



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA
CARRERA DE ECONOMÍA

Proyecto de investigación, previo a la obtención del Título de Economista

Tema:

**“El crecimiento económico y el deterioro ambiental en la economía
ecuatoriana”.**

Autora: Naula Pérez, Erika Paola

Tutor: Eco. Martínez Mesías, Juan Pablo

Ambato – Ecuador

2019

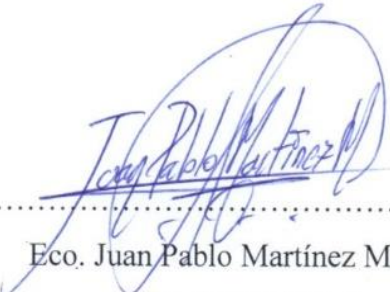
APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Eco. Juan Pablo Martínez Mesías, con cédula de ciudadanía N° 180327655-7, en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación referente al tema: **“EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL DETERIORO AMBIENTAL EN LA ECONOMÍA ECUATORIANA”** desarrollado por Erika Paola Naula Pérez, de la carrera de Economía, modalidad presencial, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos, tanto técnicos como científicos y que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato y en el normativo para la presentación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Contabilidad y Auditoría.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, Diciembre del 2019

TUTOR



.....
Eco. Juan Pablo Martínez Mesías
C.C. 180327655-7

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Erika Paola Naula Pérez, con cédula de ciudadanía N°180501080-6, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el proyecto investigativo, bajo el tema: **“EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL DETERIORO AMBIENTAL EN LA ECONOMÍA ECUATORIANA”**, así como también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos; conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este Proyecto de Investigación.

Ambato, Diciembre del 2019

AUTORA



Erika Paola Naula Pérez

C.C. 180501080-6

CESIÓN DE DERECHOS

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación..

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto de investigación con fines de discusión pública; además apruebo la reproducción de este proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial; y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, Diciembre del 2019

AUTORA



Erika Paola Naula Pérez

C.C. 180501080-6

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El Tribunal de Grado, aprueba el Proyecto de Investigación con el tema: **“EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL DETERIORO AMBIENTAL EN LA ECONOMÍA ECUATORIANA”**, elaborado por Erika Paola Naula Pérez, estudiante de la Carrera de Economía, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Diciembre del 2019



Eco. Mg. Diego Proaño

PRESIDENTE



Eco. Nelson Lascano

MIEMBRO CALIFICADOR



Eco. Fernando Andrade

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

*A Dios por estar siempre ahí en todo momento, porque me ha
brindado sabiduría para caminar con valentía cada
paso en esta etapa. Guiándome con coraje para afrontar
cada reto a pesar de las circunstancias.*

*A mis padres por ser los pilares de mi vida, por el esfuerzo
y apoyo incondicional brindado a lo largo de esta etapa.*

Erika Paola Naula Pérez

AGRADECIMIENTO

*A Dios por salvaguardarme siempre en todo momento, para
seguir adelante y no decaer.*

*A mis padres por su constante apoyo y paciencia, quienes
siempre han velado por mi bien.*

*A la prestigiosa Alma Mater la Universidad Técnica de Ambato por
darme la oportunidad de formarme personal y profesionalmente.*

*A los docentes por las clases impartidas para
formarme académicamente.*

*A mis inseparables compañeros de clase con quienes entre tristezas y alegrías
compartimos momentos memorables con quienes seguimos
adelante unidos hasta el final.*

Erika Paola Naula Pérez

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA
CARRERA DE ECONOMÍA

TEMA: “EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL DETERIORO EN LA ECONOMÍA ECUATORIANA”.

AUTORA: Erika Paola Naula Pérez

TUTOR: Eco. Juan Pablo Martínez Mesías

FECHA: Diciembre 2019

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación busca analizar la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental para la economía Ecuatoriana bajo la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets en el período 1985-2017. Mediante una revisión empírica se optó por estimar las emisiones de CO₂ con respecto al consumo de energía y PIB per cápita. La metodología utilizada son datos de panel con cointegración, basada en tres etapas; estacionariedad, cointegración y causalidad. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la curva en forma de U invertida no se da para el caso de Ecuador, en su lugar toma una relación lineal inversa en donde altos niveles de ingresos están asociados a bajos niveles de emisiones. Por otra parte se evalúa los factores incidentes en las emisiones de CO₂ mediante la identidad de KAYA en el periodo 1990-2015, se concluye que el Ecuador de querer conseguir la eficiencia energética deberá reducir en mayor proporción la intensidad energética y la de carbono además de fortalecer las medidas que le permiten seguir desarrollándose sin poner el riesgo el medio ambiente y al reducir las emisiones en un nivel significativo, en el largo plazo el país puede alcanzar el tramo exacto de la curva de Kuznets.

PALABRAS DESCRIPTORAS: CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS, DEGRADACIÓN AMBIENTAL, EMISIONES DE CO₂, IDENTIDAD DE KAYA, INTENSIDAD ENERGÉTICA Y DE CARBONO.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF ACCOUNTING AND AUDIT

ECONOMICS CAREER

TOPIC: “ECONOMIC GROWTH AND ENVIRONMENTAL DETERIORATION IN THE ECUADORIAN ECONOMY”.

AUTHOR: Erika Paola Naula Pérez

TUTOR: Eco. Juan Pablo Martínez Mesías

DATE: December 2019

ABSTRACT

This research seeks to analyze the relationship between economic growth and environmental degradation for the Ecuadorian economy under the hypothesis of the Environmental Kuznets Curve in the period of 1988-2017. Through an empirical review, it was decided to estimate CO₂ emissions, with respect to energy consumption and GDP per capita. The methodology used is panel data with cointegration, based on three stages: stationarity, cointegration and causality. According to the results obtained, it concluded that the inverted U curve does not occur in the case of Ecuador instead it takes an inverse linear relationship where high levels of income are associated with low emissions levels. On the other hand, the incident factors in CO₂ emissions are evaluated through the KAYA identity in the period 1990-2015, it concluded that Ecuador wanting to achieve energy efficiency must reduce in greater proportion the energy intensity and carbon intensity, in addition to this strengthen the measures that allow it to continue developing without putting at risk to the environment and by reducing to a significant level, in the long term the country can reach the exact stretch of the Kuznets curve.

KEYWORDS: ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE, ENVIRONMENTAL DEGRADATION, CO₂ EMISSIONS, KAYA IDENTITY, ENERGY AND CARBON INTENSITY.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
PÁGINAS PRELIMINARES	
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Justificación.....	2
1.1.1 Justificación teórica.....	2
1.1.2 Justificación metodológica.....	5
1.1.3 Justificación práctica.....	6
1.1.4 Formulación del problema de investigación.....	6
1.2 Objetivos	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Revisión de literatura.....	7
2.1.1 Antecedentes investigativos.....	7
2.1.2 Fundamentos teóricos	19
2.2 Hipótesis.....	31

CAPÍTULO III	32
METODOLOGÍA	32
3.1 Recolección de la Información	32
3.2 Tratamiento de la información	33
3.3 Operacionalización de las variables	39
3.3.1 Variable independiente 1: Consumo de energía	39
3.3.2 Variable independiente 2: PIB per cápita	40
3.3.3 Variable dependiente: Emisiones de CO2	41
CAPÍTULO IV	42
RESULTADOS	42
4.1 Resultados y discusión	42
4.2 Verificación de la hipótesis	46
4.3 Limitaciones de estudio	65
CAPÍTULO V	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1 Conclusiones	66
5.2 Recomendaciones	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	74
Anexo 1. Ficha de observación para la aplicación del modelo econométrico de la CAK.....	74
Anexo 2. Ficha de observación para la aplicación de la identidad de KAYA	75
Anexo 3. Número de rezagos óptimos para la aplicación del test de Dickey Fuller (ADF)	76
Anexo 4. Número de rezagos óptimos para la aplicación del test de causalidad de Granger.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1. Evidencia empírica sobre la CAK.....	18
Tabla 2. Descripción de las variables.....	32
Tabla 4. Operacionalización de la variable independiente 1: Consumo de energía..	39
Tabla 5. Operacionalización de la variable independiente 2: PIB per cápita.....	40
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente: Emisiones de CO2.....	41
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de las variables.....	45
Tabla 7. Modelo 1. MCO combinados de las variables sujetas al análisis	46
Tabla 8. Resultados del estadístico tau (ADF) y el número óptimo de rezagos	47
Tabla 9. Resultados de la prueba de raíz unitaria del test de Dickey-Fuller	48
Tabla 10. Resultados de la prueba de Cointegración de Johansen.....	49
Tabla 11. Resultados de la Prueba de causalidad de Granger	50
Tabla 12. Orden de retardos óptimos del sistema VAR para estimar el modelo VECM.....	51
Tabla 13. Resultados del modelo VECM.....	52
Tabla 14. Resultados de estimación: relación a corto y largo plazo	53
Tabla 15. Determinantes de las emisiones de CO2 en el sector energético	57
Tabla 16. Tabla de resumen de los principales resultados	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CONTENIDO	PÁGINA
Gráfico 1. Curva Ambiental de Kuznets (CAK).....	8
Gráfico 2. Restricciones de la Curva Medioambiental de Kuznets.....	9
Gráfico 3. Evolución de las emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita).....	42
Gráfico 4. Evolución del consumo de energía eléctrica (kWh per cápita).....	43
Gráfico 5. Evolución del PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010).....	44
Gráfico 6. Gráfico de series temporales por grupos para emisiones de CO2, consumo de energía y PIB per cápita	45
Gráfico 7. Fases de la Curva Medioambiental de Kuznets	56
Gráfico 8. Determinantes de la identidad de KAYA	58
Gráfico 9. Consumo de combustibles por tipo de fuente de energía.....	59
Gráfico 10. Producción de energía por tipo de sistema (central)	60
Gráfico 11. Demanda de energía eléctrica por grupo de consumo	61
Gráfico 12. Emisiones de CO2 por tipo de combustible y sectores	62
Gráfico 13. Proyección para emisiones de CO2 año 2025.....	63

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es un tema controversial a nivel mundial. A medida que un país se desarrolla inevitablemente la degradación ambiental avanza. Desde allí que el énfasis económico en el campo ambiental es de suma importancia, economías en desarrollo como el Ecuador requieren alcanzar el desarrollo sin la necesidad de comprometer al medio ambiente. Por lo tanto la presente investigación tiene como fin analizar la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental desde la perspectiva energética.

El presente proyecto de investigación cuenta con cinco capítulos detallados de la siguiente manera:

Capítulo I: Se describe la justificación teórica de los principales postulados de la investigación, la justificación metodológica; donde se detalla la accesibilidad a la información de las variables, y la justificación práctica. Conjuntamente se presenta la formulación del problema y los objetivos; general y específicos de la investigación.

Capítulo II: Se detalla los antecedentes investigativos sustentada en la evidencia empírica de otras investigaciones antes de realizar el estudio de la presente investigación. De la misma forma se presenta la fundamentación teórica de las variables y se establece la hipótesis de investigación.

Capítulo III: Se compone de la recolección de la información donde se detalla el universo de estudio y la fuente de información secundaria, el tratamiento de la información donde se describe el procesamiento de la información, la estructuración de datos, el modelo econométrico a utilizarse, las herramientas necesarias para dar alcance a los objetivos planteados. Y por último se expone la operacionalización de las variables cada una en tablas individuales.

Capítulo IV: Se muestra la interpretación de los principales resultados de la metodología utilizada en cada etapa conforme al alcance de los objetivos planteados. Conjuntamente se presenta la verificación de la hipótesis de investigación, así como también las limitaciones de estudio.

Capítulo V: Finalmente se expone las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.1.1 Justificación teórica

La relación expuesta de la Curva Ambiental de Kuznets (CAK) se remonta desde la década de los cincuenta. El economista Simón Kuznets en 1955, en un estudio da a conocer que a medida que aumenta el ingreso per cápita, también lo hace la desigualdad en la distribución del ingreso. Al ser representada en forma de U invertida, se utiliza la *Environmental Kuznets Curve (EKC)* por sus siglas en inglés, para explicar la relación entre deterioro ambiental y crecimiento económico, en donde niveles inferiores de ingreso per cápita inducen al aumento en el daño ambiental mientras que después del *turning point* los niveles superiores de ingreso reducen la degradación en el medio ambiente. A partir de dicho análisis, Kuznets recibe en 1971 el Premio Nobel de Economía. Posteriormente a mediados de los años noventa, se presenta estudios en varios campos (Saravia, 2005; López, Arreola, & Moreno, 2011).

Desde el punto de vista de la teoría económica, a medida que las economías crecen, el interés por el cuidado del medio ambiente y la preservación de recursos naturales también lo hace. De esta forma la relación entre crecimiento económico y el medio ambiente es positiva. En un estudio realizado para los países de América Latina, se argumenta que un incremento del Producto Interno Bruto representa un impacto negativo sobre el medio ambiente. En las últimas décadas, el incremento del uso de energía y la mayor utilización de recursos naturales ha estado ligado al crecimiento económico (Restrepo, 2007; López, Arreola, & Moreno, 2011).

Bajo esta premisa Kong & Khan (2019) manifiestan que la visión neoclásica ha sido respaldada en los países en desarrollo y en los desarrollados, bajo la hipótesis de la imparcialidad respectivamente. Sin embargo, por otra parte a partir de la década de los setenta se desarrolla investigaciones acerca del informe *Límites de Crecimiento* de Meadows, mismo que fue publicado por el Club de Roma, donde se analiza los impactos ambientales derivados del desarrollo económico. Posteriormente se

desarrollan conceptos que integran aspectos económicos, sociales y ambientales, como el eco-desarrollo expuesto por Sachs o el crecimiento intensivo de Rizhkov (Iglesias, Arango, Moya, & Álvarez, 2013; Capó, 2009; Pacheco, 2017; Queiroz, 2018).

De otro modo según la Association for the Study of Peak Oil (ASPO), a partir de la teoría del *pico o cenit del Petróleo* de Hubbert, afirma que el dinamismo al que las economías están sometidas ha impactado en el sector energético, esto debido al aumento de la demanda energética, que acelera y agota constantemente la limitación de las fuentes de energías fósiles a más de incrementar la degradación medioambiental (Balsalobre, Herránz, Inieta, & Cantos, 2016).

Al considerar un método que permite evidenciar las consecuencias del crecimiento económico y sus actividades humanas sobre el medio ambiente se habla sobre la identidad de Kaya, el cual señala que las emisiones de CO₂ es producto de cuatro factores; la población “P”, el ingreso per cápita o PIB per cápita “PIB_{pc}”, la intensidad energética “IE”; el cual indica la unidad de energía utilizada por unidad del PIB, la intensidad de carbono “IC”; son las emisiones de carbono por unidad de energía consumida. El factor IE está asociado a la eficiencia energética de una economía, IC refleja la utilización de combustibles por fuentes de energía. Los dos primeros factores se contrarrestan con un bajo nivel de los factores IE y IC (Escolano & Padilla, 2006; Rivas, Ramoni, & Orlandoni, 2013).

Cabe señalar que la relocalización de las industrias más contaminantes en aquellos países con una regulación ambiental más débil, ha provocado daños irreversibles con respecto al medioambiente. Esta teoría hace referencia a la hipótesis conocida como la *Hipótesis del Paraíso Contaminante* o (HPH) Haven Pollution Hypothesis por sus siglas en inglés (Zilio, 2012).

En términos concretos, a partir de un estudio realizado para los países de la OCDE, en la década de los setenta se da el interés por los problemas medioambientales, sin embargo a inicios de los noventa es cuando toma mayor relevancia la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental a través de la Curva Ambiental de Kuznets (CAK); presenta postulados previos desde la teoría de la competencia imperfecta, el cambio tecnológico, hasta los procesos de corrección medioambiental (Balsalobre, Herránz, Inieta, & Cantos, 2016). En cambio Zilio (2012) en un estudio

realizado para algunos países en desarrollo, analiza dicha relación a partir de investigaciones destacadas como Grossman Krueger (1991), Shafik & Bandyopadhyay (1992) y Panayotou (1993), concluye que la CAK propone dos argumentos. La primera es que el Producto Interno Bruto es al mismo tiempo la causa y la alternativa para reducir el daño ambiental. En segundo lugar es que si el crecimiento económico es la causa del deterioro ambiental en las primeras etapas, probablemente esta sea la única alternativa para mejorar el mismo.

A través de los años, el planteamiento inicial propuesto por Kuznets ha presentado varios campos de investigación tanto en el ámbito mundial como en el Latinoamericano. De este modo para evidenciar la hipótesis en México la autora Marcela Tarazona (1999), hace una relación entre la contaminación del aire CO₂ y el Producto Interno Bruto, mostrando la comprobación del mismo (Pacheco, 2017).

No obstante la evidencia empírica para América Latina indica que los niveles de ingreso per cápita y calidad ambiental tienen relación, particularmente los niveles de emisión decrecen en presencia de niveles altos de ingreso. El efecto del crecimiento económico sobre las emisiones de contaminación difiere entre países, es decir que existe otras variables que explican la evolución de la contaminación medioambiental (Restrepo, 2007). Sin embargo en un estudio para el caso Mexicano establece que el impacto medioambiental dentro de la comercialización tiene que ver con tres efectos: El efecto escala, donde al contar con un mayor acceso al mercado, se espera mayor contaminación en presencia del crecimiento económico. En el efecto tecnológico e industrial, donde se fortalece la regulación ambiental, y se reduce las emisiones de contaminantes, si se mejora la productividad (Rosales, Mun, & Romero, 2018).

Considerando el estudio realizado en Colombia, se explora la validez de la Curva de Kuznets. Se concluye que hay una relación entre el PIB per cápita y las emisiones de los contaminantes y este induce a una etapa creciente del deterioro ambiental. Además, que la distribución del ingreso, las libertades políticas y la densidad poblacional tienen un efecto significativo (Restrepo, Ramírez, & Montoya, 2005).

Sin embargo López, Arreola, & Moreno (2011) aluden que dentro de una economía desarrollada al invertir en investigación y desarrollo, este proporciona un avance tecnológico eficiente, lo que permite reemplazar tecnologías obsoletas, en otras

compatibles con el medio ambiente. No obstante para comprobar la validez de la CAK en Colombia se utilizó variables como el PIB per cápita, las emisiones de CO₂ y consumo de energía eléctrica, mostrando un efecto significativo. Es así que los gobiernos deben implementar medidas para combatir los efectos del cambio climático y proteger el medio ambiente (Pinzón & González, 2018).

Dado que el hombre transforma el clima con procesos desfavorables que alteran el equilibrio energético de la tierra, se genera sustancias nocivas que acelera su degradación ambiental. Los GEI han permanecido por mucho tiempo en la atmósfera, sobre todo el CO₂ que en los últimos años ha sido la más alta, y lo seguirá siendo mientras se dependa de los combustibles fósiles, razón por el cual es necesario que se desarrolle políticas de mitigación. En un estudio realizado en Croacia, se investiga el protocolo de Kyoto en la reducción de emisiones de los Gases de efecto invernadero, y revela un resultado favorable para el medio ambiente, debido a la disminución de la actividad económica (Alayón & Cabrera, 2017; Hrvoje, Mislav, & Mateja, 2016).

Desde el punto de vista de López (2013) afirma que la relación entre el ingreso y la degradación ambiental se explica de acuerdo a los siguientes apartados: 1) Cuando un país alcanza un nivel de vida alto, la sociedad asigna un valor para el cuidado del medio ambiente. 2) La degradación ambiental aumenta al cambiar la estructura de la economía. 3) Si una nación desarrollada invierte en investigación y desarrollo, el progreso tecnológico reemplaza tecnologías obsoletas por otras más limpias. 4) El papel tanto del sistema político como los valores culturales son de suma importancia al momento de implementar políticas publicas amigables con el medio ambiente.

1.1.2 Justificación metodológica

La presente investigación si tiene acceso a la información, ya que para su posterior análisis utiliza datos de fuentes secundarias; el Banco Mundial (BM) para las variables de emisiones de CO₂ (toneladas métricas per cápita), población, PIB per cápita (US\$ a precios constantes del 2010), ARCONEL para Consumo de energía de eléctrica (kWh per cápita), la International Energy Agency (IEA) para Intensidad energética y de carbono. A su vez dispone de una población dada por una base comprendida entre 1988 al 2017 para el Ecuador de las variables antes mencionadas respectivamente.

1.1.3 Justificación práctica

El estudio de la presente investigación es relevante en cuanto al entorno social, económico y ambiental puesto que ayudará tanto al gobierno nacional como a la población, a efectuar un desarrollo sostenible sólido económicamente. Esta investigación tendrá su aporte en el ámbito de la economía ambiental.

La importancia de la investigación a nivel profesional, surge a partir de teorías económicas en materia ambiental. Dichos conocimientos se ampliarán a partir de la investigación planteada, el cual ayudará a establecer futuras investigaciones con respecto a la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental bajo la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets en el Ecuador, y a su vez a obtener resultados que permitan dar solución al fenómeno del problema ambiental que es un tema crucial a nivel mundial, así como también a mejorar la calidad de vida de la población ecuatoriana, alcanzando un desarrollo sostenible sólido y de calidad en el largo plazo.

1.1.4 Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la relación entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental en la economía Ecuatoriana?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar la relación entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental en la economía Ecuatoriana, desde la perspectiva energética en el periodo 1988 – 2017.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de las variables energéticas, económicas y ambientales de la economía ecuatoriana, en el periodo 1988 – 2017.
- Aplicar un modelo econométrico para determinar la causalidad entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental.
- Determinar los factores que inciden en el nivel de emisiones desde la perspectiva energética en la economía Ecuatoriana en el periodo 1990 – 2015.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 *Antecedentes investigativos*

2.1.1.1 *Postulados de la economía ambiental*

Bajo la percepción de estudios de diferentes autores, la relación entre crecimiento económico y medio ambiente es uno de los temas más debatidos a lo largo de varios años en todo el mundo en lo que concierne a la literatura de economía ambiental (Martínez, 2004; Ahmed & Long, 2012; Zilio, 2012; Iglesias, Arango, Moya, & Álvarez, 2013; Catalán, 2014; Pinzón & González, 2018).

Resulta evidente que el cuidado del medio ambiente es un tema importante para todos, de esta forma la “Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo” impulsa un estudio llamado “Nuestro Futuro Común” o “Informe Brundtland” basado en el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono y el decline de la biodiversidad (Rentería, Toledo, Benavides, & Jiménez, 2016). Cabe señalar que el énfasis económico en el campo ambiental surge a partir de problemas como la contaminación de los océanos, el deterioro de la capa de ozono, la destrucción de bosques y el cambio climático en la década de los 80 del siglo XX (Pacheco, 2017).

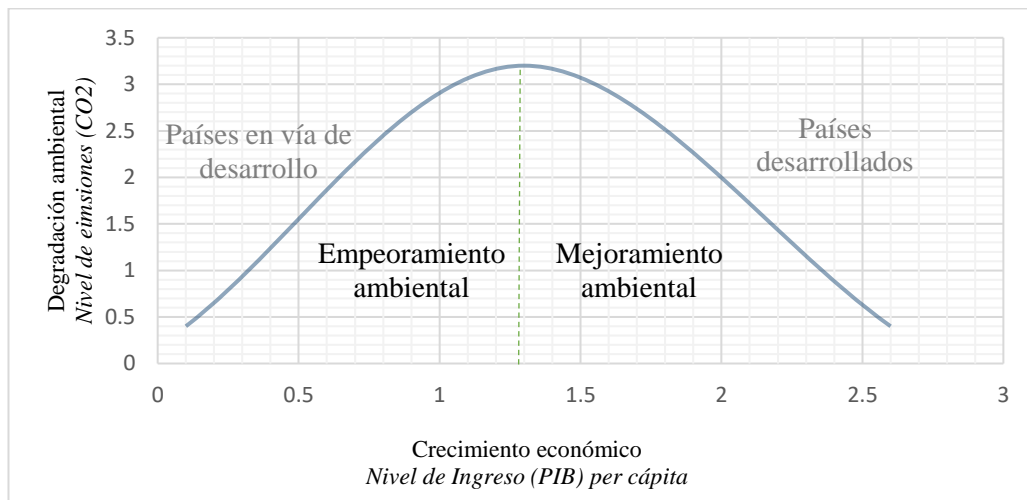
En este sentido el enfoque de la economía ecológica evidencia que los países desarrollados pueden reducir su contaminación, sin embargo sus patrones de consumo siguen siendo perjudiciales, ya que el exceso de bienes producidos representa un impacto negativo para el medio ambiente. De ese modo es necesario dar un balance entre el consumo de recursos, energía y calidad de vida (Pacheco, 2017; Schmalbach, Avila, & Ibargüen, 2018; Pinzón & González, 2018).

2.1.1.2 *Evidencia empírica de la Curva Medioambiental de Kuznets*

La relación de la U invertida de Kuznets es la mejor alternativa para explicar la relación expuesta entre crecimiento económico y degradación ambiental. A medida que el PIB per cápita se eleva, la contaminación también lo hace (la contaminación aumenta con

el crecimiento económico) hasta cierto punto de ingreso, donde empieza a reducirse. Es así que el crecimiento económico es un elemento clave que mejorará sin lugar a duda la calidad del medioambiente. Dicha relación se basa en un concepto determinista del ingreso, ya que si el ingreso se incrementa, de manera automática se conseguirá mejorar la calidad ambiental en el largo plazo (Saravia, 2005; Restrepo, Ramírez, & Montoya, 2005; López, Arreola, & Moreno, 2011; Robledo & Olivares, 2013).

Gráfico 1. Curva Ambiental de Kuznets (CAK)



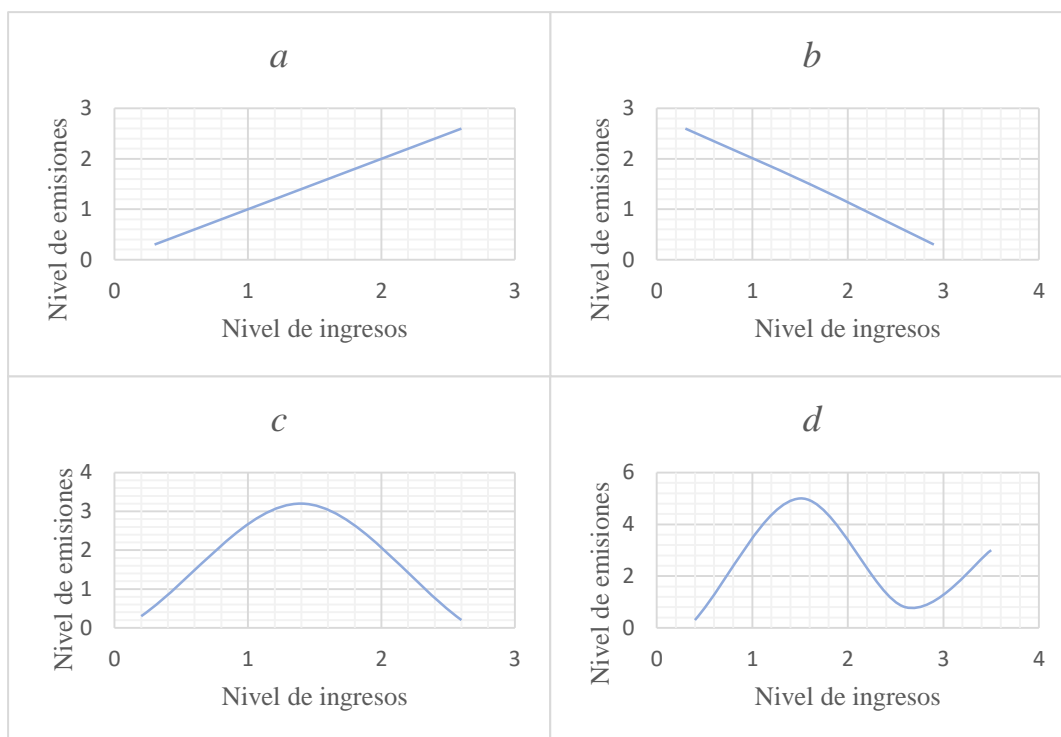
Fuente: Versión adaptada de Catalán (2014) & Pacheco (2017).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

En varios estudios se afirma que la pendiente de la CAK se debe a los efectos escala, composición y tecnología. El efecto escala; a mayor actividad económica, mayores residuos (emisiones de contaminantes) y finalmente mayor daño ambiental. El efecto composición; dado por cambios estructurales que generan mejoras en la calidad ambiental. El efecto tecnología; la inversión en investigación y desarrollo, la eficiencia en el uso de energía, fortalece el uso de tecnologías limpias. Estas dos últimas explican la pendiente negativa de la CKA a partir del *turning point* (Zilio, 2012; Catalán, 2014; Jebli & Youssef, 2015).

En este sentido, se puede decir que la CAK toma distintas formas con respecto a la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental, para lo cual Pinzón & Gonzales (2018) mencionan las siguientes restricciones:

Gráfico 2. Restricciones de la Curva Medioambiental de Kuznets



Fuente: Elaboración propia a partir de Pacheco (2017).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Considerando la relación existente entre el PIB per cápita (ingreso) y deterioro ambiental (emisiones de CO₂) para el caso de España. Los resultados muestran que la hipótesis de Kuznets se encuentra en fase creciente con respecto a la degradación ambiental (Esteve & Tamarit, 2012). Similarmente, en un estudio realizado sobre las implicaciones para un crecimiento sustentable Catalán (2014) explora la validez de la hipótesis de la CAK para una muestra de 144 países, mediante la relación entre emisiones de CO₂ y PIB per cápita, refleja una curva en forma de *N*, donde los países con bajos ingresos elevan las emisiones de CO₂.

Por otra parte, a través de un modelo econométrico en forma reducida para una serie temporal de datos, se busca evidenciar la hipótesis construyendo una Curva de Kuznets para Chile con respecto a otros países (Argentina, Brasil, Portugal, Holanda, Sudáfrica, Nueva Zelanda), presenta resultados significativos entre las emisiones de CO₂ y el ingreso per cápita en el período de 1850-2010 para Chile y Argentina con respecto a otros países. En otro estudio, la relación de la hipótesis de Kuznets resulta evidente para el caso de Bosnia y Herzegovina, presenta una relación lineal mayor entre las

variables, lo que indica que se deben tomar medidas para reducir las emisiones (Mert & Bozdag, 2013; Apablaza & Contreras, 2016).

De esta forma la evidencia empírica en Ecuador abarca la relación entre economía, medio ambiente y consumo de energía, identifica tres líneas de investigación; a) Verificar la CAK, b) Estudios previos entre crecimiento económico y consumo de energía, c) combina las dos primeras líneas. Muestra resultados significativos (Rentería, Toledo, Benavides, & Jiménez, 2016).

2.1.1.3 Países en vías de desarrollo, economías desarrolladas y degradación ambiental

Por un lado a medida que las economías en desarrollo subsistan en la insatisfacción de necesidades básicas, la desigualdad en la distribución del ingreso, el marco institucional, los compromisos internacionales y las escasas medidas confiables de indicadores ambientales, son factores que hacen que las condiciones medioambientales dañinas persistan. Sin embargo pese a la menor atención que han recibido las economías menos desarrolladas en el análisis de la CAK, es evidente que su estudio toma mayor relevancia en este tipo de economías, ya que la degradación ambiental en ellas son mayores, sufren de sus efectos, además de carecer de recursos para cambiar sus actividades económicas a otras formas más sustentables (Zilio, 2012).

De otro modo, dado que las economías ricas destruyen los recursos naturales en mayor proporción que las economías pobres, la degradación ambiental tiende a incrementarse dado sus consumos. A medida que la estructura económica de un país cambia (de la economía agrícola a una industrial), dicha degradación se incrementa y disminuye cuando una economía del sector industrial cambia a una de servicios (López, Arreola, & Moreno, 2011; López G. C., 2013; Balsalobre, Herránz, Iniesta, & Cantos, 2016).

En este sentido, cuando un país se clasifica como desarrollado, se podrían encontrar ciertos fenómenos que invierten la relación entre degradación y crecimiento económico. Este cambio se debe al progreso tecnológico (tecnologías más verdes o limpias), un despertar civil por la conservación de la naturaleza o un cambio en la actividad económica (Schmalbach, Avila, & Ibargüen, 2018).

La hipótesis de la curva de Kuznets se apoya en el argumento de que mayores niveles de desarrollo implican un cambio estructural de la economía a favor del sector tecnológico. Los procesos de producción se basan en tecnologías más eficientes que ayudan a conservar los recursos naturales. La EKC muestra el desarrollo de una economía en el tiempo, en una primera fase es una economía basada en el sector agrícola, en una segunda fase se desarrolla la industria y después de un punto de inflexión, la economía sustenta su crecimiento en tecnologías eficientes y limpias (Catalán, 2014; Pacheco, 2017).

No obstante, para un estudio realizado para 29 países (14 desarrollados y 15 en desarrollo) Kong & Khan (2019) afirman que en cuanto al consumo de energía para industrias manufactureras, de construcción y de exportación de servicios comerciales, deben promover el uso de energías renovables que se reabastecen continuamente y que no se reducen directamente. De esta manera contribuyen a la disminución significativa de los GEI. De la misma forma pueden beneficiarse de una mayor estabilidad social, además de contar con un eficiente desempeño ambiental, aseguran el medio ambiente.

2.1.1.4 La innovación tecnológica como proceso de corrección ambiental

En el estudio realizado en Colombia, Restrepo (2004) explica que los países tienden a pasar por ciclos de vida tecnológicos, puesto que estos cambian sus sistemas económicos basadas en la agricultura a economías basadas en servicios. Dado que el sector servicios está asociado con impactos ambientales bajos, esto debido a la transición existente desde tecnologías altamente contaminantes a tecnologías limpias, se espera que en el largo plazo los niveles de contaminación disminuyan.

Sin lugar a duda la tecnología ha sido entendida por una parte como el factor del conocimiento que ayudó al ser humano alcanzar el desarrollo industrial con logros significativos, que van desde la ingeniería espacial hasta el uso de las tecnologías de información. Por otra al no ser utilizada eficientemente ha contribuido a que el impacto ambiental se vuelva irreversible. A medida que la civilización se ha ido desarrollando, también lo ha hecho la degradación ambiental, sin tomar en cuenta que se puede utilizar tecnologías amigables con el medio ambiente (tecnologías verdes). Gabaldón (2006) citado en (De Plata & Plata, 2009) considera necesario implementar medidas que permitan el desarrollo sostenible en el área tecnológica, entre ellos:

- Programas de eficiencia energética.
- Reducción de la intensidad energética.
- Eco eficiencia.
- Desarrollo de tecnologías amigables con el medio ambiente.
- Desarrollo de la agricultura sustentable.

En este sentido, la CTS (ciencia, tecnología y sociedad) juega dos papeles relevantes; la primera es que la tecnología ha sido considerada como la responsable de todos los problemas que amenazan al planeta. Por otra parte viene a ser la solución para contrarrestar estos problemas. De este modo se crea dos perspectivas: la sociedad de riesgo que consiste en la crisis ecológica a partir de las decisiones humanas que han generado impactos negativos de carácter global y la modernización ecológica que considera a la ciencia y tecnología como aspectos clave para la transformación de los procesos de producción y consumo (Romero & Díaz, 2010).

No obstante las economías mejor desarrolladas, al invertir mayoritariamente sus recursos en investigación y desarrollo, reemplazan tecnologías obsoletas por otras más limpias contrarrestando los efectos negativos de la contaminación ambiental. En este caso, posteriormente una vez que las economías han alcanzado el estado postindustrial, se combinan la tecnología, la información y los servicios a favor de la mejora en calidad ambiental (López, Arreola, & Moreno, 2011; López G. C., 2013).

Resulta evidente que al destinar el gasto público en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) se tiene como resultado efectos positivos en el medioambiente. La innovación tecnológica es uno de los elementos clave en relación al crecimiento económico en el largo plazo, pues a medida que las economías mejoran en innovación tecnológica y conocimiento, también lo hacen en calidad ambiental. En este caso los esfuerzos tecnológicos tiene mucho que ver en la calidad del medioambiente (Balsalobre, Herránz, Iniesta, & Cantos, 2016; Lorente, Herránz, & Torres, 2016).

En términos concretos, el incentivo tecnológico para conservar los recursos se puede dar origen a partir de las señales del mercado; como el de la demanda de un ambiente limpio por parte de los consumidores incentiva a las empresas a utilizar tecnologías limpias (Restrepo, 2007). Para tratar los problemas medioambientales una de las alternativas clave es el uso de tecnologías verdes ligadas al proceso productivo, el cual

permite fortalecer la sostenibilidad de los recursos naturales. La tecnología destinada a la producción de conocimiento “*tecnologías limpias*” son más eficientes que las tecnologías destinadas al capital físico “*tecnologías obsoletas*” (Pacheco, 2017).

2.1.1.5 Otros factores determinantes en el deterioro ambiental

2.1.1.5.1 Legislación ambiental y compromisos internacionales

Bajo el marco de los problemas ambientales existe un sinnúmero de investigaciones donde se debate las medidas que se han implementado para contrarrestar la degradación medioambiental, entre ellos destaca estudios previos como:

Restrepo (2004) quien mediante un artículo expresa que una economía desarrollada la implementación de la política pública se basa en estimular el crecimiento económico para disminuir la contaminación ambiental. Sin embargo puede ser dirigida más eficazmente en una economía que se encuentra en proceso de desarrollo.

Por otra parte, Panayotou (2000) citado en López, Arreola & Moreno (2011) menciona cinco indicadores acerca de la calidad institucional: 1) respeto y fortalecimiento de los contratos, 2) eficacia de la burocracia, 3) eficiencia de las leyes, 4) la corrupción en el gobierno y 5) el riesgo de apropiación. A partir de estos indicadores concluye que la calidad de las políticas puede reducir significativamente la degradación ambiental en los países en desarrollo y fortalecerlos en países desarrollados.

Cabe señalar que para los países desarrollados la reducción de los efectos negativos sobre el medioambiente ha obtenido resultados positivos gracias al fortalecimiento de su regulación ambiental. Sin embargo estas mismas economías han relocalizado sus industrias más contaminantes en países en proceso de desarrollo (Zilio, 2012).

En un estudio realizado para la región Latinoamericana señala que el crecimiento económico viene a ser un elemento clave para mejorar la calidad ambiental, ya que estos se pueden dar simultáneamente y es necesario que las políticas implementadas tengan forma y diseño, es decir deben ser apropiadas para reducir la desigualdad en la distribución del ingreso en donde el crecimiento del PIB crea las condiciones óptimas para mejorar el entorno ambiental dada la demanda de un ambiente limpio a partir del crecimiento económico (Restrepo, Ramírez, & Montoya, 2005; López G. C., 2013).

De otro modo, el hallazgo de la relación entre el PIB per cápita y las emisiones de CO2 en Bosnia y Herzegovina, involucra políticas necesarias para reducir las emisiones. Al implementar leyes que permitan el crecimiento sostenible se puede evitar mayores problemas de contaminación en el futuro (Mert & Bozdag, 2013).

La problemática de la contaminación ambiental, se ve inmersa en cierta medida por los acuerdos internacionales que se han puesto en marcha con el objetivo de disminuir los niveles de degradación que esta sufre (Zilio, 2012). Entre los acuerdos principales que permiten mejorar la calidad medioambiental están las siguientes:

- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano.
- Grupo Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC).
- De Estocolmo a Río y el Desarrollo Sustentable.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo – Río'92 (Cumbre de la Tierra).
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables.
- La Cumbre Mundial sobre Desarrollo que precedieron a Johannesburgo.
- La Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable.
- Protocolo de Kyoto, Club de Roma.

Proyectos como el Protocolo de Kyoto permiten reducir las emisiones de los GEI. El objetivo principal es solucionar el problema del cambio climático y en virtud de que resulta un tanto difícil para algunos países comprometidos cumplir las reducciones pactadas, el protocolo presenta tres mecanismos para facilitar su logro; a) el comercio de emisiones, b) mecanismos de implementación conjunta y c) el mecanismo de desarrollo limpio (Zilio, 2012; Robledo & Olivares, 2013).

Por otra parte, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente realizada en Estocolmo, constituye el punto de referencia en la toma de la conciencia sobre el problema ambiental ligado al desarrollo económico. Uno de los proyectos que abarca la temática es el informe sobre los límites de crecimiento, donde se analizan los impactos ambientales derivados del crecimiento económico, es decir si el volumen de la actividad económica se incrementa también lo hará la degradación (Capó, 2009).

Con respecto al Club de roma, en la década de los setenta planteaba la necesidad de adquirir conciencia sobre la preservación de la sostenibilidad ambiental dentro de las actividades inmersas en los sistemas económicos. En este sentido, diversos Consejos Europeos, han sido muestra de interés hacia los problemas medioambientales, creando estrategias (que afectan al sector público y privado) con el fin de reducir dicho impacto (Lorente, Herránz, & Torres, 2016; Balsalobre, Herránz, Iniesta, & Cantos, 2016).

Cabe señalar que en los años setenta hubo iniciativas relevantes sobre el medioambiente, una de ellas la Conferencia de Estocolmo creada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), abarca temas como los impactos del subdesarrollo, el retraso tecnológico y los principios de defensa del medioambiente (Queiroz, 2018).

2.1.1.5.2 Ramas de la actividad económica y sectores

Dado que la actividad económica se desarrolla en varios sectores, resulta interesante saber que ante los cambios del crecimiento económico, sectores como el transporte, el residencial, el comercio e industrial han provocado que las emisiones de contaminantes y el uso de energía crezcan rápidamente, en especial en el sector industrial y de transporte (López G. C., 2011).

De otro modo el comercio internacional tiende a ampliar el tamaño de la economía y por ende también daño ambiental, ya que a medida que la regulación ambiental se fortalece en los países desarrollados, en los países en desarrollo se genera la contaminación intensiva, es decir las industrias sucias del sector industrial recaen sobre las economías más vulnerables (Zilio, 2012).

Según López (2013) en un estudio para el caso Latinoamericano, examina la relación entre crecimiento económico, estructura económica y emisiones contaminantes para trece economías del mismo. Indica que los sectores industrial y de servicios son los que más han incrementado las emisiones de CO₂ en América Latina en el periodo de 1980-2010. Sin embargo, esto depende del cambio estructural que pueda existir, es decir cuando una economía se mueve al sector terciario “servicios”, al sector primario “explotación de recursos naturales” o al sector secundario “manufactura” (Schmalbach, Avila, & Ibargüen, 2018).

En cuanto al sector energético, para el caso de Colombia se evalúa la validez de la CAK utilizando las variables: consumo de energía, el PIB per cápita con respecto a las emisiones de CO₂. Los resultados obtenidos son significados, en este caso presenta una forma de *N*, indican que el incremento del PIB per cápita, tiende a incrementar las emisiones de CO₂ hasta cierto nivel en el corto plazo. Esta puede ser causa de que al ser un país en desarrollo las posibilidades para que las emisiones de CO₂ se reduzcan son bajas (Pinzón & González, 2018).

2.1.1.5.3 Impacto del consumo de energía renovable y combustibles fósiles

En un estudio realizado para el caso de los CIVETS (Colombia, Indonesia, Vietnam, Egipto, Turquía y Sudáfrica), las emisiones de CO₂ son consideradas como las responsables del calentamiento global, razón por la cual su regulación es un tema vital a nivel mundial para los gobiernos. Dicho estudio muestra la incidencia del PIB y el consumo de energía sobre las emisiones de CO₂, revelando una relación positiva, donde se debería implementar mecanismos para la conservación del medio ambiente y el uso eficiente de la energía (Robledo & Olivares, 2013).

Considerando el aporte de Mehdi & Slim (2015) exponen que la producción de electricidad a partir de fuentes renovables se ha incrementado. La producción de energía renovable puede estimular el comercio internacional, por una parte la producción de bienes implica mayor uso de energía renovable (más comercio de bienes requiere más energía para producir, consumir y transportar) y el exceso de producción se exporta. Por otro lado, si hay un excedente de producción de energía renovable, el exceso de producción se exporta a otros países con deficiencia. Es así como la relación del consumo de energía renovable y el comercio internacional está vinculados.

De otro modo las emisiones de GEI se encuentran relacionadas con la intensidad energética, originada a partir del desempeño de múltiples factores de la actividad económica. La modificación del patrón de consumo energético hacia las energías renovables puede influir sobre el nivel de emisiones, evaluando la eficiencia energética a través de medidas de I+D+i energéticas orientadas a reducir el índice de intensidad energética. Por lo tanto, resulta evidente que las medidas de I+D+i energética son de gran importancia en la reducción de emisiones de GEI, conforme mayores sean las innovaciones se espera una mayor reducción del nivel de intensidad energética y, a su

vez, el nivel de emisiones. En este sentido, la I+D+i energética adquiere un efecto positivo sobre la calidad ambiental (Balsalobre, Herránz, Iniesta, & Cantos, 2016).

Bajo esta premisa, para lograr la eficiencia energética hay varias medidas que se pueden aplicar, entre ellas la innovación en el sector energético que podría ser de gran utilidad en el proceso de corrección medioambiental, donde el ciclo económico al estar ligado con la promoción de energías renovables impulsadas a partir del crecimiento económico sostenible resulta eficiente (Lorente, Herránz, & Torres, 2016).

La relación entre el consumo de energía y emisiones de CO₂ en la economía ecuatoriana se ve inmersa en el marco de la CAK. Con respecto al uso de energía, grandes cantidades son utilizados para el desarrollo económico de varios países, y resulta evidente que las fuentes de energía deben ser sustentables; una disminución del uso de energía y una mejora en la eficiencia energética podría reducir eficientemente las emisiones de dióxido de carbono. En el Ecuador para desarrollar la evidencia empírica, se planteó una relación entre consumo de energía, PIB per cápita y emisiones de CO₂, los resultados muestran una relación significativa entre las variables mencionadas (Rentería, Toledo, Benavides, & Jiménez, 2016; Sarango, 2018).

No obstante, la problemática medioambiental se ha dado desde décadas atrás como consecuencia de la sobreexplotación de fuentes energéticas de origen fósil, dado el caso es necesario condicionarse al factor de la sostenibilidad medioambiental (Balsalobre, Herránz, Iniesta, & Cantos, 2016). El impacto del uso de combustibles fósiles en el medio ambiente ha sido evidente, Shahbaz & Sinha (2018) basándose en estudios previos, concluyen que el consumo de energía a base de combustibles fósiles tiene un impacto directo positivo en las emisiones de CO₂.

En efecto, existe una relación entre energía y desarrollo sustentable, basada en tres dimensiones: a) dimensión económica, la energía es elemento clave del crecimiento (proceso de transformación de insumos a bienes y servicios finales), b) dimensión social, cuando el uso de energía se convierte en el principal elemento para satisfacer las necesidades básicas, c) dimensión ambiental, indica que el uso de energía es la principal fuente de degradación ambiental (extracción y producción de combustibles) (Sánchez & Caballero, 2019).

En términos concretos la Curva Medioambiental de Kuznets es un tema relevante que ha llevado a expertos y no expertos a realizar diversas investigaciones a nivel mundial con el fin de comprobar su existencia. En la tabla 1 se detalla algunas investigaciones llevadas a cabo, las mismas que nos ayudaran en la identificación de variables para la economía ecuatoriana.

Tabla 1. Evidencia empírica sobre la CAK

Autores	Lugar	V. dep	V. indepts	Método	Resultados
Selden y Song (1994)	30 países (1973-1984)	SO ₂ NO _x CO	* PIB per cápita * Densidad Poblacional	P	CAK, relación significativa
Grossman y Krueger (1995)	32 países (1977-1988)	CO ₂ , TPS	* PIB per cápita * Densidad poblacional * Variable Dummy	P	CAK, relación significativa
Saravia A. (2002)	América Latina y el Caribe (1980-1997)	CO ₂	* PIB real per cápita * GINI	Análisis marco de la hipótesis	\, relación negativa
Restrepo et. al (2005)	Colombia (1975-2000)	SO ₂ CO ₂ DBO	* PIB per cápita * LP * GINI	MCO	CMC, fase creciente a la CAK
Parrilla J. (2009)	Europa (1992-2003)	CO ₂ GEI NO _x CO SO ₂	* PIB per cápita * Tipos de cambio	MA & RD	CAK, relación significativa
López C. (2013)	13 países de América Latina (1980-2010)	CO ₂	* PIB per cápita * CO - IDH * Sector: industrial, agrícola y servicios	AC & P	CAK, relación significativa
Robledo J. & Olivares W. (2013)	CIVETS (1985-2007)	CO ₂	* CO * PIB per cápita	CP	CAK, relación causal a largo plazo
Lorente et. Al (2016)	25 países de la OCDE (1992-2010)	GEI	* PIB per cápita * RDET	P _{EF}	/, influencia positiva
Pacheco G. (2017)	México (1960-2016)	CO ₂	* PIB per cápita	MCO	CAK, relación significativa
Pinzón D. & González C. (2018)	Colombia (1971-2014)	CO ₂	* PIB per cápita * CO	VEC	N, relación significativa leve
Kong Y. & Khan R. (2019)	29 países: 14 desarrollados y 15 en desarrollo (1977-2014)	Emisiones contaminantes	* PIB per cápita (sectores económicos y exportaciones)	MMG	CAK, relación significativa entre EC y el sector manufacturero

Abreviaturas		
<i>Metodología</i>	<i>Resultados</i>	<i>Variables</i>
P → Panel	/ \ → Curva con pendiente positiva o negativa	CO ₂ → Dióxido de carbono
P _{EF} → Datos de panel con efectos fijos	N → Curva en forma de N	SO ₂ → Dióxido de azufre
CP → Cointegración en datos de panel	CAK → Curva en forma de U invertida	NO _x → Óxido de nitrógeno
MMG → Método de momentos generalizados	CMC → Curva monótonamente creciente, sin punto de inflexión	CO → Monóxido de carbono
MCO → Mínimos cuadrados ordinarios		TPS → Total de partículas suspendidas
AC & P → Análisis de convergencia y panel		RDET → Gasto público en I+D+i energético
VEC & C → Modelos VEC y cointegración		CE → Consumo de energía
MA & RD → Modelos autorregresivos y retardos distribuidos		IDH → Índice de desarrollo Humano
		GINI → Distribución del Ingreso
		LP → Libertades políticas
		DBO → Demanda bioquímica de oxígeno

Fuente: Elaboración propia a partir de Sánchez & Caballero (2019)

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

2.1.2 Fundamentos teóricos

2.1.2.1 Variable Dependiente: Emisiones de CO₂

2.1.2.1.1 Economía

Para Gilpin (2003, pág. 1), autor del libro “Economía ambiental Un análisis crítico”, la economía es una ciencia social encargada de estudiar la forma en que los seres humanos, intentan adaptar recursos escasos a sus necesidades mediante procesos de producción, distribución, consumo e intercambio. Son varias las definiciones hechas lo largo del tiempo, entre ellas:

Adam Smith (1776) en su obra “La naturaleza y las causas de la riqueza de las naciones” lo define como el estudio de la riqueza de una nación y el libre mercado.

John Stuart Mill (1848) en su obra “Principios de Economía Política” la define como la ciencia de la generación y distribución de la riqueza.

Lionel Robbins (1932) en su ensayo “La naturaleza e importancia de la ciencia económica” lo define como la ciencia que estudia el comportamiento humano y la relación entre sus medios escasos.

En este sentido la economía estudia la forma como una sociedad gestiona sus recursos escasos (Mankiw, 2007, pág. 3).

Economía del bienestar social

Cosiste en el estudio de la viabilidad social de la disposición alterna de las actividades económicas que implican la asignación de recursos (Gilpin, 2003, pág. 6).

2.1.2.1.2 Economía Ecológica

Por una parte la ecología era según Haeckel, el estudio de la economía de la naturaleza, por otra, la economía es la ecología de los humanos. En términos prácticos, la economía ecológica pretende construir la relación interdisciplinaria entre ambas ciencias, de forma que se pueda entender la ciencia humana como un elemento de la naturaleza que realizará las primeras metas de la ecología (Costaza, Daly, Cumberland, Goodland, & Norgaard, 1999, pág. 41). Resulta evidente que el enfoque de los economistas está relacionado con el hombre, cuyo fin consiste en satisfacer las necesidades de la comunidad. Mientras que el de los ecologistas hace referencia a todas las formas de vida existentes y su relación con el ambiente (Gilpin, 2003, págs. 1,22).

Por lo tanto, la palabra griega *oikos* que significa “casa” se encuentra inmersa en el término “eco”, presente en la ecología y economía. La ecología es el estudio del gobierno de la casa de la naturaleza y la economía es el estudio del gobierno y gestión de la casa en las sociedades humanas. La ecología se define como el estudio de las relaciones entre plantas, animales y ambiente. La economía, como la forma en que los seres humanos subsisten y satisfacen sus necesidades. Por lo tanto, Common & Stagl (2008, pág. 1) definen a la economía ecológica como:

“El estudio de las relaciones entre el gobierno de la casa de los seres humanos y el gobierno de la casa de la naturaleza. Es decir, es el estudio de las distintas interacciones entre sistemas económicos y sistemas ecológicos”.

Alrededor de la década de 1970, la economía neoclásica empezó a interesarse en el medio ambiente natural incluyendo dos subdisciplinas; *la economía ambiental*; encargada de observar lo que la economía introduce en el medio ambiente y los problemas de contaminación ambiental, y *la economía de los recursos naturales* que se ocupa de lo que la economía extrae del medio ambiente y de los problemas asociados con el uso de los recursos naturales. Dicho de otra forma la sostenibilidad y el desarrollo sostenible son temas centrales en la economía ecológica, definida como la ciencia de la sostenibilidad (Common & Stagl, 2008, pág. 11).

De otro modo en el libro “Economía Ambiental un análisis crítico” define a la economía ambiental como una rama especializada de la economía que incluye problemas de control de la contaminación, cambio climático, protección del ambiente natural, conservación de los recursos escasos, biodiversidad e instrumentos económicos (Gilpin, 2003, págs. 17-20).

2.1.2.1.3 Degradación ambiental

La degradación ambiental no es algo nuevo, a lo largo de varios años, la tierra que ha sido dañada con anterioridad sigue siendo improductiva en la actualidad. La escala ha crecido rápidamente (un efecto negativo de la civilización), ya que el 97% de nuestra alimentación proviene de la tierra. El 35% de la tierra ha sido degradada y va en aumento, en gran parte es irreversible. Este fenómeno debe ser una señal de que hemos excedido la capacidad regeneradora de los recursos de la tierra (Costaza, Daly, Cumberland, Goodland, & Norgaard, 1999, pág. 14).

Si bien es cierto que el crecimiento económico conlleva a una demanda creciente de recursos naturales, la actividad económica transforma el mundo natural ocasionando una excesiva extracción de recursos, es lo que se refiere a la degradación ambiental. Esto se debe a que muchos recursos naturales son compartidos y su valor real no es pagado por aquellos que lo usan (Seinfeld, Cuzquén, Farje, & Zaldívar, 1998, págs. 30,42).

2.1.2.1.4 Emisiones de CO2

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, inofensivo en concentraciones normales. De hecho, las plantas sintetizan en sus tejidos una parte del mismo, así como también los océanos. El CO₂, producto de la combustión e inhalación se absorbe en la atmósfera a través de las estomas de las hojas, se transforman en compuestos como el azúcar, almidón, carbohidratos, proteínas y grasas. Sin embargo a niveles más altos medidas para controlar el incremento del CO₂, esto mediante una mayor eficiencia en el uso de la energía y en la conservación de los bosques (Gilpin, 2003, págs. 243,244).

Por otra parte para Sachs (2008, pág. 103), autor del libro “Economía para un planeta abarrotado” define al dióxido de carbono como:

Un gas presente en la atmósfera de la tierra en forma natural. En este punto los árboles absorben el CO₂ atmosférico en la fotosíntesis produciendo carbohidratos, mientras que los animales lo descomponen al digerirlo, devolviendo el CO₂ al aire. Sin embargo al quemar combustibles fósiles (carbono de los combustibles + el oxígeno atmosférico), se libera el CO₂ en una escala mayor.

De esta forma el periodo de vida atmosférico del CO₂ varía de cinco a varios cientos de años según el sumidero que opere en su eliminación. Por lo tanto el CO₂ abarca el 70% del calentamiento global en su totalidad (Common & Stagl, 2008, pág. 487).

2.1.2.2 Variable Independiente 1: PIB Per cápita

2.1.2.2.1 Objetivos macroeconómicos

Según Morcillo (2006, pág. 1) expresa que al presentar una visión simplificada de la realidad, la macroeconomía se basa en una serie de variables con el fin de implementar objetivos para el diseño de la política macroeconómica, este a su vez permitirá actuar sobre el nivel de la actividad económica. Entre los objetivos más relevantes dentro de la macroeconomía se encuentran:

- a. El crecimiento de la producción
- b. El empleo
- c. La estabilidad de nivel de precios

2.1.2.2.2. Macroeconomía

El término de macroeconomía se refiere al estudio de la economía como sistema, hace referencia a los grandes agregados, uno de ellos la demanda total de bienes por parte de los hogares o el gasto total de las empresas tanto en maquinaria como en edificios (Begg, Fischer, Dornbusch, & Díaz, 2006).

En este sentido, la macroeconomía se define como el estudio del desempeño de las economías nacionales y de la economía global (Parkin, 2009, pág. 2).

Para Mankiw (2007, pág. 20), autor del libro “Principios de economía” proporciona la siguiente definición de macroeconomía:

La macroeconomía es el estudio de diferentes fenómenos que afectan a la economía en sí, tal es el caso de la inflación, el desempleo y el crecimiento económico, entre otros.

2.1.2.2.3 Crecimiento económico

El crecimiento per cápita de la población en la producción de bienes y servicios para satisfacer las demandas como; los bienes y servicios para consumo interno, las exportaciones para pagar las importaciones, entre otros, es lo que se conoce como crecimiento económico. Dado que este mide la variación del PIB a lo largo de un periodo determinado, se puede definir al crecimiento económico como el incremento del PIB (Gilpin, 2003, pág. 14; Sachs, 2014, pág. 36).

Por otra parte, es la tasa de variación de la renta o producción real (Begg, Fischer, Dornbusch, & Díaz, 2006).

En cambio para Common & Stagl (2008) en su libro “Introducción a la Economía Ecológica” expresa que el crecimiento económico se refiere a los incrementos continuos del ingreso nacional per cápita.

De otro modo, el crecimiento económico es la expansión de las posibilidades de producción de una economía, el mismo que es representada como un desplazamiento hacia fuera de la FPP (Frontera de Posibilidades de Producción). Es medida a partir del incremento del producto interno bruto real. Resulta evidente que el crecimiento

económico incrementa el nivel de vida, sin embargo no elimina la escasez (Parkin, 2009, pág. 463).

2.1.2.2.4 PIB Per cápita

El PIB per cápita hace hincapié a la renta y el gasto de la persona media de una economía, por ende es un indicador que representa el bienestar económico de una persona (Mankiw, 2007, pág. 314).

De otro modo el PIB per cápita no es más que el PIB dividido por la población. Mide el tamaño medio de la porción que recibe cada persona (Sachs, 2014, pág. 33).

Forma de cálculo:

$$PIB_{PC} = \frac{PIB}{POBLACIÓN} \quad [1]$$

2.1.2.3 Variable Independiente 2: Consumo de energía

2.1.2.3.1 Economía de los recursos naturales

Para Seinfeld, Cuzquén, Farje & Zaldívar (1998) autores del libro “Introducción a la economía de los recursos naturales y del medio ambiente” afirman que la economía de los recursos naturales hace referencia a dos ciencias, por una parte a la economía y por otra a la ecología. En otras palabras está estrechamente relacionado con ambas disciplinas, y se define como:

La forma más eficiente de aprovechar los recursos naturales para satisfacer las necesidades de una sociedad (pág. 13).

Según Gilpin (2003, pág. 103) define a un recurso natural como la fracción (agua, tierra, minerales, fauna silvestre, flora, manglares, bosques, montañas, y los recursos ambientales entre otros) del ambiente natural. Son considerados como factores de producción dentro de toda actividad económica. Los recursos naturales pueden ser de diferentes tipos, entre ellos:

- ✓ Recursos no renovables: Como el caso del carbón, petróleo, gas natural, uranio, y minerales, mismos que al ser consumidos, no vuelven a existir en su forma natural.

- ✓ Recursos renovables: Se refiere a aquellos conjuntos de seres bióticos capaces de reproducirse como el agua, los peces, la madera y las cosechas.
- ✓ Recursos no fácilmente valuados: Como el panorama y los recursos con un valor existencial, valorados por sí mismos.
- ✓ Especies exóticas y el peligro de extinción: Estos pueden reducirse hasta llegar a ser irreversibles, y como consecuencia desaparecerán sin reparo alguno.

Economía del Hidrógeno

Es un modelo económico energético, en el cual el hidrógeno es aprovechado para la producción y el uso de energía, el mismo que es generada a través de electrólisis, para después almacenarlo y posteriormente utilizarlo para la generación de energía. El hidrógeno permite sustituir la gasolina en motores de combustión (fuentes de energía), en el consumo doméstico y sirve como insumo para procesos industriales (Common & Stagl, 2008).

2.1.2.3.2 Energías renovables

Antes de definir las energías renovables, es necesario definir el término de *energía*. Por lo tanto la energía es el potencial de proporcionar calor (Common & Stagl, 2008, pág. 261). Entre las fuentes alternas de energía se encuentran las siguientes:

- *Energía solar*: Energía que proviene del Sol.
- *Energía de las olas*: Energía proveniente de la fuerza de las olas.
- *Gas natural*: Proviene del suelo (hidrocarburos).
- *Energía geotérmica*: Proveniente del calor interno de la tierra.
- *Energía eólica*: Mediante turbinas o molinos de viento, la energía cinética del viento se transforma en electricidad.

En el libro “Energías renovable y eficiencia energética” según Rodríguez et al. (2008) Define a las energías renovables como:

“Aquellas cuyo potencial es inagotable, ya que provienen de la energía que llega a nuestro planeta de forma continua, como consecuencia de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de la luna” (pág. 16).

En otras palabras, la energía renovable se refiere a todo tipo de energía procedente de fuentes solares, geofísicas o biológicas, mismos que son renovados a través de procesos naturales a un ritmo superior o igual al de su utilización respectivamente. La energía renovable se obtiene de los flujos de energía permanentes que se encuentran presentes en el medioambiente natural. Pueden ser diversos tipos los recursos para su transformación tal es el caso de la biomasa, la energía solar, la energía mareomotriz y del oleaje, el calor geotérmico, la energía hidroeléctrica, energía térmica oceánica y la energía eólica (IPCC, Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011, pág. 38).

2.1.2.3.3 Consumo social de la energía

En términos concretos, por una parte el consumo se refiere a la utilización de bienes y servicios por parte de los seres humanos con el fin de satisfacer sus necesidades. Por otra parte la transformación de recursos naturales, cuyo destino es la creación de bienes y servicios, posteriormente requieren de una transformación de energía. A medida que la cantidad de recursos naturales extraída sea mayor, la cantidad de energía usada en la actividad económica también lo será. Por ende el nivel del flujo de energía refleja sin lugar a duda el tamaño del impacto ambiental (Common & Stagl, 2008, págs. 90,99).

En este sentido, según Díaz (2017), define al consumo social de la energía como la forma en el que las diferentes economías a nivel mundial consumen energía a lo largo del tiempo. Es decir aquellos países que cuentan con eficiencia energética en cuanto al consumo de energía son economías diferenciadoras del resto del mundo.

2.1.2.3.4 Consumo de energía

Históricamente, el desarrollo económico ha estado correlacionado con un mayor consumo de energía y por ende tiende a incrementar los niveles de emisiones de GEI. Dado que el crecimiento económico puede ser un factor subyacente relacionado con el incremento del consumo de energía, la disminución permanente de la intensidad energética vendría a ser primordial en el contexto del desarrollo sostenible. Es más, las economías en desarrollo y las economías desarrolladas podrían limitar su consumo de energía, adoptando tecnologías energéticas con gran eficiencia. Es necesaria una

cantidad mínima de energía para garantizar un nivel de vida aceptable (IPCC, Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011).

Por otra parte desde el punto de vista de la utilización de la energía, Rodríguez et al. (2008, pág. 17)

- ✓ *Energía primaria:* Se obtiene de forma directa de la naturaleza y corresponde a un tipo de energía disponible, entre ellos el petróleo, el carbón, el gas natural y las energías renovables.
- ✓ *Energía secundaria:* Se obtiene a partir de transformaciones de energía primaria. Es también conocida como energía final, por ejemplo la gasolina, la electricidad.
- ✓ *Energía útil:* Es aquella que el consumidor obtiene después de la conversión realizada por sus equipos de demanda. Así por ejemplo, la energía mecánica gastada en un motor, o también la energía luminosa en una bombilla.

En términos concretos el consumo de energía no es más que el consumo de energía en un período de tiempo determinado equivalente a los vatios multiplicado por el periodo de tiempo en cuestión. Es decir una unidad corriente de consumo de energía es el kilovatio por hora; esto corresponde a 1000 vatios por hora de consumo de energía (Sachs, 2008, pág. 459).

2.1.2.3.5 Intensidad energética

La intensidad energética se refiere al suministro de energía primaria total por cada unidad del PIB (IPCC, Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011).

2.1.2.3.6 Intensidad de carbono

La intensidad de carbono hace referencia a las emisiones de CO₂ por el suministro total de la energía primaria (IPCC, Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011).

2.1.2.4 Crecimiento económico y contaminación ambiental como tema controversial en el mundo

Si bien es cierto, a lo largo de varios años se ha realizado diversas investigaciones con respecto al cambio climático, en muchas de ellas se quiere comprobar la relación en forma de U invertida en emisiones contaminantes. Generalmente la política económica nacional y la internacional ignoran la cuestión medioambiental. El uso imprudente de los recursos ambientales genera una reducción en su capacidad de regeneración, a su vez limita la capacidad generadora del planeta. Es evidente que esta situación tiende a ocasionar grandes impactos en el medio ambiente. Sin lugar a duda es una problemática que se da desde años anteriores y se seguirá dando si no se hace algo al respecto (Arrow, y otros, 1995).

El cambio climático global viene a ser la evidencia de las desigualdades económicas y sociales existentes en el mundo. A pesar de que los tratados del clima confieren a los países desarrollados la responsabilidad de solucionar el problema, puesto que históricamente han consumido y emitido más emisiones que los países en desarrollo, no ha sido suficiente. Dado que esta situación es alarmante a nivel mundial, se requerirá más medidas para afrontar dicha consecuencia dada por los beneficios sociales, económicos y políticos. Por ejemplo en América Latina, un solo ciudadano norteamericano tiende a producir más gases de efecto invernadero que varios de otros países, esto se debe a que sus patrones de consumo se derivan del uso de combustibles fósiles y del uso del suelo en gran proporción (Feldmann & Furriela, 2001).

En un estudio realizado para el caso Latino americano López (2005) afirma que durante las últimas décadas, existe un creciente interés y una gran preocupación entre la economía y el medio ambiente. Resulta evidente que a partir de la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, el problema del cambio climático se ha convertido en un punto de referencia para su posterior expansión como tema controversial. De la misma manera, cabe mencionar que el interés de dicha relación para el caso de los países Suramericanos se debe a que el crecimiento económico suele promulgarse como sinónimo de bienestar social en un mundo globalizado, cualquier actividad toma como soporte al medio ambiente. Es tomada como soporte directo, cuando esta provee los recursos y la materia prima para la

producción de bienes y servicios, y de forma indirecta mediante los servicios provistos por el ecosistema (Schmalbach, Avila, & Ibarguen, 2018).

Resulta evidente que el problema de la contaminación ambiental adquiere importancia desde el momento en que una persona que contamina no solo se afecta a sí misma, sino también que esta se puede desplazar geográficamente a otros lugares. Dado esta situación el cambio climático viene a ser un problema global, debido a los cambios en la temperatura de la tierra, que son consecuencia de las actividades económicas de los países, entre ellos; actividades productivas e industriales, el transporte, la generación de energía y los residuos o basura (López G. C., 2013).

Por su parte Pérez (2014) citado en García & Ochoa (2017) manifiesta que la principal consecuencia del crecimiento económico es la producción masiva tanto de bienes como de servicios, porque genera mayor consumo, mayor producción sin tomar en cuenta los daños ambientales ocasionados por la actividad industrial. Dicho de otro modo a medida que la economía y la población crecen, se utilizan más recursos, se producen más residuos, ocasionando fuertes impactos sobre otras especies y sobre las futuras generaciones. Varios especialistas han determinado que el crecimiento económico tiene un efecto negativo sobre la calidad ambiental, razón por el cual su estudio resulta ser complejo.

Cabe señalar que el incremento de la contaminación ambiental y el crecimiento acelerado de la población, pone en riesgo el abastecimiento y la sustentabilidad de recursos en el futuro. De esta manera la relación entre el desarrollo económico y degradación ambiental ha permitido el surgimiento de varias teorías, entre ellas la conocida hipótesis Medioambiental de Kuznets, el cual plantea que en presencia del crecimiento económico, en una primera fase el daño ambiental tiende a incrementarse y posteriormente llegará a un equilibrio y se reducirá (Sánchez & Caballero, 2019).

2.1.2.5 La relación entre crecimiento económico y medio ambiente

La comprobación empírica de la relación entre crecimiento económico y deterioro ambiental ha sido un tema de intenso debate y en la mayoría de las investigaciones se han realizado bajo el marco de la curva de Kuznets (Capó, 2009; Zilio, 2012; Iglesias, Arango, Moya, & Álvarez, 2013; Catalán, 2014; Romero & Jesús, 2016).

En efecto, para comprobar la hipótesis de la CAK, varias investigaciones han utilizado algunos contaminantes para su análisis. Bajo esta premisa, Selden & Song (1994) encuentran los resultados empíricos para Colombia. Afirman que la Curva de Kuznets se ve relacionada con los contaminantes de aire, y retoman la variable CO₂ y el TPS (total de partículas suspendidas) de Grossman Krueger (1991), además incluyen otros como el óxido de nitrógeno (NO) y el monóxido de carbono (CO). Concluyen que las emisiones de los contaminantes y el PIB Per cápita están relacionadas. Indican que el crecimiento económico acelerado conduce a que las emisiones globales aumenten más en los años cercanos (corto plazo), pero declinan en años posteriores (largo plazo).

Similarmente en otro estudio, a partir de dicha hipótesis, se plantea como los contaminantes atmosféricos pueden transformar a la degradación ambiental en algo irreversible, dado que es uno de los temas más alarmantes de los últimos años. Al examinar el dióxido de carbono y el total de partículas suspendidas, como indicadores de contaminación del aire, incluyendo dos medidas para analizar cierta relación; a) La DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y la DCO (Demanda Química de Oxígeno). Se muestran resultados significativos entre la calidad de aire (como variable aproximada a la degradación ambiental) y el crecimiento económico (Grossman & Krueger, 1995).

No obstante en Venezuela, se da a conocer que la relación entre ecología (degradación ambiental) y economía (crecimiento económico), se apoyan simultáneamente uno a otro, para formar la estructura productiva de los países. En efecto, creyendo que el capital natural era infinito, el hombre utilizó todos los recursos hace dos décadas atrás (De Plata & Plata, 2009).

En este sentido, la relación entre crecimiento económico y medio ambiente es una cuestión controversial, donde se puede convivir una relación destructiva o de armonía mutua. Destructiva debido al aumento de la producción y por ende del consumo, sin ajustar los controles de explotación de recursos y la emisión de contaminantes. En armonía cuando la lucha por la conservación del medio ambiente está relacionado al crecimiento económico, ya que a medida que las economías crecen y se desarrollan se preocupan por la situación del medio ambiente y sus posteriores efectos (López, Arreola, & Moreno, 2011).

A partir del análisis de John Stuart, Stanley Jevons y Thomas Malthus, se contrasta la relación entre crecimiento económico y medio ambiente. Sin embargo hasta la década de los setenta del siglo XX se pone en marcha nuevas investigaciones con mayor énfasis; uno de ellos relacionado a los límites de crecimiento por Meadows, donde la mayoría de los modelos de crecimiento económico con respecto a las limitaciones de los recursos naturales y del medio ambiente consisten en una medida de renta per cápita e impacto ambiental (Pacheco, 2017).

De acuerdo a Monserrate et al. (2018) Los países en desarrollo tienden a experimentar tasas de crecimiento económico positivas que mejoran los indicadores de desarrollo humano, pero empeoran los indicadores ambientales. La contaminación y sus efectos aumentan cuando se busca el máximo ingreso real y disminuyen una vez se alcanza cierto umbral. Es decir la calidad ambiental se deteriora en la primera fase del crecimiento económico y posteriormente mejora, esta relación se presenta mediante la CAK.

2.2 Hipótesis

H0: No existe relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental en el Ecuador.

H1: Si existe relación entre crecimiento económico y la degradación ambiental en el Ecuador.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Recolección de la Información

3.1.1 Población, muestra y unidad de análisis

El universo de estudio para la presente investigación está representado por los datos de las variables: Emisiones de CO₂, Consumo de energía eléctrica y el Producto Interno Bruto todas en términos per cápita del periodo comprendido entre los años 1988 – 2017 para la CAK y Población total, Intensidad energética e Intensidad de carbono del periodo 1990 – 2015 para la identidad de KAYA en el Ecuador. La descripción de las variables se detalla en la tabla 2.

La base de datos fue tomada a partir de información secundaria. Como primera fuente el Banco Mundial (2019) “World Bank (WB)”, quien brinda información robusta de variables macroeconómicas a nivel mundial. Como segunda fuente la Agencia de regulación y control de electricidad “ARCONEL”, entidad que a más de ofrecer información estadística del sector eléctrico ecuatoriano, brinda consultas relacionadas con el control y su regulación. Como tercera fuente la IEA (International Energy Agency) y el sistema nacional de información, brindan datos robustos del sector energético a nivel mundial. Estos portales web son confiables ya que se han utilizado para varias investigaciones.

Tabla 2. Descripción de las variables

Variables	Símbolo	Unidad de medida	Base de datos
<i>Emisiones de CO₂</i>	CO ₂	Toneladas métricas per cápita	Banco Mundial (BM)
<i>Consumo de energía eléctrica</i>	CE	kWh per cápita	ARCONEL
<i>PIB per cápita</i>	PIB _{pc}	US\$ a precios constantes de 2010	Banco Mundial (BM)
<i>Población</i>	P	Población total	Banco Mundial (BM)
<i>Intensidad energética</i>	IE	Megajulios/PIB en USD del 2011	International Energy Agency (IEA)
<i>Intensidad de carbono</i>	ICO ₂	Kg del uso de energía equivalente de petróleo	International Energy Agency (IEA)

Fuente: Versión adaptada de Rentería et al. (2016).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Para la recolección de la información se utiliza el instrumento de la ficha de observación (ver anexo 1,2), en donde se especifica las variables para su respectivo análisis, el periodo comprendido entre los años para cada caso (CAK, KAYA) y el número de observaciones.

La confiabilidad del instrumento es válido ya que ha sido utilizada para fines específicos de varias investigaciones, ayudará a generar el modelo econométrico facilitando el análisis de las variables.

3.2 Tratamiento de la información

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo puesto que ayudará a alcanzar los objetivos planteados. Se utilizó estudios descriptivos como la media, la desviación estándar, el rango, gráficos de series temporales y diagramas de barras.

La información se procesó mediante un modelo econométrico, en primer lugar se procede a la recolección de datos y estructuración del modelo. Se utiliza como variable dependiente las emisiones de CO2 y como variables explicativas el consumo de energía eléctrica y PIB per cápita, mismas que son sometidas a estudios de estacionariedad, cointegración y causalidad para evidenciar la hipótesis de la CAK. El modelo se correrá a través del software estadístico GRETL. Por otra parte para hallar el nivel de emisiones de CO2 de acuerdo a sus factores incidentes desde la perspectiva energética se utiliza la ecuación de la identidad de KAYA, donde como variable dependiente se utiliza las emisiones de CO2 y como variables regresoras la población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbono.

Modelo econométrico a utilizarse

De acuerdo a Kuznets (1955) el modelo funcional de la relación entre degradación ambiental con respecto al crecimiento económico se presenta de la siguiente forma:

$$Da = f(PIB_p) \quad [2]$$

Donde Da representa la degradación ambiental y PIB_p el ingreso per cápita.

A partir de la evidencia presentada en la tabla 1, se establece que de acuerdo a la especificación econométrica se pueden agregar diferentes variables explicativas con

respecto a las emisiones de CO2 (uso de combustibles fósiles, uso de energías renovables, consumo de energía, entre otros) (Sánchez & Caballero, 2019).

Por consiguiente, el análisis inicia con un modelo de regresión múltiple entre las variables emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita), consumo de energía eléctrica (kWh per cápita) y PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010) los cuales mostraran la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental. El modelo econométrico según Gujarati & Porter (2010) es el siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + u_i \quad [3]$$

Donde:

β_0 = Término del intercepto

β_1, β_2 = Coeficientes de regresión parcial

Y_i = Emisiones de CO2 en el país i (Aproximador a la degradación ambiental)

X_{1i} = Consumo de energía en el país i (Aproximador al crecimiento económico)

X_{2i} = PIB per cápita en el país i (Aproximador del crecimiento económico)

u_i = Término de error

Cabe señalar que para reducir las relaciones espurias y suavizar las series de tiempo se agrega logaritmos al modelo econométrico. La ecuación [3] se presenta de esta forma:

$$LY_i = \beta_0 + \beta_1 LX_{1i} + \beta_2 LX_{2i} + u_i \quad [4]$$

Considerando lo anterior, y con respecto a la literatura presentada de la economía en el sector energético, se plantea la especificación del modelo econométrico ajustado al contexto ecuatoriano, y es el siguiente:

$$LCO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 LCE_{it} + \beta_2 LPIB_{it} + \beta_3 LPIB_{it}^2 + B_4 Dummy + u_{it} \quad [5]$$

Donde:

β_0 = Término de intercepto

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ = Coeficientes de regresión parcial

$LCO2_{it}$ = Logaritmo de las emisiones de CO2 en el país i , en el periodo t

LCE_{it} = Logaritmo del consumo de energía en el país i , en el periodo t

$LPIB_{it}$ = Logaritmo del PIB per cápita en el país i , en el periodo t

$LPIB_{it}^2$ = Logaritmo del PIB per cápita al cuadrado en el país i , en el periodo t , con el fin de probar la hipótesis de la *CAK*

Dummy = Representa los cambios estructurales que ha atravesado el país

u_{it} = Término de error

Cabe mencionar que se incluye la variable *Dummy* con el fin de capturar el cambio estructural que experimento el Ecuador en los años 1999 – 2000, durante la crisis económica y financiera. Esta variable toma el valor de 0 antes del 2000 y 1 a partir del 2000.

Para analizar el comportamiento de las variables; emisiones de CO₂, consumo de energía y PIB per cápita a lo largo del tiempo, se realiza un análisis descriptivo y estadístico, con el fin de dar alcance al objetivo uno de la investigación. Para ello se muestra diagramas de barras representadas por gráficos individuales de cada una de las variables. Los gráficos del 3 al 5 muestran dicho análisis. De la misma forma se presenta los principales estadísticos descriptivos; la media, desviación estándar, rango y un gráfico de series temporales con el fin de interpretar el comportamiento de las observaciones en los últimos 30 años.

Para determinar la causalidad de la relación entre crecimiento económico con respecto a la degradación ambiental y verificar la *CAK* la estrategia econométrica se divide en tres etapas:

Etapas 1: Verificar si las series son no estacionarias

En primer lugar, para verificar si las series son estacionarias o no, se realizó la prueba de raíz unitaria de Dickey y Fuller, cabe mencionar que para su estimación, primero se evalúa el número de rezagos óptimos mediante el criterio de información de Akaike (ver anexo 3). El punto de partida para su aplicación es a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad [6]$$

Donde, Δ es el operador de primeras diferencias, δ es el parámetro a estimar, Y_{t-1} variable estocástica de Y_t rezagada y u_t es el término de error con propiedades de ruido blanco respectivamente.

El test ADF plantea un modelo autorregresivo de orden I(1) y bajo el estadístico de tau se calcula los valores para cada caso según Dickey-Fuller (Y_t es una caminata aleatoria, Y_t es una caminata aleatoria con deriva, Y_t es una caminata aleatoria con deriva alrededor de una tendencia determinista), se considera los valores críticos del estadístico tau, y se procede a verificar la presencia de estacionariedad bajo tres hipótesis nulas dado los casos. Por lo tanto se considera el primer orden de integración de las emisiones de CO2, consumo de energía y PIB per cápita (Gujarati & Porter, 2010, pág. 754):

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \mu_t \quad [7]$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + \mu_t \quad [8]$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + B_2 t + \delta Y_{t-1} + \mu_t \quad [9]$$

Las ecuaciones [7], [8], [9] presentan la hipótesis del test de Dickey-Fuller, donde:

$H_0: \delta = 0$ La serie no es estacionaria (existe raíz unitaria).

$H_1: \delta < 0$ La serie es estacionaria (no existe raíz unitaria).

Etapas 2: Verificar la presencia de vectores de cointegración

Una vez que se ha comprobado la presencia de raíces unitarias en las series, se procede a verificar la presencia de vectores de cointegración a través de la prueba de cointegración de Johansen.

Para saber si hay al menos un vector de cointegración el test de Johansen toma en consideración los estadísticos de la Traza y Max-Eigen, mismos que permiten evidenciar la existencia de vectores cointegrantes con el fin de contrastar la relación de equilibrio a largo plazo entre las variables en análisis.

Los vectores de cointegración están sujetos a la hipótesis de ambos estadísticos bajo el siguiente criterio:

$H_0: r = 0$ No Existe vectores de cointegración.

$H_1: r = 1$ Existe un vector de cointegración.

$H_0: r \leq 1$ Cuando más existe un vector de cointegración.

$H_1: r = 2$ Existe más de un vector de cointegración

Etapa 3: Verificar la presencia de causalidad unidireccional

Posteriormente, se comprueba la existencia de causalidad unidireccional a través de la prueba de causalidad de Granger (1998). En primer lugar se evalúa el número de rezagos óptimos para su aplicación mediante el criterio de Akaike (ver anexo 4). El test de Granger permite confirmar la cointegración entre las variables en el largo plazo mediante el estadístico de tau sobre los residuos ($\hat{\mu}_t$), para este caso se toma el 5% de significancia de su valor crítico.

Se confirma la relación de equilibrio a largo plazo (causalidad) bajo la siguiente hipótesis:

$H0: \delta = 0$ Existe raíz unitaria (no hay relación cointegrante), no hay causalidad.

$H1: \delta < 0$ No existe raíz unitaria (hay relación cointegrante), hay causalidad.

Dado que según Granger si dos variables resultan estar cointegradas, la relación entre las dos se denomina mecanismo de corrección de errores (MCE). Se considera el número de retardos óptimo bajo los criterios de Akaike (AIC), Hannan-Quinn (HQC) y Schwarz (BIC) para su aplicación. Se estima el modelo VECM con el término de error de equilibrio: $\alpha_2 \mu_{t-1}$ o *uhat*, donde el valor absoluto α_2 determina la rapidez con el que se reestablece el equilibrio en el corto plazo y se espera que sea negativo (Gujarati & Porter, 2010). Es decir a partir del valor del largo plazo se puede estimar el comportamiento a corto plazo ($CP \rightarrow LP$). El modelo a considerarse es el siguiente:

$$\Delta LCO2_t = \beta_0 + \beta_1 LCE_t + \beta_2 LPIB_t + \beta_3 LPIB_t^2 + \alpha_2 \mu_{t-1} + \mu_t \quad [10]$$

Donde, α_2 es el coeficiente del término de error, μ_{t-1} es el valor rezagado del término de error y μ_t es el término de error de ruido blanco. Para obtener el turning point según Rojas et. al (2019) el PIB_{pc} a largo plazo debe ser inferior al de corto plazo.

Finalmente, se considera la ecuación [10], conjuntamente con las restricciones presentadas de la CAK para dar cumplimiento a la hipótesis de investigación.

Para determinar los factores que inciden en el nivel de emisiones desde la perspectiva energética se utiliza la identidad de Kaya, donde según Escolano (2006) y Rivas et. al (2013) señalan que a través de una expresión matemática se puede visualizar el grado en el que tanto el PIB per cápita como la población pueden afectar significativamente

al consumo de energía y este a su vez a las emisiones de CO2 (factor característico de como el crecimiento económico influye en la degradación ambiental). Cabe señalar que se presenta el comportamiento de algunos indicadores relacionadas a la identidad. La ecuación matemática es la siguiente:

$$CO2 = P * \left(\frac{PIB}{P}\right) * \left(\frac{Energía}{PIB}\right) * \left(\frac{CO2}{Energía}\right)$$

$$CO2 = P * \frac{PIB}{P} * IEnergética * ICO2 \quad [11]$$

Donde:

$CO2$ = Cantidad de CO2 emitidas a la atmosfera (emisiones de CO2).

P = Número total de habitantes.

PIB/P = Nivel de actividad económica medido en PIB per cápita.

$IEnergética$ = Intensidad energética

$ICO2$ = Intensidad de CO2 o Intensidad de carbonización, es decir el CO2 emitida de las fuentes de energía con respecto a las toneladas equivalentes de petróleo.

Posteriormente, se presenta la ecuación de proyección para el año 2025 y la ecuación con el cual se espera reducir los niveles de emisiones para el mismo año (Bremont & Martínez, s/a). Ambas ecuaciones se derivan de la Identidad de KAYA:

$$CO2 = CO2_{Tn} * (1 + CO2\%)^{tp-ta} \quad [12]$$

$$CO2 = CO2_p * (1 - \%) \quad [13]$$

Donde, $CO2$ son las emisiones de CO2, tp es el año proyectado y ta es el año actual.

3.3 Operacionalización de las variables

3.3.1 Variable independiente 1: Consumo de energía

Tabla 3. Operacionalización de la variable independiente 1: Consumo de energía

Concepto	Dimensiones o categoría	Indicadores	Ítems	Técnica e instrumentos
<p><i>Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)</i></p> <p>Se refiere a la tasa de consumo de energía eléctrica medida en kW per cápita.</p>	Producción y consumo de energía	✓ Producción de energía eléctrica renovable	Producción de energía eléctrica renovable en el Ecuador.	Ficha de observación de los datos de ARCONEL, IEA, SIN.
		✓ Consumo de energía	Consumo de energía por tipo de fuentes en el Ecuador.	
		✓ Demanda de energía	Demanda de energía por grupo de consumo	
	Intensidad de la energía y carbono	✓ Intensidad energética	Nivel de intensidad energética registrada en Ecuador.	
		✓ Intensidad de CO2 o de carbonización	Nivel de intensidad de CO2 registrado en Ecuador.	

Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de investigación.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

3.3.2 Variable independiente 2: PIB per cápita

Tabla 4. Operacionalización de la variable independiente 2: PIB per cápita

Concepto	Dimensiones o categorías	Indicadores	Ítems	Técnica e instrumentos
<p><i>PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010)</i></p> <p>Se refiere al aumento de los bienes o servicios en términos per cápita, es decir el producto interno bruto dividido para la población a mitad del año, tomada como base el año 2010 respectivamente.</p>	Crecimiento económico	✓ Producto interno bruto per cápita a precios constantes	PIB per cápita precios constantes en el Ecuador.	Ficha de observación de los datos del Banco Mundial (WB)
		✓ Variación del Producto interno Bruto per cápita a precios constantes	Tasa de variación del PIB per cápita a precios constantes en el Ecuador.	
		✓ Población	Población en el Ecuador durante el periodo 1988-2017.	
		✓ Crecimiento de la población	Variación en el crecimiento de la población del Ecuador en el periodo 1988-2017.	

Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de investigación

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

3.3.3 Variable dependiente: Emisiones de CO2

Tabla 5. Operacionalización de la variable dependiente: Emisiones de CO2

Concepto	Dimensiones o categoría	Indicadores	Ítems	Técnica e instrumentos
<p><i>Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)</i></p> <p>Las emisiones de dióxido de carbono hacen referencia a la concentración de sustancias químicas provenientes de la quema de combustibles fósiles, del consumo de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Estas emisiones corresponden a las toneladas métricas emitidas de CO2 por cada persona.</p>	Emisiones de CO2 emitidas por consumo de combustibles primarios	✓ Emisiones de CO2 del consumo de combustibles sólidos	Nivel de emisiones de CO2 por consumo de combustibles sólidos.	Ficha de observación de los datos del Banco Mundial (WB), IEA.
		✓ Emisiones de CO2 del consumo de combustibles gaseosos	Nivel de emisiones de CO2 por consumo de combustibles gaseosos.	
		✓ Emisiones de CO2 del consumo de combustible líquido	Nivel de emisiones de CO2 por consumo de combustibles líquidos.	
	Emisiones de CO2 emitidas por otro tipo de actividades	✓ Emisiones de CO2 originadas por el transporte	Nivel de emisiones de CO2 originadas por transporte.	
		✓ Emisiones de CO2 originadas por la industria manufacturera y construcción	Nivel de emisiones de CO2 originadas por la industria manufacturera.	
		✓ Emisiones de CO2 originadas por la producción de electricidad y calefacción	Nivel de emisiones de CO2 originadas por la producción de electricidad y calefacción.	

Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de investigación

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

CAPÍTULO IV

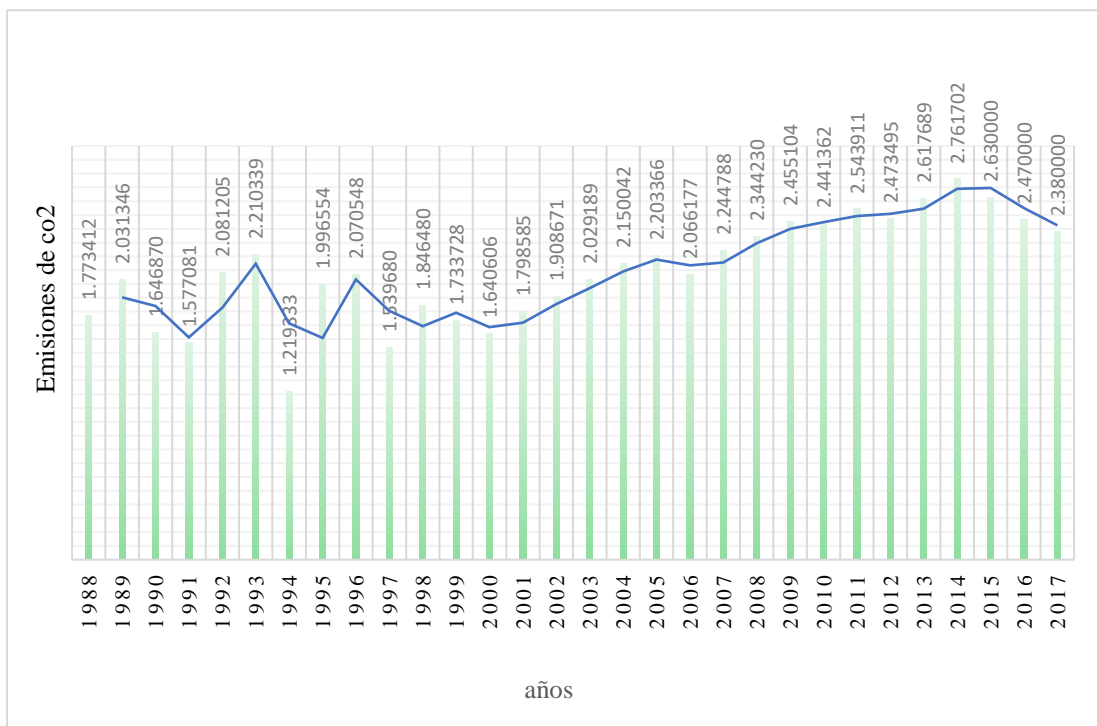
RESULTADOS

4.1 Resultados y discusión

Comportamiento de las variables energéticas, económicas y ambientales de la economía ecuatoriana

En primer lugar se muestra el comportamiento de las variables de estudio, mediante diagramas de barras, los principales estadísticos y gráficos de series temporales. Los gráficos del 3 al 5 muestran el comportamiento de las emisiones de CO₂, consumo de energía y PIB per cápita a lo largo del tiempo en el periodo comprendido de 1988-2017.

Gráfico 3. Evolución de las emisiones de CO₂ (toneladas métricas per cápita)



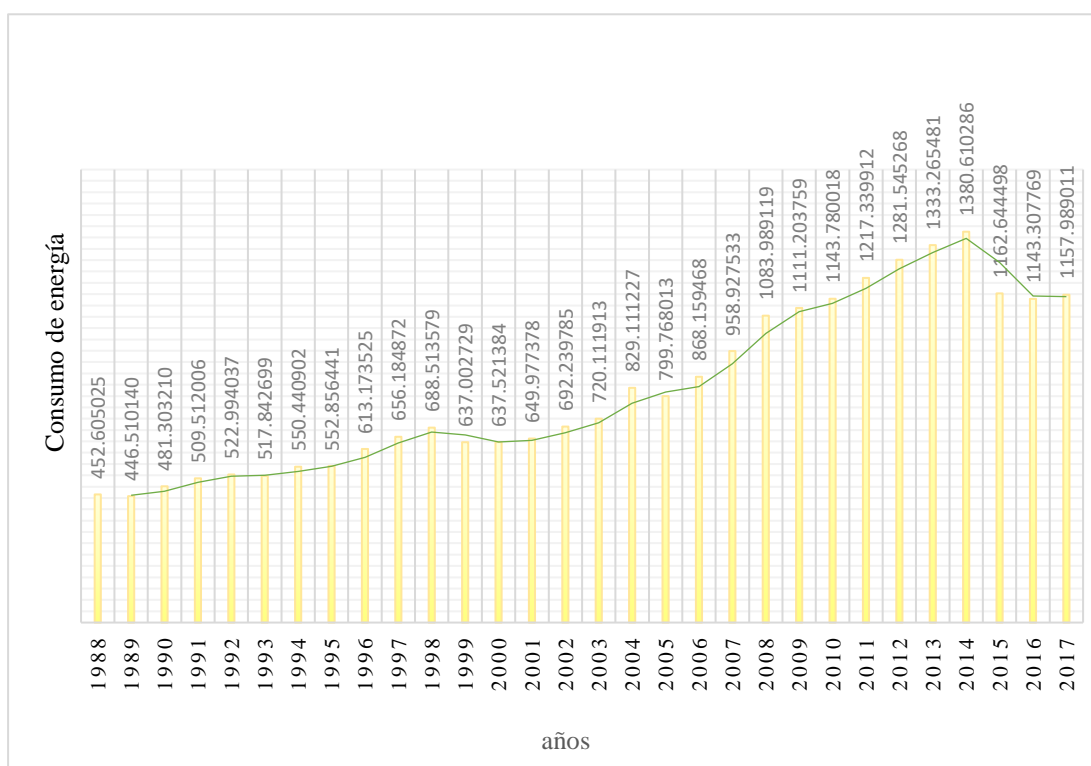
Fuente: Elaboración propia a partir de información del Banco Mundial.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

En el gráfico 3 se muestra la evolución de las emisiones de CO₂, es evidente que el tramo más bajo de emisiones se da en el año de 1994 con 1.21933 toneladas métricas. De otro modo se experimenta una tendencia creciente con 2.24478 toneladas métricas en los últimos años a partir del 2007 hasta 2.76170 toneladas en el 2014, con respecto

a los años anteriores. Sin embargo a partir del 2015 se observa una reducción leve de las emisiones de CO₂, pese a que el país cuenta con retos planteados para afrontar el cambio climático, como es el caso del Acuerdo de París suscrito bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático donde pretende salvaguardar la protección ambiental, no ha sido suficiente (Ministerio del Ambiente, 2016). Si bien es cierto a lo largo de estos últimos treinta años las emisiones se han incrementado, también se ha tomado medidas alternas para cambiar esta visión, sin embargo hace falta fortalecerlas.

Gráfico 4. Evolución del consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)



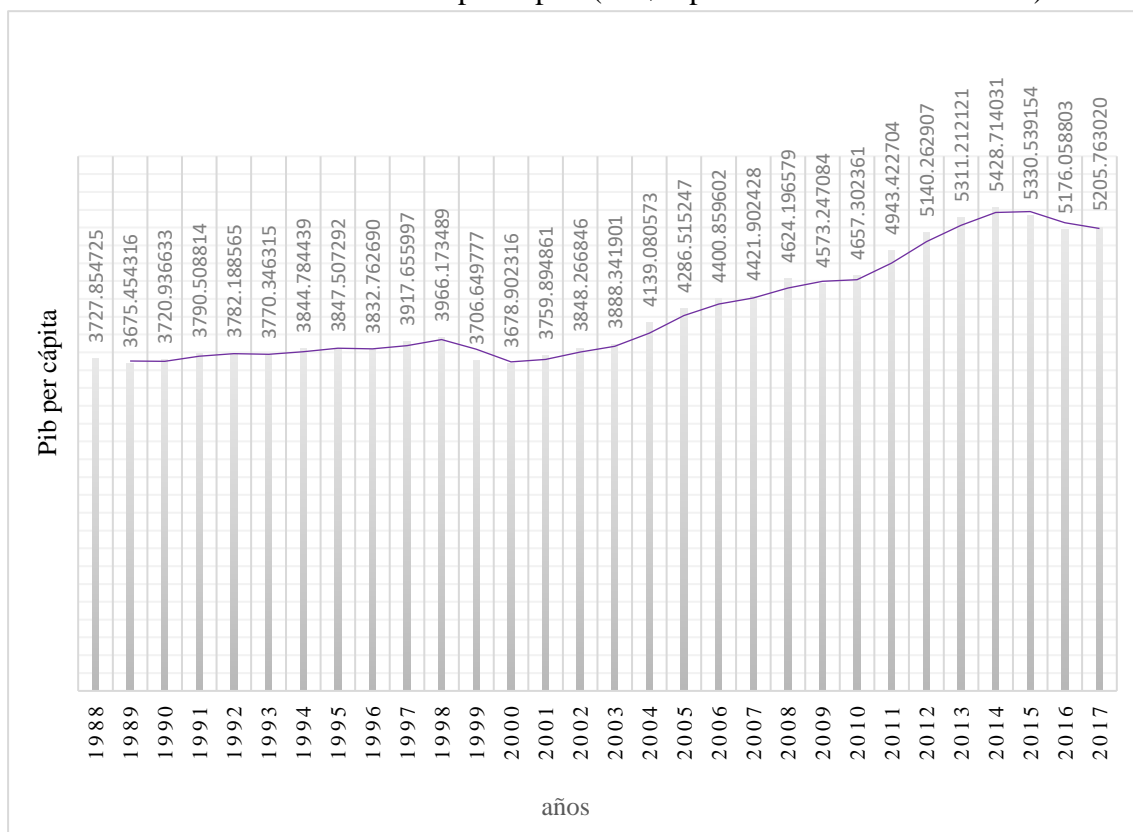
Fuente: Elaboración propia a partir del Banco Mundial, ARCONEL

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

En el gráfico 4 se observa la evolución del consumo de energía, donde se da un aumento del consumo de energía a partir del 2004 con 829. 11122 kWh per cápita hasta el punto máximo del 2014 con 1380.61028 kWh respectivamente. Esto se deriva de la alta demanda y un elevado consumo de energía a base de combustibles fósiles, mismo que ocasiona un incremento en las emisiones de CO₂. Sin embargo a partir del año 2015 se puede observar un descenso del consumo de energía, este puede ser un claro indicador de que el Ecuador ha optimizado la producción de energía optando por

utilizar fuentes de energía renovable y de este modo a reemplazado el consumo de combustible fósiles (AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD, 2015). Se puede inferir esta relación en el año 2014 de ambas variables.

Gráfico 5. Evolución del PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010)



Fuente: Elaboración propia a partir de información del Banco Mundial.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

En el gráfico 5, se muestra la evolución del PIB per cápita, mismo que experimenta una tendencia creciente en los periodos comprendidos entre 1988-2014 con 5428.71403 US\$ en este último, a partir del cual comienza a disminuir. De este modo al inferir los gráficos 3,4 y 5 se puede decir que un incremento del PIB per cápita, de cierto modo acelera el nivel de consumo de energía y por ende también las emisiones. Esto lleva a pensar que los países con bajos ingresos elevan las emisiones, sin embargo puede reducirse si se utiliza alternativas para mitigar este impacto (políticas ambientales sostenibles, uso de tecnologías limpias, eficiencia energética, etc.).

Para constatar lo antes mencionado se presentan los principales estadísticos y los gráficos de series temporales de cada una de las variables. En la tabla 6 se muestra los principales estadísticos descriptivos de las variables. Se observa una mayor desviación estándar (variabilidad) en el consumo de energía con respecto al PIB per cápita y el CO₂. Lo que quiere decir que el consumo de energía es el más sólido del grupo y va en aumento, del mismo modo que lo hace las emisiones de CO₂, y en lo que respecta a la contaminación, esta se incrementará. Por otra parte el PIB per cápita representa un promedio de 8.3525, lo que se traduce a la alza consecutiva de los niveles de ingreso.

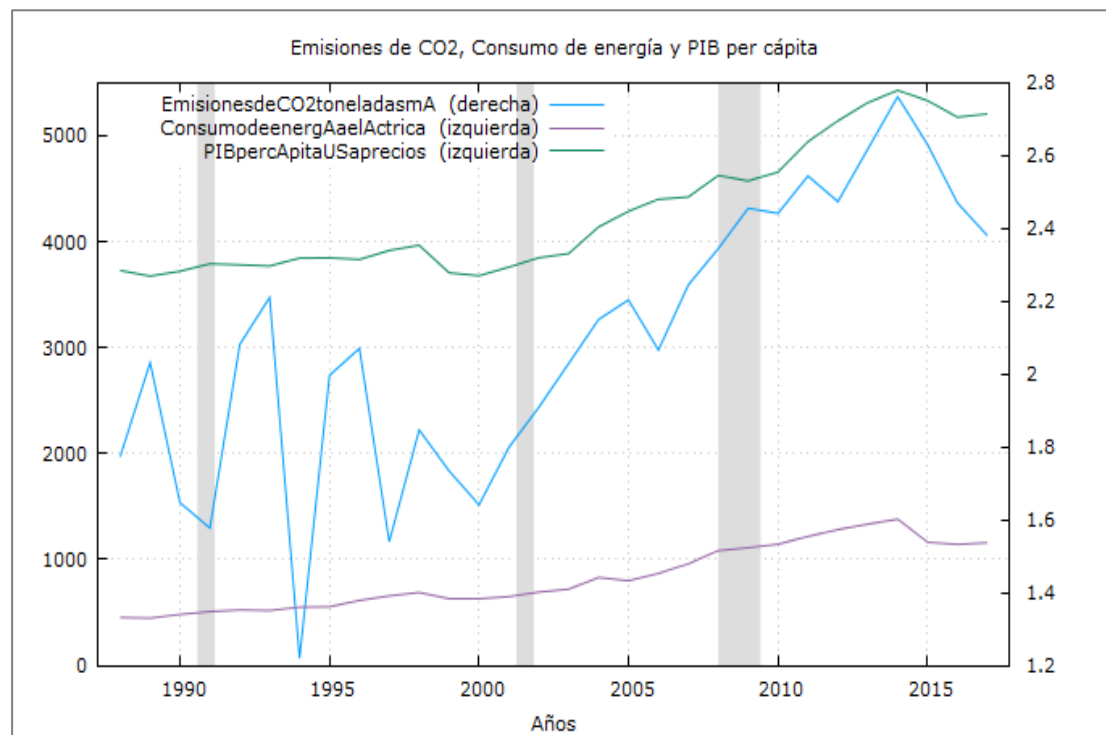
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de las variables

Variables	Obs.	Media	Desviación	Mín.	Máx.
LCO_2	30	0.72331	0.19053	0.19830	1.0158
LCE	30	6.6544	0.36132	6.1015	7.2303
$LPIB_p$	30	8.3525	0.13590	8.2094	8.5995

Fuente: Software econométrico GRETL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Gráfico 6. Gráfico de series temporales por grupos para emisiones de CO₂, consumo de energía y PIB per cápita



Fuente: Software estadístico GRETL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Posteriormente en el gráfico 6, se observa que las variables emisiones de CO₂, consumo de energía y PIB per cápita crecen en el tiempo, lo que quiere decir que tienen un comportamiento característico de series no estacionarias.

4.2 Verificación de la hipótesis

Causalidad entre crecimiento económico y degradación ambiental

En este apartado se realiza el análisis econométrico con el fin de comprobar la hipótesis planteada del trabajo de investigación, además de determinar la causalidad entre las variables y dar alcance al objetivo dos. Se presentan los resultados de la prueba de Dickey-Fuller, de cointegración de Johansen y de Granger. En primera instancia se estima un modelo a través de MCO para evaluar los resultados del mismo. La ecuación inicial para su estimación es como sigue a continuación:

$$LCO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 LCE_{it} + \beta_2 LPIB_{it} + \beta_3 LPIB_{it}^2 + \beta_4 Dummy + \mu_{it} \quad [14]$$

Donde, $LCO2_{it}$ es el logaritmo de las emisiones de CO₂, LCE_{it} ; logaritmo del consumo de energía, $LPIB_{it}$; logaritmo del PIB per cápita, $LPIB_{it}^2$; logaritmo del PIB per cápita al cuadrado (CAK) y $Dummy$ representa los cambios estructurales que ha atravesado el país.

Tabla 7. Modelo 1. MCO combinados de las variables sujetas al análisis

Variable dependiente: $l_Emisiones\ de\ CO2$					
	Coefficiente	Desv Típica	Estadístico t	Valor p	
<i>Const</i>	-7.04405	2.98879	-2.357	0.0262	**
<i>l_CE</i>	0.0322272	0.247336	0.1303	0.8973	
<i>l_PIB_{pc}</i>	0.0900404	0.526887	1.709	0.0994	*
<i>Dummy</i>	0.0536700	0.0815896	0.6578	0.5164	
Media de la vble. dep.	0.723306		D.T de la vble. dep.	0.190532	
Suma de cuad. residuos	2.396669		D.T de la regresión	0.303611	
R-cuadrado	0.656890		R-cuadrado corregido	0.617300	
F(3, 26)	16.59245		Valor p (de F)	3.15e-06	
Log. verosimilitud	-4.661393		Criterio de Akaike	17.32279	
Criterio de Schwarz	22.92758		Crit. de Hannan-Quinn	19.11581	
Rho	-0.278091		Durbin-Watson	2.532302	

Fuente: Software estadístico GRETL

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

En la tabla 7, se observa que las emisiones de CO₂ son explicadas por el PIB per cápita con el 10% de significancia con un valor p de 0.0994. El estadístico de Fisher presenta

un valor considerablemente alto, el cual explica al modelo en su conjunto con el 16.59%. Al considerar el coeficiente de determinación se evidencia un valor de 16.59, lo que quiere decir que el consumo de energía y el PIB per cápita explican en un 65.68% a la emisiones de CO2. Cabe señalar que se excluye la variable PIB_{pc}^2 debido a que presenta alta colinealidad (10.751), para calcular el punto de inflexión de la CAK se utiliza otro método alternativo. A partir de estos resultados se procede a aplicar el test de ADF y verificar la estacionariedad de las variables.

Al considerar el análisis descriptivo y estadístico de las variables, se muestra un comportamiento clásico tendencial de estas en el gráfico 6. Lo que hace necesario la aplicación del test de Dickey-Fuller. En la tabla 8 se observa los resultados de su aplicación y el número óptimo de rezagos.

Tabla 8. Resultados del estadístico tau (ADF) y el número óptimo de rezagos

<i>Test de Dickey Fuller Aumentado (ADF)</i>						
Variable	Contrastes de las variables					
	C_{sc}		C_c		C_{ct}	
	Est. Tau	Valor p	Est. Tau	Valor p	Est. tau	Valor p
<i>Niveles</i>						
<i>LCO2</i>	1.54045	0.9701*3	-0.45658	0.8971*3	-1.57947	0.8014*3
<i>LCE</i>	2.7566	0.9978*0	-1.03231	0.728*0	-3.06595	0.1145*6
<i>LPIB_{pc}</i>	2.33411	0.9939*0	0.16995	0.9657*0	-1.84094	0.6848*1
<i>Dummy</i>	0.00000	0.6745*8	-1.19953	0.6608*8	-1.73103	0.7112*8
<i>Primeras Diferencias</i>						
$\Delta LCO2$	-4.7687	2.228e-006*2	-3.21028	0.01943*3	-0.382281	0.9882*6
ΔLCE	-3.79601	0.0004782*0	-4.67876	0.0008651*0	-4.75919	0.003649*0
ΔPIB_{pc}	-3.46112	0.0012*0	-3.98553	0.004896*0	-3.92151	0.02445*0
<i>Dummy</i>	-5.19615	8.098e-00*8	-5.2915	0.000179*8	-5.22435	0.001208*8
<i>Segundas Diferencias</i>						
$\Delta LCO2$	-4.57928	5.31e-006*4	-4.43664	0.0002504*4	-3.44528	0.04554*5

Nota: C_{sc} indica contraste sin constante, C_c contraste con constante, C_{ct} contraste con constante y tendencia. *n Denota el número óptimo de rezagos para el modelo.

Fuente: Software estadístico GRETL

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Tomando en cuenta las consideraciones del anexo 3, en la tabla 8 se observa el número de rezagos óptimo para cada variable para estimar el test de Dickey-Fuller basado en el criterio de información de Akaike (AIC) y los resultados del estadístico de *tau*. De este modo, el número de rezagos óptimo de la estimación en niveles para la variable emisiones de CO2 es de 3 para cada caso es decir para los contrastes sin constante, con constante y con constante y tendencia. Para el consumo de energía y el PIB no se

requiere de retardos puesto que el número óptimo de estos según AIC es de 0, excepto para el contraste con constante y tendencia que requiere de 6 retardos para el consumo de energía y de 1 retardo para el PIB per cápita respectivamente.

En cuanto a la estimación en primeras diferencias, el número óptimo de rezagos para las emisiones de CO2 es de 2 para el contraste sin constante, de 3 para el contraste con constante y de 6 para el contraste con constante y tendencia. Para el consumo de energía y PIB per cápita el número óptimo de rezagos es de 0, es decir no requieren de retardo alguno para la estimación de ADF según el criterio de Akaike.

Por último, se requiere la aplicación de segundas diferencias para las emisiones de CO2 con 4 rezagos para los contraste sin constante y con constante, de 5 rezagos para el contraste con constante y tendencia. En cambio para el consumo de energía y el PIB per cápita no requiere de retardo alguno, ya que el test de ADF exige de 0 retardos según el criterio de Akaike. Los resultados de la aplicación del test de Dickey Fuller para comprobar la presencia de más de una raíz unitaria se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados de la prueba de raíz unitaria del test de Dickey-Fuller

<i>Prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller (ADF)</i>									
		V. crítico		Niveles		Primeras diferencias		Segundas Diferencias	
		1%	5%	p valor	p valor	p valor	p valor		
				vc	vc	vc	vc		
<i>LCO2</i>	<i>C_{sc}</i>	-2.62	-1.95	0.9701	**	2.228e-006	*	5.31e-006	*
	<i>C_c</i>	-3.58	-2.93	0.8971	**	0.01943	*	0.000250	*
	<i>C_{ct}</i>	-4.15	-3.50	0.8014	**	0.9882	**	0.04554	*
<i>LCE</i>	<i>C_{sc}</i>	-2.62	-1.95	0.9978	**	0.0004782	*		
	<i>C_c</i>	-3.58	-2.93	0.728	**	0.0008651	*		
	<i>C_{ct}</i>	-4.15	-3.50	0.1145	**	0.003649	*		
<i>LPIB_{pc}</i>	<i>C_{sc}</i>	-2.62	-1.95	0.9939	**	0.0012	*		
	<i>C_c</i>	-3.58	-2.93	0.9657	**	0.004896	*		
	<i>C_{ct}</i>	-4.15	-3.50	0.6848	**	0.02445	*		
<i>Dummy</i>	<i>C_{sc}</i>	-2.62	-1.95	0.6745	**	8.098e-00	*		
	<i>C_c</i>	-3.58	-2.93	0.6608	**	0.000179	*		
	<i>C_{ct}</i>	-4.15	-3.50	0.7112	**	0.001208	*		

Nota: ** Denota no estacionariedad (existe raíz unitaria), * Estacionariedad (No existe raíz unitaria), vc denota valor calculado.

Fuente: Software estadístico GRETL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Considerando el estadístico de contraste de tau (prueba de Dickey Fuller) de la tabla 8 y de acuerdo a la tabla 9 se puede decir que en niveles se acepta la hipótesis nula de

que existe una raíz unitaria, es decir la series de tiempo no es estacionaria. Puesto que el valor calculado (p valor) es mayor que el valor crítico al considerar el 5% (0.05), o dicho de otro modo el estadístico de tau es menor que el valor crítico, esto ocurre para todas las variables en los tres casos (C_{sc} , C_c , C_{ct}) en niveles. De esta forma es necesario aplicar primeras diferencias con el fin de eliminar la presencia de más de una raíz unitaria y volverlas de orden I (0) (eliminando el efecto tendencial).

Por lo tanto, las estimaciones en primeras diferencias presentan un comportamiento diferenciado para todas las variables con respecto a las series en niveles en los tres casos de contraste. Se evidencia la ausencia de más de una raíz unitaria, es decir son estacionarias. En efecto para emisiones de CO2 se considera un valor p de 2.228; 0.01943, para consumo de energía con un valor p de 0.00047; 0.00086; 0.00364, para PIB per cápita con un valor p de 0.0012; 0.00489; 0.02445, valores significativos de que no existe raíz unitaria, donde se rechaza la hipótesis nula, es decir las series son estacionarias. Sin embargo esto no sucede para la variable de emisiones de CO2 para el caso del contraste con constante y tendencia ya que el valor p (0.9882) es mayor que el valor crítico o del mismo modo el valor tau (-1.57947) es menor que el valor crítico al 5% (-3.50), es decir no es estacionaria. Dado el caso es necesario la aplicación de segundas diferencias para que los valores estimados sean estacionarios.

Al estimar las segundas diferencias se observa que las series son estacionarias, ya que el valor p (0.04554) para el caso del contraste con constante y tendencia es menor que el valor crítico. Es así que se aplica las primeras y segundas diferencias para el caso de las emisiones de CO2 y primeras diferencias para el consumo de energía y PIB per cápita. De esta forma, se descarta la presencia de más de una raíz unitaria.

Una vez comprobado la presencia de estacionariedad entre las variables, se verifica la relación a largo plazo de estas, mediante la prueba de cointegración de Johansen. Para lo cual se toma en consideración el test de la Traza y Max-Eigen, resultados que se muestran a continuación:

Tabla 10. Resultados de la prueba de Cointegración de Johansen

<i>Prueba de Cointegración de Johansen</i>							
Rango	Eigenvalue	Estadístico Traza			Estadístico Max-Eigen		
H0	V. propio	Est.	Valor p	V.crít. 5%	Est.	Valor p	V.crít. 5%
0	0.89428	87.469	0.0000	35.19275 *	58.421	0.0000	22.29962 *

1	0.47274	29.048	0.0614	20.26184 *	16.642	0.1970	15.8921 *
2	0.26610	12.406	0.1394	9.164546 *	8.0439	0.3827	9.164546 *
3	0.15447	4.3626	0.0367	3.76 *	4.3626	0.0367	3.76 *

Nota: 0 denota ninguno, 1 al menos uno, 2 al menos dos, 3 al menos tres de acuerdo a la hipótesis nula de presencia de cointegración. ** Denota que no existen vectores de cointegración, * existen vectores de cointegración.

Fuente: Software estadístico GRETTL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

De acuerdo a la tabla 10, se observa el estadístico de la Traza; el cual presenta un valor p de 0.0000 menor al 5% de significancia a partir de un rango de 0, o dicho de otro modo el valor del estadístico de la traza (87.469) supera el valor crítico (35.19275), esto sucede hasta al menos 2 vectores o rangos de cointegración, lo que quiere decir que hasta tanto se rechaza la hipótesis nula, posteriormente existe un vector de cointegración para 3 rangos cointegrantes, con un valor p de 0.0367. Los resultados para el estadístico de Max-Eigen, muestra un valor p de 0.0000 para un rango cointegrante de cero, con un valor de 58.421 del estadístico con respecto al valor crítico (22.29962) respectivamente. Los resultados descritos de ambos estadísticos muestran la presencia de al menos dos vectores o rangos de cointegración, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa a favor de que existe un vector de cointegración al 5% de significancia entre las variables emisiones de CO₂, consumo de energía y PIB per cápita. Por lo tanto se comprueba la relación a largo plazo. Dado que si se presenta una relación de cointegración es debido a las primeras diferencias. A continuación se muestra la causalidad entre las variables en la tabla 11.

Tabla 11. Resultados de la Prueba de causalidad de Granger

Variables	<i>Prueba de causalidad de Engle-Granger</i>					
	<i>Est. Tau</i>	ERU		<i>uhat</i>	ERU	
		Vc.	v. crítico		Vc.	v. crítico
		1%	5%		5%	10%
<i>LCO2</i>	-0543326	-3.58	-2.93	-8.29139	-3.34	-3.04
<i>LCE</i>	-1.03231	-3.58	-2.93			
<i>LPIB_{pc}</i>	-0.352436	-3.58	-2.93			
<i>Dummy</i>	-1.19953	-3.58	-2.93			

Nota: ** Denota la no existencia de raíz unitaria (hay relación cointegrante-C), * denota la existencia de raíz unitaria (no hay relación cointegrante-NC). ERU denota existencia de raíz unitaria.

Fuente: Software estadístico GRETTL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Al considerar la tabla 11, se puede evidenciar la hipótesis de existencia de raíz unitaria para cada variable individual. Tomando en consideración la ERU para las variables; el valor de τ para emisiones de CO2 es de -0.543326, el cual resulta menor que su valor crítico tanto al 1% (-3.58) como al 5% (-2.93), esto también sucede para el consumo de energía con un valor de -1.03231 y para el PIB_{pc} con un valor de -0.352436 respectivamente. Para todos los casos se considera el 5% de significancia, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa a favor de que no existe raíz unitaria (hay relación cointegrante) con respecto a la nula de existencia de raíz unitaria (no hay relación cointegrante). Por otra parte el valor ERU para los residuos *what* es mayor (-8.29239) con respecto al valor crítico -3.34 al 5% de significancia, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa a favor de una relación cointegrante. Esto quiere decir que hay una relación causal entre las variables de estudio (relación a largo plazo). Cabe señalar que el número de retardos óptimo para la aplicación del test fue de 3 rezagos, estos resultados se muestran en el anexo 4.

Una vez verificada la presencia de cointegración, se procede a estructurar el modelo de corrección de error (VECM) o término de error de equilibrio con el fin de estimar una relación de equilibrio a corto plazo entre las variables. Para lo cual es necesario tomar en consideración el número de retardos óptimos para su respectiva aplicación.

Tabla 12. Orden de retardos óptimos del sistema VAR para estimar el modelo VECM

<i>Orden de retardos para el modelo VECM</i>					
Retardos	Log. veros	p (RV)	AIC	BIC	HQC
1	145.95847		-9.381421	-8.220101*	-9.047003
2	165.52897	0.00104	-9.656075	-7.720541	-9.098711
3	177.12806	0.10854	-9.317543	-6.607796	-8.537234
4	210.51856	0.00000	-10.655274*	-7.171314	-9.652020*

Fuente: Software estadístico GRETL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

En la tabla 12, se observa el orden de retardos óptimos bajo los tres criterios de información; para ello se considera el criterio de AIC con un valor de -10.655274, el criterio de BIC un valor de -8.220101 y el criterio de HQC con un valor de -9.652020, esto quiere decir que el orden de retardos óptimo para la aplicación del modelo VECM es de cuatro rezagos. En la tabla 13 se presenta los resultados del modelo.

Tabla 13. Resultados del modelo VECM

<i>MODELO DE CORRECCIÓN DE ERRORES VECM</i>					
	Coefficiente	Desv. Típica	Estad. t	Valor p	
Const	-0.0453515	0.0511395	-0.8868	0.3848	
d_1_Emisionesde ~_1	0.570132	0.170284	3.348	0.0029	***
d_1_Consumodee~_1	0.000617382	0.000676821	0.9122	0.3716	
d_1_PIBpercApit ~_1	1.84850e-05	0.000381054	0.04851	0.9617	
Dummy_1	0.0570353	0.0701606	0.8129	0.4250	
uhat3_1	-3.30314	0.461306	-7.160	3.53e-07	***
EC1	-1.02657	1.00493	-1.022	0.3272	***
EC2	1.00748	0.651848	1.546	0.1482	
EC3	0.586340	0.188478	3.111	0.0090	**
Media de la vble. dep.		0.012452	D.T. de la vble. dep.	0.313778	
Suma de cuad. residuos		0.598785	D.T de la regresión	0.164977	
R-cuadrado		0.774752	R-cuadrado corregido	0.723559	
F(5, 23)		15.13399	Valor p (de F)	1.73e-06	
Log-verosimilitud		14.10051	Criterio de Akaike	-16.20103	
Criterio de Schwarz		-8.207799	Crit. de Hannan-Quinn	-13.75742	
Rho		-0.088224	h de Durbin	-1.076401	

Fuente: Software estadístico GRET.L.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Dichos resultados revelan una leve predictibilidad entre las variables, de acuerdo a los valores en primeras diferencias para el consumo de energía y el PIB per cápita, muestran valores p que no son estadísticamente significativos, sin embargo se incluye en el modelo, dado su relevancia de estudio. El valor de F es considerablemente alto. De entre las tres ecuaciones presentadas la ecuación 1 es significativa. Por otro lado los residuos para el término de error reflejan un valor aceptable (-3.303014) dado que este resulta negativo y significativo al 99%, confirmando así la hipótesis de cointegración. Por otra parte el valor del coeficiente de determinación corregido (0.723559) es considerablemente cercano a 1, es decir que el consumo de energía y el PIB per cápita explican a las emisiones de CO₂ en un 72,35%. Bajo este criterio el modelo VECM tiene un bajo nivel de significancia estadística, pero es útil para establecer la estimación del turning point, es decir los resultados obtenidos llevan a pensar que esta relación es mucho más verídica a largo plazo. A partir de la estimación a corto plazo se puede estimar la relación de retorno a largo plazo al considerar uhat 3_1 como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de estimación: relación a corto y largo plazo

Variables	Estimación a Corto plazo	Estimación a Largo plazo
<i>LCO2</i>	0.570132 (3.348)	1.0000 (0.00000)
<i>LCE</i>	0.000617382 (0.9122)	0.35007 (0.048212)
<i>LPIB_{pc}</i>	1.84850e-05 (0.04851)	-1.8727*** (0.11361)
<i>Dummy</i>	0.0570353 (0.8129)	-0.11131 (0.014752)
uhat3_1	-3.30314*** (-7.160)	
Const	-0.0453515 (-0.8868)	

Nota: Los valores entre paréntesis representan los errores estándar.

Fuente: Software estadístico GRETL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

En la tabla 14 se observa las estimaciones de la relación a largo y corto plazo. En primera instancia se presenta el término de error de los residuos. De esta manera la velocidad de convergencia para que se reestablezca el equilibrio del corto plazo al largo plazo es de 3.30%. Es decir, al encontrarse el CO₂ por encima de su valor de equilibrio (0.570132), este comienza a disminuir corrigiendo así el error de equilibrio. El CO₂ se ajusta al CE y el PIB_{pc} alrededor del 3.30% de la discrepancia entre el CO₂ de largo plazo mientras que en el corto plazo se corrige. Al ser uhat_3 negativo y significativo, se considera el modelo VECM para el análisis.

En la estimación a largo plazo se presenta los coeficientes asociados a las variables LCE y LPIB_{pc}, donde un incremento del 1% en el consumo de energía genera un incremento del 1% en las toneladas métricas de las emisiones de CO₂, y ante un descenso del 1% del LPIB_{pc}, las emisiones de CO₂ se elevan en el 1% (A medida que las economías decrecen el daño ambiental se eleva; ver gráfico 7, punto A). Sin embargo al utilizarse medidas como; políticas ambientales sostenibles, eficiencia energética (energías renovables), uso de tecnologías limpias, ente otros se mitiga el impacto y se reduce las emisiones. Esta situación es explicada una vez que se alcanza el turning point de la CAK. El término de error corrige el desequilibrio.

En el corto plazo se evidencia una relación significativa. Dado que un incremento del 1% del consumo de energía genera un incremento del 0.57% en las emisiones de CO₂, esto se debe a que el consumo de energía es originado a partir de la quema de

combustibles fósiles, en especial el petróleo, del mismo modo ante un incremento al 1% del PIB per cápita provoca un incremento de las emisiones en la misma proporción. Dado el caso; el Ecuador al ser un país en desarrollo, un alto nivel de ingresos, eleva las emisiones hasta cierto nivel (a medida que las economías crecen inicialmente el daño ambiental también lo hace, ingreso alto pero no suficiente para mitigar dichas emisiones; ver gráfico 7, punto B).

La elasticidad del consumo de energía a corto plazo es de 0.000617, con respecto a la elasticidad a largo plazo es de 0.35007 y para el PIB per cápita es de 1.848500 en el corto plazo y de -1.8727 en el largo plazo. Como punto de referencia para obtener el punto de inflexión y confirmar la existencia de la CAK para el caso Ecuatoriano según Rojas et al. (2019) Se debe cumplir con la hipótesis planteada en el capítulo 3. En este caso el valor del PIB a largo plazo es menor (-1.8727) que el valor del PIB_{pc} a corto plazo (1.848500), por lo tanto es posible calcular el punto de inflexión y se considera el valor del PIB a largo plazo para la estimación, ya que se busca el punto de retorno a largo plazo a partir de la ecuación a corto plazo para verificar la existencia de la CAK.

De esta forma, se presenta la ecuación de cointegración descrito a continuación:

$$LCO2_{it} = -0.045351 + 0.000617LCE_{it} + 1.84850LP_{IB_{it}} - 1.8727LP_{IB_{it}}^2 - 3.3\mu_{t-1} + \mu_i \quad [15]$$

La ecuación muestra que las emisiones de CO2 son inelásticas (menor a 1) con respecto al consumo de energía, lo que quiere decir que un incremento del 1% del consumo de energía genera una disminución del 0.045% de las emisiones de CO2 en el largo plazo. Mientras que para el PIB_{pc} resulta significativa con el mismo criterio; ante un incremento del 1% de este, se genera un descenso de 0.045% en las emisiones de CO2. Por otra parte dado que se pretende estimar una relación a largo plazo (el punto inflexión) a través del tiempo, la elasticidad de las emisiones de CO2 con respecto al PIB_{pc} se formula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \frac{LCO2}{LP_{IB_{it}}} &= \beta_2 + 2\beta_3LP_{IB_{it}}^2 & \frac{LCO2}{LP_{IB_{it}}} &= 1.84850 + 2 \times (-1.8727)LP_{IB_{it}}^2 = 0 \\ 0 &= \beta_2 + 2\beta_3LP_{IB_{it}}^2 & 0 &= 1.84850 - 3.7454LP_{IB_{it}}^2 \\ LP_{IB_{it}} &= \frac{\beta_2}{2\beta_3} & LP_{IB_{it}} &= \frac{1.84850}{3.7454} = 0.49353 \end{aligned} \quad [16]$$

El resultado de la ecuación [16] indica que el turning point se encuentra una vez que se ha alcanzado un 0.49 % del PIB per cápita, es decir 16323,16 millones de dólares per cápita, en el largo plazo se necesita de un incremento de 0.49 % respectivamente para alcanzar la hipótesis de la CAK (ver gráfico 7, punto C). Con respecto a la elasticidad las emisiones de CO2 son inelásticas si el valor del PIB per cápita es mayor a 0.226%, y es elástica si el valor del PIB per cápita es menor que 0.226%.

Restricciones CAK y cumplimiento de la hipótesis

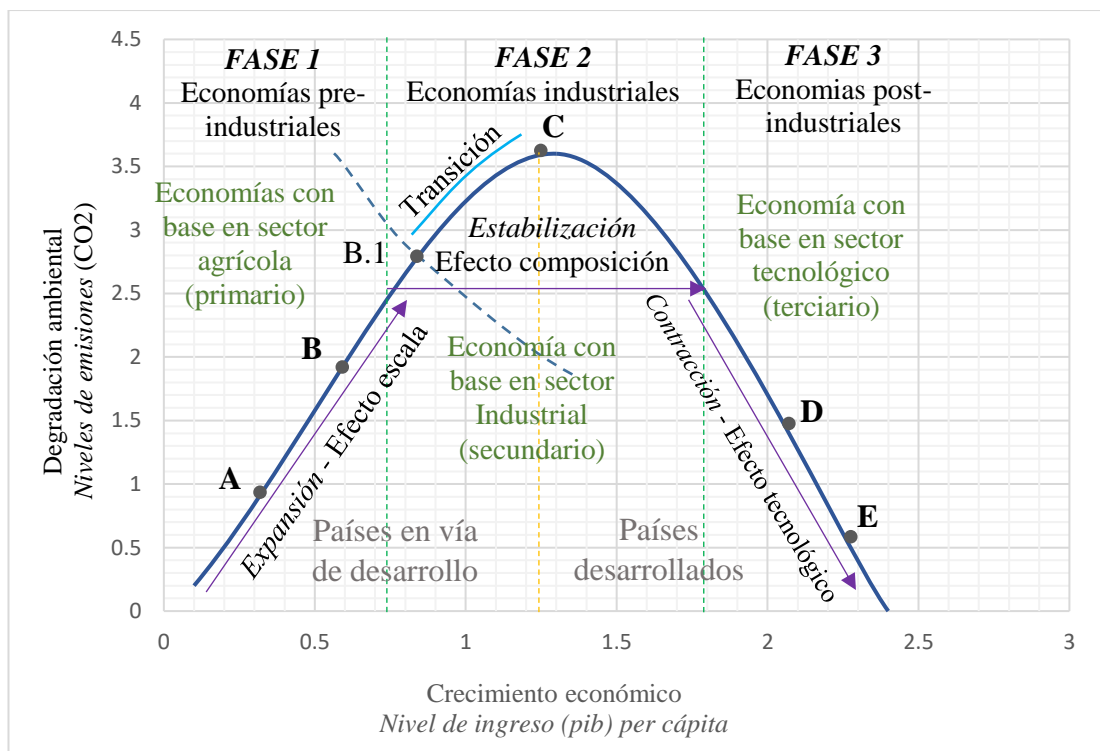
Se percibe la relación de CAK en función a las variaciones de β_0 y β_1 . Por lo tanto:

- ✓ Si $\beta_0 > 0$, y $\beta_2 = \beta_3 = 0 \rightarrow$ Relación lineal y directa; r. monótona creciente. Altos niveles de ingreso están asociados a altos niveles de emisiones [a]
- ✓ Si $\beta_0 < 0$; y $\beta_2 = \beta_3 = 0 \rightarrow$ Relación lineal e inversa, r. monótona decreciente, altos niveles de ingreso están asociados a bajos niveles de emisiones [b]
- ✓ Si $\beta_0 > 0$; $\beta_2 < 0$, y $\beta_3 = 0 \rightarrow$ Relación cuadrática en forma de U invertida CAK. Altos niveles de ingreso están asociados a niveles decrecientes de emisiones de CO2 hasta alcanzar el *turning point* [c]
- ✓ Si $\beta_0 < 0$; $\beta_2 > 0$; y $\beta_3 = 0 \rightarrow$ Relac. cuadrática en forma de U inversa a la CAK. Bajos niveles de ingreso están asociados a niveles crecientes de emisiones. [d]
- ✓ Si $\beta_0 > 0$; $\beta_2 < 0$; y $\beta_3 > 0 \rightarrow$ Relac. cúbica en forma de N, se cumple la CAK hasta cierto nivel a partir del cual la contaminación vuelve a aumentar. [e]
- ✓ Si $\beta_0 < 0$; $\beta_2 > 0$; y $\beta_3 > 0 \rightarrow$ Relación cúbica inversa a la forma de N. [f]
- ✓ Si $\beta_0 = \beta_2 = \beta_3 = 0 \rightarrow$ Relación plana, los niveles de emisiones no están asociadas por el nivel de ingresos. [g]

Tomando en consideración las restricciones presentadas en el apartado anterior y con respecto a la ecuación [15], para el caso ecuatoriano se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa a favor de “La existencia de una relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental en el Ecuador”. Donde toma la forma de la restricción [b], dado que altos niveles de PIB per cápita (1.84%) se asocian a bajos niveles de emisiones de CO2 (-0.04535%), el mismo que se aproxima al punto umbral (ver gráfico 7, punto B.1) de la curva. Para alcanzar el punto C, el PIB per cápita debe incrementar en 0.4935%, en lugar de descender a -1.87% porque de ser así hay una tendencia que va en descenso hacia la forma inversa a la CAK.

Dichos resultados refuerzan la Curva medioambiental de Kuznets en el largo plazo, ya que inicialmente el nivel de CO2 se incrementa en una segunda etapa de la primera fase (B), posteriormente se estabiliza en la tercera etapa (B.1) y finalmente al alcanzar el turning point decrece en la cuarta etapa (C). Dicho de otro modo, en una primera fase es una economía basada en el sector agrícola (A, B), en una segunda fase se desarrolla la industria (B.1) y después de un punto de inflexión (C) pasa de una economía industrial a una de servicios y tecnologías limpias (D). Se puede decir que hay un estado de transición del punto B al B.1 con un turning point de 0.4935 % para alcanzar el punto C en el largo plazo. En el gráfico 7 se muestra la explicación dada.

Gráfico 7. Fases de la Curva Medioambiental de Kuznets



Fuente: Elaboración propia a partir de Lorente et. al (2016) y Vergara et. al (2018).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

La relación en el largo plazo es positivo una vez que alcance el punto de inflexión, mientras que en el corto plazo lo es pero con un enfoque ambiental medio, esto se debe a que una economía como el Ecuador tiende a consumir energía eléctrica de fuentes fósiles, lo que resulta muy limitante cubrir la demanda energética, pero a la vez necesario reforzar las políticas y los programas de eficiencia energética para disminuir las emisiones de los GEI, sobretudo el CO2. Al considerar los efectos descritos en el

capítulo 2, un país en vías de desarrollo como la Ecuatoriana al encontrarse en una senda de *efecto escala* (economía agrícola); donde mayor actividad económica provoca mayores emisiones de CO2 entra en transición hacia el *efecto composición* (agrícola a industrial): el mismo que resulta por cambios estructurales más allá del punto de inflexión (industrial a servicios) donde se puede mejorar la calidad ambiental hasta llegar al *efecto tecnológico* (economía de servicios); donde la inversión en investigación y desarrollo fortalece el uso de tecnologías limpias reemplazando las tecnologías obsoletas reforzándolas hacia economías más verdes.

$$LCO2_{it} = -0.045351 + 0.000617LCE_{it} + 1.84850LPIB_{it} + 0.49353LPIBpc_{it}^2 + \mu_i \quad [17]$$

Por lo tanto el PIB se mantiene bajo hasta cierto punto a partir del cual tiende a incrementarse (0.49%), es decir ante un incremento del 1% del PIB per cápita los niveles de emisiones de CO2 se reducen a 0.045%, y ante un incremento del 1% del consumo de energía (energías renovables), las emisiones se reducen en el largo plazo. Dichos resultados son considerables para las emisiones de CO2 ante cambios en el Consumo de energía y PIB per cápita. Resultados similares se encontraron en estudios como Zilio (2012), Robledo & Olivares (2013), Lorente et. al (2016), Rentería et. al (2016), (Pinzón & González, 2018), (Sarango, 2018), Sánchez & Caballero (2019).

Factores que inciden en el nivel de emisiones desde la perspectiva energética

Finalmente se presenta los factores que influyen en las emisiones de dióxido de carbono a través de la identidad de KAYA (Escolano & Padilla, 2006; Rivas, Ramoni, & Orlandoni, 2013), dando de este modo alcance al objetivo 3.

Tabla 15. Determinantes de las emisiones de CO2 en el sector energético

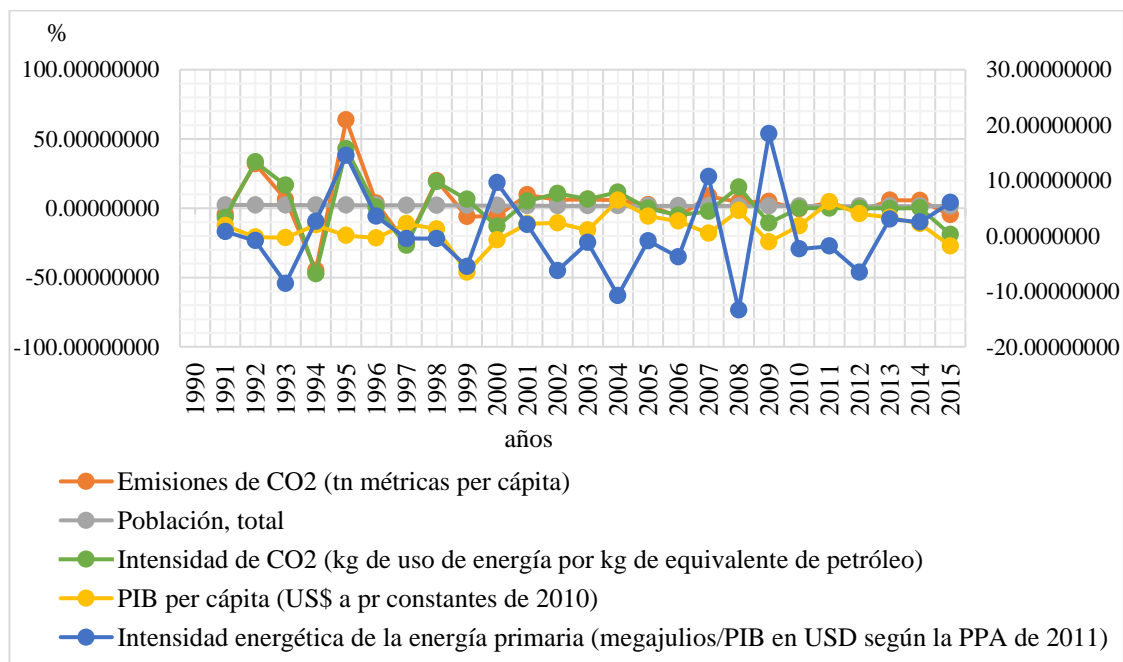
<i>Indicadores</i>	<i>Identidad de KAYA</i>	
	<i>Ecuador periodo 1990 – 2015</i>	<i>Tasa de crecimiento (%)</i>
Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)	2.08579758	3.554
Población total	13.236.042	1.858
PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010)	4 254.31	1.483
Intensidad energética (nivel de la energía primaria)	3.53282179	0.432
Intensidad de carbonización (del uso de energía equivalente al petróleo)	2.889177784	1.471

Fuente: Banco Mundial (BM).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Estos determinantes son característicos en el aumento de las emisiones de CO2 a nivel mundial. Con lo que respecta al Ecuador en el gráfico 8 se muestra la variación de los factores a lo largo del tiempo, entre los más relevantes son la intensidad energía con un 18.44% como el punto más elevado de energía consumida por unidad del PIB utilizado en el 2009 en comparación a otros años, sin embargo a partir del año 2010 se muestra una tendencia decreciente, mismo que refleja un indicador positivo de eficiencia energética. En cuanto a la intensidad de CO2 se muestra una leve reducción de las emisiones de CO2 por unidad de energía consumida a partir del 2005 con el 0.15%, esto es un claro referente de que las emisiones de CO2 han decrecido pero sufre de un repentino crecimiento en los próximos años desde el 2010 hasta el 2014 así como también la población ha ido en aumento.

Gráfico 8. Determinantes de la identidad de KAYA



Fuente: Banco Mundial (BM), IEA (International Energy Agency).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

A continuación se presenta los resultados de la ecuación dada de la Identidad de KAYA para el Ecuador en la siguiente ecuación.

$$CO2 = P * \frac{PIB}{P} * IEnergética * ICO2$$

$$CO2 = 13.236.042 * (4 254.31) * 3.53282 * 2.88917$$

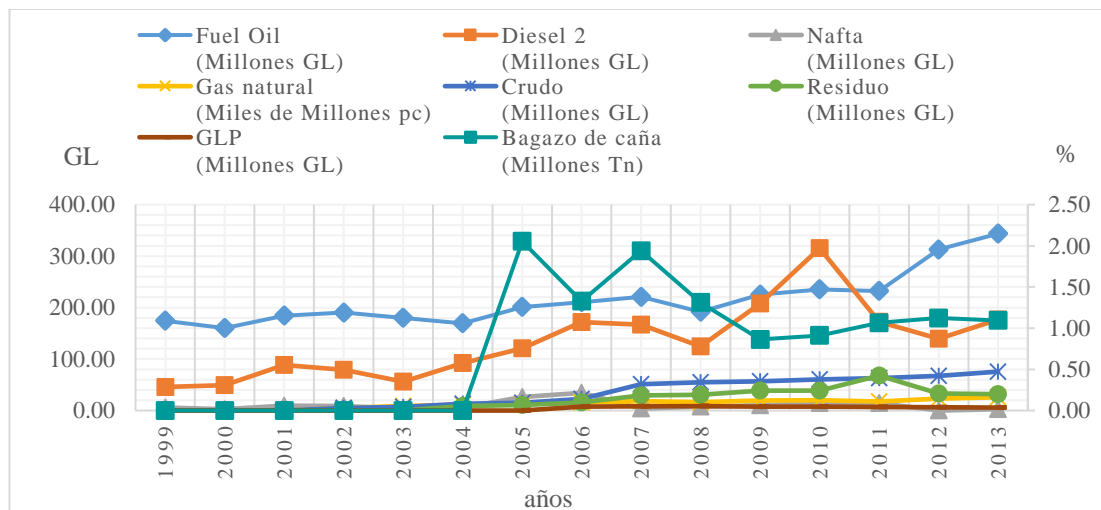
$$CO2 = 5.7475 \rightarrow 5.24\%$$

[18]

Lo anterior quiere decir que mientras la población crezca en un ritmo de 1.8% las emisiones de CO2 se incrementan en un 3.5% equivalentes a 2.085797 toneladas métricas per cápita.

Con respecto a la intensidad energética; se necesita del 0.43% de energía para obtener una riqueza del 1.4% (PIB per cápita), lo que quiere decir que existe un alto consumo de energía con un coste alto para la producción del mismo, obteniendo un PIB relativamente alto, esto se deriva por la principal fuente de origen fósil que el país utiliza para la producción de energía. En el gráfico 9 se evidencia un claro crecimiento a partir del 2007 al 2013, donde la principal fuente de energía es la de fuel oil con 251.65GL, seguida por el diésel con 186.14GL, el crudo con 61.29GL, el residuo con 38.63GL, el gas natural con 20.09pc, Nafta con 7.72GL, GLP con 7.35GL y finalmente el bagazo de caña con tan solo 1.19Tn, siendo el fuel oil y el diésel los más elevados en cuanto al consumo de combustibles. Así como lo manifiestan Haro & Oscullo (2016) esto significa que hasta el año 2013 se han utilizado en su mayoría fuentes de origen fósiles (fuel oil, diésel, residuo, crudo, nafta, gas natural, GLP) para la generación de energía en comparación con las energías renovables (bagazo de caña).

Gráfico 9. Consumo de combustibles por tipo de fuente de energía



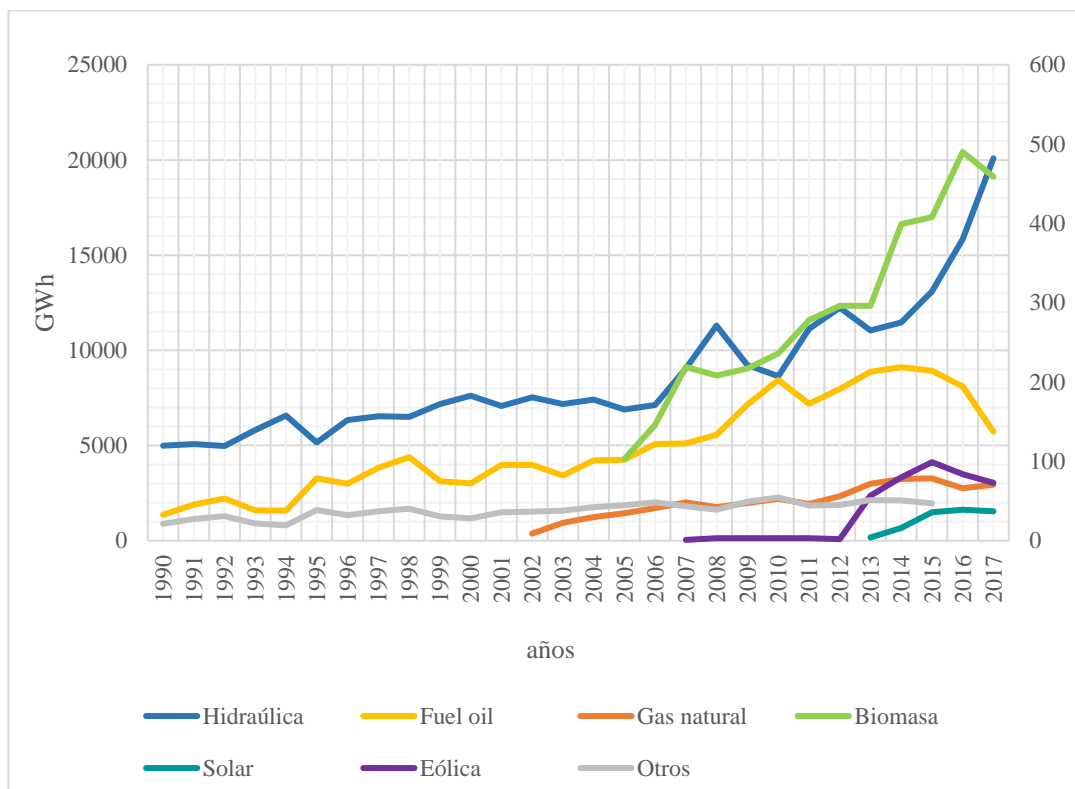
Fuente: Sistema Nacional de Información.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

En el gráfico 10 se observa la producción de energía por tipo de sistema y resulta evidente que la producción de energía que mayor generación ha tenido a lo largo del tiempo es la del sistema hidroeléctrica alcanzando 20 089GWh para el año 2017,

seguida por el sistema de biomasa donde el bagazo de caña viene a ser el único componente que se utiliza como generador de energía hasta la actualidad con 459GWh, el sistema térmico como las fuentes de energía de oil, gas natural, entre otros son las que mayor proporción tienen con respecto a las energías renovables como la fuente eólica y solar, sin embargo en estos últimos años se ha incentivado a utilizar las fuentes renovables y esto se evidencia claramente a partir del año 2007 que es donde se empieza a utilizar este tipo de fuentes hasta alcanzar un crecimiento de 39GWh (Solar) y 84GWh (Eólica) hasta el año 2016. Gracias a los proyectos generados en Ecuador como los proyectos geotérmico, eólico y biocombustible se incentiva el uso de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica (CELEC - Corporación Eléctrica del Ecuador, 2017).

Gráfico 10. Producción de energía por tipo de sistema (central)



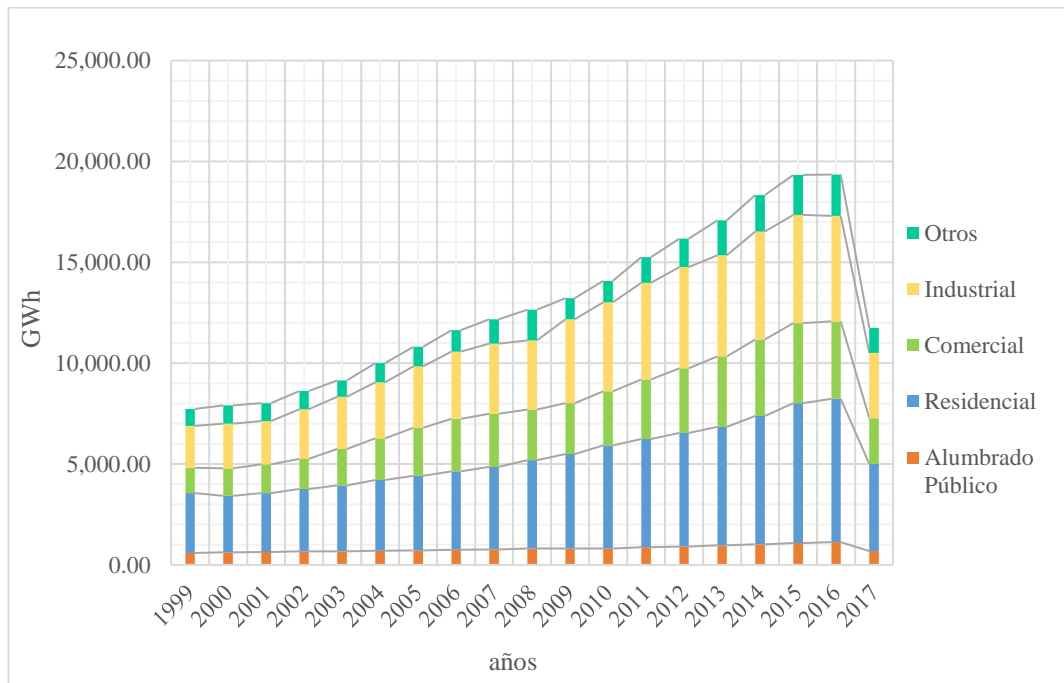
Fuente: IEA (International Energy Agency)

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Mientras que para la intensidad de carbono representa un elevado nivel de emisiones de CO2 por unidad de energía consumida con un 1.47%; esto se debe a que existe una alta demanda por los combustibles fósiles, tal como se describe en el gráfico 11, en donde la mayor demanda a nivel nacional fue en el año 2015 y 2016 con 19330,90 y

19351,59 (GWh) respectivamente; siendo el grupo residencial la de mayor proporción, seguida por el industrial, comercial y alumbrado público.

Gráfico 11. Demanda de energía eléctrica por grupo de consumo

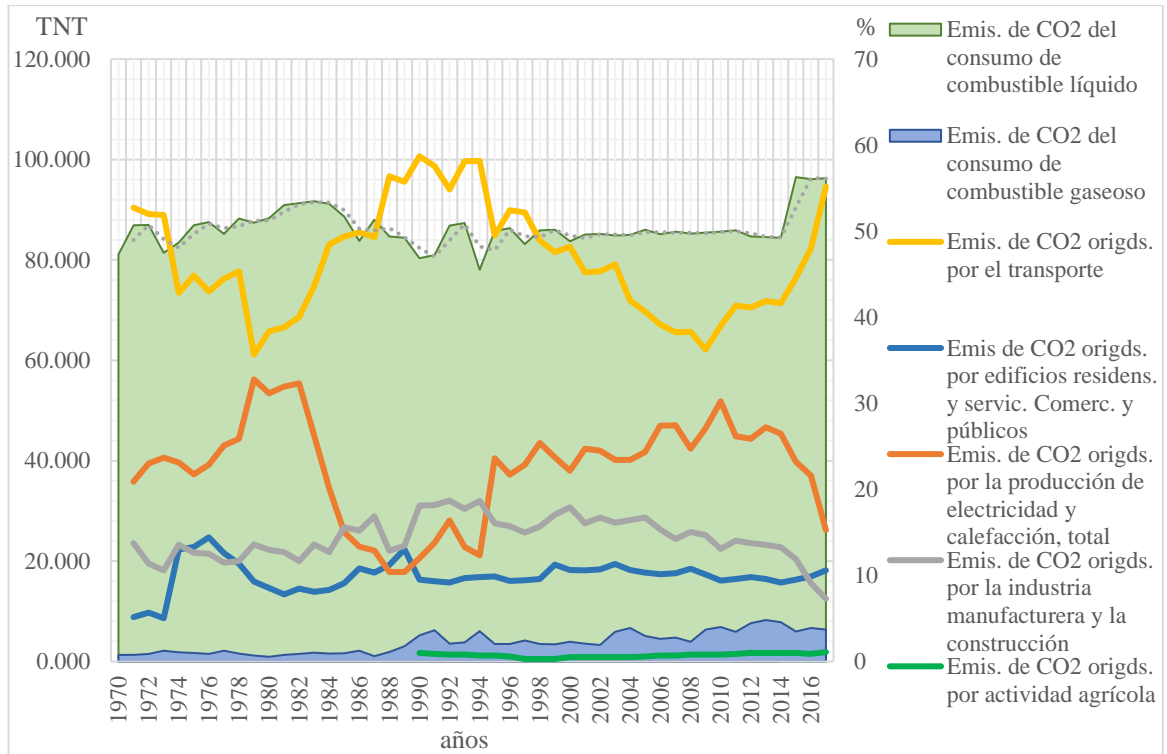


Fuente: Sistema Nacional de Información.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Considerando los factores mencionados, las emisiones de CO₂ es considerablemente alto con 5.7475 toneladas métricas hasta el año 2015 según la identidad de KAYA. En el gráfico 12 se muestra las emisiones por tipo de combustible y por sectores, para lo cual las emisiones para el primer caso es considerablemente alto para el combustible líquido (combustibles fósiles). Por otra parte el sector que más influye en el crecimiento de las emisiones es la del sector transporte con el 41%, seguida por la producción de electricidad y calefacción con el 26%, industria manufacturera y construcción con el 14%, edificios residenciales y servicios comerciales con el 9% y finalmente las originadas por actividad agrícola con el 1%.

Gráfico 12. Emisiones de CO2 por tipo de combustible y sectores



Fuente: Banco Mundial (BM), IEA (International Energy Agency).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Con el fin de dar un pronóstico de acuerdo a Bremont & Martínez (s/a), se presenta la ecuación de proyección de KAYA hasta el año 2025, para lo cual se utiliza el valor calculado de las emisiones de CO2 según la identidad de KAYA de la ecuación [18] y el valor en toneladas métricas de la tabla 15 y es el siguiente:

$$CO2 = CO2_{Tn} * (1 + \%CO2)^{tp-ta}$$

$$CO2 = 2.0857 * (1 + 5.24\%)^{2025-2015}$$

$$CO2 = 3.4779Tn \tag{19}$$

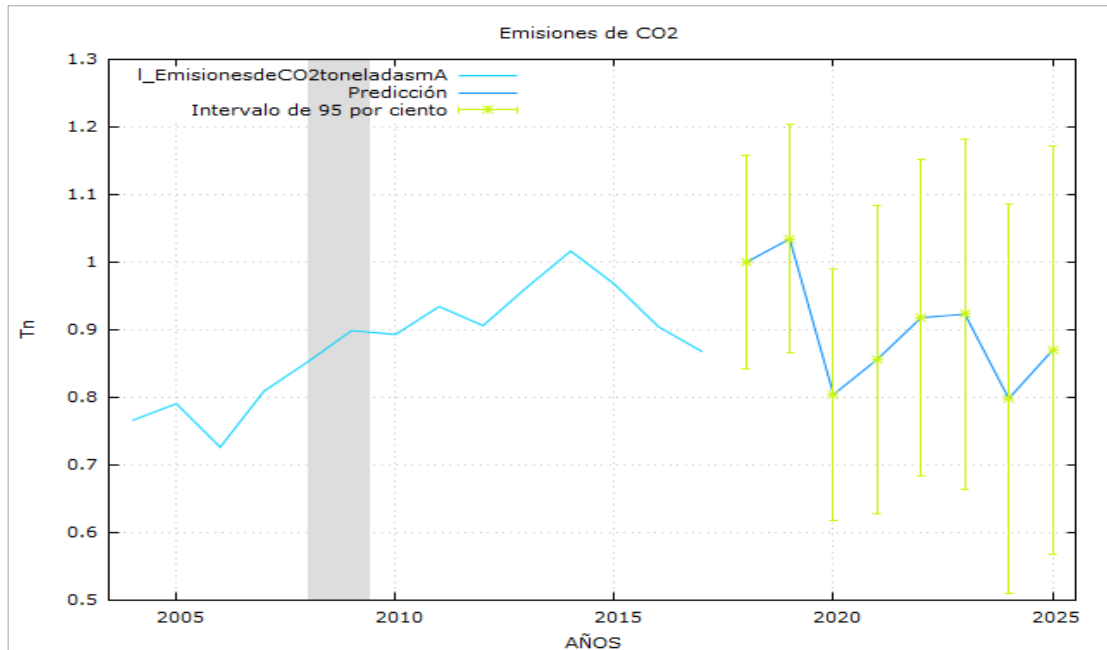
Lo descrito anteriormente quiere decir que para el año 2025 las emisiones de CO2 serían de 3.4779Tn. Se espera además que el país pueda disminuir el 15% de los niveles de CO2 para el año 2025, para lo cual se presenta la siguiente ecuación:

$$CO2 = CO2_p * (1 - \%)$$

$$CO2 = 3.4779 * (1 - 15\%)$$

$$CO2 = 2.956291Tn \tag{20}$$

Gráfico 13. Proyección para emisiones de CO2 año 2025



Fuente: Software estadístico GRETL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Considerando la ecuación [20] y el gráfico 13, para el año 2025 se pretende disminuir 2.956291Tn de emisiones de CO2 (0.86%). Todo lo anterior se traduce a que mientras la población siga en fase de crecimiento, las emisiones de CO2 seguirán aumentando en los próximos años, sin embargo esto depende del tipo de fuente de energía que se utilice. Si se consume energías a partir de fuentes de combustibles fósiles indudablemente las emisiones de carbono se eleva, si se reemplaza por otras más renovables estas se reducen. Esto hace referencia a que según el informe de la CMNUCC, a través del acuerdo de París se espera reducir los GEI abandonando poco a poco los combustibles fósiles (Velázquez, 2016), de esta manera en el largo plazo el uso de combustibles fósiles será menor, alcanzando la eficiencia energética a partir de la reducción de la intensidad energética y de carbonización.

Finalmente en la tabla 16. Se muestra los principales resultados de la aplicación metodológica. Se puede inferir que el modelo planteado mediante MCO fue significativo para llevar a cabo la relación de cointegración a largo plazo para la Curva medioambiental de Kuznets, así también se muestra la identidad de KAYA, en donde sus resultados fueron significativos para su proyección.

Tabla 16. Tabla de resumen de los principales resultados

CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS									
MCO					VECM				
<i>Variables</i>	<i>LCO2</i>	<i>LCE</i>	<i>LPIB_{pc}</i>	<i>Dummy</i>	<i>Variables</i>	<i>LCO2</i>	<i>LCE</i>	<i>LPIB_{pc}</i>	<i>Dummy</i>
		0.03222	0.9004	0.05			0.0006	1.8485	0.05
<i>Ecuación</i>	$LCO2 = -7.044 + 0.03222LCE + 0.9004LPIB_{pc} + 0.05D + \mu_i$				<i>Ecuación</i>	$LCO2 = -0.0453 + 0.00061LCE + 1.8485LPIB_{pc} + 0.05D + \mu_i$			
<i>R²</i>	0.656890				<i>R²</i>	0.774752			
<i>R² Corregido</i>	0.617300				<i>R² Corregido</i>	0.723559			
<i>F</i>	16.59245				<i>F</i>	15.3399			
<i>Contraste de no linealidad</i>	Valor p = P (Chi -cuadrado > 2.19546) = 0.333627			AH0, RH1 (lineal)	<i>Contraste de no linealidad</i>	Valor p = P (Chi-cuadrado > 2.11277) = 0.715027			AH0, RH1 (lineal)
<i>Contraste RESET</i>	Valor p = P(F(2,24) > 0.808075) = 0.457			AH0, RH1 (Esp. adecuada)	<i>Contraste RESET</i>	Valor p = P(F(2,20) > 4.84428) = 0.0192			RH0, AH1 (Esp. inadecuada)
<i>Estimac. CP</i>	$LCO2_{it} = 0.570 + 0.000617LCE_{it} + 1.848LPIB_{it} + PIB_{it}^2 + \mu_{it}$				<i>Estimac. LP</i>	$LCO2_{it} = -0.045 + 0.0006LCE_{it} + 1.84LPIB_{it} - 1.87LPIB_{it}^2 - 3.30\mu_{t-1} + \mu_{it}$			
<i>Interpretac.</i>	Relación monótonamente creciente (lineal) donde altos niveles del PIB están asociados a altos niveles de CO2. La velocidad de ajuste hacia el LP es del 3.30%. (ver punto B gráfico 7)				<i>Interpretac.</i>	Relación monótonamente decreciente (inversa) donde altos niveles del PIB están asociados a bajos niveles de CO2. Al ajustarse el equilibrio, el PIB per cápita debe incrementar en 0.49% para alcanzar el punto C (ver punto B.1 gráfico 7)			
IDENTIDAD DE KAYA									
<i>Variables</i>		<i>CO2</i>	<i>P</i>	<i>PIB_{pc}</i>	<i>IE</i>	<i>IC</i>	<i>Pronóstico Emisiones de CO2 (2025)</i>		
	#	2.08579	13.236.042	4 254.31	3.53282179	2.889177784	Tn (2025)	∇ 15%	
	%	3.554	1.858	1.4833	0.432	1.471	3.4779Tn	2.956291 Tn	
<i>Ecuación</i>	$CO2 = 13.236.042 * (4 253.31) * 3.53282179 * 2.88917 \rightarrow 5.7475Tn$						$\Delta CO2 = 1.858 + 1.4833 + 0.432 + 1.471 \rightarrow 5.24\%$		
<i>R²</i>	0.995556								
<i>Interpretac.</i>	A medida que la población crezca las emisiones también lo hacen. Sin embargo se pueden reducir si la fuente para el consumo de energía es de origen renovable en lugar de fuentes fósiles. De esta forma si se quiere conseguir o elevar el nivel de eficiencia energética es necesario reducir la IE (0.43) e IC (1.47) para lograr una notable reducción del 2.95TN de las emisiones de CO2 para el 2025.								

Fuente: Cálculo a partir del Software estadístico GRETLL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

4.3 Limitaciones de estudio

La principal limitación de estudio para la presente investigación es que a partir de las fuentes citadas existen varias alternativas al momento de seleccionar las variables endógenas con las que se va a predecir la hipótesis con respecto a las emisiones de CO₂. En este caso se optó por trabajar con el PIB per cápita y el consumo de energía, pese a que el consumo de energía no resultó significativo en un nivel aceptable, se incluye en el modelo por su relevancia en el estudio y debido a que cuenta con los datos correspondientes al periodo 1988 - 2017 en comparación con otras variables. Otra de las limitantes es que se tuvo que utilizar otra forma de encontrar el turning point de la curva medioambiental de Kuznets, ya que al correr el modelo por MCO se excluye el PIB_{pc}^2 por mostrar una alta colinealidad. Por lo tanto a partir del modelo inicial se estimó la estacionariedad, cointegración y causalidad, posteriormente con ello se logró encontrar el turning point y comprobar la hipótesis planteada de la investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✓ Se analizó el comportamiento de las variables sometidas al análisis en el periodo 1988 - 2017, donde las emisiones de CO₂ muestra un claro descenso a partir del año 2014. Esto hace referencia a que el país en los últimos años ha implementado programas con el fin de reducir los niveles de CO₂, entre ellos “Socio Bosque” el cual permite disminuir la deforestación por tala de bosques, el “Programa Integral Amazónico” para preservar los bosques de la Amazonia Ecuatoriana. Hasta el año 2017 el Ecuador mostró una reducción significativa de emisiones con 2.38 toneladas métricas. Al igual que el consumo de energía con una reducción a partir del año 2015. Esto quiere decir que el país de a poco está optando por consumir energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

- ✓ Se determinó la causalidad entre las variables, esto con el fin de evidenciar la relación entre las emisiones de CO₂, el PIB per cápita y el consumo de energía. Mediante la estrategia econométrica de cointegración, para todas las variables no se presentó raíz unitaria, es decir todas fueron estacionarias en primeras diferencias, a excepción de las emisiones de CO₂ que requirió de segundas diferencias, la relación de cointegración a largo plazo fue significativa para hallar el punto de inflexión. De este modo se concluye que la hipótesis planteada por la Curva medioambiental de Kuznets no se ajusta para la economía ecuatoriana, dado el caso se muestra una relación monótonamente decreciente en donde altos niveles de ingreso están asociados a bajos niveles de emisiones de CO₂, con respecto al consumo de energía, este muestra una relación poco significativa en donde; ante niveles altos de consumo de energía hay una leve reducción de las emisiones. Esto se debe a que el Ecuador sigue en proceso de industrialización, con dependencia de la extracción de fuentes fósiles para el consumo de energía hasta cierto punto.

- ✓ Se determinó los factores incidentes en las emisiones de CO₂, para lo cual tanto la intensidad energética y de carbono resultaron considerablemente bajos hasta el año 2013. Sin embargo a medida que la población aumenta, el consumo de energía también lo hace y por ende las emisiones. Un país como el Ecuador alcanzará la eficiencia energética, una vez que reemplace las fuentes de energía fósiles por otras menos contaminantes: fuentes eólicas, solares y de biomasa (bagazo de caña), mismas que se han venido utilizando desde el 2007. De este modo a partir de la reducción de la IE e ICO₂, el país puede seguir en el proceso de desarrollo sin comprometer al medio ambiente.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Se recomienda analizar otras variables alternas para examinar el comportamiento de las emisiones de CO₂, mediante el cual a partir de dichas variables, el incentivo por reducir las emisiones sea evidente. Al tomar de referencia a los sectores que necesitan fortalecerse en mayor proporción en materia ambiental, el gobierno actual puede utilizar medidas de impacto directo para reducir las emisiones. Entre las variables a analizar pueden ser el uso de energía equivalentes al petróleo, la superficie forestal, el gasto corriente en protección al medio ambiente, intensidad energética o de carbono, el consumo de energía por tipo de fuente y de acuerdo a los sectores que más influyen en el incremento de este, entre otros.
- ✓ Dado que bajo la hipótesis de la Curva medioambiental de Kuznets para el caso ecuatoriano no toma su forma representativa, se recomienda que en las posteriores investigaciones se extraiga información de otros factores incidentes en el incremento de las emisiones de CO₂, para que con ello se recoja la realidad de la situación ambiental en países en desarrollo como la del Ecuador, y de este modo además de dar cumplimiento a las hipótesis planteada de la investigación se halle una relación significativa aceptable para el país.

- ✓ Dado que la economía Ecuatoriana cuenta con medidas inclinadas a mejorar la calidad ambiental, se recomienda fortalecerlas aún más para alcanzar la eficiencia energética del país. De este modo al utilizar en mayor proporción las fuentes renovables en lugar de los combustibles fósiles, al mejorar las políticas regulatorias en materia ambiental y al fortalecer las medidas y programas propuestos para mitigar el daño ambiental, el Ecuador podrá alcanzar la meta propuesta del Acuerdo de París (CMNUCC).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD. (2015). *Ecuador posee un 51,78% de energía renovable*. Quito.
- Ahmed, K., & Long, W. (2012). Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 1, 4-13.
- Alayón, B. Y., & Cabrera, S. J. (2017). Cuba: políticas de mitigación y la Curva ambiental de Kuznets. *Anuario Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales AEEO*, 9, 3-18.
- Apablaza, M., & Contreras, H. (2016). Crecimiento económico y contaminación: Curva Ambiental de Kuznets para Chile. *Centro de Políticas Públicas Universidad del Desarrollo*(6), 1-25.
- Arrow, K., Bolin, B., Robert, C., Dasgupta, P., Folke, C., Jansson, B.-O., . . . Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, 15(2), 91-95.
- Balsalobre, L. D., Herránz, Á. A., Iniesta, O. A., & Cantos, C. J. (2016). LA CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS Y LA INNOVACIÓN ENERGÉTICA EN PAÍSES DE LA OCDE. *Encuentro de Economía Pública*, 1-23.
- Begg, D., Fischer, S., Dornbusch, R., & Díaz, F. A. (2006). *Economía*. España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Bremont, A. J., & Martínez, R. O. (s/a). Emisiones de CO₂: Elaboración de líneas base. *ECLAC - UNITED NATIONS*, 1-37.
- Capó, P. J. (2009). Curva de Kuznets Ambiental: Evidencia para Europa. *Centre de Recerca Econòmica (UIB "Sa Nostra")*, 1-16.
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, 19-37.
- CELEC - Corporación Eléctrica del Ecuador. (2017). *Aporte al cambio de la matriz energética a través de fuentes de generación no convencional*. Quito.
- Common, M., & Stagl, S. (2008). *Introducción a la Economía Ecológica*. España: Editorial Reverté, S.A.
- Costaza, R., Daly, H., Cumberland, J., Goodland, R., & Norgaard, R. (1999). *Introducción a la Economía Ecológica*. Madrid: AENOR.
- De Plata, P. D., & Plata, D. O. (2009). Ambiente, economía, tecnología y sociedad: componentes clave para el desarrollo sostenible. *Multiciencias*, 9(1), 7-12.
- Díaz, P. R. (2 de 05 de 2017). Consumo social de la energía. (A. I. Conacyt, Entrevistador)

- Escolano, A. V., & Padilla, E. R. (2006). ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO₂ Y SUS FACTORES EXPLICATIVOS EN LAS DIFERENTES ÁREAS DEL MUNDO. *Revista de Economía Crítica*(4), 17-37.
- Esteve, V., & Tamarit, C. (2012). Threshold cointegration and nonlinear adjustment between CO₂ and income: the environmental Kuznets curve in Spain, 1857-2007. *Energy Economics*, 34(6), 2148-2156.
- Feldmann, F. J., & Furriela, B. R. (2001). LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS GLOBALES Y EL DESAFÍO DE LA CIUDADANÍA PLANETARIA. *Acta bioethica*, 7(2), 287-292.
- García, D. J., & Ochoa, S. W. (2017). Relación entre crecimiento económico y medio ambiente en Ecuador a nivel provincial (Promedio 2010-2015). *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(2), 99-112.
- Gilpin, A. (2003). *Economía ambiental Un análisis crítico*. México : ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *ECONOMETRÍA*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Haro, L., & Oscullo, J. (2016). Factor Anual de Emisión de CO₂ Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, Mediante la Aplicación de la Metodología de la Convención Marco Sobre el Cambio Climático UNFCCC, para el Periodo 2009-2014. *Revista Politécnica*, 37(1), 61.
- Hrvoje, J., Mislav, J., & Mateja, J. (2016). Testing the environmental Kuznets curve in the case of Croatia. *Notitia*, 2(1), 31-47.
- Iglesias, G. J., Arango, C. M., Moya, G. A., & Álvarez, M. J. (2013). LA CURVA DE KUZNETS Y LA EMISIÓN DE CO₂ EN ESPAÑA. 1850 - 2008. *Economía Industrial*, 389, 135-144.
- IPCC, Informe Especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2011). *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III Instituto de Investigación sobre el Impacto del Clima de Potsdam.
- Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2015). The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 173-185.
- Kong, Y., & Khan, R. (2019). To examine environmental pollution by economic growth and their impact in an environmental Kuznets curve (EKC) among developed and developing countries. *PloS ONE*, 14(3), 1-23.

- López, G. C. (2011). Crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes en la economía mexicana. *Revista Fuente*, 3(9), 67- 80.
- López, G. C. (2013). Estructura económica, crecimiento y emisiones contaminantes en América Latina. *Revista de la Facultad de Economía*(47), 37-56.
- López, G. C., Arreola, B. K., & Moreno, M. L. (2011). CRECIMIENTO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO. *EL TRIMESTRE ECONÓMICO*, 78(311), 547-582.
- Lorente, B. D., Herránz, Á. A., & Torres, B. J. (2016). La innovación y la sustitución energética como medidas de corrección medioambiental en países de la OCDE. *Estudios de Economía Aplicada*, 34(1), 235-259.
- Mankiw, G. N. (2007). *Principios de economía*. México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Martínez, A. J. (2004). Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1, 21-30.
- Mert, M., & Bozdog, H. (2013). ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE FOR CARBON EMISSIONS IN BOSNIA & HERZEGOVINA. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(6), 79-84.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Ecuador suscribe Acuerdo de París sobre cambio climático*. Quito.
- Monserate, Z. M., Sánchez, A. M., Sánchez, G. M., Ávila, R. K., & Mora, B. M. (2018). ¿PANAMÁ EN LA RUTA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE? *Economía Institucional*, 20(38), 285-302.
- Morcillo, M. F. (2006). *PRINCIPIOS DE MACROECONOMÍA*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- Pacheco, A. G. (2017). CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS EN MÉXICO 1960 - 2016. *Revista Eumed*, 51, 1-13.
- Parkin, M. (2009). *ECONOMÍA*. México: Pearson Educacion de México, S.A. de C.V.
- Pinzón, D., & González, C. (2018). CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL: EVIDENCIA EMPÍRICA PARA COLOMBIA 1971 - 2014. *Creative Commons*, 1-35.
- Queiroz, S. F. (2018). La formación de paraísos de contaminación: un estudio de caso de la producción de celulosa en el Cono Sur. *EURE*, 44(132), 211-235.
- Rentería, V., Toledo, E., Benavides, B. D., & Jiménez, O. D. (2016). Relación entre Emisiones Contaminantes, Crecimiento Económico y Consumo de Energía. El caso de Ecuador 1971 - 2010. *Revista Politécnica*, 38(1), 1-7.
- Restrepo, C. F. (2004). CRECIMIENTO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTE: UNA REVISIÓN ANALÍTICA DE LA HIPÓTESIS DE LA CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS. *Semestre Económico*, 7(14), 74-104.

- Restrepo, C. F. (2007). Crecimiento económico, desigualdad social y medio ambiente: evidencia empírica para América Latina. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6(10), 11-30.
- Restrepo, C. F., Ramírez, V. A., & Montoya, P. C. (2005). LA CURVA MEDIOAMBIENTAL DE KUZNETS: EVIDENCIA EMPÍRICA PARA COLOMBIA GRUPO DE ECONOMÍA AMBIENTAL (GEA). *Semestre Económico*, 8(15), 13-30.
- Rivas, W. A., Ramoni, P. J., & Orlandoni, M. G. (2013). Evaluación del impacto del crecimiento de la actividad humana en el medio ambiente: Identidad de Kaya aplicada a Venezuela (1990-2008). *Agroalimentaria*, 19(37), 127-145.
- Robledo, C. J., & Olivares, W. (2013). RELACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE CO₂, EL CONSUMO DE ENERGÍA EL PIB: EL CASO DE LOS CIVETS. *Semestre Económico*, 16(33), 45-66.
- Rodríguez, S. J., Izquierdo, P. G., Rodríguez, H. C., Falcón, U. P., Déniz, G. R., Torres, D. M., . . . Ortin, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. .
- Rojas, A. G., Tacuri, R. D., Monsalve, R. D., & Jara, S. J. (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.
- Romero, P. A., & Díaz, C. Z. (2010). El medio ambiente desde las relaciones de ciencia, tecnología y sociedad: un panorama general. *Revista CS(6)*, 331-359.
- Romero, P., & Jesús, d. J. (2016). Economic growth and energy consumption: The Energy-Environmental Kuznets Curve for Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1343-1350.
- Rosales, R. A., Mun, K. N., & Romero, Q. L. (2018). El tamaño de las empresas manufactureras y la contaminación medioambiental en México: una aproximación espacial. *EURE*, 44(131), 75-100.
- Sachs, J. (2008). *Economía para un planeta abarrotado*. España: Random House Mondadori, S.A. .
- Sachs, J. (2014). *LA ERA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE* . Nueva York : Deusto .
- Sánchez, L., & Caballero, K. (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. *Revista de Economía del Rosario*, 22(1), 101-142.
- Sarango, D. (2018). Análisis de la relación entre el consumo de energía y las emisiones de carbono en Ecuador. *Revista Económica*, 4(1), 32-45.
- Saravia, L. A. (2005). EVIDENCIAS DE LA RELACIÓN MEDIOAMBIENTE - ECONOMÍA EN EL CASO LATINOAMERICANO. *La economía mundial y América Latina: Tendencias, Problemas y Desafíos*, 259-280.

- Schmalbach, V. J., Avila, M. F., & Ibarguen, Q. V. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO₂: el caso de los países suramericanos. *Espacios*, 39(13), 17.
- Seinfeld, J., Cuzquén, G., Farje, G., & Zaldívar, S. (1998). *INTRODUCCIÓN A LA ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL MEDIO AMBIENTE*. Perú: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico.
- Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162.
- Shahbaz, M., & Sinha, A. (2018). Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission: A Literature Survey. *Journal of Economic Studies*, 46(1), 106-168.
- Velázquez, R. (29 de 09 de 2016). La ONU quiere acabar con las economías basadas en combustibles fósiles. *Energías*.
- Zilio, M. I. (2012). Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos de economía*, 35(97), 43-54.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de observación para la aplicación del modelo econométrico de la CAK

Y	Degradación ambiental	Emisiones de CO2 (Dióxido de carbono)
X	Crecimiento económico	PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010)
		Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)

		DEGRADACIÓN AMBIENTAL	CRECIMIENTO ECONÓMICO	
N°	AÑO	Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)	Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)	PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2010)
1	1988			
2	1989			
3	1990			
4	1991			
5	1992			
6	1993			
7	1994			
8	1995			
9	1996			
10	1997			
11	1998			
12	1999			
13	2000			
14	2001			
15	2002			
16	2003			
17	2004			
18	2005			
19	2006			
20	2007			
21	2008			
22	2009			
23	2010			
24	2011			
25	2012			
26	2013			
27	2014			
28	2015			
29	2016			
30	2017			

Fuente: ARCONEL, Banco Mundial (BM).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Anexo 2. Ficha de observación para la aplicación de la identidad de KAYA

N°	Año	Emisiones deCO2 (Tn métricas per cápita)	Población total	PIB per cápita (US\$ a pr. constantes de 2010)	Intensidad energética de la energía primaria (Megajulios/PIB)	Intensidad de CO2 (Kg de uso de energía equivalente de petróleo)
1	1990					
2	1991					
3	1992					
4	1993					
5	1994					
6	1995					
7	1996					
8	1997					
9	1998					
10	1999					
11	2000					
12	2001					
13	2002					
14	2003					
15	2004					
16	2005					
17	2006					
18	2007					
19	2008					
20	2009					
21	2010					
22	2011					
23	2012					
24	2013					
25	2014					
26	2015					

Fuente: Banco Mundial (BM), International Energy Agency (IEA).

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Anexo 3. Número de rezagos óptimos para la aplicación del test de Dickey Fuller (ADF)

Rezagos óptimos para la aplicación de ADF según AIC

N°	<i>LCO2</i>			<i>LCE</i>			<i>LPIB_{pc}</i>			<i>Dummy</i>		
	C _{sc}	C _c	C _{ct}	C _{sc}	C _c	C _{ct}	C _{sc}	C _c	C _{ct}	C _{sc}	C _c	C _{ct}
NIVEL												
DF_0	-38.4965	-38.2106	-49.0836	-51.9853*	-51.5369*	-49.8864	-86.5793*	-84.7291*	-86.4038	-2.33955	-6.38088	-4.53398
ADF_1	-39.3472	-38.2245	-47.1810	-50.5447	-49.9771	-49.5434	-86.1445	-84.5794	-88.2539*	-0.339553	-4.38088	-2.56428
ADF_2	-48.4662	-47.5505	-47.4797	-48.5949	-48.0430	-49.5414	-84.4766	-82.7168	-86.2590	-1.66045	-2.38088	-0.603101
ADF_3	-53.071*	-52.827*	-57.996*	-47.7841	-46.8848	-47.5765	-82.6106	-81.1487	-85.5101	-3.66045	-0.38088	1.34639
ADF_4	-52.9627	-52.1575	-56.0271	-46.0933	-45.5283	-47.7719	-80.8237	-79.1596	-83.5804	-5.66045	1.61912	3.27949
ADF_5	-51.6181	-51.6305	-54.7075	-44.3498	43.5639	-46.1030	-83.4399	-81.8170	-86.5758	-7.66045	3.61912	5.18907
ADF_6	-49.8555	-49.6380	-52.7819	-43.3279	-43.6805	-51.7590*	-84.5335	-82.5822	-87.3685	-9.66045	5.61912	7.18907
ADF_7	-49.6696	-51.4713	-56.8719	-43.0064	-42.4265	-51.3264	-82.9397	-81.1924	-87-1526	-11.66045	7.61912	8.88649
ADF_8	-48.4933	-49.4900	-55.5607	-44.7840	-42.9871	-49.3302	-80.9887	-79.1932	-85.4598	- 13.66045*	9.61912*	10.6268*
PRIMERAS DIFERENCIAS												
DF_0	-52.6835	-54.1031	-54.9848	-47.2416*	-47.3013*	-45.7080*	-81.2545*	-81.0968*	-79.1657*	-1.15710	-0.238449	-0.448437
ADF_1	-50.7166	-52.4526	-53.0827	-45.8645	-45.3692	-43.7292	-79.2560	-79.3710	-77.5512	0.842896	1.69973	1.12448
ADF_2	-55.728*	-54.3259	-55.3695	-43.8823	-44.6369	-42.8346	-78.0923	-77.4967	-75.5885	2.84290	3.63040	2.68230
ADF_3	-55.2711	-55.596*	-55.7633	-43.9902	-43.0348	-41.3186	-76.0973	-75.6446	-73.9051	4.84290	5.55213	4.23934
ADF_4	-53.5909	-55.5304	-55.1448	-42.0027	-41.2160	-39.4214	-76.3229	-77.9050	-79.0672	6.84290	7.46304	5.81111

ADF_5	-52.3413	-53.9505	-55.1032	-41.6963	-39.9859	-38.6685	-79.1605	-78.8944	-78.1218	8.84290	9.36074	7.41227
ADF_6	-52.8307	-53.3546	-57.449*	-40.6317	-39.6542	-37.8976	-77.8549	-77.2915	-76.2298	10.8429	11.2420	9.05470
ADF_7	-51.0446	-52.0714	-55.5088	-39.7500	-40.9894	-39.0190	-75.8550	-75.3280	-74.5480	12.8429	13.1027	10.7461
ADF_8	-49.1254	-50.6362	-53.5137	-38.1014	-42.3226	-41.3151	-73.8875	-73.4650	-73.9053	14.8429*	14.9367*	12.4896*
SEGUNDAS DIFERENCIAS												
DF_0	-47.2702	-45.4604	-43.5639									
ADF_1	-52.3445	-50.4825	-50.5642									
ADF_2	-50.5678	-48.6765	-48.6139									
ADF_3	-48.7438	-46.8622	-46.7917									
ADF_4	-53.506*	-51.616*	-52.4565									
ADF_5	-52.2453	-50.2873	-54.251*									
ADF_6	-50.4819	-48.5422	-52.5232									
ADF_7	-48.5094	-46.5767	-50.6239									
ADF_8	-46.5121	-44.5820	-48.6282									

Nota: *DF* denota Dickey Fuller Simple y *ADF* Dickey Fuller Ampliado. * Denota el número óptimo de rezagos.

Fuente: Software estadístico GRETL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.

Anexo 4. Número de rezagos óptimos para la aplicación del test de causalidad de Granger.

Rezagos óptimos para la aplicación de Engle-Granger según AIC					
N°	<i>LCO2</i>	<i>LCE</i>	<i>LPIB_{pc}</i>	<i>Dummy</i>	<i>uhat</i>
<i>k</i> = 0	-38.2106	-51.5369*	-84.7291*	-6.38088	-56.6178
<i>k</i> = 1	-38.2245	-49.9771	-84.5794	-4.38088	-55.3649
<i>k</i> = 2	-47.5505	-48.0430	-82.7168	-2.38088	-61.5592
<i>k</i> = 3	-52.8276*	-46.8848	-81.1487	-0.380876	-62.5292*
<i>k</i> = 4	-52.1575	-45.5283	-79.1596	1.61912	-60.8446
<i>k</i> = 5	-51.6305	-43.5639	-81.8170	3.61912	-58.8519
<i>k</i> = 6	-49.6380	-43.6805	-82.5822	5.61912	-56.8521
<i>k</i> = 7	-51.4713	-42.4265	-81.1924	7.61912	55.9108
<i>k</i> = 8	-49.4900	-42.9871	-79.1932	9.61912*	-58.2802

Fuente: Software estadístico GRETL.

Elaborado por: Naula Pérez Erika P.