



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE ECONOMIA AGRÍCOLA
CARRERA DE ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ECONOMISTA AGRÍCOLA**

**EVIDENCIA EMPÍRICA DE LA RELACIÓN DE CAUSALIDAD
ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LAS EMISIONES DEL
CO₂. CASO ECUADOR**

JOSÉ RICARDO VERA REYES

GUAYAQUIL, ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMÍA AGRÍCOLA

CERTIFICACIÓN

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de director **CERTIFICO QUE:** he revisado el trabajo de titulación, denominado: **EVIDENCIA EMPÍRICA DE LA RELACIÓN DE CAUSALIDAD ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LAS EMISIONES DEL CO₂. CASO ECUADOR**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por el estudiante, **José Ricardo Vera Reyes**; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

Econ. Víctor Quinde Rosales, M.Sc.

Guayaquil, 10 de febrero del 2022

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMÍA AGRÍCOLA**

TEMA

**EVIDENCIA EMPÍRICA DE LA RELACIÓN DE CAUSALIDAD
ENTRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y LAS EMISIONES DEL
CO₂. CASO ECUADOR**

AUTOR

JOSÉ RICARDO VERA REYES

TRABAJO DE TITULACIÓN

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DIRECTIVO COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ECONOMISTA AGRÍCOLA**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

PHD Jorge García Regalado

PRESIDENTE

**Ing. Jorge Ruso León MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Elisa Cedeño Luzardo MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Víctor Quinde Rosales MSc
EXAMINADOR SUPLENTE**

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis en primer lugar me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este objetivo.

De igual manera mis agradecimientos a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, a toda la Facultad de Economía Agrícola, a mis profesores en especial a la Ing. Carla Silvera MSc. e Ing. Elisa Cedeño MSc. quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, y apoyo incondicional.

A mi Tutor de tesis, Econ. Quinde Rosales por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunos están aquí conmigo y otros en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi esposa por el apoyo incondicional en mi vida, que, con su amor y respaldo, me ha ayudado a realizarme profesionalmente; a mis padres que han sido la principal fuente de inspiración para terminar con mis estudios

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Dedico esta tesis a mis padres Jhonny Vera Torres y Alicia Reyes Choez, a mi esposa María Espinoza Valenzuela, quienes fueron mi motor fundamental y siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo emocional y económico en el transcurso de mi carrera.

A mis hermanas por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

José Ricardo Vera Reyes

C. I. 0953560232

RESUMEN

El propósito de este estudio ha sido analizar la relación causal entre el crecimiento económico y la contaminación medio ambiental atmosférica enfocándonos en las emisiones del (CO₂) en el Ecuador y el indicador macroeconómico PIB, medidas en función a su población (per cápita) durante los años 1917 hasta el 2020. Partiendo de trabajos empíricos referentes a la hipótesis de la curva Medioambiental de Kuznets, se utiliza la metodología de quiebres estructurales través del “test de Cusum”, así mismo identificando subperiodos de análisis con el objeto de evaluar a través de modelos univariados la relación de las variables de estudio a corto o a largo plazo a fin de plantear la direccionalidad de la causalidad, misma que se evalúa a través del “test de Engel y Granger”. Los resultados indican la aceptación de la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets y demuestra la existencia de quiebres estructurales durante tres períodos de tiempo comprendidos entre 1917-1960, 1961-2001 y 2002-2020. Se recomienda para futuros estudios emplear otras estructuras de datos y añadir otras variables segmentando la información de acuerdo con la geografía, demografía del país y sectores productivos.

Palabras claves: *emisiones de CO₂. per cápita, PIB per cápita, curva medioambiental de Kuznets.*

SUMMARY

The purpose of this study has been to analyze the causal relationship between economic growth and environmental air pollution, focusing on CO₂ emissions in Ecuador and the macroeconomic indicator GDP, measured in terms of population (per capita) during the years 1917 to 2020. From empirical studies concerning the hypothesis of the Kuznets environmental curve, the methodology of structural breaks through the "Cusum test" is used, as well as the identification of sub-periods of the analysis to assess the relationship of the study variables in the short or long term through univariate models to establish the directionality of the causality, which is evaluated through the "Engel and Granger test". The results indicate the acceptance of Kuznets environmental Curve and show the structural breaks during three time periods between 1917-1960, 1961-2022 and 2002-2020. It's recommended for future research use other data structures and add other variables segmenting the information according to geography, demography, and productive sectors.

Keywords: *per capita CO₂. emissions, per capita GDP, the environmental Kuznets curve.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Caracterización del Problema	1
Planteamiento de la Situación de la Problemática	3
Justificación e Importancia	3
Delimitación del Problema.....	4
Formulación del Problema	4
Objetivos	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos	4
Hipótesis	5
Aporte Teórico.....	5
Aplicación Práctica	5
CAPÍTULO I.....	6
MARCO TEÓRICO	6
1.1. Estado del Arte	6
1.2. Bases Científicas y Teóricas de la Temática	9
CAPÍTULO 2	20
ASPECTOS METODOLÓGICOS	20
2.1. Métodos.....	20
2.2. Variables	20
2.3. Población y Muestra	20
2.4. Técnicas de Recolección de datos	21
2.5. Estadística Descriptiva e Inferencial.....	21
2.6. Procedimiento Metodológico	32
2.7. Cronograma de Actividades	33
RESULTADOS.....	34
DISCUSIÓN	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	64
ANEXOS	75
APÉNDICE.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Tendencias Posibles en la Curva de Kuznets	75
Anexo N° 2: Sectores Contaminantes del Ecuador	75
Anexo N° 3: Vehículos Matriculados	76
Anexo N° 4: Vehículos Matriculados por Clase	76
Anexo N° 5: Cuadro de Operacionalización de variables	77
Anexo N° 6: Cronograma de Actividades	78

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice N° 1: Modelo VAR Log CO ₂ _pcpt.1917.1960 y Log PIB_pcpt.1917.1960	79
Apéndice N° 2: Modelo VAR Log CO ₂ _pcpt.1961.2001 y Log PIB_pcpt.1961.2001.	81
Apéndice N° 3: Modelo VAR Log CO ₂ _pcpt.2002.2020 y Log PIB_pcpt.2002.2020	84
Apéndice N° 4: Cointegración maximal eigenvalue statistic LogCO ₂ _pcpt.1917.1961 y Log PIB_pcpt.1917.1960	86
Apéndice N° 5: Cointegración trace statistic Log CO ₂ _pcpt.1917.1960 y Log PIB_pcpt.1917.1960	87
Apéndice N° 6: Cointegración maximal eigenvalue statistic Log CO ₂ _pcpt. 1961.2001 y Log PIB_pcpt.1961.2001	88
Apéndice N° 7: Cointegración trace statistic Log CO ₂ _pcpt. 1961.2001 y Log PIB_pcpt.1961.2001	89
Apéndice N° 8: Cointegración maximal eigenvalue statistic Log CO ₂ _pcpt. 2002.2020 y Log PIB_pcpt.2002.2020	90
Apéndice N° 9: Cointegración trace statistic Log CO ₂ _pcpt. 2002.2020 y Log PIB_pcpt.2002.2020	91
Apéndice N° 10: Datos de Estudio	92

INTRODUCCIÓN

Caracterización del Problema

A nivel mundial las afectaciones generadas por el cambio climático agravarán la creciente desigualdad entre las poblaciones, gran parte de éstas afectaciones recaerán sobre los países menos desarrollados, los cuales son más vulnerables en materia de desarrollo económico (FAO, 2015). En este sentido, la evidencia señala que la seguridad alimentaria se encuentra amenazada por el cambio climático, por lo que los retos que se plantean respecto del suministro mundial de alimentos y la nutrición requiere de medidas políticas urgentes (Ferranti et al., 2019).

De acuerdo con la FAO (2014), los sectores de la agricultura, silvicultura, ganadería y pesca concentran la mayor cantidad de emisiones de GEI, por lo que estos 4 sectores son sensibles al clima y al aumentar su productividad afectan al planeta afectando el cambio climático. La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2006) sostiene que actualmente la industria ganadera es uno de los mayores contaminantes del medioambiente, lo que requiere tomar acciones urgentes para mitigar esta problemática.

Por su parte, el sector agropecuario ha tenido un alto nivel de crecimiento en los últimos años en contraste con otros sectores productivos, siendo fuente de subsistencia de más de 1300 millones de personas a nivel mundial y representa el 40% de la producción agrícola a nivel mundial. No obstante, el crecimiento acelerado del sector agropecuario conlleva una afectación mayor para el medioambiente, siendo las actividades productivas de este sector responsables del 9% de las emisiones de CO₂ y niveles más elevados de gases de efecto invernadero (Ecologistas en Acción, 2017).

Por lo tanto, destaca la necesidad de un enfoque más profundo en el análisis de los factores de adaptación climática como es el comercio y su papel en la mitigación de los efectos negativos del clima en la producción mundial de alimentos (IPCC 2003). En consecuencia, el impacto ocasionado por las industrias al medioambiente y sus recursos naturales es considerable, además, la generación de energía eléctrica, la producción minera y la industria manufacturera se incrementaron

en un 50% en países como México, pero tal crecimiento afectó al medioambiente en un 25% (SEMARNAP México, 2015).

Según Bravo (2015), En Latinoamérica la actividad petrolera involucra acciones de grandes dimensiones que afectan drásticamente al ambiente. Ello es particularmente cierto con relación a las actividades de refinación y petroquímicas que, aunque se convierten en un importante estímulo a la formación de polos industriales, muestran por lo general niveles altos de contaminación, así como de deterioro de su entorno natural.

Por lo tanto, según la FAO (2012), los países en desarrollo se encuentran más afectados por el cambio climático que los países desarrollados. Eso se debe por la fuerte dependencia de los países en desarrollo a la actividad agro-pesquera, menos capital para adoptar medidas de adaptación y su importante exposición a la ocurrencia de eventos climáticos extremos.

El Ministerio del Ambiente (2017) como parte de una iniciativa para la reducción de emisiones llamada Acción y Ambición frente al Cambio Climático - Cumbre del Clima de Naciones Unidas en New York, fomentan acciones de mitigación del cambio climático como el Programa de Cocción Eficiente que busca reemplazar en la gran mayoría de hogares ecuatorianos las cocinas que requieren de gas licuado de petróleo por cocinas de inducción a fin de reducir las emisiones en el sector energético, esta acción ha reducido aproximadamente un 39% de las emisiones ya que a nivel mundial Ecuador representan el 0.01% de las emisiones totales.

En este contexto, los estudios en que se relacionan el crecimiento económico y la degradación ambiental generan diversas posturas y una de ellas es la hipótesis medioambiental de Kuznets, la cual plantea que a medida que haya un desarrollo económico en el corto plazo se generan impactos negativos en el medioambiente y que en el largo plazo, al haberse obtenido ciertos niveles de ingresos per cápita éste crecimiento influye positivamente en el medio ambiente (Suárez Moncayo 2011).

Ante esta problemática la exploración científica busca evidenciar la validez de la hipótesis medioambiental de Kuznets en Ecuador a través de la relación entre el PIB per cápita y las emisiones del CO₂ per cápita.

Planteamiento de la Situación de la Problemática

En Ecuador unos de las principales fuentes de ingresos es la agricultura, y es este rubro que ha aportado al desarrollo de la sociedad. Este sector muestra un crecimiento anual de 0,1% en el año 2019. Sobresale el aumento de 3,8% de los otros cultivos agrícolas y de 2,1% de cría de animales, pese a este crecimiento en los últimos 10 años se evidencia un decrecimiento del 1%.

Según la Secretaria del Ambiente (2014) en el Ecuador el sector agrícola muestra un comportamiento similar con países en vías en desarrollo, mostrando que las actividades agropecuarias representan un rol importante en el sistema económico. A nivel nacional el 50% de las emisiones de GEI son derivadas de este sector, lo que convierte este sector como el principal contribuyente a las emisiones GEI.

FAO (2014) menciona que las principales emisiones de gases GEI generadas por las diferentes subcategorías agrícolas son: fermentación entérica, gestión de estiércol, cultivo de arroz, fertilizantes sintéticos, estiércol aplicado a los suelos, estiércol dejado en pastos, residuos de cultivos, cultivo de suelos orgánicos, quema de residuos de cultivos, quema de sabana, uso de energía. Proporcionando una imagen de la contribución a la cantidad total de emisiones de GEI proveniente de la agricultura, además, la FAO (2015) menciona este sector es el principal emisor en gases CO₂, a saber, el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O).

Justificación e Importancia

La magnitud del problema se determinó a nivel país, población ecuatoriana, unidades de negocios que aportan al crecimiento económico y que dentro de sus actividades aportan al deterioro medioambiental, factores que influyen en el nivel y la calidad de la producción nacional, tales como disponibilidad de recursos naturales, clima y suelo de la zona en la producción que tiene lugar, riqueza de los sustratos, presencia de minerales ricos en nutrientes y acceso al agua.

El presente estudio se centra en las concentraciones de las emisiones GEI, afecte al clima haciéndolo más variable que en la actualidad, con aumentos de la

frecuencia y gravedad de acontecimientos extremos como ciclones, inundaciones, tormentas de granizo y sequías. Esto provocará mayores fluctuaciones en los rendimientos de los cultivos y en la oferta local de alimentos, así como mayores peligros de desprendimientos de tierras y daños por erosión, por lo que este problema se puede evidenciar a corto, mediano y a largo plazo.

El aporte del estudio tiene base para iniciativas y programas de mejoras en la tecnificación dentro la producción Nacional y perfeccionamientos en los procesos productivos de las actividades económicas del país, a fin de que se reduzca las emisiones de gases GEI, en especial a la del CO₂. Se cuenta con apoyo de docentes con experiencia en temas medio ambientales, producción agrícola y análisis económicos.

Delimitación del Problema

El estudio se desarrolló en el Ecuador, considerando el uso de variables económicas y medioambientales con un alcance temporal desde 1917 hasta el 2020 respecto del PIB per cápita y las emisiones de CO₂ en el Ecuador.

Formulación del Problema

¿La hipótesis medioambiental de Kuznets se evidencia en el Ecuador y cuál es la direccionalidad de la causalidad entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental?

Objetivos

Objetivo General

Analizar la relación de causalidad entre el crecimiento económico y las emisiones del CO₂ en el Ecuador, en el periodo de 1917 hasta el 2020.

Objetivos Específicos

- Determinar y sustentar la existencia de quiebre estructural en la relación existente entre el PIB per cápita y las emisiones de CO₂.
- Plantear un modelo de vectores autorregresivos en los subperiodos en estudio que establezca el rezago óptimo.
- Establecer la existencia de relación causal y el tipo de direccionalidad de causalidad entre el PIB per cápita y las emisiones de CO₂.

Hipótesis

H1: Existe una relación causal entre el crecimiento económico y las emisiones del CO₂.

Aporte Teórico

El estudio revela la evidencia de la curva medioambiental de Kuznets y la direccionalidad de causalidad entre el CO₂ per cápita y el PIB per cápita. A fin de que entidades gubernamentales puedan basar sus programas e iniciativas en temas de producción, oferta, acceso a alimentos, calidad del ambiente e Incremento en la producción pecuaria sobre los suelos que no son considerados aptos para la explotación agropecuaria por medio de una tecnología revolucionaria.

Aplicación Práctica

El estudio presente es de utilidad para economistas ambientales., funcionarios del Ministerio del Medioambiente, Ministerio de Economía, Ministerio de Energía y Ministerio de Agricultura y Ganadería. Además, los resultados pueden ser oportunos para profundizar y abrir nuevas líneas de investigación por parte de estudiantes e interesados en el tema propuesto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Estado del Arte

En el estudio de Sinha y Bhattacharya (2017) analizaron la interacción entre el crecimiento económico y la calidad ambiental con una muestra de 139 ciudades de la India y las emisiones de CO₂ en zonas industriales y residenciales segmentadas de acuerdo a los niveles de ingresos de la población en el período 2001-2013 sin tomar en cuenta otras variables de índole social, a fin de estimar la curva de Kuznets.

Mediante regresiones econométricas y sus respectivas pruebas de validación concluyeron que los niveles de emisión son diferentes entre las áreas industriales y residenciales, siendo las áreas industriales con altos ingresos las que cumplen con la curva de Kuznets. Además, mencionan que los métodos de desarrollo de energías alternativas se lograrán en años posteriores.

En Rusia, el estudio de Yang et al. (2017) analizó las emisiones de fuentes como el consumo de energía, los procesos industriales, la ganadería y las emisiones de fuentes varias en relación con información del Comité Nacional de Estadística de la Federación Rusa respecto del PIB per cápita en el período 1998-2013 mediante un análisis de regresión utilizando un método de ajuste polinomial.

Los resultados obtenidos comprobaron la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets en el país, si su crecimiento económico se mantiene constante alcanzando su punto de inflexión dentro de 10 años, debido a que la optimización de la estructura energética y la industria permitirán mitigar los efectos de las emisiones, por lo tanto, el Gobierno ruso precisa de implementar políticas orientadas a reducir las emisiones antes de alcanzar el punto de inflexión.

Por otro lado, Hanif y Gago-de-Santos (2017), analizaron la degradación ambiental, el desarrollo económico medido por el PIB, la tasa de crecimiento poblacional y la estabilidad económica, a fin de evidenciar la validez de la curva de Kuznets para una muestra de 86 países en desarrollo durante el período 1972-2011.

Los datos fueron extraídos de las fuentes de datos del Banco Mundial y conformaron un panel de datos no balanceado.

Los resultados indicaron que las economías en desarrollo presentan la existencia de la curva medioambiental de Kuznets, cuyo punto de inflexión se alcanza cuando el PIB per cápita alcance los \$ 984,32 dólares americanos. Además, los esfuerzos por reducir los efectos de las emisiones de gases de efecto invernadero no deben de ser individuales y las iniciativas como el Acuerdo de París permitirán un consenso para combatir el calentamiento global a nivel mundial.

Grabarczyk et al. (2018) analizaron información respecto del desarrollo económico en relación con el consumo de aluminio, plomo y zinc de 8 países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) desde 1900 hasta 2006 empleando un análisis de cointegración no lineal y sus respectivas pruebas. La evidencia indica la existencia de la curva medioambiental de Kuznets, no obstante, el análisis de la curva de Kuznets debe incluir técnicas de cointegración para cointegrar regresiones polinómicas. Las relaciones establecidas, mostraron forma de U invertida en los análisis realizados.

Para el caso de Canadá, Olale et al. (2018) analizó como indicador de degradación ambiental los gases de efecto invernadero per cápita y el nivel de crecimiento económico medido por el PIB per cápita durante el período 1990-2014, con el objetivo de probar la existencia de la curva medioambiental de Kuznets comparando datos de panel provinciales. Los resultados implican que a nivel de país en Canadá se cumple con la hipótesis de la curva de Kuznets, además sobresale la relevancia de la evolución tecnológica y los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero por provincia.

En China, la investigación de He y Lin (2019) analizó información organizada como datos de panel por provincias en el período 2003-2017 mediante un modelo de regresión automática de transición suave (Panel Smooth Transition Auto Regression - PSTR) para medir la relación de los niveles de ingresos y la contaminación ambiental según la intensidad energética para identificar la curva medioambiental de Kuznets.

Los hallazgos del estudio indican que los niveles de ingresos respecto de los niveles de contaminación no presentan valores lineales y el punto de inflexión llega a

0,9168 en las provincias con mayor intensidad energética. Se concluyó que la hipótesis de la curva de Kuznets en forma de U invertida para la intensidad energética es aceptada con un valor de umbral de 0,7670, implicando que en China unas provincias tienen un desarrollo ecológico mayor que otras.

En la investigación de Hassan y Nosheen (2019) se analizó el sector de transporte ferroviario en 37 países con niveles de ingresos altos durante el período 1990-2017 mediante el procedimiento de estimación GMM (Generalized Method of Moments) empleando datos de panel con información de los daños ambientales ocasionados por las emisiones de dióxido de carbono, óxido nitroso y emisiones de metano y los niveles de ingresos de los países.

El estudio reveló la existencia de la curva de Kuznets en forma de U para las emisiones de dióxido de carbono y metano; y una curva en forma de U invertida para las emisiones de óxido nitroso, validando así la curva de Kuznets para la industria ferroviaria. Adicionalmente, se identificaron la homocedasticidad y la ausencia de correlación mediante la prueba de diagnóstico del efecto ARCH, indicando que en países más desarrollados deberían explotar fuentes de energía renovable y la adquisición de transporte como trenes de conmutación híbridos y las máquinas de vapor impulsadas por hidrógeno que reducen el uso del diésel.

En Rumania, Pontarollo y Serpieri, (2020) analizaron el territorio de uso residencial en diferentes condados mediante un modelo con datos e panel de retardo espacial durante el período 2000-2014, utilizando variables como la densidad poblacional, el compartimiento de áreas verdes, número de buses por área, población sobre migración neta a fin de identificar la existencia de la curva de Kuznets. La relación entre el desarrollo económico y la expansión urbana en Rumania indican que las desigualdades, los flujos migratorios y las remesas explican la distribución de la población en el espacio urbano.

El estudio de literatura existente respecto de la curva medioambiental de Kuznets realizado por Caravaggio, (2020) examina información de diversos países, concluyendo que la deforestación respecto del desarrollo indica la existencia de la hipótesis de la curva de Kuznets, puesto que las economías aprovechan los recursos forestales y del medioambiente durante el crecimiento económico hasta alcanzar un

punto de inflexión en el cual a medida que el crecimiento continúa, el deterioro ambiental se vuelve más lento.

El estudio realizado por Filippidis et al. (2021) analiza variables como el crecimiento económico y la desigualdad en los niveles de ingresos, en contraste con el consumo y la producción de energía con datos de panel de más de 200 países con bajos y altos ingresos durante el período 2000-2019, con el objetivo de evidenciar la curva de Kuznets mediante la pobreza energética.

Los resultados obtenidos muestran que se cumple la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental y energética, indicando que la energía renovable en relación con el crecimiento económico presenta una curva en forma de U, no obstante, el consumo de energía fósil relacionado con el desarrollo económico presentan una curva con forma de U invertida. Adicionalmente, concluyeron que el incremento en el consumo de energía renovable reduce los niveles de desigualdad de ingresos.

En la investigación de Yang y Ma (2021) se analizó la curva medioambiental de Kuznets aplicada a la deforestación ocurrida en África durante el período 1990-2016 empleando la información bajo una estructura de panel mediante el Método Generalizado de Momentos (GMM). Los resultados obtenidos del análisis del panel indicaron que se cumple la hipótesis de Kuznets y presenta un punto de inflexión de \$3000. Los hallazgos sugieren que en África las políticas aplicadas al uso del suelo y el comercio de productos de origen forestal no afectarán el crecimiento económico.

1.2. Bases Científicas y Teóricas de la Temática

Crecimiento Económico

Simón Kuznets (1973) define al crecimiento económico como un aumento uniforme del PIB per cápita que permite la generación de una mayor producción de bienes y servicios dentro de la economía de un país. Por su parte, Sunkel & Paz (2016) sostienen que el crecimiento económico, es un proceso enfocado al desarrollo como fenómeno creciente que está ligado a la tasa de crecimiento de la renta per cápita. Por lo tanto, estos dos autores coinciden en que el indicador adecuado para la medición del crecimiento económico es el ingreso por persona.

Gadrey & Jean (2006) sostienen que el mejor indicador para medir el crecimiento económico es el Índice de Desarrollo Humano (IDH). No obstante, Martín (2011) indica que la tasa de crecimiento del PIB puede ser un mejor indicador de medición del crecimiento económico. De la misma forma, Martín (2008) establece que los indicadores antes mencionados se enfocan principalmente en medir los flujos de consumo de cada individuo, la distribución de la renta, los niveles de pobreza y la acumulación de recursos.

Este mismo criterio lleva también a establecer nóminas de países ordenados según su nivel de ingreso medio por habitante, de donde se deduce en seguida que aquellos que están por encima de cierto límite arbitrariamente escogido serán considerados países desarrollados, y poco desarrollados los que están por debajo del mismo. (Sunkel & Paz, 1976)

El Sistema Financiero como parte del Desarrollo

El sistema financiero juega un papel importante en el desarrollo económico, puesto que el crecimiento de las instituciones financieras y el incremento de la liquidez del mercado de capitales posibilita anticipar el crecimiento económico (Levine & Servos, 1999). Por su parte, King & Levine (1993) afirman que es el nivel de intermediación financiera un buen predictor del crecimiento económico de largo plazo, puesto que presenta una visión del funcionamiento del sistema financiero, logrando describir las funciones esenciales de las instituciones bancarias en él y por ende su contribución al crecimiento económico.

Gardey (2006), explica que el tamaño del mercado y la integración internacional no están vinculados al crecimiento económico, la acumulación de capital o las ganancias de productividad, es decir, ninguno de los indicadores financieros está relacionado con las tasas de ahorro privadas. No obstante, la liquidez del mercado de valores es un fuerte indicador del crecimiento real del producto interno bruto (PIB) per cápita, así mismo, lo son el crecimiento del capital físico, el incremento de la productividad, la inversión inicial en educación, la estabilidad económica y fiscal, apertura al comercio y los precios de las acciones.

Vázquez & Silva (2015) indican que los sistemas financieros son mecanismos que facilitan la cobertura crediticia y constituyen una forma de diversificar el riesgo,

permitiendo asignar de una forma eficiente los recursos disponibles, además de monitorear a los administradores corporativos y controlar su práctica administrativa; propiciando así la movilización de los ahorros de los inversionistas y facilitando el intercambio de bienes y servicios.

Para Vázquez & Silva (2015) la liquidez del mercado bursátil, en relación con el tamaño del mercado y el valor de las negociaciones según el tamaño de la economía, se relaciona positiva y significativamente con la volatilidad porcentual del crecimiento económico, la acumulación de capital y crecimiento de la productividad. Levine & Servos (1999) confirman este argumento detallando en sus obras que tanto el crecimiento bancario como la liquidez del mercado de valores predicen el crecimiento económico, la acumulación de capital y el incremento de la productividad.

Sunkel & Paz (1976) mencionan que el desarrollo industrial de las economías no explica el crecimiento económico, es así que González (1991) indica que la generación de empleo no influye en el desarrollo de flujos de capital, lo cual indica que el nivel de renta de un país no se relaciona con el aumento de la tasa empleo, por ende, la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB) no incide en los niveles de la renta per cápita.

Adicionalmente, García, Sánchez, & Chico (2014) relacionan negativamente el crecimiento económico con la pobreza, indicando además que existe una relación positiva entre desigualdad con el crecimiento económico, no obstante, se ha evidenciado que la desigualdad social crea un clima adverso que afecta los niveles de inversión en el sector privado y retarda su desarrollo (Lipton & Ravallion, 1995)

Cambio Climático

El cambio climático comprende todas las actividades humanas que directa o indirectamente han generado alteraciones a la composición de la atmósfera a nivel mundial, lo cual se evidencia con la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comprobables (IPCC, 2003). Por su parte, la ONU (2016) explica que el cambio climático implica las modificaciones generadas al clima durante un período de tiempo debido a la variabilidad natural o las actividades humanas.

El cambio climático es en parte producto del incremento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), no obstante, existe una diferencia entre variabilidad climática (ej. el fenómeno del Niño) y cambio climático. La variabilidad climática se presenta cuando con cierta frecuencia un fenómeno y genera un comportamiento anormal del clima, pero es un fenómeno temporal y transitorio, por otra parte, el cambio climático denota un proceso que no es temporal y que puede verificarse en el tiempo revisando datos climáticos (ej. la temperatura) (Romer, 1980).

Deterioro Medioambiental

Al estudiar el cambio climático se relaciona el término de deterioro medioambiental, que según Rodríguez Morales (2011) es un proceso que en los últimos años se ha incrementado, logrando la contaminación del suelo, el agua, el aire y se evidencian además por la extinción de muchas especies animales y vegetales (p. 2), lo que demuestra además la fragilidad de la diversidad genética y de la vida sobre el planeta.

Para Dobes, Jotzo, y Stern (2016) la contaminación del suelo, el agua y atmósfera son criterios que se encuentran en el centro de las problemáticas vitales para la humanidad, los efectos ocasionados de los mismos son partícipes de las mayores preocupaciones políticas, económicas, sociales y educativas que son únicamente dependientes de la sostenibilidad de la tierra.

Frente a todas las preocupaciones descritas anteriormente, estos deterioros ambientales adquieren matices de carácter universal siendo los más significativos los fenómenos de cambios climáticos que comprometen los niveles de productividad. Por lo tanto, la deficiencia de productividad es causada principalmente por el daño ocasionado a los recursos forestales, los procesos de variación del clima y la expansión urbana no planificada (Citado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2010).

Adicionalmente, Padilla y Escolano (2005) indican que los niveles de productividad se relacionan con:

- ✓ Adelgazamiento de la Capa de Ozono.
- ✓ Pérdida del suelo fértil.
- ✓ Agotamiento de combustibles.

- ✓ Lluvia ácida, entre otros.
- ✓ Blanqueamiento coralino

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2010) indica que los niveles de pobreza se relacionan con el deterioro ambiental, puesto que con mayores niveles de deterioro existe menor capacidad para generar recursos que permitan mejorar la calidad de vida, además indican que los índices de desigualdad no permiten un óptimo desarrollo sostenible (About the sustainable development).

Desarrollo Sustentable

Según la Organización de las Naciones Unidas (1987) conceptualiza el desarrollo sustentable como "... la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".(Citado de: Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland)

Banco Mundial (2010) define el desarrollo sostenible como un "... un proceso de administración de una cartera de activos que permita preservar y mejorar las oportunidades que tiene la población".(Citado de: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente para 2015 Banco Mundial) Esto significa que el desarrollo sostenible percibe la posibilidad económica, ambiental y social, que se puede obtener disponiendo razonadamente el capital físico, natural y humano.

Así mismo el Banco Mundial (2010) especifica criterios de asistencia para el desarrollo sostenible, estos son:

- ✓ Inversiones en energía limpia.
- ✓ Mejoras en la infraestructura.
- ✓ Aumento del acceso a servicios de saneamiento.
- ✓ Ofertas de asistencia técnica.
- ✓ Promoción de soluciones centradas en los ecosistemas. (Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland)

Emisiones de CO₂

Ávila y Pardo (2016) sostienen que entre las principales actividades que generan grandes cantidades de emisiones de CO₂ en el ambiente se encuentra el

incremento del parque automotor en diversos países, así como también el poco nivel de desarrollo tecnológico en cuanto al uso de fuentes de energía, además del bajo desarrollo del transporte público. Para López del Paso (2014) las emisiones dióxido de carbono se deben en su mayoría al proceso de cambio tecnológico en el uso de fuentes de energía, puesto que a inicios del siglo XXI se busca cambiar el uso de combustibles fósiles por energías más limpias y renovables

Cordona (2018) especifica que los gases de efecto invernadero atrapan el calor como en un techo de vidrio durante el invierno, de tal manera que se calienta el planeta y en consecuencia se incrementa la temperatura ambiental y modificaciones al ambiente como el aumento del nivel del mar, cambio en las frecuencias de las precipitaciones que generan sequías e inundaciones (Ecología verde, p. 1).

Las emisiones de CO₂ acentúan el efecto invernadero, lo que reduce la dispersión de calor acumulado por la radiación solar en la superficie del planeta hacia el espacio y provoca un mayor calentamiento de la Tierra (Herrero, 2016). Esto significa que el problema surge cuando el efecto invernadero se acentúa por la emisión excesiva de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debido principalmente a la actividad humana (Márquez & Teresa, 2002).

Curva Medioambiental de Kuznets

La teoría medioambiental de Kuznets plantea que el crecimiento económico medido en el incremento de ingresos per cápita y la disminución de la calidad ambiental tiene una relación parabólica en “U” inversa, Es decir que cuando el crecimiento económico crece, de igual forma se ve afectado el deterioro ambiental, y que llega un punto denominado “Turning Point” es decir al máximo y luego empieza a caer a través de elevaciones críticas con respecto al ingreso.

Panayotou (1997) cita que el análisis de la curva medioambiental de Kuznets puede indicar que los efectos o externalidades negativas ambientales son concentradas en comunidades de bajos ingresos, y pueda que no necesariamente cumpla con todos los casos de problemas medioambientales, y que este simplemente dependa de la escala de análisis y el tipo del problema ambiental que se esté enfrentando.

La teoría medioambiental Kuznets manifiesta evidencias empíricas relacionando variables tales como el crecimiento económico de un país y causas generadas para el deterioro ambiental, dando así incertidumbres para esta premisa. Rock (1996) demuestra resultados donde se determina que estos tienen una relación directa, es decir cuando un país más abre su apertura comercial tiene una relación crecimiento positiva con la emisión del CO₂, es decir mayor será su producción de contaminantes por cada dólar de salida.

De acuerdo con Suri y Chapman (1998), cuando la actividad comercial crece también aumenta de forma proporcional el grado de emisión del CO₂ producido del uso de energía mediante el análisis de la estructura del intercambio comercial en referencia a la manufactura nacional, aunque para Catalán (2014), a largo plazo el crecimiento económico es favorable a media que la población vaya incrementando sus riquezas, es decir que estos se encuentran mejor preparados para confrontar los cambios medioambientales incitados por el crecimiento económico.

Calsin Quispe & Huanchi Mamani (2016) sostienen que la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets sustenta la existencia de una relación cuadrática en forma de U invertida entre el crecimiento económico y el deterioro medioambiental. Esta hipótesis intenta demostrar a que a corto plazo el crecimiento económico provoca un mayor deterioro ambiental. Por lo contrario, en economías más ricas el crecimiento económico puede llegar ser beneficioso para el ambiente, esto es, a medida que el ingreso per cápita aumenta mejora la calidad del medio ambiente.

Sin embargo, Peter J. G. Pearson (2015) argumenta que la relación entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental puede llegar algo pesimista, debido que afirma que la relación resultante es positiva, por lo que genera una preocupación por la sostenibilidad con la búsqueda del crecimiento. Así Falconí y Burbano (2020) indican que la curva de Kuznets es una representación mínima que descompone los anómalos en la tecnología, la composición de producto, las medidas ambientales. En este sentido se define de forma paramétrica los efectos de la política económica en la degradación ambiental, en la hipótesis de Kuznets se precise como:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 YP_{it} + \beta_2 YP_{it}^2 + \beta_3 YP_{it}^3 + \sum_{j=1} \gamma_j X_{j,it} + u_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, N \quad ; \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Donde:

E_{it} = Deterioro ambiental

YP_{it} = PIB per capita

$X_{j,it}$ = Conjunto de variables inciden en el deterioro ambiental

u_{it} = Término de Error

El modelo explica 4 fenómenos:

- ✓ Si la curva de Kuznets cumple con la restricción $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$, entonces la relación es lineal y directa de modo que el crecimiento económico se traduce en un mayor deterioro del medio ambiente (es monótona creciente).
- ✓ Se cumple la restricción $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$, implica que la relación es lineal e inversa de modo que el crecimiento se traduce en una disminución del deterioro ambiental (es monótona decreciente).
- ✓ Una tercera restricción $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$, define la relación de U invertida y existe un punto de inflexión que puede determinarse como $(-\beta_1/2\beta_2)$.
- ✓ Con $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$ entonces la forma de la relación es una N abierta, Implicando que un mayor nivel de ingreso per cápita no genera una reducción en el deterioro ambiental, lo cual se evidencia en el **Anexo N° 1**

Aplicación del Modelo

Grossman y Krueger (1994) demostraron una relación inversa, es decir una función en forma de u inversa entre las variables de ingreso per cápita y ciertos gases contaminantes atmosféricos, principalmente de CO₂, esta hipótesis se plantea mostrando que el deterioro medioambiental es una función del crecimiento económico hasta llegar a un nivel crítico de renta donde los mayores niveles de renta se asocian progresivamente con menor degradación ambiental.

Dentro del mismo contexto, Therese A. Cavlovic, Kenneth H. Baker, Robert P. Berrens y Kishore Gawande (2000) sostienen que la mejor manera de estimar la curva medioambiental de Kuznets es describiendo una relación neta entre los ingresos y los problemas ambientales originados de la atmósfera como es la emisión de dióxido de carbono(CO₂). Además, refutan que los problemas ambientales dependen de las políticas comerciales implementadas ya que este genera o conducen a niveles bajos de degradación ambientales o escasas de recursos. Es decir que existe una relación entre la apertura comercial y el deterioro ambiental.

Estadísticas de Emisiones de CO₂

Según la Comisión Europea (2018), las emisiones originadas por los gases de efecto invernadero mantienen tendencia creciente desde el comienzo del siglo 21, en comparación a las tres décadas anteriores, debido principalmente al incremento en las emisiones de CO₂ de China y otras economías emergentes.

Como resultado, las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero podrían acrecentar el efecto invernadero natural, afectando negativamente la vida en la Tierra. Estas cuestiones son internacionalmente abordadas en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2015), aquellos países que están en vías de desarrollo a proponer e implementar acciones para mitigar las emisiones de GEI.

Las emisiones de CO₂, que son los principales responsables del calentamiento global siguen aumentando a nivel mundial a pesar de la mitigación del cambio climático. Sin embargo, las emisiones del CO₂ han aumentado en las últimas dos décadas. Los sectores relacionados con el parque automotor son los de mayor influencia de emisiones totales de CO₂, según estadísticas publicadas por el INEC (2017) el crecimiento promedio del número de autos matriculados en el Ecuador ha sido del 11% entre 2008 a 2017, en particular se debe a las emisiones de la combustión en los sectores residenciales y comerciales. **Ver Anexo N° 2**

Parque Automotor

El parque automotor está constituido por todos los vehículos que circulan por las vías de la ciudad, entre los que encontramos automóviles particulares, vehículos

de transporte público y vehículos de transporte de carga pesada. Su incidencia ambiental está representada en la contribución de contaminantes por tipo de combustible y la circularidad vehicular. Actualmente estas emisiones se han convertido en un problema que ha alcanzado grandes dimensiones, en parte debido al incremento descontrolado de la motorización y los escasos mecanismos de control (Carrillo, 2009).

Según Hidrovo Contreras Darwin Gabriel (2016) argumenta que el crecimiento económico, el desarrollo industrial, y la urbanización de las ciudades a nivel mundial han ocasionado los altos niveles de emisiones de gases tóxicos, químicos y demás agentes contaminantes. Estas actividades asociadas a actividades como la industria petrolera, agroindustria, los servicios y el incremento del parque automotor han originado el consumo excesivo de combustibles fósiles, que al relacionarse con condiciones ambientales pueden ocasionar daños a ecosistemas, recursos materiales y salud humana.

Carrillo, (2009) Menciona que uno de los principales causantes de las emisiones de CO₂ se encuentran el parque automotor, el cual ha ido en aumento en el Ecuador en estos últimos años, como se visualiza en el  ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Anexo N° 3

Vehículos Matriculados

Los vehículos son productores de gases que contaminan el aire, como el monóxido de carbono que es uno de los causantes del efecto invernadero del planeta, además muchos automóviles que circulan en la ciudad se encuentran en pésimo estado generando más emisiones de lo normal de estos gases tóxicos.

Vehículos que más Contaminan

Según el INEC (2017) el 76% de la contaminación atmosférica proviene de los vehículos, considerando que el 22% proviene de la provincia de Pichincha y el 18% proviene del Guayas.

El **Anexo N° 4** muestra que, en el año 2017, se registraron 631 mil vehículos de marca Chevrolet, los cuales representan el 28,2 % del total de vehículos matriculados, de los cuales las marca Toyota y Hyundai son las marcas de vehículos

menos contaminantes y el 31.7% corresponde a los automóviles seguido de la motocicleta con un 23,7% y 18,9% en camionetas.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. Métodos

En concordancia con las necesidades de la investigación, se desarrolló mediante un método cuantitativo exploratorio, utilizando trabajos teóricos con fuentes estadísticas para dar respuesta a las hipótesis planteadas y realizar una propuesta que contribuya a la resolución del problema identificado.

Modalidad y Tipo de Investigación

El presente análisis buscó establecer una modalidad de investigación con un enfoque cuantitativo no experimental de correlaciones causales, extrayendo data de fuentes tales como el Banco central del Ecuador y el Banco Mundial para la comprobación de la hipótesis de Kuznets en el Ecuador en el periodo establecido.

De acuerdo con Maya (2014) el tipo de investigación no experimental derivados de las correlaciones causales, son de carácter transversales por lo que se analizaron las relaciones de causalidad entre variables.

2.2. Variables

Variable Independiente

Crecimiento Económico

Variable Dependiente

Emisiones de CO₂

Operacionalización de las Variables

En el estudio presente se definió cada variable de estudio que forman parte de la investigación, con el fin de establecer en cada una sus indicadores, Tipo, fuentes, y dimensiones que se darán las cuales serán explicadas en el cuadro de operacionalización de variables (Ver **Anexo N° 5**)

2.3. Población y Muestra

El desarrollo del estudio se realizó de manera bibliográfica, excluyendo la opción de selección para una muestra de la investigación, y considerando datos del

Banco Central del Ecuador y del Banco Mundial en función a la población de frecuencia anual desde el año 1917 al 2020.

2.4. Técnicas de Recolección de datos

El presente estudio usó información extraída de fuentes como el Banco Central del Ecuador y del Banco Mundial, misma que conforma una base de datos. Además, para el análisis de dicha información se requirió el apoyo de prueba estadísticas, técnicas de quiebres estructurales y análisis de documentos.

2.5. Estadística Descriptiva e Inferencial

Para ello se detalló cada uno de los instrumentos estadísticos y econométricos a continuación:

- ✓ Test Cusum
- ✓ Test Dickey-Fuller
- ✓ Estimación de vectores autorregresivos
- ✓ Test Engel y Granger

Pruebas sobre Detección de Cambio Estructural

Las pruebas más comunes para la detección de existencia de cambio estructural son las pruebas Chow y Cusum. Fröberg Malvina (2017) indica que la prueba de Cusum detecta substancialmente la inestabilidad en función al modelo aplicado.

Según Jorge León-Trujillo (2017) el test está basado en demostrar gráficamente posibles desviaciones de estabilidad. La base se centra en derivar métodos que capturen las fluctuaciones en los residuales obtenidos de las estimaciones (MCO) y que se rechace la hipótesis de estabilidad.

Mínimos Cuadrados Ordinarios

Portillo (2006) liga al MCO con la regresión y la correlación, ambas determinan la existencia de relación entre dos o más variables (siempre una dependiente y una o varias independientes). En el modelo de regresión simple, el modelo de regresión poblacional o, simplemente, el modelo poblacional es el siguiente:

$$Y_I = \beta_1 + \beta_2 X_I + v_I$$

La diferencia radica en que la regresión se expresa en una función o relación funcional mediante una ecuación con su uso predictivo, y la correlación es un valor que mide la intensidad con que están relacionadas linealmente las variables. Se está hablando de una regresión o correlación simple cuando se relacionan 2 variables, si existen más se habla de una correlación múltiple (Uriel & de Valencia, 2015, p. 23)

Para Alonso (2016) "...la variable U_i se refiere al término de perturbación o de error, se le conoce como una variable aleatoria estocástica y se utiliza para recoger todos aquellos elementos que afectan a las variables del modelo de manera externa, es decir mejora la predicción del modelo en la medida que captura los efectos de variables no relacionadas con el modelo" (p. 2)

Supuestos y Propiedades Básicas del MCO

Según Portillo (2006) Existen tres supuestos que deben cumplirse para llevar a cabo una regresión lineal, estos son:

- ✓ La varianza de los errores debe ser homocedástica.
- ✓ Las variables explicativas deben ser ortogonales a los residuos, es decir, no comparten información.
- ✓ Los errores no deben estar correlacionados entre sí.

Hay diferentes marcos en los que los modelos de regresión lineal pueden ser tratado con el fin de hacer que la técnica de MCO sea aplicable. Cada una de estas configuraciones produce las mismas fórmulas y los mismos resultados, la única diferencia es la interpretación y los supuestos que han de imponerse a fin de que el método pueda dar resultados significativos. La elección de la estructura aplicable depende principalmente de la naturaleza de los datos a la mano, y en la tarea de inferencia que se tiene que realizar. (Citado de Construcción de escenarios económicos y econometría avanzada 2016, p. 10). Para Uriel & de Valencia (2015) los supuestos son:

- ✓ El modelo es lineal en los parámetros (las betas).
- ✓ Las variables explicativas toman valores fijos en muestreo repetitivo.
- ✓ La esperanza del error es nula es de decir,

- ✓ No hay auto correlaciones en los errores, es decir que la esperanza de las covarianzas entre los errores es nula. para todo
- ✓ Homocedasticidad: que significa que la varianza de los errores es constante.
- ✓ El modelo está correctamente especificado.
- ✓ No hay relación lineal perfecta entre las variables explicativas.
- ✓ El número de observaciones es mayor que los parámetros estimados.
- ✓ Los errores "U" siguen distribución normal. $(0, \sigma^2)$. Es decir, media cero y varianza constante.
- ✓ Las Variables explicativas "X" son exógenas.

Una propiedad importante del es que es una función no decreciente del número de variables explicativas o de regresores presentes en el modelo; a medida que aumenta el número de regresores, el aumenta. Es por esto que, al comparar dos modelos de regresión con la misma variable dependiente, pero con un número diferente de variables X, se debe tener mucho cuidado al escoger el modelo con el más alto. (Citado de Modelo de regresión simple 2015, p. 2)

Prueba de Estabilidad Basado en el Método MCO

Según Gujarati (2004) las características principales con base en el MCO son las siguientes:

- ✓ Otra alternativa para analizar la estabilidad del modelo es la estimación recursiva.
- ✓ Esta técnica es adecuada cuando trabajamos con datos temporales y se desconoce el momento en que se ha producido un cambio estructural
- ✓ La estimación recursiva consiste en la estimación secuencial del modelo especificado para distintos tamaños muestrales. Así, si el número de parámetros es k la primera muestra utilizada para estimarlo sería de $k + 1$, y en las posterior se irían añadiendo una a una todas las observaciones hasta llegar al total de datos
- ✓ De este modo, con las sucesivas estimaciones, generamos las series de los llamados coeficientes y residuos recursivos

La idea que subyace en este tipo de estimación es que si no hay cambio estructural las estimaciones de los parámetros se mantendrán constantes al ir aumentando la muestra secuencialmente y los residuos no se desviarán ampliamente de cero. (Citado de Econometría 2004, p. 30)

Test Cusum y Chow

Para Gujarati (2004) el test de Cusum se basa en los llamados residuos recursivos. El residuo recursivo correspondiente a la observación t se define como el error de predicción o pronóstico de Y_t , utilizando el estimador de mínimos cuadrados ordinarios obtenido con las $t-1$ primeras observaciones.

La metodología de la regresión lineal es:

$$Y_i = X_i \beta_i + \mu_i \quad i = 1, 2, \dots, n, n + 1$$

Donde el subíndice i = indica el espacio muestral de tiempo.

Donde Y_i es la variable dependiente de estudio.

Donde $X_i \beta_i$ es la variable independiente en su defecto, caso que no hubiera, se usa una constante Regresora y_{-1} incluyendo el intercepto.

La hipótesis para la prueba es:

$$H_0 : \beta_i = \beta_0 (i > n)$$

La hipótesis nula declara que los coeficientes del modelo de regresión deben ser constantes. Por lo que la hipótesis alternativa declara que los vectores de coeficientes β_i varían en un punto del periodo de tiempo $i > n$.

Por otro lado, Fröberg Malvina (2017) menciona que el test de Chow indica como H_0 la estabilidad en los coeficientes, mientras que la H_1 muestran cambios únicos en los coeficientes. La forma de calcular requiere escoger de forma independiente un punto quiebre para posterior analizar y validar su inestabilidad.

Procesos Basados en Residuales

Fernández (2014) menciona que la prueba de Cusum es calculado en base a la sumatoria acumulada de los residuos obtenidos del modelo MCO. El presente estudio calcula la inestabilidad en el tiempo en base a la metodología “Recursive Cusum”, Fröberg Malvina (2017) indica la ecuación para la metodología planteada.

$$w_n(s) = \frac{1}{\tilde{\sigma}\sqrt{\eta}} \sum_{i=k+1}^{k+[\eta s]} \tilde{u}_i; 0 \leq s \leq 1$$

Donde $\eta = n - k$ es el número de residuales recursivos, $[\eta s]$ es la parte entera de ηs .

$$\tilde{u}_i = \frac{y_i - X_i' \beta^{(0,i=1)}}{\sqrt{1 + X_i' (x^{(0,i=1)'} x^{(0,i=1)})^{-1} x_i}}$$

Donde $\beta^{(0,i=1)}$ es el estimador OLS de los coeficientes de la regresión basados en el periodo $i + 1, \dots, i + j$;

x^{i+j} es una matriz de regresores basada en el periodo $i + 1, \dots, i + j$;

$$y \sigma^2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=k+1}^n (\tilde{u}_i - \tilde{u})^2$$

Si existe una inestabilidad en el periodo τ_0 los residuales serán constantes hasta ese punto, por tanto, este proceso debe ser mayor a 0.

Gráfico de Residuos Recursivos

Según Xiao & Phillips (2002), el gráfico de los coeficientes recursivos muestra el comportamiento de cada uno de los estimadores al ir añadiendo observaciones a la muestra con que se realizan las estimaciones. Las series de coeficientes se muestran junto con sus bandas de confianza (+ o – dos veces su desviación estándar).

El examen de dichos gráficos, en los que es necesario fijarse en la escala de medida del eje de ordenadas para apreciar la magnitud de las variaciones. Estas variaciones indica no constancia de los valores de los estimadores al ir añadiendo nuevas observaciones (CUSUM, 2017, p. 4).

Test Dickey-Fuller Aumentado (DFA)

La prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF) es una prueba de raíz unitaria para una muestra de una serie de tiempo. Esta prueba simula valores críticos de una selección de distintos tamaños muestrales, tomando en cuenta que este proceso estocástico es parte del proceso de un modelo autorregresivos de un rezago de los datos (Quinde-Rosales, 2017).

La prueba desarrolla un valor crítico que cuando más negativo es, más fuerte es el rechazo de la hipótesis nula de que existe una raíz unitaria para un cierto nivel de confianza. Se realiza esta prueba con el objetivo de probar la existencia de raíces unitarias. Es decir, probar la hipótesis nula de un proceso con raíz unitaria y una constante versus un proceso estacionario alrededor de una tendencia (Rey, 2017)

La variable es no estacionaria; tiene raíz unitaria

$$H_0 : \gamma_t = \delta + Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

La variable es estacionaria; no tiene raíz unitaria

$$H_1 : \gamma_t = \delta + \beta_t + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Según Quinde-Rosales (2017), esto implica que cuando γ (Valor crítico) es menor la variable no es estacionaria, lo que indica que no hay raíz unitaria por lo que no consideramos un valor absoluto, esto es la HO, así cuando el valor crítico es negativo la variable es estacionaria, por lo tanto, se rechaza la Ho ya que no hay raíz unitaria presente. Para probar dichas hipótesis se estima el siguiente modelo:

$$\Delta Y_t = \delta + \delta Y_{t-1} + \beta_1 t + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

Donde:

δ es una constante; β_1 el coeficiente sobre una tendencia temporal; y_i corresponde al orden de retraso del proceso autorregresivo, lo que permite procesos autorregresivos de orden superior.

La exigencia de las limitaciones $\delta = 0$ y $\beta_1 = 0$ corresponde a modelar un camino aleatorio y mediante la limitación $\beta_1 = 0$ corresponde a modelar un paseo aleatorio con una deriva. (Rey, 2017)

Estimación de Vectores Autorregresivos (VAR)

Para Gujarati (2004) argumenta que los VAR se refiere a “la existencia de simultaneidad entre el conjunto de variables a tratarse en igualdad de condiciones sin distinción de variables exógenas ni endógenas. Se denomina vector autorregresivo ante la existencia de un valor rezagado de la variable dependiente y la existencia de un vector de dos o más variables”. (Citado de Econometría, p. 775)

Para Novales(2014) “Un VAR es un modelo de ecuaciones simultáneas formado por un sistema de ecuaciones de pronóstico de forma reducida sin restringir”. Guerrero (1987) indica que el conjunto de variables explicativas de cada ecuación está constituido por un bloque de retardos de cada una de las variables del modelo. Que sean ecuaciones no restringidas significa que aparece en cada una de ellas el mismo grupo de variables explicativas. (Citado de Vectores autorregresivos como herramienta de análisis econométrico 1987, p. 3)

Calagua & Herminio (2010) afirma que el modelo VAR, desarrollado es una función lineal de los valores en las variables rezagadas de todas las variables del sistema donde este trata todas las variables como endógenas y no se fundamenta bajo el supuesto de que las variables explicativas necesitan ser exógenas como en el caso del modelo de una sola ecuación.(Citado de Metodología de VAR, p. 5)

La ecuación del modelo general del VAR se define como:

$$Y_t = \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p B_i z_{t-i} + \mu_t$$

En donde Y_t es un vector con k variables incluidas en el sistema, z_{t-i} es un vector de variables determinísticas, μ_t es un vector de errores de regresión que se asumen contemporáneamente correlacionados, pero no auto correlacionados; A_i y B_i son matrices de parámetros a estimarse. (Calagua & Herminio, 2010)

Para explicar este modelo general del VAR; Wooldridge (2009) explica que el VAR modela una única serie y_t , en términos de su propio pasado. En los modelos de vectores autorregresivo, se modelan varias series, de las cuales, si usted está familiarizado con el álgebra lineal, es de donde proviene la palabra “vector”, en términos de su propio pasado. Si se tienen dos series, y_t y z_t , un vector autorregresivo consiste en ecuaciones parecidas a:

$$y_t = \delta_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \beta_2 y_{t-2} + \dots \mu_t$$

$$z_t = \theta_0 + \gamma_1 y_{t-1} + \rho_1 z_{t-1} + \gamma_2 y_{t-2} + \rho_2 z_{t-2} + \dots \mu_t$$

donde cada ecuación contiene un error que tiene un valor esperado de cero dada la información pasada en y_t y z_t .

Para Quinde-Rosales (2017) este modelo se sujeta a dos hipótesis tales:

Hipótesis 1: La relación existente entre las variables es menor a un año siendo considerada de corto plazo.

Hipótesis 2: La relación existente entre las variables es mayor a un año siendo considerada de largo plazo.

Greene (2012) indica que un modelo VAR general, se conoce como un modelo VAR sin restricciones, mismo, que tiene una forma estándar. Bajo el modelo sin restricciones, la longitud de los rezagos para cada variable es idéntico y cada variable en el sistema se incluye en cada ecuación. Los modelos VAR sobrepasan la necesidad de la modelación estructural y se utilizan tanto para analizar los impactos dinámicos de las innovaciones como para pronosticar bajo un sistema de series interrelacionadas sin imponer restricciones a priori. (Citado de *Econometrics Analysis* 2012, p. 10)

Test de Cointegración de Johansen

Según Torraleja, Ortiz, Vázquez, y de Jaén (2001) para determinar si un grupo de series no estacionarias están cointegradas es recomendable las ecuaciones de cointegración (el equilibrio a largo plazo). Esta prueba actúa sobre modelos VAR utilizando la metodología desarrollada por Johansen. Este autor analiza las restricciones impuestas por la cointegración de las series incluidas en un modelo VAR no restringido.

La ecuación de cointegración según Johansen se presenta como:

$$\Delta y_t = \varphi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \varpi_i \Delta y_{t-i} + \beta x_t + \varepsilon_t$$

Donde:

$$\varphi = \sum_{i=1}^p A_i - 1 ; \varpi = - \sum_{j=i-1}^p A_j$$

El teorema de representación de Granger afirma que si la matriz de coeficientes φ tiene un orden reducido $r < k$, entonces existen $k \times r$ matrices α y β de orden r , tal que $P = \alpha\beta'$ y $\beta'y^t$ es estacionaria, donde r es el número de relaciones de cointegración (el orden de Cointegración).

Cada columna de β es el vector de cointegración. Los elementos de α son conocidos como los coeficientes de ajuste en el modelo del vector de corrección del

error. El método de Johansen estima la matriz Π en forma restringida, de forma que analiza si se pueden rechazar las restricciones implícitas por el orden reducido de φ . (Gianelli & Mednik, 2016)

Test Causalidad de Engel y Granger

Gujarati (2004) explica que la existencia de una relación entre variables no específica como tal un sinónimo de causalidad ni su tipo de orientación ya que crea un conflicto de índole filosófico el cual argumenta que el futuro no puede predecir el pasado. Bajo este criterio Catalán (2016) explica que “la prueba de Granger interpreta la causalidad como si una variable X causa en términos de Granger a la variable Y, las modificaciones en X deben augurar cambios en Y, y viceversa”.

Así mismo Rey (2017) el test de causalidad consiste en que una variable X causa otra variable Y, si el conocimiento de los valores pasados de X permite un mejor pronóstico de y_t obtenido con un conjunto de información dada (donde se incluyen valores anteriores de y_t).

Wooldridge (2016) afirma que dos variables aleatorias (X,Y) siempre es posible evaluar cuál antecede a la otra a partir de la observación de la matriz de correlación desfasadas correspondientes, dando que solo permite aceptar o rechazar causalidad directa (evolución del incremento de la productividad) por lo que test no acepta la existencia de una casualidad indirecta debido a la omisión en el análisis de otra variable relevante. (Citado de Introductory econometrics Wooldridge, p. 500)

Según Wooldridge (2016) la ecuación general del test es :

$$E(y_t/I_{t-1}) \neq E(y_t/J_{t-1})$$

Donde I_{t-1} contiene información pasada sobre y además de z_t y J_{t-1} contiene sólo información sobre el pasado de y_t . Cuando la función $y_t = \delta_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \beta_2 y_{t-2} + \dots + \mu_t$ es válida, el pasado de z_t es útil, además del pasado de y , para predecir y_t

Quinde-Rosales (2017) y Wooldridge (2009) afirman que la “causalidad de Granger es una noción limitada que describe como los valores pasados de X son

útiles en la predicción de valores futuros de Y después de ser controlados por los valores pasados de Y". (Citado de Relación causalidad entre el Ipp y Ipc, p. 6)

Según Wooldridge (2009) el test de Granger plantea las siguientes hipótesis.

- ✓ Hipótesis 1. Causalidad unidireccional de X a Y; rechazo de la H0.
- ✓ Hipótesis 2. Causalidad unidireccional de Y a X; rechazo de la Ha
- ✓ Hipótesis 3. Causalidad bidireccional entre las variables; ambas hipótesis son rechazadas.
- ✓ Hipótesis 4. Variables independientes; ambas hipótesis no son rechazadas.(Citado de Introductory econometrics , p. 690)

Para probar las hipótesis se toma en cuenta la probabilidad de Fischer (Prob). Si el valor p se encuentra en el valor mínimo de rechazo, menor al 5% o 0,05 se rechaza una de las hipótesis.(Citado de relación causalidad entre el IPC Y IPP Quinde-Rosales, 2017, p. 7)

Metodología de Cálculo de CO₂ (EDGAR)

La Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) proporciona información del pasado y presente de las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero y los contaminantes del aire por país y en cuadrícula espacial. El desarrollo actual de EDGAR es un proyecto conjunto de la Comisión Europea JRC Centro común de Investigación y los países Bajos, de Evaluación Ambiental de la Agencia (PBL). Las principales características del cálculo de las emisiones de CO₂ Son:

1. Cálculo de las emisiones mediante una tecnología basada en el factor de emisión enfoque aplicadas consistentemente para todos los países del mundo. Se resumen en la siguiente formula:

$$EMC_C(y, x) = \sum_{i,j,k} \left[AD_C(y) * TECH_{C,i,j}(y) * EOP_{C,i,j,k}(y) * EF_{C,i,j}(y, x) * (1 - RED_{C,i,j,k}(y, x)) \right]$$

Este cálculo se lo realiza en base a: las Emisiones (EM) para un país se calculan para cada uno de los compuestos x sobre una base anual (y) y por los datos de la actividad específicos (AD), la cuantificación de la actividad humana para cada uno de los sectores, con la mezcla de j tecnologías (TECNOLOGÍA) para cada sector i , y con su mitigación porcentaje por uno de los k end-of-pipe (EOP) ¹ medidas para cada tecnología j , y por otro lado, el país-específicos factor de emisión (EF) para cada sector i y j con tecnología de reducción relativa (ROJO) de la incontrolada emisión por instalada la mitigación de medida k .

2. Asignación espacial de las emisiones de 0,1 grado las celdas de la cuadrícula geográfica de la base de datos fueron construida utilizando espacial proxy conjuntos de datos con la ubicación de la energía y la fabricación de instalaciones, redes de carreteras, rutas de transporte, humana y animal, la densidad de población y uso de tierra agrícola, que varían con el tiempo.
3. Disponibilidad de series cronológicas de emisiones sectoriales anuales y mensuales a partir de 1970. Entrada a EDGAR internacional de estadísticas anuales, que son recogidas a partir de 1970 hasta el año $x-1$ para el CO₂ y con 2 o incluso 4 años de retraso para otros gases de efecto invernadero, respectivamente, los contaminantes del aire y las partículas de la materia. (Citado de EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research, 2017, p. 1, Methodology)

2.6. Procedimiento Metodológico

El desarrollo del desarrollo del trabajo presente se detalla en el siguiente proceso:

1. Se determinó la relación de las variables indicadas en el estudio con la técnica de mínimos cuadrados ordinarios.
2. Se procedió a determinar los puntos críticos de la curva.

¹ Los métodos utilizados para eliminar los que ya se han formado los contaminantes de una corriente de aire, el agua, los residuos, producto o similar. Estas técnicas se denominan "end-of-pipe" como normalmente se implementa como una última etapa de un proceso antes de que la corriente es eliminados o entregado.

3. Se procedió a determinar el vector autorregresivo de primer grado, con el fin de establecer relación de raíz unitaria en el modelo.
4. Se estableció por medio de la prueba de Dickey Fuller con fin de establecer la estacionalidad de las variables en modelo presentado.
5. Se procedió a determinar la cointegración de las variables en el modelo VAR.
6. Se establece la relación causal por medio de la prueba de Engel y Granger, y los puntos de quiebres del modelo.
7. Se procedió a verificar los puntos de quiebres estructurales para sector de la curva “se estableció a través de la prueba de Cusum”
8. Se procedió a determinar el VAR por cada corte de la curva.
9. Se estableció la relación causal por cada corte de la curva.

2.7. Cronograma de Actividades

Para el desarrollo de la presente investigación se elaboró un cronograma de actividades en el cual se establece el punto de inicio, el desarrollo y la finalización de este, el cual se detalla en el **Anexo N° 6****Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

RESULTADOS

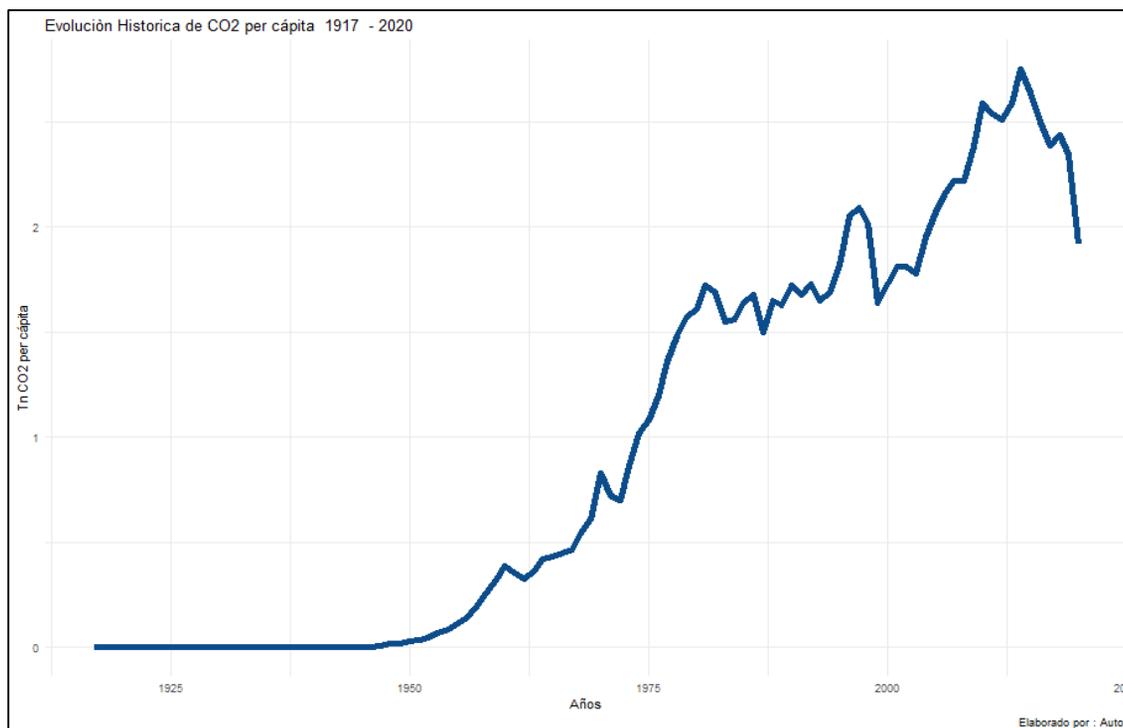
Determinar y Sustentar de la Existencia de Quiebre Estructural en la Relación Existente entre las Emisiones de CO₂ y el Crecimiento Económico

En el presente objetivo se analizaron de manera histórica las emisiones del CO₂ y el crecimiento económico, identificando los puntos de quiebre estructural por medio de pruebas de estacionalidad de Cusum, mismos que se sustentaron por medio de hechos históricos.

Análisis De Emisiones De CO₂ Y PIB Per Cápita

Figura 1

Evolución Histórico de las Emisiones de CO₂



Fuente: Banco Mundial, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

En el Ecuador, las emisiones de CO₂, han crecido desde 2006, al igual que lo han hecho las emisiones per cápita y al contrario que las emisiones de CO₂ por cada \$1000 de PIB. La **Figura 1** muestra la evolución de las emisiones de CO₂ per cápita en el país, las cuales en 2016 disminuyeron 2.042 kilotoneladas, es decir, un 4,85% respecto al año anterior.

Además, en 2016 las emisiones totales fueron de 40.066 kilotoneladas, lo que ubica al Ecuador como el número 122 del ranking de países por emisiones de CO₂, conformado por 186 países ordenados de menos a más contaminante. Por lo tanto, las emisiones totales de dióxido de carbono también han aumentado en los últimos cinco años, aunque en este período al menos se han reducido las emisiones por habitante. Cabe mencionar que las emisiones totales de CO₂ dependen de otras variables como la población del país, por lo que es conveniente analizar el comportamiento de las emisiones per cápita.

En total, las emisiones per cápita de CO₂ descendieron a 2,44 toneladas por habitante en 2016. Considerando la evolución de las emisiones de CO₂ por cada \$1000 dólares de PIB que mide para un mismo país la "eficiencia medioambiental" con la que se produce a lo largo del tiempo. En el último periodo Ecuador ha emitido 0,23 kilos por cada \$1000 dólares de PIB, una cifra menor que en 2015.

Por otro lado, la tendencia del PIB casi siempre ha sido creciente, desde el año 1995 hasta mediados del 98 el PIB tuvo un incremento durante la administración del presidente Sixto Durán Ballén y posteriormente el exmandatario Abdalá Bucaram Ortiz, puesto que a pesar de las complicaciones, controversias y problemas como la guerra del CENEPa el comercio seguía en pie, así como las actividades petroleras y no petroleras que tuvieron un gran aprovechamiento.

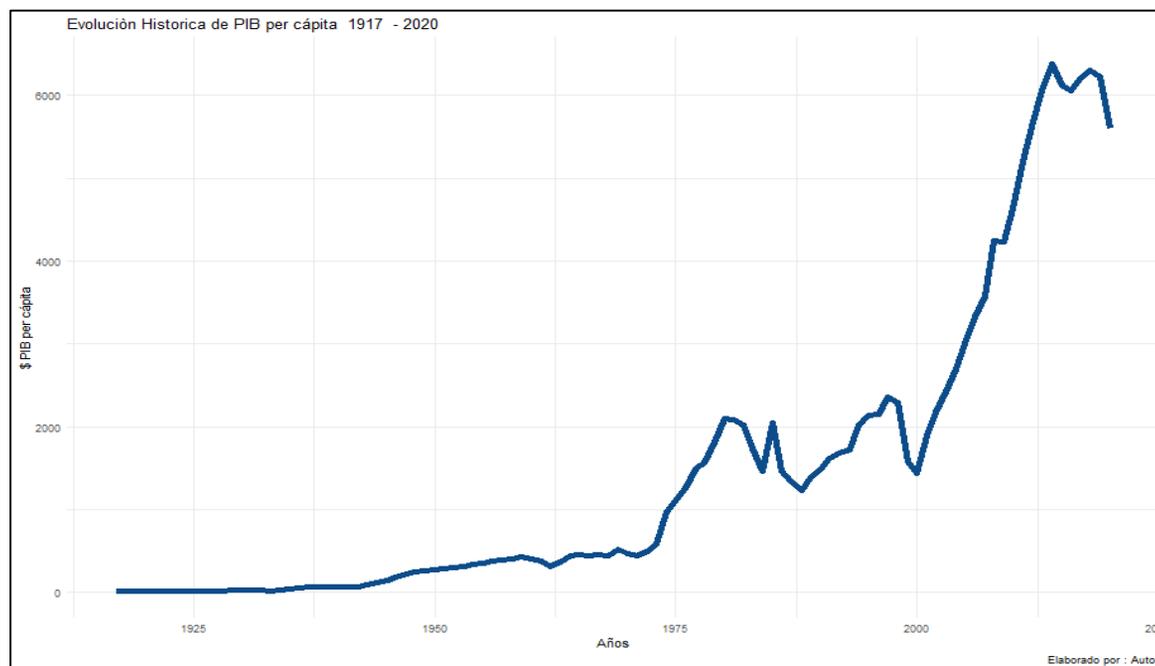
Desde 1998 al 2000, durante el período presidencia de Jamil Mahuad el PIB decreció, debido principalmente a que el presidente electo recibió un país totalmente destrozado por la época invernal (el fenómeno de El niño), la falta de recursos provocada por la guerra, y la pésima administración de gobiernos anteriores, lo que provocó la inestabilidad monetaria, provocando el denominado "Feriado bancario" y conllevó al cambio de moneda del Sucre al Dólar Estadounidense (Pontarollo & Mendieta Muñoz, 2020), hechos que se traducen en la peor crisis económica de la historia del Ecuador (Tacuri & Monsalve, 2019).

En la **Figura 2** se muestra desde el año 2000, un período de recuperación económica en que el PIB se mantuvo en constante crecimiento, debido a nuevas políticas establecidas por diferentes mandatarios. Desde 2007 durante la administración de Rafael Correa Delgado las exportaciones de cacao, banano, flores

y café se incrementaron, logrando atraer mayor flujo de inversión y divisas, también se renegoció la deuda externa e inversión pública mejoraron la situación económica del país logrando un PIB de \$ 102.292.260 (Calsin Quispe & Huanchi Mamani, 2018).

Figura 2

Evolución Histórica de las Emisiones de PIB Per Cápita



Fuente: Banco Central del Ecuador, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

Es importante mencionar que la exportación de petróleo es uno de los principales factores que ha permitido el desarrollo económico, principalmente entre los años 2010 hasta el 2014, logrando una recaudación por exportaciones nunca vista. No obstante, desde el 2015 el PIB empezó a decrecer, debido a que el Ecuador dependía en gran medida de las exportaciones petroleras, el país sufrió un fuerte golpe a la economía por la caída del precio del petróleo.

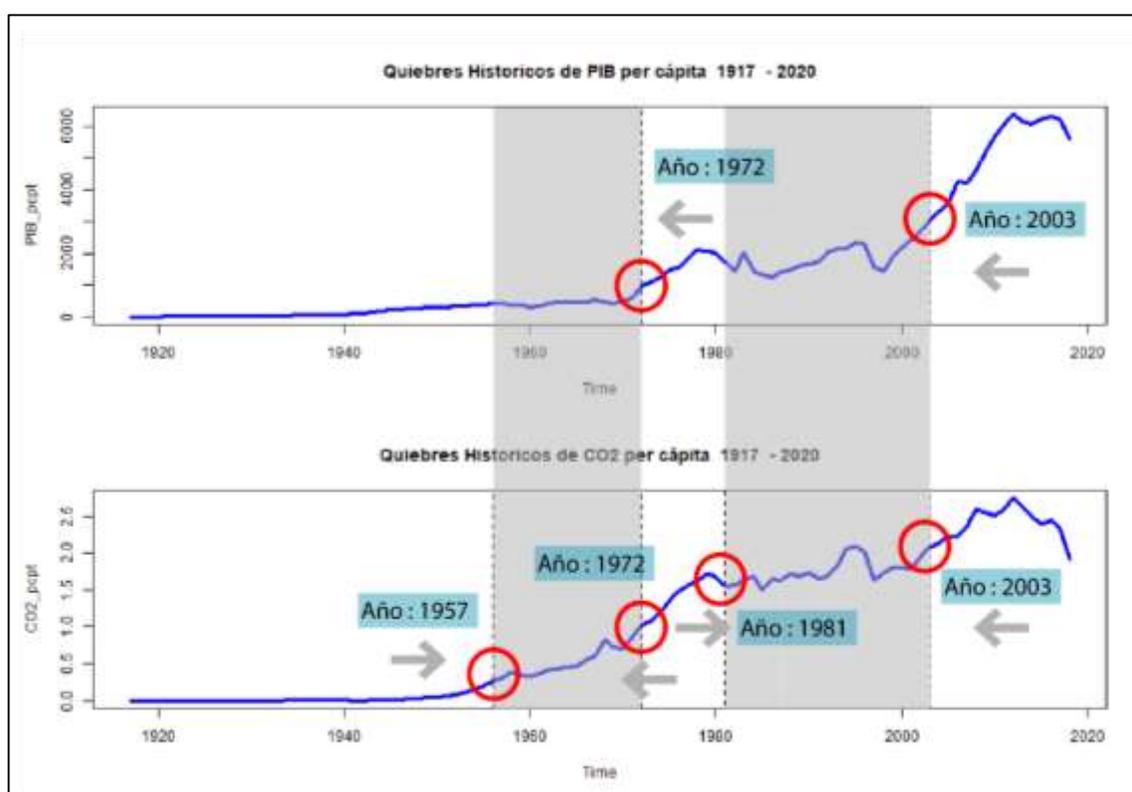
Para el año 2016, el PIB tuvo un decrecimiento del – 1.5 % con respecto al PIB del año anterior según (FLACSO & PETROECUADOR, 2003) el decrecimiento del PIB se originó principalmente por la caída del precio del petróleo, el encarecimiento del dólar, la adopción de políticas proteccionistas, el terremoto del 16 de abril de 2016 y el pago a CHEVRON y OXY luego de que Ecuador perdió un juicio internacional con estas petroleras.

Otras causantes de la disminución del PIB fueron las polémicas existentes en torno de la administración pública durante el gobierno de Rafael Correa, las cuales son las mayores absorbentes del flujo de efectivo debido a que se presentaron problemas económicos considerados como derroche de dinero en el país por el incremento del sistema burocrático, el sobreprecio en pagos de proyectos de obras públicas, desregulación de control fronterizo y el pago de la deuda externa.

Quiebre Estructural

Figura 3

En Términos de una Constante Regresora



Fuente: BCE y Banco Mundial, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

Una vez realizada la prueba de Chow y considerando una constante para el modelo de regresión simple en cada una de las variables, se evidencia la existencia de quiebres estructurales en el tiempo. Para la variable PIB per cápita la prueba demostró quiebre estructural en los años 1972 y 2003 con valor $p\text{-value} = 2.2e-16$, lo

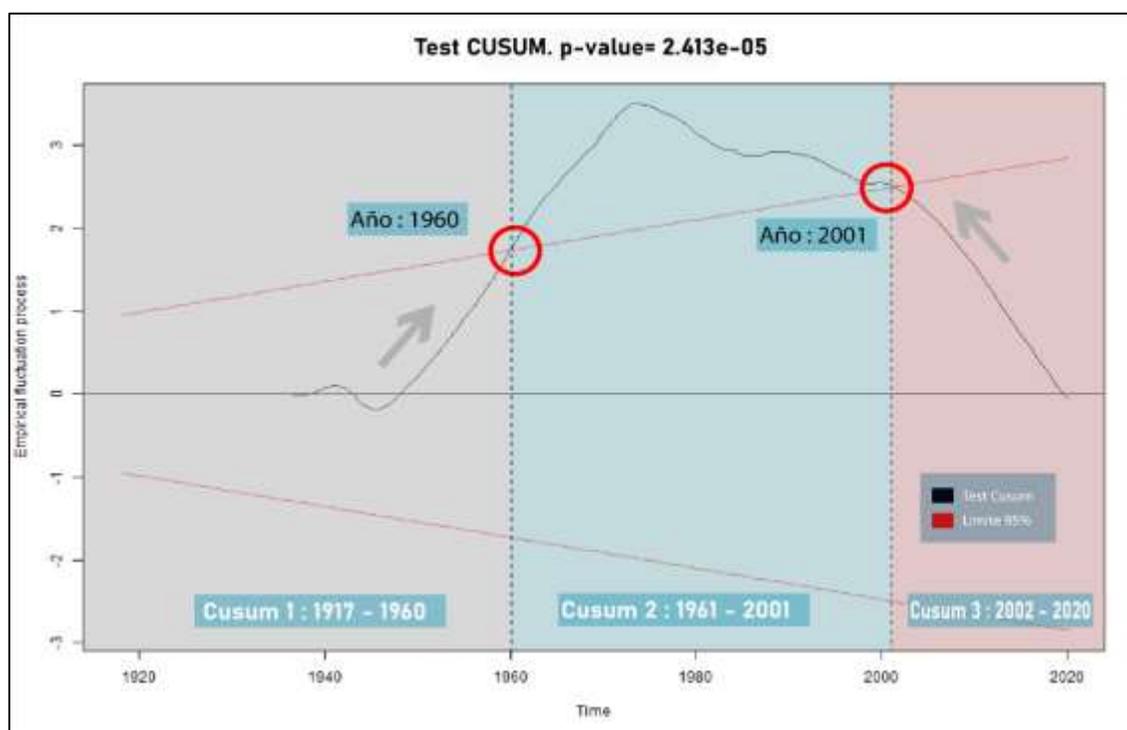
que indica un valor aceptable según el nivel de error permitido, por lo que se acepta la hipótesis de que en estos puntos existen quiebres estructurales.

Para la variable CO₂ per cápita la prueba demostró la existencia de quiebres estructurales en el tiempo para los años 1957, 1972, 1981 y 2003, cuyo $p\text{-value} = 2.2e-16$ lo que representa un valor aceptable del error permitido, por lo que se acepta la hipótesis que en este punto existe quiebre estructural, tal como se indica en la **Figura 3**. Se evidencian puntos de quiebre estructurales que interceptan a las variables de estudio, por lo que será necesario realizar la prueba de Cusum, empleando el modelo MCO con los niveles de CO₂ per cápita como variable dependiente y PIB per cápita como variable Independiente.

Test de Cusum

Figura 4

Test de Cusum en Función a la Relación Existente CO₂ y PIB



Fuente: BCE y Banco Mundial, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

Con la finalidad de identificar los quiebres estructurales de las series de tiempo relacionando las dos variables de estudio se realizó la prueba de Cusum basado en MCO, tal como indica la **Figura 4** donde se muestra la interacción de las dos

variables, identificando inestabilidad estructural en los años 1960 y 2001, por lo que la serie de tiempo observada se reestructura en 3 subperiodos: desde 1917 a 1960, 1961 a 2001 y 2002 a 2020 para ser analizada mediante el modelo VAR. La prueba de Cusum de la regresión lineal muestra un $p\text{-value} = 2.413e-05$ por lo que se acepta la hipótesis de que existen cambios estructurales entre las dos variables analizadas.

Los cambios en las políticas afectaron de manera negativa la economía nacional, tal como lo evidenció (Juan J. Paz & Miño Cepeda, 2018) que menciona que los tiempos de crisis en el Ecuador fueron principalmente entre los años 1920 a 1948 debido a problemas sociales, políticos y económicos. Por otro lado, la crisis económica mundial debido a conflictos políticos se agudizaba sin solución y períodos presidenciales en el Ecuador se sucedían unos a otros, siendo el período de la historia republicana con mayor cantidad de gobiernos por unidad de tiempo.

Así mismo, la región Costa fue la más afectada por las plagas, debido a que en esta región se concentraba la mayor parte de producción cacaotera, lo que perjudicó a las haciendas, mismas que fueron abandonadas generando migración del campo a la ciudad. Otro acontecimiento en el mencionado período de crisis fue la guerra contra el Perú en 1941 en la que el Ecuador perdió gran parte de su territorio en la región amazónica

Con estos datos se identifica el cambio estructural sufrido por diferentes sucesos desde los años 1945 a 1949 con el incremento de las exportaciones del banano, lo cual permitió salir de la crisis en que se encontraba el país. Estos cambios estructurales se evidencian a través de la historia, posteriormente, desde 1972 se vive un período dictatorial, e inicia una etapa de crecimiento económico gracias a la explotación y exportación del petróleo.

Posterior al período dictatorial y el retorno a la democracia en 1979, el país inicia un largo período de crisis económica, destacando el leve crecimiento económico durante la dictadura, sin embargo, la sucesión de cuatro períodos presidenciales como fueron los de Roldós-Hurtado, Febres Cordero, Borja y Durán Ballén. Además, se realizaron cuatro elecciones presidenciales, realizadas mediante dos vueltas electorales, también se dieron votaciones en seis ocasiones para diputados y en siete ocasiones para elegir representantes municipales y provinciales.

Plantear un Modelo de Vectores Autorregresivos en los Subperiodos en Estudio que Establezca el Rezago Óptimo

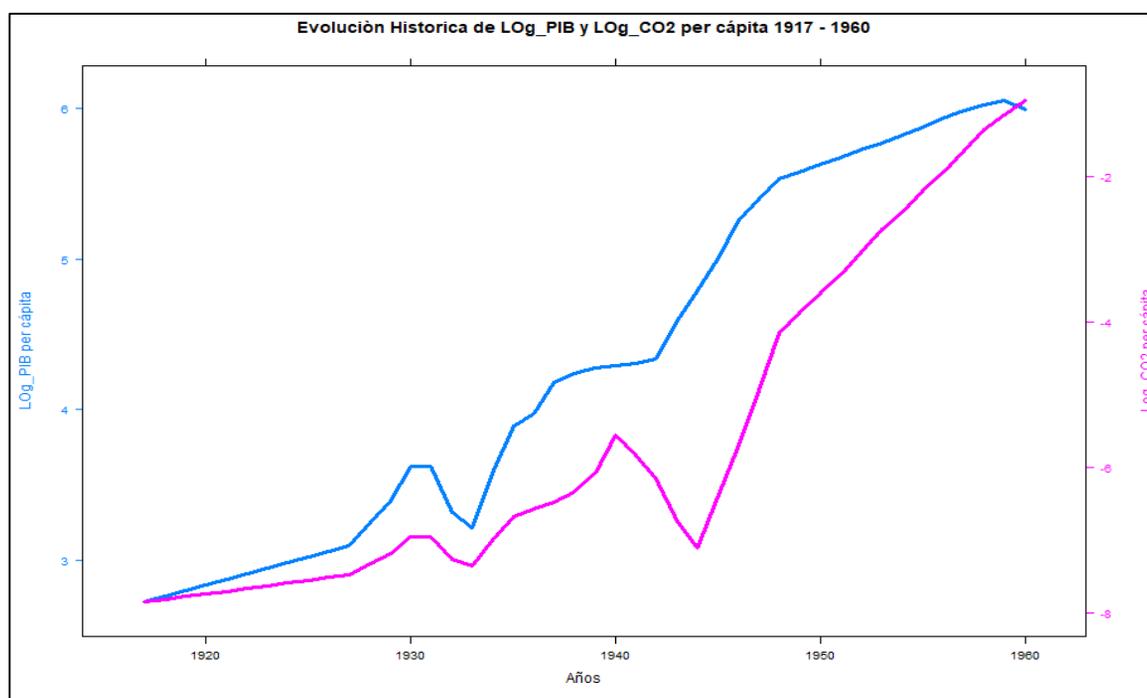
En este objetivo se analizaron de manera histórica los subperiodos (cortes por inestabilidad serial) propuestos por la prueba de Cusum, posteriormente se analizó la estacionalidad en cada instante del tiempo, para luego plantear un modelo VAR de rezagos óptimos. Para el análisis se añadieron logaritmos a las variables.

Estimación de Modelo VAR del Sub-Periodo 1917 – 1960

Para el modelo VAR propuesto en este objetivo se planteó las variables Log_PIB y Log_CO2 - per cápita durante el período 1917-1960. En este instante de tiempo, en la **Figura 5** se muestra que la pendiente de la serie es positiva. Según Oleas (2019) entre los años 1890 y 1920 el Ecuador vivió un período de auge económico generado por las exportaciones de cacao que representaban el 18.3% de la producción mundial a inicios de 1900, posteriormente, Brasil y Santo Tomé se establecieron como principales competidores del mercado.

Figura 6

Evolución Histórica de Log_PIB y Log_CO2 per cápita 1917 a 1960



Fuente: BCE y Banco Mundial, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

Cabe mencionar que en 1897 el Ecuador firmó un acuerdo entre exportadores, importadores e instituciones bancarias a fin de fijar el tipo de cambio en 10 sucres por una libra esterlina, lo cual permitió mantener estabilidad cambiaria y la regulación de la balanza comercial. Respecto del patrón oro ecuatoriano, entre los años 1900 y 1913 fue administrado por bancos guayaquileños, cuyos flujos de dinero provenían mayoritariamente de exportaciones incrementando los niveles de la balanza comercial respecto del PIB en un 5% entre 1900 a 1930.

En el año 1914 la convertibilidad de la libra esterlina fue suspendida por el Banco de Inglaterra a inicios de la Primera Guerra Mundial, además la interrupción de las actividades comerciales a nivel mundial y a nivel local las plagas como “La escoba de bruja” y “monilla” en las plantaciones fueron los indicios de la crisis económica que puso fin a la bonanza de las exportaciones cacaoteras y el uso del patrón oro. Para mitigar la crisis, el Gobierno en turno respaldó los billetes emitidos por los bancos autorizados, restringió la emisión de billetes y la exportación de oro.

Al término del año 1930 Ecuador experimento un crecimiento absoluto de 145% en los precios. El valor de las exportaciones decreció en 7,43% entre los años 1930 a 1940, por lo que el BCE decidió devaluar el sucre, esta decisión condescendió el mantener en sucres los ingresos de las exportaciones, causando un encarecimiento de precios en el mercado, las reservas de oro decrecieron de un 60% a 26% en relación con los billetes en circulación y la deuda del gobierno con los bancos locales subió 230%.

La crisis desestabilizó la balanza comercial y la tasa cambiaria establecida por el uso del patrón oro. Como medida para frenar la crisis originada por las emisiones de billetes sin respaldo, los niveles inflacionarios y la especulación se instauró la que se conoció como Ley Moratoria, misma entraría en vigor durante 30 días, no obstante, se prolongó por aproximadamente 10 años. En 1927, a raíz del inicio de las operaciones del Banco Central del Ecuador como entidad autorizada para emitir dinero con una tasa fija de conversión del sucre a 0.300 gramos de oro fino, equivalente 5 sucres por un dólar.

Durante el año 1945 el país vivió otra de las peores crisis respecto de la política monetaria, lo cual implicó la disminución de las reservas nacionales en un

50% de la oferta monetaria. Para mitigar los efectos de la crisis, el mandatario en turno emitió varios decretos presidenciales entre los cuales se reestableció la inconvertibilidad, se exoneraban las tasas portuarias a las exportaciones y el Gobierno Central solicitaba un préstamo al BCE. Las medidas permitieron la recuperación del sector externo del país, reflejando el incremento de la balanza comercial y de las reservas de oro

Por otro lado, desde 1936 se establece a las Islas Galápagos como reserva natural y se empiezan a declarar parques o reservas naturales protegidas a zonas con elevados niveles de fauna y flora, promoviendo la importancia de políticas orientadas a la protección y conservación del medioambiente y los recursos naturales (Bustamante Ponce, 2016). Desde los años 50, los legisladores e instituciones gubernamentales plantearon reformas en cuanto a la conservación del suelo y los recursos naturales, puesto que la extracción de materias primas, alimentos de origen agrícola y suelos llamaban la atención debida a su utilización sin control.

Prueba Dickey Fuller 1917 a 1960

En la presente investigación se procedió a realizar el modelo de vectores autorregresivos (VAR). Mediante la función de autocorrelación en cada de una de las variables es posible justificar la presencia de raíz unitaria, debido a que cada uno de los retardos no son significativos, lo que indica que la correlación para ese desfase es diferente de 0. Este comportamiento se explica en función de la covarianza, puesto que es distinta de 0, por lo tanto, se procede a realizar la prueba de Dickey Fuller, el cual se muestra en la **Tabla 1** y la **Tabla 2**.

Tabla 1

Test Dickey Fuller Log_CO2 1917 a 1960

Test Dickey Fuller	Driff	None	Trend
p valúé	2,143	2,104	2,368
Critical valúé: 1%	-3,580	-2,620	-4,150
Critical valúé: 5%	-2,930	-1,950	-3,500
Critical valúé: 10%	-2,600	-1,610	-3,180

Elaborado por: El Autor, 2022

Tabla 2

Test Dickey Fuller Log_PIB 1917 a 1960

Test Dickey Fuller	Drift	None	Trend
p valué	-1,164	-0,717	-2,196
Critical valué: 1%	-3,580	-2,620	-4,150
Critical valué: 5%	-2,930	-1,950	-3,500
Critical valué: 10%	-2,600	-1,610	-3,180

Elaborado por: El Autor, 2022

Se realizó la prueba de Dickey Fuller para cada de unas de variables en el subperiodo analizado (1917-1960), donde se demuestra la presencia de raíces unitarias en cada de unas de las variables, puesto que el valor p es mayor que las puntuaciones obtenidas de la prueba, este escenario se cumple con 1%, 5% y 10% de confianza, en casos de tendencias y constantes. Bajo esta prueba se acepta la hipótesis nula, para efecto de interpretación se procederá el procedimiento de selección de rezagos óptimos para el modelo VAR.

Selección Rezagos Óptimos VAR 1917 a 1960

Tabla 3

Selección Rezagos Óptimos VAR 1917 a 1960

	AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)	
	10	10	3	10	
Criterio	1	2	3	4	5
AIC(n)	-6,67568	-6,91311	-7,13284	-7,01759	-7,08137
HQ(n)	-6,58382	-6,76002	-6,91851	-6,74201	-6,74456
SC(n)	-6,40632	-6,46419	-6,50434	-6,20952	-6,09373
FPE(n)	0,00126	0,00100	0,00081	0,00092	0,00088
Criterio	6	7	8	9	10
AIC(n)	-7,39675	-7,47467	-7,64445	-7,70175	-8,08330
HQ(n)	-6,99870	-7,01538	-7,12391	-7,11998	-7,44028
SC(n)	-6,22954	-6,12788	-6,11809	-5,99582	-6,19779
FPE(n)	0,00067	0,00065	0,00058	0,00060	0,00047

Elaborado por: El Autor, 2022

La prueba *VARselect* permitió identificar el rezago óptimo del modelo VAR, para los criterios Akaike, Hannan-Quinn, Schwarz y Error de predicción final que según la prueba realizada el rezago óptimo es de orden 10, debido que tres de los cuatro criterios indican 10 rezagos como óptimos.

En la

Tabla 3 se muestran las puntuaciones por cada criterio, donde el **FPE(n)** muestra el orden 10 como un orden de rezagos óptimo, ya que su puntuación es menor dentro un lag max = 10, además los criterios **AIC(n)**, **HQ(n)** Indican 10 rezagos como óptimo, debido a que sus puntuaciones son las más altas dentro de los órdenes analizados, finalizando con el criterio **SC(n)** indica que indica 10 rezagos como óptimo.

VAR Log CO2 y Log PIB 1917.196

A continuación, en el **Error! No se encuentra el origen de la referencia. Apéndice N° 1** se muestra que todas las raíces polinomiales son menores a 1, por esta razón se establece que el modelo VAR ($y = \text{Log CO}_2$ y Log PIB 1917.1960 , $p = 10$) es estable, lo que demuestra que el orden de rezago es correcto.

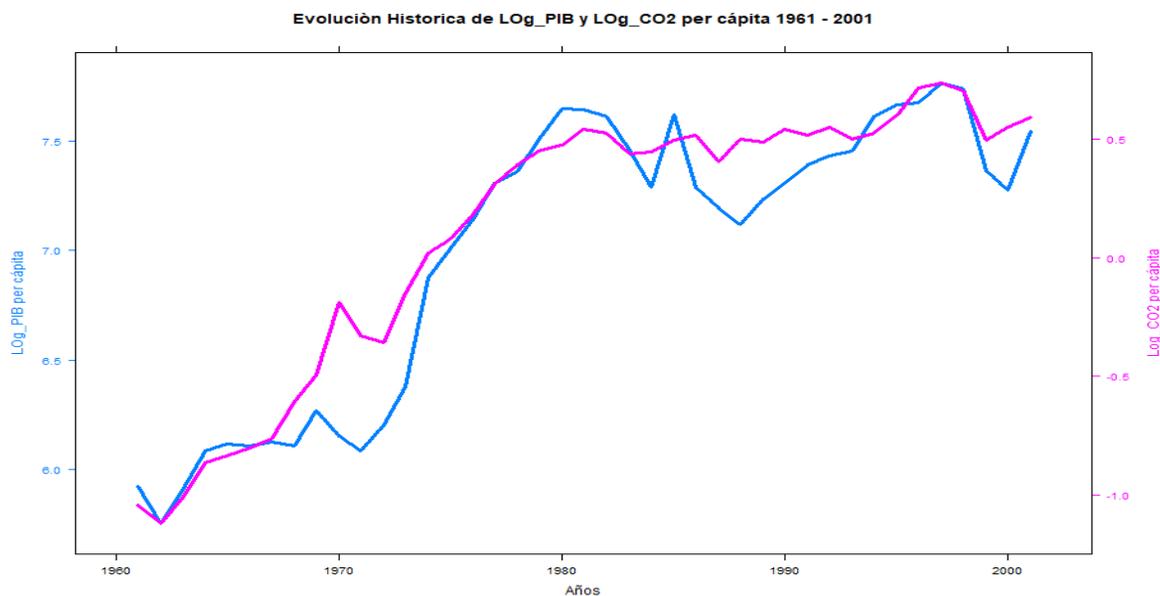
Pruebas de especificación:

Otra prueba es la de autocorrelación serial en los residuos, Gujarati et al.,(2015) menciona que para aceptar el modelo la prueba de correlación serial de sus residuos debe ser menor a la significancia establecida, por lo que se establece un error del 5%, el modelo presenta un valor $p = 2.2e-16$, por lo que se acepta la H_1 y se rechaza la H_0 , indicando que los residuales están correlacionados. El modelo muestra que la varianza de los residuos es constante por lo que se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 , valor $p = 0.9181$, siendo este mayor que a 5% (sesgo de error establecido).

Estimación de Modelo VAR del Sub-Periodo 1961 – 2001

Para el modelo VAR propuesto en este objetivo se planteó las variables. Log_PIB y Log_CO_2 - per cápita 1961 a 2001.

Figura 7

Evolución Histórica de Log_PIB y Log_CO2 per cápita 1961 a 2001

Fuente: BCE y Banco Mundial, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

El concepto de que el desarrollo de los países de la región se obtendría mediante el incremento de los procesos industriales fue una estrategia económica difundida por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) entre los años 1948 y 1971, durante este período en el Ecuador las condiciones climáticas existentes en la región costa permitieron intensificar el cultivo de banano de exportación. Por lo tanto, se incrementó la capacidad instalada para la producción bananera, ubicando al país como el principal proveedor con un 20% de participación de la producción de banano a nivel mundial.

No obstante, el auge de la exportación bananera fue interrumpido a mediados de los años 60's a causa de los cambios derivados de las transnacionales de Estados Unidos. Durante esta década en el Ecuador existían aproximadamente 175.361 Has de producción bananera distribuidas en la costa del país en alrededor de 2.592 parcelas agrícolas, lo que permitió que durante los años 70 la producción tecnificada de banano incrementó los niveles de las exportaciones.

Posteriormente el Ecuador incrementó su participación en el mercado internacional de banano, llegando a destinar sus exportaciones en un 60% hacia el

mercado estadounidense. Este incremento en las exportaciones ecuatorianas se debió a la reducción del 90 al 45% de las exportaciones desde Centroamérica, ocasionada por la propagación de la enfermedad denominada “mal de Panamá” que se origina por el hongo *Fusarium oxysporum* que ataca las raíces de algunas variedades de banano y existe desde 1930 en Panamá.

Posteriormente, entre 1970 y 1973 el mercado internacional de banano sufrió una sobreoferta, afectando la demanda de banano ecuatoriano por lo que las exportaciones decrecieron en un 50%, no obstante, en Europa la sobreoferta bananera no tuvo mayores efectos.

Para combatir la enfermedad del “mal de Panamá”, mediante la implementación de cambios tecnológicos en la producción bananera la empresa hondureña United Fruit desarrolló la variedad de banano llamada “Cavendish”, la cual era inmune al hongo *Fusarium oxysporum* y a la sigatoka. Rápidamente creció la demanda de la nueva variante de banano en el mercado internacional ocasionando un decremento en las exportaciones ecuatorianas en un 25% y afectó de manera negativa el PIB en un 3%, puesto que el país producía el banano de la variedad Gros Michel que era vulnerable a las enfermedades antes mencionadas.

Alrededor del año 1972 se pudo atenuar la crisis por intervención de los productores financiados por entidades públicas, además el sector privado invirtió en la tecnificación y reconvirtiendo las unidades de negocio con que contaban. También se eliminaron aproximadamente 70 mil Ha de Gros Michel y sembrando aproximadamente 50 mil Ha de Cavendish. Según Oleas Julio (2019) este esfuerzo no fue suficiente por lo que en la junta militar de Clemente Yerovi y José María Velazco Ibarra se decidió la inversión necesaria para la era del petróleo.

En agosto del 1972 el Ecuador inició la exportación de petróleo, pese a las perspectivas nacionales del nuevo auge las dificultades para aprovecharlo fueron significativas para el país que aún no se había modernizado en el campo. Pocos meses después el Ecuador sufrió una aguda crisis de la cuenta corriente, que perturbó la política económica y dio a lugar al cambio del gobierno militar. Este fue el punto de partida para debilitar el control del endeudamiento externo, y mantener los salarios hasta 1979 y empobrecer la política laboral.

La riqueza petrolera fue fuente de fácil financiamiento internacional por lo que permitió a la estabilidad de la política industrial, además que la cotización del petróleo consintió mantener el tipo de cambio en 25 sucres a un dólar. Para 1972 el barril se cotizaba en \$2.8, y esta cotización aumento al doble en 1973 y se quintuplico para el año 1974 y se mantuvo en 1975 a un precio de \$14.3 por barril hasta 1978, en 1979 la cotización creció a \$25.9 y en 1980 a \$39.5. este crecimiento fue gran agravante que los sectores privados y publico pudieron manejarlo, en el flujo de efectivo las exportaciones pasaron de 1 millón de dólares a 1.4 millones.

Debido a este sobrecrecimiento la Junta Nacional de Planificación reformuló la planificación Nacional para aumentar y acelerar la industrialización, recapitalizar al Banco Nacional de Fomento y la Cooperación Financiera Nacional, crear nuevos mecanismos para la inversión privada, expandir los subsidios a la población, crear empresas de economía mixta y preparar proyectos de inversión. Estos cambios comenzaron a materializarse a partir del segundo semestre de 1974, con lo cual la absorción se recuperó al 99,4% y en 1975 superó el 100%, con tasas de inversión superiores al 23% del PIB, en función de lo que exigía la industrialización alternativa.

Para en este entonces, según FLACSO & PETROECUADOR (2003) la inversión orientada al sector petrolero (1968 a 1985) produjeron crecimientos porcentuales de 4% a 36% de emisiones de CO₂. Esto se debe a que los efectos socios económicos de la creación de la construcción de la refinería, cuya capacidad inicial fue de 56 mil barriles de petróleo diarios se ampliaron progresivamente a 90 mil barriles diarios, la ampliación provocó efectos en la degradación tecnológica en los equipos que se habían implementado.

Por otra parte, la refinería que se había estructurado con un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales, basados en la utilización de su operación, consumo doméstico y recolección pluvial, nunca funcionó, provocando la contaminación del rio Teaone y Esmeraldas. Alrededor de 420 m de tuberías subterráneas del sistema de drenaje estaban obstruidas. Las piscinas de tratamiento eran simples excavaciones sin un tipo de recubrimiento por lo que la contaminación de la capa freática era muy alta.

En cuanto a la contaminación del aire las operaciones de las refinerías eran muchas veces inaceptables por el contenido de ácidos y gases que producía, la planta de desulfurización de gases funcionaba de vez en cuando, esto se debía a que lo activaban cuando las emisiones de gases eran altas. Mientras tanto, a mediados de 1976 a 1983 Ecuador sufría desequilibrios políticos, tales como intentos de golpes de estados, reestructuración de resoluciones e inestabilidad en la balanza comercial, denominando a esta década la “Década Perdida”.

Posteriormente, en 1984 en la cabecera del poliducto Esmeralda – Quito se derramaron alrededor de 1.800 barriles de la producción petrolera. Durante el gobierno de León Febres Cordero la situación del país mejoró, según Oleas Julio (2019), las políticas implantadas en los primeros años de gobiernos, el plan de estabilización económica (1984), reducción del gasto fiscal, contraer el crédito a la banca privada, vigilancia de la oferta monetaria, a fin de controlar la inflación y reforma a la Ley General de Banco(1985) la cual ayuda a la liberación de actividades bancarias y proporcione la concentración del capital financiero.

En noviembre de 1984 el sucre se devaluó a 94 sucres por un dólar y en 1985 a 134,42 sucres por un dólar. Estas medidas lograron controlar reducir el déficit de la cuenta corriente a 13 millones de dólares de 468.9 millones, se alcanzó un superávit en la caja de presupuesto general del Estado de 22 millones de sucres.

El 1987 Ecuador interrumpió las exportaciones de petróleo por consecuencias de dos terremotos en el Nororiente del país. Por lo que el país fue declarado en estado de emergencia y para mitigar un sin números de daños catastróficos el gobernó decidió endeudarse con 80 millones de dólares con el banco mundial a fin de reconstruir la refinería, además recibió ayuda por parte de Venezuela, Nigeria y Colombia.

En 1988 Ecuador experimento saldos negativos en la reserva monetaria internacional y para este periodo con 66% anual en el indicador de inflación, situación que mantenía hasta años de 1992, cuando se reforma la Ley de Régimen Monetario al final del mandato del expresidente Rodrigo Borja Cevallos.

Años posteriores (1995 a 1996) las autoridades financieras describieron salida de efectivo de 300 millones de dólares en 3 meses, sin ningún motivo, esto llevo que

el país solicitara un préstamo de 121.7 millones de dólares a la Junta Monetaria a fin de poder salvar de la quiebra al Banco Continental, días más tardes este Banco se declara en quiebra debido a que el crédito solicitado era ficticio, añadiendo que entre medio de juegos financieros y prestamos subordinados, habían desaparecidos 100 millones de dólares, situando a este suceso como la crisis financiera del siglo XX.

El fenómeno del Niño en 1997 condujo perturbaciones climáticas y pérdidas en la población. El sector privado contaba con pérdidas de 1.4 millones de dólares, afectando al PIB en 8% y 7 % en la Formación Bruta de Capital Fijo Nacional. En 1998 le precio de petróleo descendía a \$9.2 y el volumen para exportar a -6.1%, debido que las empresas necesitaban combustibles para las plantas de termo generación. Muchas de las exportaciones de productos agrícolas se vieron afectadas alcanzando un déficit de 9.3% al PIB, lo que equivale a 2.2 millones de dólares.

En 1999 la política monetaria fue afectada por factores exógenos (dolarización de los agregados monetarios), limitando las opciones de política cambiaria e incrementando el riesgo cambiario en las entidades financieras, provocando una crisis inflacionaria en conjunto de una crisis financiera, fiscal y de alto nivel de deuda externa. En el lapso de ese año, el gobierno en conjunto al sistema financiero congela los depósitos, se añade el decrecimiento en sistema productivo, llamando a este evento "Feriado Bancario".

Mas tarde, el 9 de enero del 2000, el país estaba en riesgo ya que cambiaron muy alto la relación al dólar, lo que llevó al ordenamiento unilateral de la dolarización de la economía ecuatoriana, causando los más drásticos quiebres de empresas a nivel de la historia.

En la presente investigación se procedió a realizar el modelo de vectores autorregresivos (VAR). Mediante la prueba de Dickey Fuller procedemos a justificar la presencia de raíces unitarias para el modelo, los resultados se detallan en la **Tabla 4.** y Tabal 5.

Prueba Dickey Fuller 1961 a 2001**Tabla 4.****Dickey Fuller Log_CO2 1961 a 2001**

Test Dickey Fuller	Drift	None	Trend
p valué	-1,597	1,028	-1,519
Critical valué: 1%	-3,580	-2,620	-4,150
Critical valué: 5%	-2,930	-1,950	-3,500
Critical valué: 10%	-2,600	-1,610	-3,180

Elaborado por: El Autor, 2022

Tabla 5**Dickey Fuller Log_PIB 1961 a 2001**

Test Dickey Fuller	Drift	None	Trend
p valué	-1,513	0,252	-2,128
Critical valué: 1%	-3,580	-2,620	-4,150
Critical valué: 5%	-2,930	-1,950	-3,500
Critical valué: 10%	-2,600	-1,610	-3,180

Elaborado por: El Autor, 2022

Se realizó la prueba de Dickey Fuller para cada de unas de variables en el subperiodo analizado (1961-2001), donde se demuestra la presencia de raíces unitaria en cada de unas de las variables, puesto que el valor p es mayor que las puntuaciones obtenidas de la prueba, este escenario se cumple con 1%, 5% y 10% de confianza, en casos de tendencias y constantes.

Bajo esta prueba se acepta la Hipótesis nula, para efecto de interpretación se procederá el procedimiento de selección de rezagos óptimos para el modelo VAR.

Selección Rezagos Óptimos VAR 1961 a 2001

Tabla 6

Selección Rezagos Óptimos VAR 1961 a 2001

	AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)	
	10	10	1	10	
Criterio	1	2	3	4	5
AIC(n)	-9,04817	-9,02249	-9,05925	-9,13146	-8,96691
HQ(n)	-8,95770	-8,87171	-8,84814	-8,86004	-8,63518
SC(n)	-8,77063	-8,55992	-8,41164	-8,29882	-7,94925
FPE(n)	0,00012	0,00012	0,00012	0,00011	0,00014
Criterio	6	7	8	9	10
AIC(n)	-8,94514	-9,17810	-9,39847	-9,64200	-9,87383
HQ(n)	-8,55309	-8,72574	-8,88579	-9,06900	-9,24051
SC(n)	-7,74244	-7,79037	-7,82571	-7,88421	-7,93100
FPE(n)	0,00015	0,00012	0,00011	0,00010	0,00009

Elaborado por: El Autor, 2022

La prueba VARselect permitió identificar el rezago óptimo del modelo VAR, para los criterios (Akaike, Hannan-Quinn, Schwarz y Error de predicción final, la cual, según la prueba, el rezago óptimo es de orden 10, debido que tres de los cuatros criterios indican 10 rezagos como óptimo.

La **Tabla 6** Muestra las puntuaciones por cada criterio, donde el **FPE(n)** muestra el orden 10 como un orden de rezagos óptimo, ya que su puntuación es menor dentro un lag max = 10, además los criterios **AIC(n)**, **HQ(n)** Indican 10 rezagos como óptimo, debido que sus puntuaciones son mas más altas dentro los órdenes analizados, finalizando con el criterio **SC(n)** indica que indica 1 rezago como óptimo. Procedemos a realizar el modelo VAR de orden 10.

VAR Log CO2 y Log PIB 1961.2001

En el **Apéndice N° 2**, se describe la mayoría de las raíces polinomiales son menores a 1 (excepción 1 y 2 orden), por esta razón se establece que el modelo VAR ($y = \text{Log CO}_2$ y Log PIB 1961.2001 , $p = 10$) es estable, esto muestra que el orden de rezagos es correcto.

Pruebas de especificación:

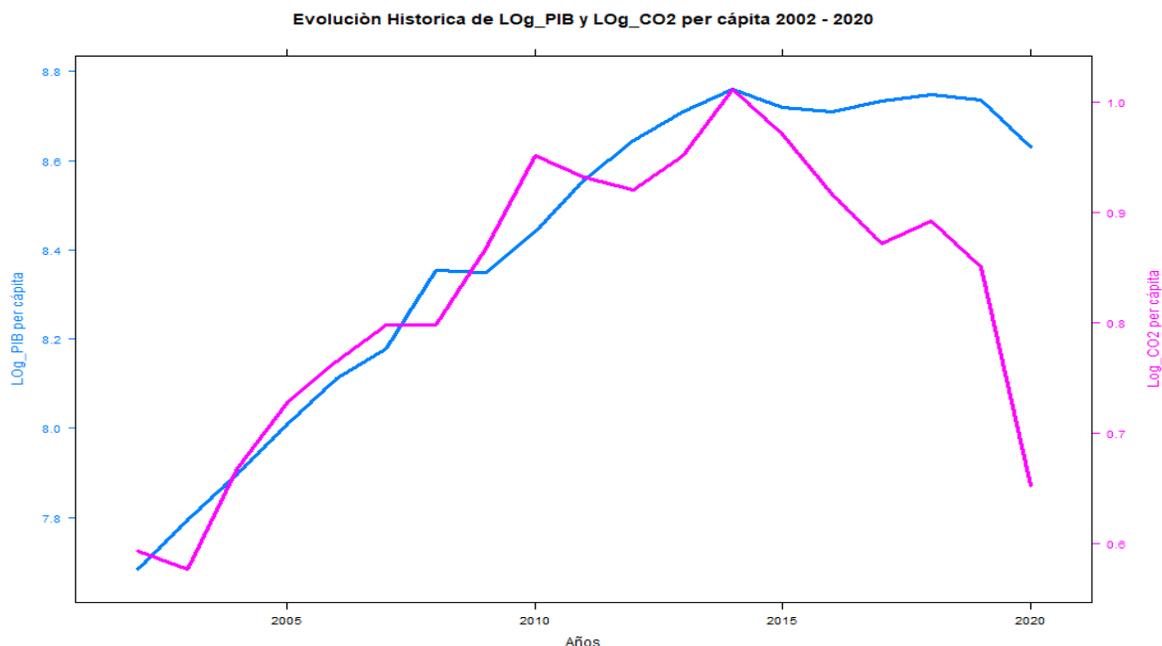
Otra prueba es la de autocorrelación serial en los residuos, Gujarati et al., (2015) menciona que para que el modelo sea aceptable la prueba de correlación serial de sus residuos debe ser menor a la significancia establecida, para este se establece un error del 5%, el modelo presentó un valor $p = 2.2e-16$ por lo que se acepta la H_1 y se rechaza la H_0 , donde establecemos que los residuales están correlacionados.

El modelo presentó que la varianza de los residuos es constante por lo que se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 , valor $p = 0.9864$, siendo este mayor que a 5% (sesgo de error establecida).

Estimación de Modelo VAR del Sub-Periodo 2002 – 2020

Para el modelo VAR propuesto en este objetivo se planteó las variables. Log_PIB y Log_CO_2 - per cápita 2002 a 2020.

Figura 8

Evolución Histórica de Log_PIB y Log_CO2 per cápita 2002 a 2020

Fuente: BCE y Banco Mundial, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

La recesión leve transmitida por la crisis inmobiliaria de Estados Unidos en 2008 originó un efecto en la caída del precio del petróleo que pasó de \$99.7 a \$44,6, además, las remesas cayeron en -9,4 con respecto al 2007 y la inflación llegó a 8,4%, tres puntos más que la inflación mundial, a pesar de esta recesión el gobierno pudo controlar la crisis por medio de la aplicación de política fiscales, manteniendo las tasas de intereses bajas y restringiendo la cantidad de reserva en los bancos.

Por otro lado, el país reportó entre el 2006 y 2010 un incremento de emisiones de CO₂ cerca del 5% e incremento del consumo total de sustancias nocivas a la capa de ozono a partir del 2007. Presentada estos impactos negativos al ambiente, Ecuador establece el plan del Buen Vivir 2013 al 2017, cuyas directrices es promover estrategias de economía sustentable, incluyente y democrática, permitiendo un equilibrio entre el desarrollo del país y la sustentabilidad de los recursos naturales.

En el año 2015, Ecuador deposita en la secretaria de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático el instrumento de aceptación de

compromiso del Protocolo de Kioto, dicho protocolo impacto positivamente el país con un decrecimiento del -7% de las emisiones de CO₂ en los años 2011 a 2017 y del 2018 a 2020 un decrecimiento de emisiones de CO₂ del -20%

En 2012, Ecuador incentiva la inversión pública - privada en los sectores de la construcción y el desarrollo del sector energético, en este año presenta un incremento del 5.2% del PIB con respecto al 2011.

En la presente investigación se procedió a realizar el modelo de vectores autorregresivos (VAR). Mediante la prueba de Dickey Fuller procedemos a justificar la presencia de raíces unitarias para el modelo, tal como se muestra en la **Tabla 7** y **Tabla 8**

Prueba Dickey Fuller 2002 a 2020

Tabla 7

Dickey Fuller Log_CO2 2002 a 2020

Test Dickey Fuller	Drift	None	Trend
p valué	-1,6704	-0,3926	0,5968
Critical valué: 1%	-3,7500	-2,6600	-4,3800
Critical valué: 5%	-3,0000	-1,9500	-3,6000
Critical valué: 10%	-2,6300	-1,6000	-3,2400

Elaborado por: El Autor, 2022

Tabla 8

Dickey Fuller Log_PIB 2002 a 2020

Test Dickey Fuller	Drift	None	Trend
p valué	-1,904	-0,018	0,861
Critical valué: 1%	-3,750	-2,660	-4,380
Critical valué: 5%	-3,000	-1,950	-3,600
Critical valué: 10%	-2,630	-1,600	-3,240

Elaborado por: El Autor, 2022

Realizando la prueba de Dickey Fuller para cada de unas de variables en el subperiodo analizado (2002-2021). Se demuestra la presencia de raíces unitaria en cada de unas de las variables, puesto que el valor p es mayor que las puntuaciones

obtenidas de la prueba, este escenario se cumple con 1%, 5% y 10% de confianza, en casos de tendencias y constantes. Bajo esta prueba se acepta la Hipótesis nula, para efecto de interpretación se procederá el procedimiento de selección de rezagos óptimos para el modelo VAR.

Selección Rezagos Óptimos VAR 2002 a 2020

Tabla 9

Selección Rezagos Óptimos VAR 2002 a 2020

	AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
	3	3	3	4

Criterio	1	2	3	4
AIC(n)	-1,31626	-1,33273	-1,65637	0,00000
HQ(n)	-1,34463	-1,38002	-1,72257	0,00000
SC(n)	-1,30311	-1,31081	-1,62569	0,00000
FPE(n)	2,02565	2,16315	0,18261	NaN

Elaborado por: El Autor, 2022

La prueba VARselect permitió identificar el rezago óptimo del modelo VAR, para los criterios (Akaike, Hannan-Quinn, Schwarz y Error de predicción final, la cual, según la prueba, el rezago óptimo es de orden 3, debido que tres de los cuatros criterios indican 3 rezagos como óptimo.

La **Tabla 9** Muestra las puntuaciones por cada criterio, donde el **FPE(n)** muestra el orden 4 como un orden de rezagos óptimo, en esta ocasión este valor queda anulado debido que es nulo, por lo que se escoge el segundo valor menor que es 3, ya que su puntuación es menor dentro un lag max = 4, además los criterios **AIC(n)**, **HQ(n)** indican 3 rezagos como óptimo, debido que sus puntuaciones son más altas dentro los órdenes analizados, finalizando con el criterio **SC(n)** indica 3 rezago como óptimo. Procedemos a realizar el modelo VAR de orden 3.

VAR Log CO2 y Log PIB 2002.2020

El **Apéndice N° 3**. describe la mayoría de las raíces polinomiales son menores a 1(excepción al 1 orden), por esta razón se establece que el modelo VAR ($y = \text{Log CO}_2$ y Log PIB 2002.2020 $p = 3$) es estable, esto muestra que el orden de rezagos es correcto.

Pruebas de especificación:

Otra prueba es la de autocorrelación serial en los residuos, Gujarati et al.,(2015) menciona que el para que el modelo sea aceptable la prueba de correlación serial de sus residuos debe ser menor a la significancia establecida, para este se establece un error del 5%, el modelo presento un valor $p = 2.2e-16$ por lo que se acepta la H_1 y se rechaza la H_0 , donde establecemos que los residuales están correlacionados. El modelo presento que la varianza de los residuos es constante por lo que se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 , valor $p = 0.5236$, siendo este mayor que a 5% (sesgo de error establecida).

Establecer la Existencia de Relación Causal y el Tipo de Direccionalidad de Causalidad entre el PIB Per Cápita y las Emisiones de CO₂

En el presente espacio se establecerá la relación causal de las variables de estudio en cada subperíodo, se utilizará la prueba de Granger y Engel para la identificación de la direccionalidad de la relación, mismo que se aplicará una prueba de cointegración a fin validar su relación a largo plazo.

Análisis de la existencia de relación causal

Tabla 10

Relación Causal VAR object var1917.1960

VAR object var1917.1960					
Granger causality Test	F-Test	df1	df2	p-value	
H0: CO2_pcpt.1917.1960 do not Granger-cause PIB_pcpt.1917.1960	1,4605	10	20	0,2101	
H0: PIB_pcpt.1917.1960 do not Granger-cause CO2_pcpt.1917.1960	4,8654	10	26	0,0006	

Elaborado por: El Autor, 2022

La **Tabla 10** Muestra la relación causal entre las variables PIB per cápita y CO2 per cápita 1917 a 1960, donde se identifica por medio del valor p (0,0006 menor al valor de significancia soportada) en la hipótesis PIB causa a CO2 como una causalidad unidireccionalidad, lo significa que a medida que el PIB per cápita aumenta, los efectos negativos en el ambiente se ven reflejados. Por lo que aceptamos la H1, en la hipótesis “PIB_pcpt.1917.1960 do not Granger-cause CO2_pcpt.1917.1960”

El **Apéndice N° 4** y **Apéndice N° 5** Se estableció la prueba de cointegración de Johansen, donde comparando los valores críticos obtenidos del test vs el valor p, se describe la mejor estimación del rango 1, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa debido que los valores críticos al 95% son menores al valor p (valor crítico estadístico = 19.96 < valor p = 35.71), estableciendo que las variables de estudio en el periodo 1917 a 1960 presentan cointegración, esto implica que las dos variables se relaciona a largo plazo, es decir aunque crezcan o caigan las dos lo hacen de forma sincronizada manteniendo su relación a largo plazo.

La aceptación de la H1 se evidencia en la **Figura 6** debido que las dos variables muestran tendencia positiva, realizando su relación r2 de 86%

Tabla 11

Relación Causal VAR object var1961.2001

VAR object var1961.2001				
Granger causality Test	F-Test	df1	df2	p-value
H0: CO2_pcpt.1961.2001 do not Granger-cause PIB_pcpt.1961.2001	6,154	10	20	0,000289
H0: PIB_pcpt.1961.2001 do not Granger-cause CO2_pcpt.1961.2001	3,141	10	20	0,01409

Elaborado por: El Autor, 2022

La **Tabla 11** Muestra la relación causal entre las variables PIB per cápita y CO₂ per cápita 1961 a 2001, donde se identifica por medio del valor p en ambas hipótesis (0,000289 y 0,01409 menores al valor de significancia soportada) lo que explica relación bidireccional en ambas variables debido que su valor p es menor al valor. Por lo que se acepta la H1 en ambas hipótesis (CO₂_pcpt.1961.2001 do not Granger-cause PIB_pcpt.1961.2001 y PIB_pcpt.1961.2001 do not Granger-cause CO₂_pcpt.1961.2001)

El **Apéndice N° 6** y **Apéndice N° 7** Se estableció la prueba de cointegración de Johansen, donde comparando los valores críticos obtenidos del test versus el valor p, se describe la mejor estimación de rango 2, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa debido que los valores críticos al 95% son menores al valor p (valor críticos estadístico = 9.24 < valor p = 23.64 para el rango 2 y para el rango 1 valor críticos estadístico = 15.67 < valor p = 47.46), estableciendo que las variables de estudio en el periodo 1961 a 2001 presentan cointegración, esto implica que las dos variables se relaciona a largo plazo, es decir aunque crezcan o caigan las dos lo hacen de forma sincronizada manteniendo su relación a largo plazo.

La aceptación de la H1 se evidencia en la **Figura 7**, debido que las dos variables muestran tendencia positiva, realizando su relación r² de 92%, validando su relación bidireccional.

Tabla 12

Relación Causal VAR object var2002.2020

VAR object var2002.2020				
Granger causality Test	F-Test	df1	df2	p-value
H0: CO2_pcpt.2002.2020 do not Granger-cause PIB_pcpt.2002.2020	3,846	3	18	0.02739
H0: PIB_pcpt.2002.2020 do not Granger-cause CO2_pcpt.2002.2020	6,023	3	18	0.005016

Elaborado por: El Autor, 2022

La **Tabla 12** muestra la relación causal entre las variables PIB per cápita y CO2 per cápita 1961 a 2001, donde se identifica por medio del valor p en ambas hipótesis (0,02739 y 0,005016 menores al valor de significancia soportada) lo que explica relación bidireccional en ambas variables debido que su valor p es menor al valor. Por lo que se acepta la H1 en ambas hipótesis (CO2_pcpt.2002.2020 do not Granger-cause PIB_pcpt.2002.2020 y PIB_pcpt.2002.2020 do not Granger-cause CO2_pcpt.2002.2020)

El **Apéndice N° 8** y **Apéndice N° 9** Se estableció la prueba de cointegración de Johansen, donde comparando los valores críticos obtenidos del test vs el valor p, se describe la mejor estimación de rango 2, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa debido que los valores críticos al 90% son menores al valor p (valor críticos estadístico = 10.49 < valor p = 11.79 para el rango 2), estableciendo que las variables de estudio en el periodo 2002 a 2020 presentan cointegración, esto implica que las dos variables se relaciona a largo plazo, es decir aunque crezcan o caigan las dos lo hacen de forma sincronizada manteniendo su relación a largo plazo.

La aceptación de la H1 se evidencia en la

Figura 8 Debido que las dos variables muestran tendencia positiva, realzando su relación r^2 de 65%.

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación han sido contrastados con la literatura previamente analizada, de tal manera que se identifican congruencias en cuanto al análisis del crecimiento económico en relación con las emisiones de CO₂ en el Ecuador, evidenciando la aceptación de la hipótesis de la relación causal entre el crecimiento económico y las emisiones del CO₂ bajo la teoría medioambiental de Kuznets, además los quiebres estructurales indican que la relación causal de las variables de estudio en los dos primeros subperiodos de estudio 1917 a 1960 es unidireccional y para el subperiodo 1961 y 2001 es bidireccional, esto se debe que a medida que el país incorporaba a su portafolio productos para exportar la industrialización crecía en los procesos productivos, para el 2002 a 2000 la relación causa bidireccional se identifica, pese a los instrumento aceptados de compromiso del Protocolo de Kioto.

El análisis econométrico indica la aceptación de la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets en el Ecuador, coincidiendo con el estudio de Sinha & Bhattacharya (2017) en India y Olale et al. (2018) en Canadá respecto del desarrollo de las ciudades como parte de la migración del campo a las grandes ciudades que en Ecuador fue impulsada principalmente por los períodos de bonanza en que existieron

incrementos de los niveles de desarrollo económico y como consecuencia las poblaciones del campo disminuyeron y se trasladaron a ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca que son consideradas como las más grandes.

En ese sentido, se alinea con el análisis de Pontarollo y Serpieri, (2020) en Rumania, puesto que mediante el análisis de variables socioeconómicas como la densidad poblacional y el compartimiento de áreas verdes, se determinó la Curva de Kuznets en dicho país. No obstante, en el presente estudio no se analizaron dichas variables socioeconómicas, a pesar de que los quiebres estructurales indican que las emisiones se incrementaron donde se instalaron las industrias y aumentó la demografía en el Ecuador.

Por otro lado, los quiebres estructurales de los subperíodos, demuestran que las emisiones de CO₂ durante la bonanza petrolera y los niveles de PIB per cápita se incrementaron considerablemente, lo cual coincide con el estudio de Yang et al. (2017) en Rusia, puesto que como se muestra en la **Figura 7** la implementación de tecnología, y la industria extractiva de la época permitieron el crecimiento económico del período e incrementaron las emisiones de CO₂.

Los resultados del presente estudio identifican una tendencia creciente de las emisiones de CO₂ que se mantiene constante en relación con los períodos de crecimiento económico, coincidiendo con la investigación de Hanif y Gago-de-Santos (2017) y el trabajo de Grabarczyk et al. (2018) en que se evidenció el cumplimiento de la hipótesis de la curva de Kuznets en diferentes países alrededor del mundo, relacionando variables demográficas y evidenciando el crecimiento de las emisiones en diferentes zonas geográficas de producción económica, puesto que la mayoría de países basan su economía en actividades extractivas, forestales y agrícolas.

En concordancia con Caravaggio (2020) y Filippidis et al. (2021) los resultados del presente estudio indican que a pesar de que el nivel de emisiones se mantiene en crecimiento en las ciudades donde se concentra la producción agropecuaria, también se mantienen en crecimiento sus niveles de emisiones en las zonas urbanas debido a la disminución de las áreas forestales por los asentamientos sociales producto de la migración del campo a la ciudad. Además, el desarrollo industrial evidenciado en el

período de estudio permite identificar picos de mayor emisión durante los períodos de mayor incremento del PIB.

En cuanto a la metodología de análisis, el presente estudio fue realizado empleando la información recabada respecto del PIB per cápita y las emisiones de CO₂ per cápita con los datos organizados bajo una estructura de series de tiempo, lo que se contrapone a la metodología empleada en China por He y Lin (2019) en que la información fue organizada como datos de panel para el análisis de diferentes provincias, además el análisis en Ecuador incluye quiebres estructurales de las series de tiempo para una mejor comprensión y evidencia que sustente de la hipótesis.

Las variables analizadas en el presente estudio implican a las emisiones de CO₂ per cápita y el crecimiento económico medido por el PIB per cápita y empleando la información como series de tiempo, sin considerar un sector en específico, lo cual se contrapone al caso la investigación de Hassan y Nosheen (2019) en que analizaron el sector de transporte ferroviario mediante estimaciones GMM con datos de panel, no obstante, en ambos se acepta la hipótesis de la curva de Kuznets.

En contraste con la investigación de Yang y Ma (2021) respecto de la deforestación en África, los resultados del presente estudio se contraponen al no evidenciar un punto de inflexión en cuanto al nivel de desarrollo económico que debe existir para desacelerar las emisiones de CO₂, no obstante, coinciden en que las políticas económicas deben estar alineadas con la búsqueda de la preservación ambiental en el país.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Los resultados obtenidos permiten concluir que se acepta la hipótesis de la relación causal entre crecimiento económico y los niveles constantes en el incremento de las emisiones de CO₂, lo que es evidenciada en función a la relación de las variables durante tres períodos de tiempo comprendidos entre 1917-1960, 1961-2001 y 2002-2020.
- El modelo de vectores autorregresivos indica la idoneidad del modelo óptimo empleando 10 rezagos para los dos primeros subperiodos series de tiempo analizadas.
- Se evidencia en el primer subperiodo de estudio, relación causal unidireccional interpretándose como PIB causa a CO₂, y para los dos subperiodos restantes, relación causal bidireccional, interpretándose como PIB causa a CO₂ y CO₂ causa al PIB.
- Bajo la prueba de cointegración de Johansen se evidencia la relación de las variables de estudio en todos los subperiodos a largo plazo.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda para futuras investigaciones analizar la información empleando otras estructuras de datos, segmentando la información por provincias y actividades productivas.
- Analizar las fuentes de energía existentes en el país, su incidencia en las emisiones de CO₂ y su participación en el crecimiento económico del país.
- Considerar los niveles demográficos y sus niveles de emisión de CO₂ per cápita con relación al crecimiento económico.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alex Cordona, E. V. (2018, mayo 15). *Principales fuentes de emisión de CO2* [Investigador]. *ecologiaverde.com*. <https://www.ecologiaverde.com/principales-fuentes-de-emision-de-co2-404.html>
- Alonso, H. C. (2016). *Curso internacional: construcción de escenarios económicos y econometría avanzada*. 94.
- Ávila, J. C. S., & Pardo, C. S. (2016). Consumo de energía y emisiones de CO2 del autotransporte en México y escenarios de mitigación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(1), 7–23.
- Banco Mundial. (2010). *Banco Mundial—Objetivos de desarrollo del milenio—Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente*.
<http://www5.bancomundial.org/odm/medio-ambiente.html>
- Bravo, E. (2015). *Impactos de la explotación petrolera en América Latina*. 9.
- Bustamante Ponce, T. (2016). *Historia de la conservación ambiental en el Ecuador: volcanes, tortugas, geólogos y políticos* (1. ed). FLACSO Ecuador : Editorial Abya Yala.
- Calagua, T., & Herminio, G. (2010). *La metodología del vector autorregresivo: presentación y algunas aplicaciones*. 6.
- Calsin Quispe, G., & Huanchi Mamani, W. A. (2016). Curva ambiental de Kuznets: evidencia empírica para la economía peruana, periodo 1972 - 2010. *Semestre Económico*, 4(2), 107–133. <https://doi.org/10/gnw58q>
- Caravaggio, N. (2020). Economic growth and the forest development path: A theoretical re-assessment of the environmental Kuznets curve for

deforestation. *Forest Policy and Economics*, 118, 102259.

<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102259>

Carrillo, D. (2009). Diagnóstico del sector automotriz. *INEC*, 16.

Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: Implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, pag 19-37.

[https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(14\)72172-3](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(14)72172-3)

Catalán, H. (2016). *Curso internacional: Construcción de escenarios económicos y econometría avanzada*. 35.

CMNUCC, Z. (2015). *Introducción a la acción por el clima | la CMNUCC (COP 21)*.

<https://unfccc.int/climate-action/introduction-climate-action>

Dobes, L., Jotzo, F., & Stern, D. I. (2016). The economics of global climate change: a historical literature review. *Review of Economics*, 65(3), 281–320.

<https://doi.org/10.1515/roe-2014-0305>

Ecologistas en acción. (2017). *Agricultura y cambio climático*.

<https://www.ecologistasenaccion.org/19945/agricultura-y-cambio-climatico/>

EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research. (2017). *EDGAR - Methodology—European Commission* [Investigative]. Methodology.

<https://edgar.jrc.ec.europa.eu/methodology.php>

EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research, M., M. ., Guizzardi, D. ., Schaaf, E. ,Crippa, M. ., Solazzo, E. ., Olivier, J. G. J. ,Vignati, E., & Joint Research Centre (European Commission). (2018). *Fossil CO2 emissions of all world countries* (KJ-NA-29433-EN-N EUR 29433 EN; JRC Science for policy report, p. 240). Union Europea; Publications Office of the European Union.

<https://doi.org/10.2760/30158>

- Falconí, F., & Burbano, R. (2020). *La discutible curva de Kuznets*. 19.
- FAO. (2012). *La contaminación ambiental en los países en vías de desarrollo*. Corporate Services, Human Resources, and Finance Department (ISBN 92-5-104815-0). <http://www.fao.org/docrep/004/y6000e/y6000e00.htm>
- FAO. (2015a). Cambio climático y seguridad alimentaria. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*, 3.
- FAO. (2015b). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura: Un Manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 193.
- FAO. (2015c). *Los gases de efectos invernadero derivados del sector agropecuario en América Latina | Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/514530/>
- Ferranti, P., Berry, E., & Anderson, J. R. (Eds.). (2019). *Encyclopedia of food security and sustainability (FAOSTAT)*. Elsevier.
- Filippidis, M., Tzouvanas, P., & Chatziantoniou, I. (2021). Energy poverty through the lens of the energy-environmental Kuznets curve hypothesis. *Energy Economics*, 100, 105328. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105328>
- FLACSO, & PETROECUADOR (Eds.). (2003). *Petróleo y desarrollo sostenible en Ecuador* (1a. ed). FLACSO, Sede Académica de Ecuador: PETROECUADOR.
- Fröberg Malvina. (2017). *Testing for Structural Change in Regression Models of Meat Consumption in Sweden* (Núm. 2; p. 39). UPPSALA UNIVERSITET. <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1084986/FULLTEXT01.pdf>

- Gadrey, Jean, J.-C., Florence. (2006). *The new indicators of well-being and development* /. Palgrave Macmillan,.
<https://searchworks.stanford.edu/view/6551198>
- García, M. J., Sánchez, A. R. P., & Chico, J. R. (2014). Crecimiento económico y bienestar, una aproximación a su comportamiento en los países europeos más afectados y en España. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española*, 3056, 45–52.
- Gianelli, D., & Mednik, M. (2016). Un modelo de corrección de errores para el tipo de cambio real en el Uruguay: 1983:i-2005:iv. *Revista de Economía*, 47.
- González, L. S. (1991). Crecimiento económico y desarrollo social. *Zerbitzuan: Gizarte zerbitzuetarako aldizkaria = Revista de servicios sociales*, 15, 2.
- Grabarczyk, P., Wagner, M., Frondel, M., & Sommer, S. (2018). A cointegrating polynomial regression analysis of the material kuznets curve hypothesis. *Resources Policy*, 57, 236–245.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.03.009>
- Greene, W. H. (2012). *Econometric analysis* (7th ed). Prentice Hall.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (2016). *Economic growth and the environment* (Working Paper Núm. 4634). National Bureau of Economic Research.
<https://doi.org/10.3386/w4634>
- Guerrero, V. M. (1987). *Los vectores autorregresivos como herramienta de análisis econométrico*. Banco de México, Subdirección de Investigación Económica y Programación Macrofinanciera.
- Gujarati, D. N. (2004). *Econometría*. McGraw-Hill.

Gujarati Damodar N, & Porter, D. C. (2016). *Econometría*.

http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=5867

Hanif, I., & Gago-de-Santos, P. (2017). The importance of population control and macroeconomic stability to reducing environmental degradation: An empirical test of the environmental Kuznets curve for developing countries.

Environmental Development, 23, 1–9.

<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2016.12.003>

Hassan, S. A., & Nosheen, M. (2019). Estimating the Railways Kuznets Curve for high income nations—A GMM approach for three pollution indicators. *Energy Reports*, 5, 170–186.

<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.01.001>

He, Y., & Lin, B. (2019). Investigating environmental Kuznets curve from an energy intensity perspective: Empirical evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1013–1022.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.121>

Herrero, L. M. C. (2016). *Análisis de las emisiones de CO2 como indicador de eficiencia y sostenibilidad en plantas industriales de proceso continuo*

[[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España)]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=55253>

Hidrovo Contreras Darwin Gabriel. (2016). El parque automotor, es uno de los principales causantes en los últimos. *Caribeña de Ciencias Sociales*.

<http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/10/automotor.html>

INEC, I. N. de E. y. (2017). *El parque automotor de Ecuador creció 57% en cinco años*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/el-parque-automotor-de-ecuador-crecio-57-en-cinco-anos/>

IPCC. (2003). *Cambio climático y Biodiversidad*. Ipcc.

Jorge León-Trujillo. (2017). *Cambios estructurales y escena política en el Ecuador, 1978-1988: Un ciclo político*. <https://books.openedition.org/ifea/2181?lang=es>

Juan J. Paz & Miño Cepeda. (2018, octubre 23). La Revolución Rusa de 1917 y Ecuador [CRISIS]. *Historia y presente*. <http://www.historiaypresente.com/la-revolucion-rusa-1917-ecuador/>

King, R. G., & Levine, R. (1993). Finance and Growth: Schumpeter Might Be Right. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 717–737. <https://doi.org/10.2307/2118406>

Levine, R., & Zervos, S. (1999). *Stock Markets, Banks, and Economic Growth* (Vol. 88). The World Bank. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-1690>

Lipton, M., & Ravallion, M. (1995). Chapter 41 Poverty and policy. En *Handbook of Development Economics* (Vol. 3, pp. 2551–2657). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1573-4471\(95\)30018-X](https://doi.org/10.1016/S1573-4471(95)30018-X)

Márquez, C., & Teresa, M. (2002). *Emisiones de CO2 y crecimiento económico en países de la UE*. 2, 24.

Martín, M. A. G. (2011). Crecimiento económico. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, 858, 39–55.

Martín Miguel, A. G. (2008). La innovación y el crecimiento económico: Una perspectiva histórica. *Economía industrial*, 368, 17–25.

Maya, E. (2014). Métodos y técnicas de investigación. 1, 2, 90.

- Ministerio del Ambiente. (2017). Ecuador demuestra acciones concretas contra el Cambio Climático. 2, 1.
- Modulo2.pdf*. (s/f). Recuperado el 4 de febrero de 2022, de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Ecuador/iee/20121116022503/modulo2.pdf>
- Novales, A. (2014). *Modelos vectoriales autoregresivos (VAR)*. 41.
- Olale, E., Ochuodho, T. O., Lantz, V., & El Armali, J. (2018). The environmental Kuznets curve model for greenhouse gas emissions in Canada. *Journal of Cleaner Production*, 184, 859–868.
- <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.178>
- Oleas Julio, J. (2019). Crisis económicas en una economía pequeña y abierta: Ecuador, 1900-1999. *América Latina en la historia económica*, 26(2).
- <https://doi.org/10/gnhrbv>
- ONU. (2006, noviembre 29). La ganadería produce más gases contaminantes que el transporte. ONU. <https://news.un.org/es/story/2006/11/1092601>
- ONU. (2016, enero 11). *Cambio climático*. <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Organizacion de las Naciones Unidas, O. (1987). *Asamblea General de las Naciones Unidas*. <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Padiila, E., & Escolano, V. A. (2005). Análisis de las emisiones de CO2 y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo. *Working papers (Universitat Autònoma de Barcelona. Departament d'Economía Aplicada)*, 7, 1–33.
- Panayotou, T. (2017). Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2(4), pag 465-484. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000259>

- Paso, R. L. del. (2014). Evolución de las emisiones de CO₂. *eXtoikos*, 15, 89–89.
- Peter J. G. Pearson, P. J. G. (2015). Energy, Externalities and Environmental Quality: Will Development Cure the Ills It Creates? *Energy Studies Review*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10/gnfvwx>
- Pontarollo, N., & Mendieta Muñoz, R. (2020). Land consumption and income in Ecuador: A case of an inverted environmental Kuznets curve. *Ecological Indicators*, 108, 105699. <https://doi.org/10/ghs6ff>
- Pontarollo, N., & Serpieri, C. (2020). Testing the Environmental Kuznets Curve hypothesis on land use: The case of Romania. *Land Use Policy*, 97, 104695. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104695>
- Portillo, F. (2016). *Introducción a la Econometría*. 16.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, O. (2010). *About the Sustainable Development Goals*. UN Environment. <http://www.unenvironment.org/es/node/1379>
- Quinde-Rosales, V. (2017). *Relación de causalidad entre el índice de precios al productor y el índice de precios al consumidor: Caso Ecuador*. 10.
- Rey, O. (2017). *Test de raíces unitarias y análisis de cointegración: Aplicación al estudio de la deuda exterior de España*. 20, 17.
- Rock, M. T. (2016). Pollution intensity of GDP and trade policy: Can the World Bank be wrong? *World Development*, 24(3), pag 471-479. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00152-3](https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00152-3)
- Rodríguez Morales, V. (2011). La protección del medio ambiente y la salud, un desafío social y ético actual. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(4), 510–518.

- Romer, P. M. (1980). El cambio tecnológico endógeno. *El problema del desarrollo económico; Exploración del desarrollo económico mediante la libre empresa*, 98(5), 40.
- Secretaria del Ambiente. (2016). *Inventario de GEI. Sector agrícola*.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjh-uy946_tAhWBct8KHTcCCugQFjASegQIDxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.quitoambiente.gob.ec%2Fambiente%2Findex.php%2Fbiblioteca-digital%2Fcategory%2F69-proyectos%3Fdownload%3D493%3Ainventario-gei-dmq-2011-agricultura&usg=AOvVaw3LWWB8NSGaAkokJmA9vji1
- Semarnap México. (2015). Industria y medio ambiente. *Segunda edición*.
http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/02dim_economica/02_04_Industria/data_industria/Recuadroll.4.1.1.htm
- Simón Kuznets. (1973). Modern economic growth: findings and reflections. *The American Economic Review*, 63(3), 247–258.
- Sinha, A., & Bhattacharya, J. (2017). Estimation of environmental Kuznets curve for SO₂ emission: A case of Indian cities. *Ecological Indicators*, 72, 881–894.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.018>
- Suárez Moncayo, G. A. (2011). *¿Crecimiento económico vs degradación ambiental? existe una Curva de Kuznets Ambiental en América Latina y el Caribe? Período 1970-2008* [Master's Thesis]. Quito: FLACSO Sede Ecuador.
- Sunkel, O., & Paz, P. (1976). *Subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo* (9na ed., Vol. 1). ILPES - Instituto Latinoamericano y del Caribe de

Planificación Económica y Social.

<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/1912>

Suri, V., & Chapman, D. (2015). Economic growth, trade and energy: Implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), pag 195-208.

[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00180-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00180-8)

Tacuri, D. V. R., & Monsalve, D. F. R. (2019). Efecto de la segregación de energías en la hipótesis de la curva ambiental de kuznets. Un estudio para el caso Ecuatoriano. *INNOVA Research Journal*, 4(2), 102–119.

<https://doi.org/10/gnx86p>

Therese A. Cavlovic, Kenneth H. Baker, Robert P. Berrens, and Kishore Gawande. (2017). *A Meta-Analysis of Environmental Kuznets Curve Studies*. 1(1).

<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/31330/1/29010032.pdf>

Torraleja, G., Ortiz, H., Vázquez, M., & de Jaén, U. (2016). *Aplicación de la teoría de la cointegración al análisis de la demanda turística*. 7, 20.

Uriel, E., & de Valencia, U. (2016). *2 El modelo de regresión simple: Estimación y propiedades*. 49.

Vázquez, O. H. Z., & Silva, I. D. M. (2015). Crecimiento económico y desarrollo del mercado de capitales en México. *Innovar: revista de ciencias administrativas y sociales*, 25(1), 131–150.

Viviana Fernández. (2016). *Teoría Econométrica I*.

<http://www.oocities.org/vivipauf/cusum2.PDF>

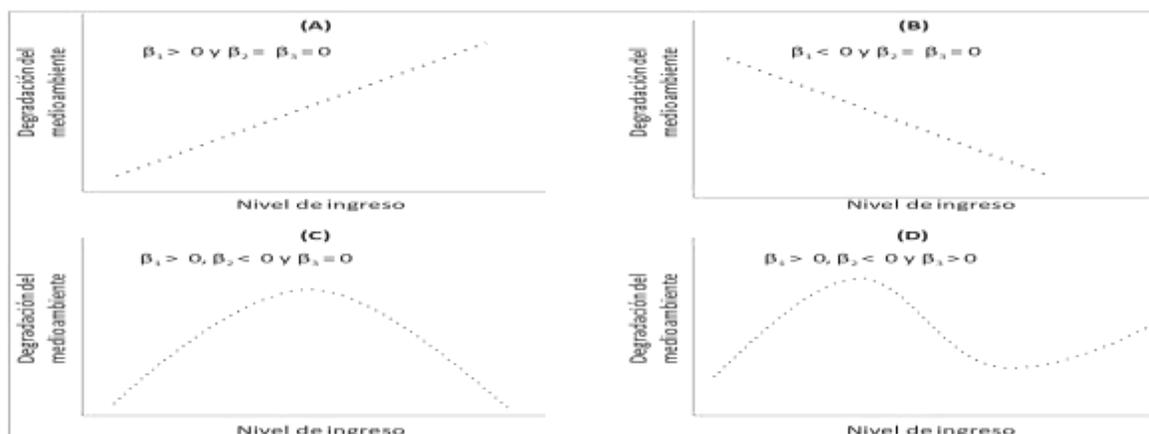
Wooldridge, J. M. (2009). *Introductory econometrics: A modern approach* (4th ed). South Western, Cengage Learning.

- Wooldridge, J. M., 1960-. (2016). *Introductory econometrics: A modern approach*. Fifth edition. Mason, Ohio : South-Western Cengage Learning, [2012] ©2012.
<https://search.library.wisc.edu/catalog/9910154038602121>
- Xiao, Z., & Phillips, P. C. B. (2017). A CUSUM test for cointegration using regression residuals. *Journal of Econometrics*, 108(1), 43–61.
[https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(01\)00103-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(01)00103-8)
- Yang, H., & Ma, J. (2021). Correlation analysis between regional economic differences and environmental pollution based on Kuznets curve model. *Environmental Technology & Innovation*, 22, 101444.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101444>
- Yang, X., Lou, F., Sun, M., Wang, R., & Wang, Y. (2017). Study of the relationship between greenhouse gas emissions and the economic growth of Russia based on the Environmental Kuznets Curve. *Applied Energy*, 193, 162–173.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.02.034>

ANEXOS

Anexo N° 1

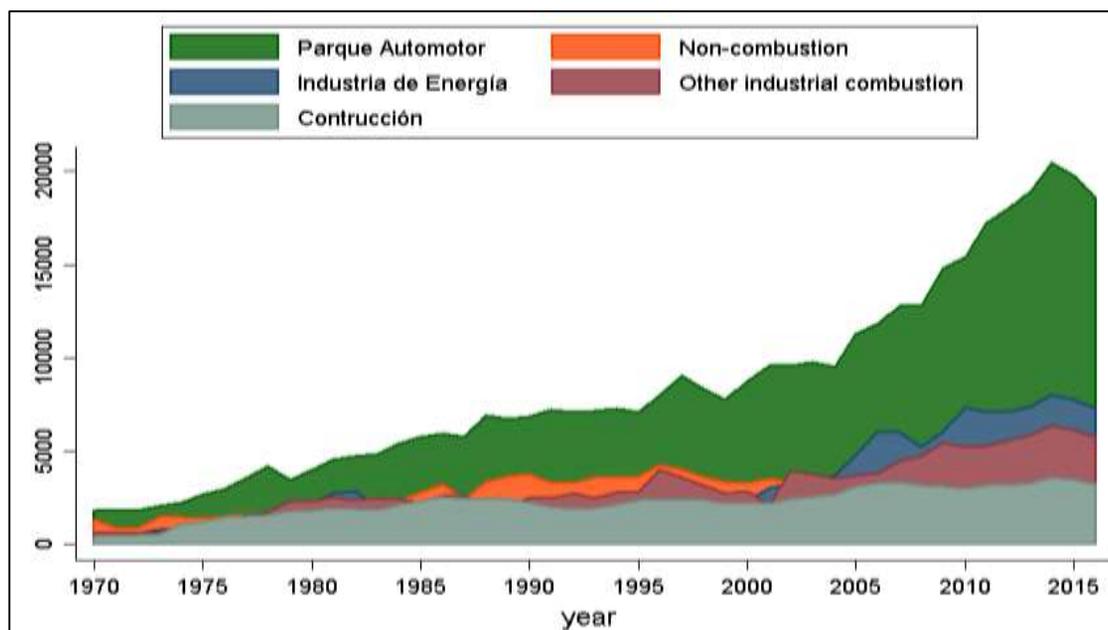
Tendencias Posibles en la Curva de Kuznets



Fuente: Economía Informa, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

Anexo N° 2

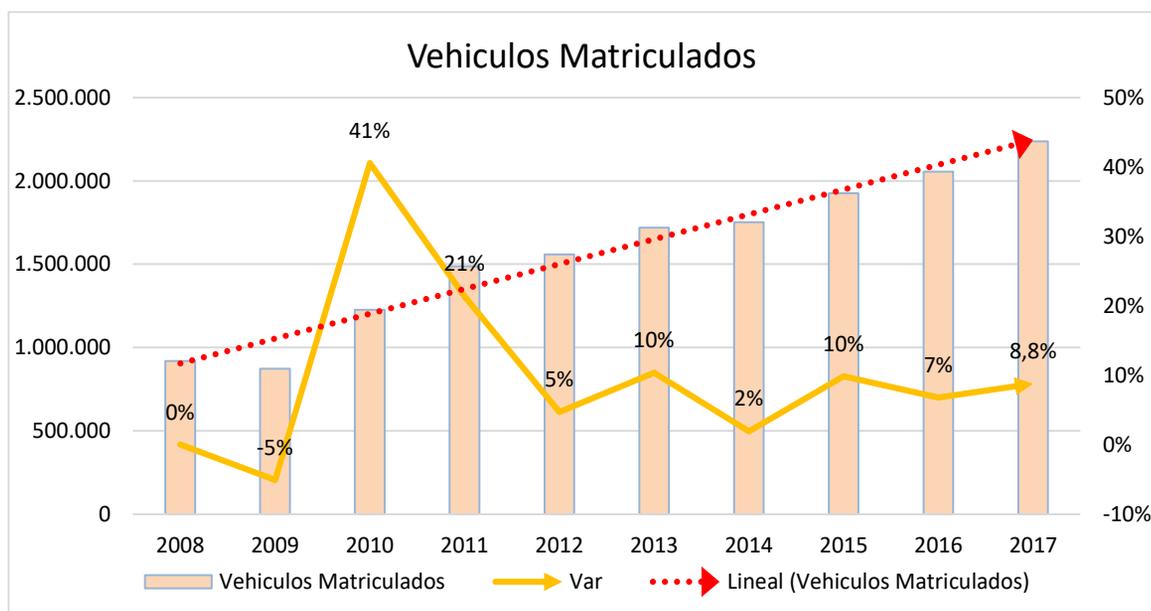
Sectores Contaminantes del Ecuador



Fuente: Emision Database For Global Atmospheric Research, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022

Anexo N° 3

Vehículos Matriculados



Fuente: INEC, 2018; Elaborador por: El Autor, 2022

Anexo N° 4

Vehículos Matriculados por Clase



Fuente: INEC, 2018; Elaborador por: El Autor, 2022

Anexo N° 5

Cuadro de Operacionalización de variables.

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR	DIMENSIONES	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE: CRECIMIENTO ECONOMICO	CUANTITATIVA	Simón Kuznets (1973) define al crecimiento económico como un aumento uniforme del PIB per cápita, lo que genera a una mayor producción de bienes y servicios en una economía.	PIB PER CAPITA	Un aumento uniforme del PIB per cápita genera a una mayor producción de bienes y servicios en una economía Genera acumulación de capital y crecimiento de la productividad	Base de Datos: 1917-2020; BCE
DEPENDIENTE: EMISIONES DE CO2	CUANTITATIVA	Paso (2014) define a las emisiones dióxido de carbono como " ...las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas" ... (p. 2)	EMISIONES DE CO2 PERCAPITA	Deficiencia de productividad: 1. Adelgazamiento de la Capa de Ozono. 2. Pérdida del suelo fértil. 3. Agotamiento de combustibles. Mayores preocupaciones políticas, económicas, sociales y educativas que son únicamente dependientes de la sostenibilidad de la tierra.	Base de datos: 1917-2020; BANCO MUNDIAL

Elaborado por: El Autor, 2022

APÉNDICE

Apéndice N° 1

Modelo VAR Log CO2_pcpt.1917.1960 y Log PIB_pcpt.1917.1960

Roots of the characteristic polynomial:

0.995 0.995 0.9949 0.9492 0.9492 0.9236 0.9236 0.9175 0.9175 0.9141 0.9141 0.9029
0.9029 0.893 0.893 0.8889 0.8889 0.8036 0.8036 0.4779

Estimation results for equation CO2_pcpt.1917.1960:

CO2_pcpt.1917.1960 = CO2_pcpt.1917.1960.l1 + PIB_pcpt.1917.1960.l1 +
CO2_pcpt.1917.1960.l2 + PIB_pcpt.1917.1960.l2 + CO2_pcpt.1917.1960.l3 +
PIB_pcpt.1917.1960.l3 + CO2_pcpt.1917.1960.l4 + PIB_pcpt.1917.1960.l4 +
CO2_pcpt.1917.1960.l5 + PIB_pcpt.1917.1960.l5 + CO2_pcpt.1917.1960.l6 +
PIB_pcpt.1917.1960.l6 + CO2_pcpt.1917.1960.l7 + PIB_pcpt.1917.1960.l7 +
CO2_pcpt.1917.1960.l8 + PIB_pcpt.1917.1960.l8 + CO2_pcpt.1917.1960.l9 +
PIB_pcpt.1917.1960.l9 + CO2_pcpt.1917.1960.l10 + PIB_pcpt.1917.1960.l10 + const

	Estimate	Std.	Error	T value	Pr(> t)
CO2_pcpt.1917.1960.l1	1.01779	0.23779	4.280	0.000896	***
PIB_pcpt.1917.1960.l1	-0.12512	0.39744	-0.315	0.757902	
CO2_pcpt.1917.1960.l2	-0.09777	0.36855	-0.265	0.794951	
PIB_pcpt.1917.1960.l2	-1.38433	0.62892	-2.201	0.046402	*
	0.12883	0.36924	0.349	0.732739	
PIB_pcpt.1917.1960.l3	1.02544	0.74827	1.370	0.193754	
CO2_pcpt.1917.1960.l4	-0.87322	0.37144	-2.351	0.035166	*
PIB_pcpt.1917.1960.l4	-1.09330	0.79650	-1.373	0.193086	
CO2_pcpt.1917.1960.l5	0.53293	0.42792	1.245	0.234972	
PIB_pcpt.1917.1960.l5	1.06110	0.80577	1.317	0.210622	
CO2_pcpt.1917.1960.l6	-0.35292	0.39359	-0.897	0.386191	
PIB_pcpt.1917.1960.l6	-0.64640	0.80077	-0.807	0.434060	
CO2_pcpt.1917.1960.l7	0.10003	0.38982	0.257	0.801500	
PIB_pcpt.1917.1960.l7	-0.23048	0.80755	-0.285	0.779827	
CO2_pcpt.1917.1960.l8	-0.53463	0.38356	-1.394	0.186723	
PIB_pcpt.1917.1960.l8	1.48586	0.71894	2.067	0.059278	.
CO2_pcpt.1917.1960.l9	-0.05450	0.36861	-0.148	0.884733	

PIB_pcpt.1917.1960.I9	0.17474	0.61777	0.283	0.781736	
CO2_pcpt.1917.1960.I10	0.21025	0.19844	1.060	0.308650	
PIB_pcpt.1917.1960.I10	1.44428	0.56375	2.562	0.023652	*
Const	-1.131905	2.36022	-4.796	0.000349	***

Residual standard error: 0.1465 on 13 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9982

Adjusted R-squared: 0.9955

F-statistic: 362.6 on 20 and 13 DF

p-value: 1.047e-14

Estimation results for equation PIB_pcpt.1917.1960:

PIB_pcpt.1917.1960 = CO2_pcpt.1917.1960.I1 + PIB_pcpt.1917.1960.I1 +
CO2_pcpt.1917.1960.I2 + PIB_pcpt.1917.1960.I2 + CO2_pcpt.1917.1960.I3 +
PIB_pcpt.1917.1960.I3 + CO2_pcpt.1917.1960.I4 + PIB_pcpt.1917.1960.I4 +
CO2_pcpt.1917.1960.I5 + PIB_pcpt.1917.1960.I5 + CO2_pcpt.1917.1960.I6 +
PIB_pcpt.1917.1960.I6 + CO2_pcpt.1917.1960.I7 + PIB_pcpt.1917.1960.I7 +
CO2_pcpt.1917.1960.I8 + PIB_pcpt.1917.1960.I8 + CO2_pcpt.1917.1960.I9 +
PIB_pcpt.1917.1960.I9 + CO2_pcpt.1917.1960.I10 + PIB_pcpt.1917.1960.I10 + const

	Estimate	Std.	Error	T value	Pr(> t)
CO2_pcpt.1917.1960.I1	0.02891	0.16694	0.173	0.86518	
PIB_pcpt.1917.1960.I1	1.13992	0.27903	4.085	0.00129	**
CO2_pcpt.1917.1960.I2	-0.15302	0.25875	-0.591	0.56441	
PIB_pcpt.1917.1960.I2	-0.90434	0.44155	-2.048	0.06130	.
CO2_pcpt.1917.1960.I3	0.15665	0.25923	0.604	0.55605	
PIB_pcpt.1917.1960.I3	0.45010	0.52533	0.857	0.40708	
CO2_pcpt.1917.1960.I4	-0.32544	0.26078	-1.248	0.23405	
PIB_pcpt.1917.1960.I4	0.13010	0.55920	0.233	0.81965	
CO2_pcpt.1917.1960.I5	0.15678	0.30043	0.522	0.61055	
PIB_pcpt.1917.1960.I5	-0.13854	0.56570	-0.245	0.81036	
CO2_pcpt.1917.1960.I6	-0.03136	0.27632	-0.113	0.91137	
PIB_pcpt.1917.1960.I6	0.36084	0.56219	0.642	0.53213	
CO2_pcpt.1917.1960.I7	-0.05807	0.27368	-0.212	0.83527	
PIB_pcpt.1917.1960.I7	0.09113	0.56696	0.161	0.87478	
CO2_pcpt.1917.1960.I8	-0.01291	0.26928	-0.048	0.96250	
PIB_pcpt.1917.1960.I8	0.04143	0.50474	0.082	0.93584	
CO2_pcpt.1917.1960.I9	0.06015	0.25879	0.232	0.81983	

PIB_pcpt.1917.1960.I9	0.36876	0.43371	0.850	0.41058
CO2_pcpt.1917.1960.I10	0.02143	0.13932	0.154	0.88009
PIB_pcpt.1917.1960.I10	-0.25430	0.39579	-0.643	0.53171
Const	-1.80621	1.65703	-1.090	0.29550

Residual standard error: 0.1028 on 13 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9959

Adjusted R-squared: 0.9897

F-statistic: 159.1 on 20 and 13 DF

p-value: 2.14e-12

Covariance matrix of residuals:

	CO2_pcpt.1917.1960	PIB_pcpt.1917.1960
CO2_pcpt.1917.1960	0.021457	0.006961
PIB_pcpt.1917.1960	0.006961	0.010576

Correlation matrix of residuals:

	CO2_pcpt.1917.1960	PIB_pcpt.1917.1960
CO2_pcpt.1917.1960	10.000	0.4621
PIB_pcpt.1917.1960	0.4621	10.000

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 2.

Modelo VAR Log CO2_pcpt.1961.2001 y Log PIB_pcpt.1961.2001

Roots of the characteristic polynomial:

1.029 1.029 0.9632 0.9632 0.9542 0.9542 0.9367 0.9367 0.9166 0.9166 0.8962 0.8796
0.8796 0.868 0.868 0.85 0.85 0.8329 0.4744 0.2992

Estimation results for equation CO2_pcpt.1961.2001:

CO2_pcpt.1961.2001 = CO2_pcpt.1961.2001.I1 + PIB_pcpt.1961.2001.I1 +
CO2_pcpt.1961.2001.I2 + PIB_pcpt.1961.2001.I2 + CO2_pcpt.1961.2001.I3 +
PIB_pcpt.1961.2001.I3 + CO2_pcpt.1961.2001.I4 + PIB_pcpt.1961.2001.I4 +

CO2_pcpt.1961.2001.l5 + PIB_pcpt.1961.2001.l5 + CO2_pcpt.1961.2001.l6 +
 PIB_pcpt.1961.2001.l6 + CO2_pcpt.1961.2001.l7 + PIB_pcpt.1961.2001.l7 +
 CO2_pcpt.1961.2001.l8 + PIB_pcpt.1961.2001.l8 + CO2_pcpt.1961.2001.l9 +
 PIB_pcpt.1961.2001.l9 + CO2_pcpt.1961.2001.l10 + PIB_pcpt.1961.2001.l10 + const

	Estimate	Std.	Error	T value	Pr(> t)
CO2_pcpt.1961.2001.l1	0.521550	0.303638	1.718	0.1166	
PIB_pcpt.1961.2001.l1	0.004074	0.176346	0.023	0.9820	
CO2_pcpt.1961.2001.l2	-0.267767	0.269043	-0.995	0.3431	
PIB_pcpt.1961.2001.l2	-0.331694	0.150576	-2.203	0.0522	.
CO2_pcpt.1961.2001.l3	0.372263	0.299845	1.242	0.2427	
PIB_pcpt.1961.2001.l3	0.037910	0.168940	0.224	0.8270	
CO2_pcpt.1961.2001.l4	0.170912	0.276023	0.619	0.5496	
PIB_pcpt.1961.2001.l4	-0.211151	0.179438	-1.177	0.2666	
CO2_pcpt.1961.2001.l5	0.023987	0.285664	0.084	0.9347	
PIB_pcpt.1961.2001.l5	0.095101	0.182263	0.522	0.6132	
CO2_pcpt.1961.2001.l6	0.540404	0.277175	1.950	0.0798	.
PIB_pcpt.1961.2001.l6	-0.033254	0.172644	-0.193	0.8511	
CO2_pcpt.1961.2001.l7	0.192420	0.364961	0.527	0.6095	
PIB_pcpt.1961.2001.l7	-0.155921	0.147477	-1.057	0.3153	
CO2_pcpt.1961.2001.l8	0.626338	0.282367	2.218	0.0509	.
PIB_pcpt.1961.2001.l8	-0.281654	0.167966	-1.677	0.1245	
CO2_pcpt.1961.2001.l9	-0.021809	0.304263	-0.072	0.9443	
PIB_pcpt.1961.2001.l9	-0.188017	0.164655	-1.142	0.2801	
CO2_pcpt.1961.2001.l10	-0.178841	0.209120	-0.855	0.4125	
PIB_pcpt.1961.2001.l10	-0.044193	0.176765	-0.250	0.8076	
const	77,64359	3,482	2,230	0.0499	*

Residual standard error: 0.06285 on 10 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9828

Adjusted R-squared: 0.9484

F-statistic: 28.57 on 20 and 10 DF

p-value: 2.646e-06

Estimation results for equation PIB_pcpt.1961.2001:

PIB_pcpt.1961.2001 = CO2_pcpt.1961.2001.l1 + PIB_pcpt.1961.2001.l1 +
 CO2_pcpt.1961.2001.l2 + PIB_pcpt.1961.2001.l2 + CO2_pcpt.1961.2001.l3 +
 PIB_pcpt.1961.2001.l3 + CO2_pcpt.1961.2001.l4 + PIB_pcpt.1961.2001.l4 +
 CO2_pcpt.1961.2001.l5 + PIB_pcpt.1961.2001.l5 + CO2_pcpt.1961.2001.l6 +
 PIB_pcpt.1961.2001.l6 + CO2_pcpt.1961.2001.l7 + PIB_pcpt.1961.2001.l7 +

CO2_pcpt.1961.2001.l8 + PIB_pcpt.1961.2001.l8 + CO2_pcpt.1961.2001.l9 +
 PIB_pcpt.1961.2001.l9 + CO2_pcpt.1961.2001.l10 + PIB_pcpt.1961.2001.l10 +
 const

	Estimate	Std.	Error	T value	Pr(> t)
CO2_pcpt.1961.2001.l1	-1,221941	0.453339	2.695	0.0224	*
PIB_pcpt.1961.2001.l1	-0.363208	0.263289	-1.380	0.1978	
CO2_pcpt.1961.2001.l2	0.042575	0.401689	0.106	0.9176	
PIB_pcpt.1961.2001.l2	-0.624853	0.224814	-2.779	0.0194	*
CO2_pcpt.1961.2001.l3	0.247429	0.447677	0.553	0.5926	
PIB_pcpt.1961.2001.l3	-0.268594	0.252232	-1.065	0.3119	
CO2_pcpt.1961.2001.l4	0.803207	0.412110	1.949	0.0798	.
PIB_pcpt.1961.2001.l4	-0.068777	0.267905	-0.257	0.8025	
CO2_pcpt.1961.2001.l5	0.199443	0.426504	0.468	0.6500	
PIB_pcpt.1961.2001.l5	-0.005738	0.272123	-0.021	0.9835	
CO2_pcpt.1961.2001.l6	1618199	0.413829	3.910	0.0029	**
PIB_pcpt.1961.2001.l6	-0.217699	0.257762	-0.845	0.4180	
CO2_pcpt.1961.2001.l7	0.838482	0.544897	1539	0.1548	
PIB_pcpt.1961.2001.l7	-0.669877	0.220187	-3.042	0.0124	*
CO2_pcpt.1961.2001.l8	0.380634	0.421582	0.903	0.3878	
PIB_pcpt.1961.2001.l8	-0.351166	0.250778	-1.400	0.1916	
CO2_pcpt.1961.2001.l9	-0.035936	0.454273	-0.079	0.9385	
PIB_pcpt.1961.2001.l9	-0.327740	0.245834	-1.333	0.2120	
CO2_pcpt.1961.2001.l10	-0.451021	0.312222	-1.445	0.1791	
PIB_pcpt.1961.2001.l10	-0.276014	0.263916	-1.046	0.3202	
const	28,4640	5,1988	5.475	0.0002	***

Residual standard error: 0.09384 on 10 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9833

Adjusted R-squared: 0.9498

F-statistic: 29.38 on 20 and 10 DF

p-value: 2.314e-06

Covariance matrix of residuals:

	CO2_pcpt.1961.2001	PIB_pcpt.1961.2001
CO2_pcpt.1961.2001	0.003950	0.001355
PIB_pcpt.1961.2001	0.001355	0.008805

Correlation matrix of residuals:

	CO2_pcpt.1961.2001	PIB_pcpt.1961.2001
CO2_pcpt.1961.2001	10.000	0.2298
PIB_pcpt.1961.2001	0.2298	10.000

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 3.

Modelo VAR Log CO2_pcpt.1961.2001 y Log PIB_pcpt.2002.2020

Roots of the characteristic polynomial:

1.377 0.9437 0.8869 0.8869 0.5746 0.5746

Estimation results for equation CO2_pcpt.2002.2020:

CO2_pcpt.2002.2020 = CO2_pcpt.2002. 2020.I1 + PIB_pcpt.2002. 2020.I1 +
CO2_pcpt.2002. 2020.I2 + PIB_pcpt.2002. 2020.I2 + CO2_pcpt.2002. 2020.I3 +
PIB_pcpt.2002. 2020.I3 + const

	Estimate	Std.	Error	T value	Pr(> t)
CO2_pcpt.2002.2020.I1	1,4334	0,3279	4,3720	0,0018	**
PIB_pcpt.2002.2020.I1	0,1799	0,2948	0,6100	0,5567	
CO2_pcpt.2002.2020.I2	-0,7282	0,3994	-1,8230	0,1016	
PIB_pcpt.2002.2020.I2	-0,0967	0,3448	-0,2800	0,7854	
CO2_pcpt.2002.2020.I3	1,1032	0,3415	3,2310	0,0103	*
PIB_pcpt.2002.2020.I3	-0,4281	0,2469	-1,7340	0,1170	
const	2,1890	1,0262	2,1330	0,0617	*

Residual standard error: 0.04308 on 9 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8823

Adjusted R-squared: 0.8039

F-statistic: 11.25 on 6 and 9 DF

p-value: 0.0009605

Estimation results for equation PIB_pcpt.2002.2020:

$$\text{PIB_pcpt.2002.2020} = \text{CO2_pcpt.2002.2020.I1} + \text{PIB_pcpt.2002.2020.I1} + \text{CO2_pcpt.2002.2020.I2} + \text{PIB_pcpt.2002.2020.I2} + \text{CO2_pcpt.2002.2020.I3} + \text{PIB_pcpt.2002.2020.I3} + \text{const}$$

	Estimate	Std.	Error	T value	Pr(> t)
CO2_pcpt.2002.2020.I1	0.611001	0.330597	1.848	0.09763	.
PIB_pcpt.2002.2020.I1	0.496047	0.297235	1.669	0.12949	
CO2_pcpt.2002.2020.I2	-0.169036	0.402738	-0.420	0.68453	
PIB_pcpt.2002.2020.I2	-0.100552	0.347600	-0.289	0.77892	
CO2_pcpt.2002.2020.I3	0.763785	0.344274	2219	0.05369	.
PIB_pcpt.2002.2020.I3	0.009573	0.248954	0.038	0.97017	
const	4.062956	1.034706	3.927	0.00348	**

Residual standard error: 0.04344 on 9 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.9822

Adjusted R-squared: 0.9703

F-statistic: 82.58 on 6 and 9 DF

p-value: 2.348e-07

Covariance matrix of residuals:

	CO2_pcpt.2002.2020	PIB_pcpt.2002.2020
CO2_pcpt.2002.2020	1,86E+00	2,86E-02
PIB_pcpt.2002.2020	2,86E-02	1,89E+00

Correlation matrix of residuals:

	CO2_pcpt.2002.2020	PIB_pcpt.2002.2020
CO2_pcpt.2002.2020	1,00000	0,01527
PIB_pcpt.2002.2020	0,01527	1,00000

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 4

Cointegración maximal eigenvalue statistic Log CO2_pcpt.1917.1961 y Log PIB_pcpt.1917.1960

Test type: maximal eigenvalue statistic (lambda max), with linear trend in cointegration				
	Test	10pct	5pct	1pct
r<=1	5.03	7.52	9.24	12.97
r=0	30.67	13.75	15.67	20.20
Eigenvalores (lambda):	5,84E+05	1,34E+05	1,06E-10	
Eigenvectors, normalized to first column: - (These are the cointegration relations)				
	CO2_pcpt.1917.1960	PIB_pcpt.1917.1960	Trend	
CO2_pcpt.1917.1960	1,000	1,000	1,00	
PIB_pcpt.1917.1960	-1,889	1,118	-1,23E+00	
Trend	12,280	-4,577	1,10E+01	
Weights W: (This is the loading matrix)				
	CO2_pcpt.1917.1960	PIB_pcpt.1917.1960	Trend	
CO2_pcpt.1917.1960	-0,545	0,005	-5,75E-08	
PIB_pcpt.1917.1960	-0,199	-0,007	-2,40E-08	

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 5

Cointegración trace statistic Log CO2_pcpt.1917.1960 y Log PIB_pcpt.1917.1960

Test type: trace statistic, with linear trend in cointegration				
	Test	10pct	5pct	1pct
r<=1	5.03	7.52	9.24	12.97
r=0	35.71	17.85	19.96	24.60
Eigenvalues (lambda):	5,84E+05	1,34E+05	1,06E-10	
Eigenvectors, normalized to first column: - (These are the cointegration relations)				
	CO2_pcpt.1917.1960	PIB_pcpt.1917.1960	Trend	
CO2_pcpt.1917.1960	1,000	1,000	1,00	
PIB_pcpt.1917.1960	-1,889	1,118	-1,23E+00	
Trend	1,228	-4,577	1,10E+00	
Weights W: (This is the loading matrix)				
	CO2_pcpt.1917.1960	PIB_pcpt.1917.1960	Trend	
CO2_pcpt.1917.1960	-0,545	0,005	-5,75E-08	
PIB_pcpt.1917.1960	-0,994	-0,007	-2,40E-08	

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 6

Cointegración maximal eigenvalue statistic Log CO2_pcpt. 1961.2001 y Log PIB_pcpt.1961.2001

Test type: maximal eigenvalue statistic (lambda max), with linear trend in cointegration				
	Test	10pct	5pct	1pct
r<=1	23.64	7.52	9.24	12.97
r=0	47.46	13.75	15.67	20.20
Eigenvalues (lambda):	7,73E+05		5,22E+05	5,55E-10
Eigenvectors, normalized to first column: - (These are the cointegration relations)				
	CO2_pcpt.1961.2001	PIB_pcpt.1961.2001	Trend	
CO2_pcpt.1961.2001	1,000	1,000	1,00	
PIB_pcpt.1961.2001	-0,659	-1,240	-8,70E-01	
Trend	4,343	8,745	6,38E+00	
Weights W: (This is the loading matrix)				
	CO2_pcpt.1961.2001	PIB_pcpt.1961.2001	Trend	
CO2_pcpt.1961.2001	-0,784	0,709	-1,54E-08	
PIB_pcpt.1961.2001	1,456	1,170	-2,05E-07	

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 7

Cointegración trace statistic Log CO2_pcpt. 1961.2001 y Log PIB_pcpt.1961.2001

Test type: trace statistic, with linear trend in cointegration				
	Test	10pct	5pct	1pct
r<=1	23.64	7.52	9.24	12.97
r=0	47.46	13.75	15.67	20.20
Eigenvalues (lambda):	6,49E-01		5,00E-01	-1,11E-14
Eigenvectors, normalized to first column: - (These are the cointegration relations)				
	CO2_pcpt.1961.2001	PIB_pcpt.1961.2001	Trend	
CO2_pcpt.1961.2001	1,000	1,000	1,00	
PIB_pcpt.1961.2001	-0,659	-1,240	-8,70E-01	
Trend	4,343	8,745	6,38E+00	
Weights W: (This is the loading matrix)				
	CO2_pcpt.1961.2001	PIB_pcpt.1961.2001	Trend	
CO2_pcpt.1961.2001	-0,784	0,709	-1,54E-08	
PIB_pcpt.1961.2001	1,456	1,170	-2,05E-07	

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 8

Cointegración maximal eigenvalue statistic Log CO2_pcpt. 2002.2020 y Log PIB_pcpt.2002.2020

Test type: maximal eigenvalue statistic (lambda max), with linear trend in cointegration				
	Test	10pct	5pct	1pct
r<=1	11.79	10.49	12.25	16.26
r=0	17.82	16.85	18.96	23.65
Eigenvalues (lambda):	6,49E-01	5,00E-01	-1,11E-14	
Eigenvectors, normalized to first column: - (These are the cointegration relations)				
	CO2_pcpt.2002.2020	PIB_pcpt.2002.2020	Trend	
CO2_pcpt.2002.2020	1,000	1,000	1,00E+00	
PIB_pcpt.2002.2020	-0,774	-0,535	2,43E-01	
Trend	0,036	0,000	-2,96E-02	
Weights W: (This is the loading matrix)				
	CO2_pcpt.2002.2020	PIB_pcpt.2002.2020	Trend	
CO2_pcpt.2002.2020	-1,518	0,294	-3,09E-13	
PIB_pcpt.2002.2020	-0,118	0,717	8,07E-14	

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 9

Cointegración trace statistic Log CO2_pcpt. 2002.2020 y Log PIB_pcpt.2002.2020

Test type: trace statistic, with linear Trend in cointegration				
	Test	10pct	5pct	1pct
r<=1	11.79	10.49	12.25	16.26
r=0	29.61	22.76	25.32	30.45
Eigenvalues (lambda):	6,49E-01	5,00E-01	-1,11E-14	
Eigenvectors, normalized to first column: - (These are the cointegration relations)				
	CO2_pcpt.2002.2020	PIB_pcpt.2002.2020	Trend	
CO2_pcpt.2002.2020	1,000	1,000	1,00E+00	
PIB_pcpt.2002.2020	-0,774	-0,535	2,43E-01	
Trend	0,036	0,000	-2,96E-02	
Weights W: (This is the loading matrix)				
	CO2_pcpt.2002.2020	PIB_pcpt.2002.2020	Trend	
CO2_pcpt.2002.2020	-1,518	0,294	-3,09E-07	
PIB_pcpt.2002.2020	-0,118	0,717	8,07E-08	

Elaborado por: El Autor, 2022

Apéndice N° 10

Datos de Estudio

YEAR	PIB_pcpt	CO2_pcpt
1917	15,2	0,000
1918	15,8	0,000
1919	16,4	0,000
1920	17,0	0,000
1921	17,6	0,000
1922	18,3	0,000
1923	19,0	0,000
1924	19,7	0,001
1925	20,5	0,001
1926	21,2	0,001
1927	22,1	0,001
1928	25,9	0,001
1929	29,7	0,001
1930	37,3	0,001
1931	37,3	0,001
1932	27,5	0,001
1933	24,9	0,001
1934	35,7	0,001
1935	49,0	0,001
1936	53,1	0,001
1937	65,5	0,002
1938	69,6	0,002
1939	72,1	0,002
1940	72,8	0,004
1941	74,2	0,003
1942	76,4	0,002
1943	98,5	0,001
1944	119,9	0,001
1945	147,8	0,002
1946	191,3	0,003
1947	221,3	0,007
1948	252,0	0,016
1949	264,6	0,021
1950	277,8	0,028
1951	291,8	0,035
1952	306,5	0,048
1953	321,9	0,066
1954	338,2	0,084
1955	356,8	0,111
1956	376,7	0,143
1957	398,2	0,193
1958	411,8	0,259

1959	425,8	0,318
1960	400,5	0,388
1961	375,2	0,352
1962	315,7	0,326
1963	368,6	0,363
1964	440,6	0,421
1965	455,2	0,434
1966	449,9	0,448
1967	459,3	0,466
1968	451,0	0,544
1969	527,9	0,610
1970	471,6	0,830
1971	440,9	0,720
1972	495,5	0,700
1973	588,3	0,860
1974	970,0	1,020
1975	1105,4	1,080
1976	1264,9	1,200
1977	1493,3	1,360
1978	1572,4	1,480
1979	1821,0	1,570
1980	2097,0	1,610
1981	2087,0	1,720
1982	2026,0	1,690
1983	1733,0	1,550
1984	1462,0	1,560
1985	2044,0	1,640
1986	1462,0	1,680
1987	1332,0	1,500
1988	1235,0	1,650
1989	1390,2	1,630
1990	1489,5	1,720
1991	1622,2	1,680
1992	1688,5	1,730
1993	1727,8	1,650
1994	2026,1	1,690
1995	2132,9	1,820
1996	2155,5	2,050
1997	2356,4	2,090
1998	2293,9	2,020
1999	1578,9	1,640
2000	1445,3	1,730
2001	1894,6	1,810
2002	2172,1	1,810
2003	2425,9	1,780
2004	2691,3	1,950
2005	3002,1	2,070

2006	3328,9	2,150
2007	3567,8	2,220
2008	4249,0	2,220
2009	4231,6	2,380
2010	4633,6	2,590
2011	5200,6	2,540
2012	5682,0	2,510
2013	6056,3	2,590
2014	6377,1	2,750
2015	6124,5	2,640
2016	6060,1	2,500
2017	6213,5	2,390
2018	6295,9	2,440
2019	6222,5	2,340
2020	5600,4	1,920

Fuente: BCE y Banco Mundial, 2021; **Elaborado por:** El Autor, 2022