of transport sector. *Energy*, 168, 989–1001. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.145>
- Stiglitz, J. E. (2016). Los fallos del Mercado. In *La economía del Sector Público* (pp. 123–147).
- Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, Á. (2006). Carbon monoxide contamination: An environmental health problem. *Revista de Salud Pública*, 8(1), 108–117.

<https://doi.org/10.1590/s0124-00642006000100010>

Toussaint, E. (2014). La Banca Especula Con Materias Primas Y Alimentos. *Línea Sur*, 7, 26–35. <http://www.cancilleria.gob.ec/wp-content/uploads/2014/10/Línea-Sur-7.pdf#page=92>

Tovar Reaños, M. A. (2020). Initial incidence of carbon taxes and environmental liability. A vehicle ownership approach. *Energy Policy*, 143(May), 111579. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111579>

Unidad técnica de procompite. (2008). Análisis de fallas de mercado. *Ministerio de Economía y Finanzas*, 1–14. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacidades/capac_1_01/2_ANA_LISIS_DE_FALLAS_DE_MERCADO.pdf

Victor Manuel, V. (2014). Externalidades y medioambiente. *Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing*, 1(January 2014), 1–15.

Vidyattama, Y., Tanton, R., & Nakanishi, H. (2021). Investigating Australian households' vehicle ownership and its relationship with emission tax policy options. *Transport Policy*, 114(October), 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.09.017>

Vo, D. H., Vo, A. T., Ho, C. M., & Nguyen, H. M. (2020). The role of renewable energy, alternative and nuclear energy in mitigating carbon emissions in the CPTPP countries. *Renewable Energy*, 161, 278–292. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.093>

Wang, B., Waygood, E. O. D., Daziano, R. A., Patterson, Z., & Feinberg, M. (2021). Does hedonic framing improve people's willingness-to-pay for vehicle greenhouse gas emissions? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 98(July), 102973. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102973>

White, H. (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 48(4), 817–838.

World Meteorological Organization and Global Atmosphere Watch. (2019). WMO Greenhouse

Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No. 15. Wmo, 8.

https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10100

Yan, S., & Eskeland, G. S. (2016). Greening the Vehicle Fleet: Evidence from Norway's CO2 Differentiated Registration Tax. *NHH Dept. of Business and Management Science Discussion Paper*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2834804

Yassi, A., Kjellström, T., De Kok, T., & Guidotti, T. L. (2002). Salud Ambiental Basica. In *Applied Economics Letters* (Vol. 23, Issue 6). https://d1wqtxs1xzle7.cloudfront.net/41273364/salud_basica.pdf?1452973386=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSalud_basica.pdf&Expires=1594855963&Signature=SOlyTCW3NL0waVEd~4cGQMEMkq9bQxIVdiGyd9ukF4I9I9lxwStW43Vslj4jeL9yYleQpNyqkcUamUyuclOzq

Apéndice

Apéndice 1: Base de datos

TRIMESTRE	CO2	IACV	VAB	CONSUMO DE ENERGÍA RENOVABLE	CONSUMO DE ENERGÍA NO RENOVABLE DEL TRANSPORTE
2012q1	9265	24925661	21177704	3,22	8524231
2012q2	8937	22938688	20349646	3,36	8233370
2012q3	8994	22949224	20553194	3,37	8318906
2012q4	9432	24956609	21775627	3,25	8775493
2013q1	9.265	27305540	24045170	3,05	8806356
2013q2	8.937	28878866	26498595	2,94	8937554
2013q3	8.994	29498650	23818298	2,90	9095314

2013q4	9.432	29126157	16171798	2,96	9269776
2014q1	10180	28801315	23861238	3,00	9460849
2014q2	10337	28869379	24491088	3,01	9643186
2014q3	10379	28817839	24539365	3,05	9788946
2014q4	10302	28649915	24003050	3,12	9889019
2015q1	10250	28465894	23343928	3,17	9991633
2015q2	10247	28329524	22920281	3,21	10110858
2015q3	10176	28229902	22796875	3,29	10227434
2015q4	10045	28173255	22981421	3,41	10334075
2016q1	9.903	28114515	23101946	3,52	10421585
2016q2	9.787	28039678	23099663	3,61	10511636
2016q3	9.693	27967774	23260950	3,74	10653492
2016q4	9.625	27903297	23575728	3,89	10838287
2017q1	9402	27558642	24210346	4,28	11261335
2017q2	9365	27379389	24150008	4,29	11248420
2017q3	9422	27652536	24241951	4,27	11268100
2017q4	9569	28361010	24480428	4,21	11319145
2018q1	9.751	29190724	24760015	4,12	11368174
2018q2	9.895	29841185	24979264	4,04	11404288
2018q3	9955	30202732	25100507	4,04	11446720
2018q4	9.927	30252768	25116166	4,14	11492818
2019q1	9.898	32775932	25131570	4,23	11736106
2019q2	9.905	35420335	25188084	4,29	11977378
2019q3	9.912	31828560	25247073	4,35	11722402
2019q4	9.919	22225092	25304850	4,39	10987114