



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 cambio de la matriz energética en Ecuador, Costa Rica y su crecimiento económico”

Autor: Tirado Andrade, Jonathan Paul

Tutora: Eco. Cuesta Chávez, Giovanna Alejandra Mg.

Ambato – Ecuador

2019

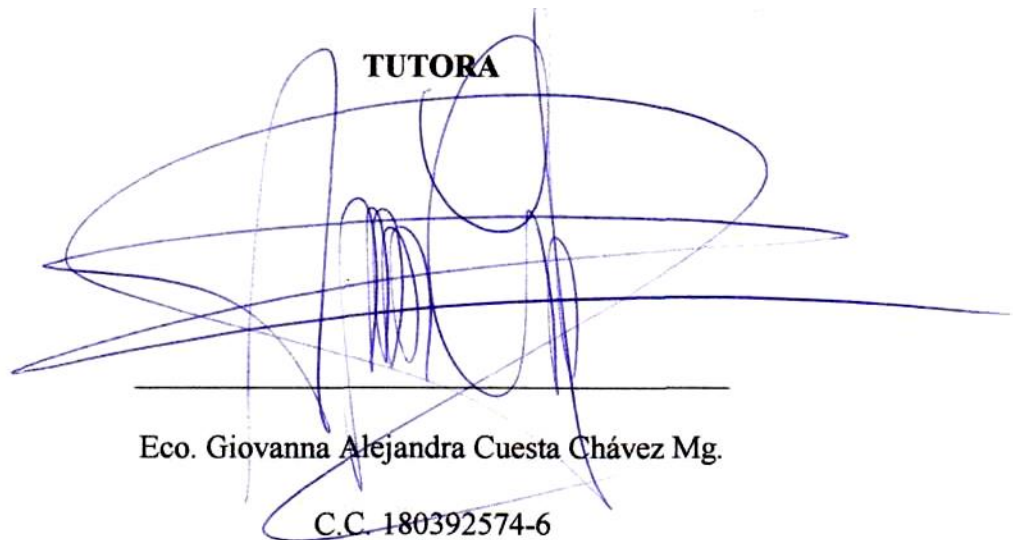
APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Eco. Giovanna Alejandra Cuesta Chávez Mg. con cédula de ciudadanía N° 180392574-6, en mi calidad de Tutora del proyecto de investigación referente al tema: **“EL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN ECUADOR, COSTA RICA Y SU CRECIMIENTO ECONÓMICO”**, desarrollado por Jonathan Paul Tirado Andrade, 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, Agosto del 2019

TUTORA



Eco. Giovanna Alejandra Cuesta Chávez Mg.
C.C. 180392574-6

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Jonathan Paul Tirado Andrade, con cédula de ciudadanía N°. 180480394-6, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el proyecto investigativo, bajo el tema: **“EL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN ECUADOR, COSTA RICA Y SU CRECIMIENTO ECONÓMICO”**, 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, Agosto del 2019

AUTOR



Jonathan Paul Tirado Andrade

C.C. 180480394-6

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 autor.

Ambato, Agosto del 2019

AUTOR



Jonathan Paul Tirado Andrade

C.C. 180480394-6

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El Tribunal de Grado, aprueba el Proyecto de Investigación con el tema: “**EL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN ECUADOR, COSTA RICA Y SU CRECIMIENTO ECONÓMICO**”, elaborado por Jonathan Paul Tirado Andrade, 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, Agosto del 2019



Eco. Mg. Diego Proaño

PRESIDENTE



Eco. Geovanny Carrión

MIEMBRO CALIFICADOR



Eco. Oswaldo Jácome

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

*“Definición de economista:
es un experto que mañana
sabr  explicar porque las
cosas que predijo ayer no
han sucedido hoy”*

Lawrence J. Peter

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme sabiduría y fortaleza para concluir mi carrera; a mis padres por su confianza en todo momento; a mi hermano por su apoyo; a Carolina por su cariño y a mi tutora Eco. Alejandra Cuesta por su entereza y por ser una buena guía y a todas las personas que ha contribuido en mi vida.

Jonathan Tirado

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

TEMA: “EL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN ECUADOR, COSTA RICA Y SU CRECIMIENTO ECONÓMICO”

AUTOR: Jonathan Paul Tirado Andrade

TUTORA: Eco. Giovanna Alejandra Cuesta Chávez

FECHA: Agosto, 2019

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación está compuesta por dos etapas, en donde la primera es un análisis de la ecuación del economista Yoichi Kaya denominada “Identidad de Kaya” la cual determina que a medida se incrementa el PIB tiende a producir mayor contaminación hasta cierto punto. Ya que después de esta brecha comienza a decrecer el dióxido de carbono ya sea por avances tecnológicos o en base a políticas implementadas en el gobierno. Por lo tanto, en el caso de Ecuador y Costa Rica se comprobó la teoría de Yoichi Kaya que aumenta la contaminación al percibir un incremento en el crecimiento económico del país dentro del período de estudio 2000-2017. Por último, la segunda etapa consiste en una predicción de datos a través de modelo ARIMA lo que nos permitió actualizar nuestra base de datos para los años de estudio 2000-2017 y poder estimar un modelo Var. En donde se evidenció que el consumo de energía renovable y las emisiones de CO₂ presentan una relación de causalidad neutra tanto para Ecuador como para Costa Rica, es decir que la investigación contribuye a la hipótesis de que si se aplican políticas conservadoras en el consumo de energía en estos países tendría un efecto ínfimo en su crecimiento económico.

PALABRAS DESCRIPTORAS: CONSUMO DE ENERGÍA RENOVABLE, PIB PER CÁPITA, EMISIONES DE CO₂, IDENTIDAD DE KAYA, CAUSALIDAD DE GRANGER.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF ACCOUNTING AND AUDIT
ECONOMICS CAREER

TOPIC: “THE CHANGE OF THE ENERGY MATRIX IN ECUADOR, COSTA RICA AND ITS ECONOMIC GROWTH”

AUTHOR: Jonathan Paul Tirado Andrade

TUTOR: Eco. Giovanna Alejandra Cuesta Chávez

DATE: August, 2019

ABSTRACT

The research is composed of two stages, where the first is an analysis of the economist's equation Yoichi Kaya identified to "Identity of Kaya" the quality that determines the measure that increases the GDP and produces the greatest pollution to some extent. Since after this gap, carbon dioxide begins to decrease either due to technological advances or based on policies implemented in the government. Therefore, in the case of Ecuador and Costa Rica, Yoichi Kaya's theory that increases pollution is perceived by perceiving an increase in the country's economic growth within the 2000-2017 study period. Finally, the second stage consists of a prediction of data through the ARIMA model, which updates our database for the 2000-2017 study years and can estimate a Var model. Where it is evident that the consumption of renewable energy and CO₂ emissions have a neutral causal relationship for both Ecuador and Costa Rica, that is to say, the research contributes to the hypothesis that if they are conservative policies in the consumption of Energy in these affected countries has a negligible effect on their economic growth.

KEYWORDS: RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION, GDP PER CAPITA, CO₂ EMISSIONS, KAYA IDENTITY, CAUSALITY OF GRANGER.

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 ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE IMAGEN.....	xv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	1
1.1.1. Justificación teórica.....	1
1.1.2. Justificación metodológica.....	5
1.1.3. Justificación práctica.....	6
1.1.4. Formulación del problema de investigación.....	8
1.2. Objetivos.....	8
1.2.1. Objetivo general.....	8
1.2.2. Objetivos específicos.....	8
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Revisión de literatura.....	9

2.1.1. Antecedentes investigativos	9
2.1.2. Fundamentos teóricos.....	20
2.2. Hipótesis.....	33
CAPÍTULO III	34
METODOLOGÍA	34
3.1. Recolección de la información.....	34
3.1.1. Ficha de observación.....	35
3.1.2. Confiabilidad y validez	35
3.2. Tratamiento de la información	36
3.3. Operacionalización de las variables	43
CAPÍTULO IV	48
RESULTADOS	48
4.1. Resultados y discusión	48
4.2. Verificación de la hipótesis.....	79
4.3. Limitaciones del estudio	82
CAPÍTULO V	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1. Conclusiones	83
5.2. Recomendaciones.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1: Centrales eléctricas construidas por INECEL.....	10
Tabla 2: Centrales eléctricas del cambio de matriz productiva.....	12
Tabla 3: Principales centrales eléctricas en operación construidas por el ICE	16
Tabla 4: Hipótesis de crecimiento - “CE” y “PIB”	24
Tabla 5: Hipótesis de retroalimentación - “CE” y “PIB”	26
Tabla 6: Hipótesis de conservación – “CE” y “PIB”	28
Tabla 7: Hipótesis de neutralidad – “CE” y “PIB”	30
Tabla 8: Relación causal entre CE y CO ₂	32
Tabla 9: Operacionalización de variables – identidad de Kaya	44
Tabla 10: Operacionalización de variables – modelo VAR.....	46
Tabla 11: MCO – Ecuador	48
Tabla 12: Pruebas de contrastes	49
Tabla 13: Factores de inflación de la varianza.....	50
Tabla 14: MCO – Ecuador	51
Tabla 15: Pruebas de contrastes	52
Tabla 16: Factores de inflación de la varianza.....	53
Tabla 17: Contraste aumentado de Dickey-Fuller - Ecuador.....	54
Tabla 18: Modelo ARI - Ecuador.....	56
Tabla 19: Contraste aumentado de Dickey-Fuller – Costa Rica.....	58
Tabla 20: Modelo ARI – Costa Rica.....	59
Tabla 21: Selección del orden del VAR.....	61
Tabla 22: Contraste de raíz unitaria	62
Tabla 23: Contraste de cointegración Engle y Granger	63
Tabla 24: Ecuación 1: consumo de energía renovable.....	64
Tabla 25: Ecuación 2: emisiones de CO ₂	65
Tabla 26: Contraste de autocorrelación hasta el orden 7	66
Tabla 27: Matriz de correlación	67
Tabla 28: Causalidad de Granger.....	69
Tabla 29: Sistema VAR, máximo orden de retardos 8.....	71

Tabla 30: Contraste de raíz unitaria	72
Tabla 31: Ecuación 1: Consumo de energía renovable	73
Tabla 32: Ecuación 2: emisiones de CO2	74
Tabla 33: Contraste de autocorrelación hasta el orden 7	75
Tabla 34: Contraste de ARCH	75
Tabla 35: Supuesto de normalidad	76
Tabla 36: Causalidad de Granger	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

CONTENIDO	PÁGINA
Ilustración 1. Emisiones de CO ₂ vs producción total de energía en Ecuador.....	13
Ilustración 2. Producción total de energía – fuentes renovables y no renovables en Ecuador	14
Ilustración 3. <i>Emisiones de CO₂ vs producción total de energía en Costa Rica</i>	18
Ilustración 4. Producción total de energía – fuentes renovables y no renovables en Costa Rica	19

ÍNDICE DE IMÁGENES

CONTENIDO	PÁGINA
Imagen 1: Consumo de energía renovable per cápita – Ecuador.....	55
Imagen 2: Correlograma de los residuos FAC y FACP – Ecuador	56
Imagen 3: Correlograma de los residuos FAC y FACP – Ecuador	57
Imagen 4: Correlograma de los residuos FAC y FACP – Costa Rica	59
Imagen 5: Correlograma de los residuos FAC y FACP – Costa Rica	60
Imagen 6: Raíz inversa.....	68
Imagen 7: Impulso – respuesta Ecuador	69
Imagen 8: Impulso - respuesta	70
Imagen 9: Raíz inversa.....	77
Imagen 10: Impulso respuesta.....	78
Imagen 11: Impulso - respuesta	79
Imagen 12: Verificación de la hipótesis de Ecuador.....	80
Imagen 13: Verificación de la hipótesis de Costa Rica	81

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

1.1.1. *Justificación teórica*

La producción energética tuvo un punto de inflexión a partir del desarrollo industrial y tecnológico. Ya que desde la segunda mitad del siglo XX se ha generado un incremento en la explotación de los combustibles fósiles, específicamente de los hidrocarburos. Por lo que se podría evidenciar un posible agotamiento más rápido de lo esperado en los yacimientos petroleros a nivel mundial. Y lo que desenlazaría en un crecimiento acelerado de la contaminación ambiental. Esto se debe principalmente a la emisión de grandes proporciones de gases de efecto invernadero que provienen del sector energético con fuentes fósiles. Por lo que esta situación requiere de compromisos sociales, tanto de los actores políticos como de la ciudadanía para preservar las reservas naturales agotables que aún existen. Una opción viable puede ser sustituir la producción de energía que actualmente utiliza fuentes no renovables por fuentes renovables o inagotables (Correa, González, & Pacheco, 2016).

Aunque el consumo de energía eléctrica en el mundo crece de manera continua debido al incremento exponencial de la población, lo cual produce un acrecentamiento en la demanda para satisfacer sus necesidades día tras día. Por lo que es abastecida en base a la utilización de las reservas de combustibles fósiles tales como el petróleo o el carbón. Y debido a su naturaleza en la que se encuentran localizados se espera una pronta escasez, ya que se extraen los hidrocarburos a un ritmo acelerado, por lo que su extensión se encarece a medida que se hacen más inaccesibles a lo largo del tiempo (Livas, 2015). Por otra parte, la energía nuclear es una fuente peculiar de producción, ya que por su estado en el que se encuentra no emite gases de efecto invernadero directamente y que a su vez genera unos residuos radioactivos a los que no se los puede

tratar correctamente sin la tecnología necesaria y los cuidados rigurosos que esta fuente exige. Es así que, el funcionamiento de las plantas nucleares da lugar a que existan emisiones de dióxido de carbono tanto en las minas de donde proviene el uranio, como en el lugar donde se le da el tratamiento adecuado para su futuro uso, que si bien no están dentro de la planta son atribuidas indirectamente (Sovacool, 2008).

Además, Pasquevich (2016) manifestó que no todos los países dependen de estas fuentes de energía. Así como tampoco necesitan la misma proporción de energía generada a partir de fuentes fósiles como son la del petróleo o el carbón y que una gran inversión en proyectos de energías renovables no significa que esos países vayan a ser los que menos contaminen el medio ambiente. Debido a que existen países que son capaces de ser más cuidadosos con el medio ambiente e invirtiendo en menor cantidad que otros, siempre y cuando estos compartan ciertas similitudes socioeconómicas. Esto en principio se debe a la capacidad energética que requiera cada país, un claro ejemplo es el caso de Estados Unidos o China que necesitan una cantidad mayor de energía debido a la capacidad productiva que ostentan. Por ende, su inversión en proyectos de energías renovables debe ser mayor y de la misma forma en programas de reducción y tratamiento de residuos contaminantes en base a sus políticas ambientales.

Es por ello que, en el caso de China en el año 2016, se logró duplicar la producción solar a partir de sus instalaciones fotovoltaicas que aprovechan la luz y calor que emite el sol. Llegando a obtener una producción de energía eléctrica de 77 gigavatios por hora. Sin embargo, este avance logrado en la producción de energía renovable no ha logrado ser muy eficiente en relación a la producción total de energía eléctrica. Ya que la energía producida por parte del país asiático proveniente de fuentes renovables y que son amigables con el medio ambiente solo alcanza a representar un 13 por ciento del consumo total de energía. Mientras que su contraparte como es el carbón, petróleo y gas llegan a representar una proporción considerable del consumo total de energía con un 87 por ciento. En consecuencia, esto ha llevado a que la estructura energética de China dependa en gran medida del carbón, lo que da como resultado una mayor concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (Sun, Li, & Wang, 2018).

Por otra parte Schumachera & Yang (2018) expresaron que Estados Unidos lidera la producción de energía eólica a nivel mundial, que se basa en transformar la energía cinética del viento a través de sus aerogeneradores o molinos de viento que se encuentran ubicados en grandes planicies o su vez instaladas sobre el agua aprovechando de esta manera las corrientes marítimas. Es por ello que conjuntamente con las fuentes de producción solar, hidroeléctrica, biomasa y geotérmica llegan a obtener un total de 550 gigavatios por hora. Aunque a pesar de que se trate de disminuir las emisiones de dióxido de carbono a través de proyectos energéticos con fuentes menos contaminantes no ha logrado un objetivo claro, ya que en el año 2015 la energía renovable producida solo suponía un 10 por ciento de la energía consumida por los Estados Unidos. Dando como resultado, que existe una gran brecha para alcanzar una producción más amigable con el medio ambiente.

Sin embargo, la antítesis del caso estadounidense se encontraría en Centroamérica. Específicamente en Costa Rica ya que ha promovido una iniciativa de inmiscuirse a fondo en la generación de energías renovables que ha empezado a crecer aún más rápido que la energía fósil y nuclear. Todo esto con el afán de apearse a su política ambiental y acuerdos firmados para disminuir la contaminación emanada a la atmosfera. Por lo que ha llegado a ser un país ejemplar en cuanto al funcionamiento de toda su matriz energética. Debido a que a lo largo del año 2016 solo llegó a utilizar 1,88 por ciento de energía proveniente de energías fósiles como es el petróleo o carbón. Denotando el compromiso social que tiene con el medio ambiente, ya que la mayor producción se centra en las fuentes hidroeléctricas que proveen un 74,35 por ciento del total. La segunda fuente con más relevancia en el ámbito renovable le corresponde a la energía geotérmica con un 12,74 por ciento proveniente de géiseres o de yacimientos secos en donde se aprovecha el calor de las rocas. La tercera fuente con mayor producción es la de energía eólica que aprovecha las corrientes de viento con un 10,30 por ciento y finalmente las fuentes con menor grado de producción son la energía por biomasa con un 0,72 por ciento que aprovecha la materia orgánica seca y la energía solar con un 0,01 por ciento proveniente del calor y luz que emite el sol. Lo que lo ha

consolidado como el único país en todo el continente americano que se ha mantenido casi por un año completo solo con el consumo de energía renovable (Anónimo, 2017).

En cambio, para el caso de Ecuador el cambio de su matriz energética empieza con la iniciativa del “Sumak Kawsai” que se refiere a la noción del “Buen Vivir” y que se introdujo en la Constitución ecuatoriana del 2008. Ya que sus políticas tienen la finalidad de enfocarse hacia un desarrollo sostenible y sustentable que van acorde a los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir. Por lo que defendían los derechos de la naturaleza y permitirían preservar de mejor manera el medio ambiente. Lo que conlleva a adoptar prácticas menos contaminantes y contar con un sistema generador de energías limpias que fortalezca el cambio de matriz energética (SENPLADES, 2008).

Aunque hay que tener en cuenta que desde el inicio del boom petrolero en 1972 donde se inauguró el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano “SOTE” y con un precio de \$2.50 por barril de petróleo, el país tuvo un periodo de bonanza con un crecimiento económico de dos cifras. Por lo que los mayores ingresos del Gobierno Central dejaron de ser solo de sus materias primas en agricultura como es el banano y el cacao, sino que ahora iban a depender también del petróleo o denominado oro negro (Baquero & Mieles, 2015). Pero también ha sufrido varias dificultades a la hora de cumplir con la oferta energética ya sea por falta de infraestructura o también por condiciones climáticas en donde el auge de los ríos disminuía debido a las sequías que se presentaban en las zonas donde se localizaban las hidroeléctricas, por lo que se declaraba en emergencia al sector eléctrico. Un claro ejemplo ocurrió en 1992 – 1993 durante la presidencia de Sixto Durán Ballén, en donde se dio “la hora de Sixto” debido a la gran cantidad de apagones que fueron causados por el estiaje en la zona de Paute. Por lo que propuso adelantar una hora al reloj y que se aproveche de mejor manera la luz solar y de esa forma consumir menos energía eléctrica (Suárez, 2010).

No obstante, el Ecuador al iniciar con la producción energética tuvo una dependencia con la extracción de crudo para la generación de energía fósil, la cual se complementaba con la obtenida por centrales termoeléctricas de biomasa que se

atribuye a la energía renovable obtenida por desechos o residuos orgánicos Además de necesitar la ayuda de otros países como Colombia y Perú que exportaban su energía eléctrica para compensar la demanda que no lograba satisfacer el país. Debido a estos factores internos se buscó un cambio en la matriz energética, con el fin de disminuir la dependencia de recursos fósiles como el petróleo y el carbón. Y de esta forma el Estado busca poner énfasis en la iniciativa de construir centrales hidroeléctricas que aprovecharían las vertientes de los ríos y que disminuirían la emisión de dióxido de carbono (CELEC, 2014).

Finalmente hay que tener en cuenta que un cambio en la matriz energética puede representar un incremento productivo en la zona industrial y que conllevaría a un desarrollo económico que se vería reflejado en el bienestar de la población a largo plazo. Ya que desde los estudios realizados por los hermanos Kraft en 1978 se denoto una relación causal entre el consumo de energía y el crecimiento económico de un país. Por lo que se procedió a clasificar en cuatro grupos según los resultados obtenidos que son: crecimiento, retroalimentación, conservación y neutralidad. Debido a que la conclusión puede variar según los factores de estudio que pueden ser desde las variables seleccionadas, como el periodo de tiempo en el que se va a llevar a cabo la investigación y la metodología que se empleara para demostrar su relación causal (Caraballo & García, 2017).

1.1.2. Justificación metodológica

El estudio resulta viable, ya que se dispone de los datos anuales necesarios de Ecuador y Costa Rica, los cuales se recopilieron para el período 2000-2017. En lo que respecta al modelo KAYA se procedió a extraer la información de las emisiones totales de CO₂ referentes al uso de combustibles fósiles y procesos industriales expresadas en kilo toneladas del portal web de información económica DatosMacro.com, en cuanto a Ecuador y Costa Rica. Acto seguido se extrajo la población de ambos países desde el sitio web del Banco Mundial (BM). Después se procedió a obtener el PIB en miles de dólares americanos a precios constantes del 2010. Seguidamente se obtuvo el consumo

total de energía del Ecuador expresada en GWh de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) y del Centro Nacional de Control de Energía (CENCE) para el caso de Costa Rica.

Ahora bien, para el modelo ARIMA se obtuvo los valores del consumo de energía renovable per cápita hasta el año 2016 de los portales web del Banco Mundial como del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). En cuanto a Costa Rica se extrajo hasta el año 2015 del Banco Mundial. Todo esto con el objetivo de conseguir completar nuestra base de datos para el modelo VAR que utilizaremos posteriormente. A continuación, obtenemos el PIB real per cápita expresado en dólares americanos a precios constantes de año base 2010 publicados en la página del Banco Mundial. Por otra parte, se obtuvo las emisiones de CO₂ expresadas en toneladas métricas per cápita de ambos países recolectadas del portal web DatosMacro.com. A continuación, se obtuvo el precio del carbón australiano expresado en dólares americanos por tonelada métrica que se recopiló del portal de datos IndexMundi. Después se procedió a identificar el precio del barril de petróleo WTI en dólares americanos que se obtuvo del Banco Central del Ecuador (BCE) mediante un boletín emitido de cifras petroleras, que se corroboró con la ayuda del Ministerio de Economía y Finanzas, ya que mediante un oficio con N.º MEF-DNCP-2018-0053-O dirigido a Herrera Jiménez Mónica Alexandra coordinadora del Ministerio de Economía y Finanzas se procedió a solicitar los datos del precio del barril de petróleo hasta el año 2017. Por último, lo presentado en este estudio servirá de apoyo para la realización de una tesis doctoral en la Universidad Nacional Agraria La Molina “UNALM” que se encuentra localizada en la República del Perú. Esta investigación se encontrará a cargo de la Economista Giovanna Alejandra Cuesta Chávez, la misma que tendrá un enfoque en la rama de economía ambiental.

1.1.3. Justificación práctica

A través de este estudio se busca visualizar el impacto ambiental que deja el crecimiento económico de un país, ya que a medida que se va desarrollando tiende a

la utilización de más recursos para satisfacer las necesidades de la población que tiene un crecimiento exponencial. Sin embargo, se llega hasta un punto en donde la sociedad se interesa por la contaminación y toma una postura más amigable con el medio ambiente y comienza a buscar un bienestar común para preservar el hábitat en el que vivimos. Por consiguiente, se desarrollan nuevas técnicas de producción más eficientes y limpias que pretenden evitar el uso excesivo de recursos no renovables. De tal forma que los gases de efecto invernadero “GEI” no mantengan una relación lineal positiva con el crecimiento demográfico.

Hay que tener en cuenta que desde la revolución industrial no se tuvo un control en la producción mundial que generaba toneladas de GEI. Por lo que al ver los cambios climáticos bruscos que se suscitaban en el planeta a causa de una explotación acelerada de petróleo, carbón, minerales y conjuntamente con una tala indiscriminada de bosques que a su vez arrasaban con la fauna de la zona, han provocado que la sociedad se replantee sus acciones y busquen aplicar un cambio en la matriz productiva. Ahora bien, las decisiones que tomen los gobiernos de turno en cuanto al cambio climático son esenciales como en el caso de Costa Rica que ha logrado ser un modelo a seguir en la producción de energías limpias. En cuanto al caso de Ecuador se ha buscado un cambio de matriz energética desde el año 2007 con el Plan Nacional del Buen Vivir en donde lo catalogaba como un sector estratégico.

Por lo tanto, esta investigación pretende aportar sobre la contaminación ambiental que genera la producción de energías fósiles y como esto afecta al crecimiento económico de un país. Esto resultará beneficioso y enriquecedor para las personas que busquen profundizar en temas económicos como ambientales, ya que al contar con varias metodologías para recolectar información nos permitirá ampliar nuestro panorama acerca de las economías en desarrollo que buscan iniciativas para preservar el medio ambiente con inversiones en materia de tecnología e infraestructura para la producción de energías limpias que sean generadas con fuentes renovables. Teniendo en cuenta que también debe acoger y aplicar políticas de cuidado ambiental y desarrollo económico.

1.1.4. Formulación del problema de investigación

¿Existe una relación causal entre el consumo de energía renovable y las emisiones de CO₂ en Ecuador y Costa Rica?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Identificar el cambio de la matriz energética de Ecuador versus Costa Rica y la influencia del crecimiento económico tanto en las emisiones de CO₂ como en el consumo de energía renovable durante el periodo 2000-2017.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar las emisiones energéticas aplicando la ecuación de Identidad de Kaya en Ecuador y Costa Rica, a través de un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios para determinar la relación entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico.
- Calcular la proyección del consumo de energía renovable per cápita en Ecuador y Costa Rica, mediante un modelo ARIMA para los años 2016-2017 lo que nos permitirá realizar futuras estimaciones en la investigación.
- Definir a través de un modelo VAR la relación que existe entre el consumo de energía renovable per cápita y las emisiones de CO₂ tanto en Ecuador como en Costa Rica para establecer la existencia de un comportamiento de crecimiento, retroalimentación, conservación o de neutralidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Revisión de literatura

2.1.1. *Antecedentes investigativos*

2.1.1.1 *Historia de la producción energética en Ecuador*

Ecuador desde sus inicios en la producción ha sido considerado como un exportador primario en cuanto a sus productos emblemáticos como es el caso del cacao y el auge que tuvo en los años de 1860 a 1920. Después de que terminó este periodo de bonanza, surge el auge bananero que empezó desde 1948 a 1965. Lo que permitió que el Estado lleve a cabo varios proyectos de bienestar social y expandir sectores estratégicos como es el sector energético. Ya que se encontraba desordenado en producción y distribución por lo que solo abastecían al 35% de la población. Por lo que el 23 de mayo de 1961 se instaura el Instituto Ecuatoriano de Electrificación “INECEL” que fue la primera institución pública sin mayores recursos encargada de la administración del sector eléctrico. Esto incluía lo que es la generación, la transmisión y la distribución eléctrica, que lo llevaba a cabo en cooperación con cada municipio del Ecuador (Paz & Miño, 2002).

Además, Guerrero (2008) mencionaba que al ser una entidad reguladora debía supervisar y ejecutar las políticas estatales, sin dejar de lado su objetivo principal que era crear un sistema eléctrico eficiente que pueda responder a la demanda de una población que tenía un incremento anual del 3%. De manera que INECEL debía aumentar la capacidad energética del país por lo que tenía realizar estudios para expandir el sector productivo con nuevas inversiones que las obtuvo con la bonanza bananera. Por lo que contrataron a especialistas internacionales que trabajaron conjuntamente con el personal ecuatoriano y dieron vida a lo que hoy conocemos como la matriz productiva energética.

Tabla 1: Centrales eléctricas construidas por INECEL

Año de Operación	Central	Tipo	Vida Útil	Potencia MWh	Inversión USD Millones
1982	Termo Esmeraldas	Térmica	30	132,50	104,80
1997	Trinitaria	Vapor	30	133,00	106,40
1978	Gonzalo Cevallos	Térmica Vapor/Gas	30	146,00	116,80
1997	Enrique García	Térmica	20	102,00	38,40
1981	Santa Rosa	Gas	20	51,30	30,60
1977	Guangopolo	Térmica MCI	25	33,10	19,60
1971	Monay		25	11,60	4,30
1982	El Descanso		25	19,20	11,50
1987	Agoyán	Hidráulica	50	160,00	202,80
1977	Pucará		50	73,00	108,80
1999	Marcel Laniado		50	213,00	255,60
1983	Paute		50	1.075,00	967,50
Total				2.149,70	1.967,10

Fuente: ARCONEL

Elaborado por: Jonathan Tirado

Sin embargo, hay que tener en cuenta que fue en Loja durante el año de 1981 donde funciono la primera central eléctrica que tenía una potencia de 24 KWh de energía. Y se llevó a cabo con la Sociedad Eléctrica Sur, la cual utilizaba el recurso hídrico como fuente de funcionamiento ya que aprovechaba la fuerza de las corrientes del río Pastaza y Paute. Además, la central de Agoyán gozaba del mismo caudal del río Pastaza y ostentaba una capacidad mayor de producción que era equivalente a 156 MWh por lo que fue una fuente de energía imprescindible conjuntamente con la Central de San Francisco que tenía una potencia de 230 MWh. Acto seguido al cabo de unos años no tarda en constituirse el proyecto integral más representativo de Paute para aprovechar la fuerza de su río. Por lo que se llegó a contar con tres centrales hidroeléctricas en funcionamiento que son la Central Sopladora, Central Molino y por último la Central

Mazar. Este proyecto fue una de las más grandes obras edificadas en el país que poseía una capacidad integrada en conjunto de 1652 MWh (EERSSA, 2016).

Ahora bien, vale destacar que las centrales terminas pueden llegar a clasificarse en dos grupos, ya sean las de vapor que operan con una base de calderos o las centrales térmicas que funcionan con combustible y a su vez se pueden derivar en las que utilizan combustible gaseoso o líquido. Estas últimas a su vez cuentan con una potencia de 1 MWh hasta 30 MWh con motores de combustión interna, por lo que poseen una capacidad limitada frente a otras fuentes de energía. En base a esto las centrales térmicas más importantes en Ecuador son la Termo Esmeraldas y la Trinitaria que son las que proporcionan mayor potencia productiva, ya que cuentan con una capacidad instalada de 133 MWh y con un sistema de refrigeración a través del agua del mar. Por último, tiene a disposición la Central Gonzalo Cevallos que cuenta con una capacidad de 70 MWh la misma que le ayuda a suplir la demanda energética (Jaramillo & Chamba, 2008).

Tomando la idea de Correa, González & Pacheco (2016) mencionaban que Ecuador busca obtener una soberanía en el sector eléctrico con nuevos avances tecnológicos y proyectos generadores de energías renovables. Estas decisiones gubernamentales permiten alcanzar un sistema productivo menos contaminante, ya que al dar prioridad a la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas en un mercado que se encontraba dominado por generadoras de energía térmica que consumían combustibles fósiles tales como el petróleo o carbón nos permite visualizar otro panorama a futuro en donde era necesario un cambio en la matriz energética. Ahora bien, la obtención de energía eólica es una de las primeras fuentes renovables no tan comunes que se implementó en Ecuador y como una alternativa a la disminución de la utilización de combustibles fósiles. Es por ello que Loja fue la primera ciudad a nivel continental que aprovecharía la fuerza del viento para generar energía y se encontraba localizada en el cerro Villonaco de donde proviene el nombre para la Central Villonaco que poseía una capacidad instalada de 16,5 MWh. Sin embargo, existía otro proyecto más emblemático de energía eólica como es la central de Minas de Huascachaca, que

contaba con 25 aerogeneradores que poseían una capacidad máxima de 2 MWh, dando como resultado una potencia de 50MWh. Así mismo, contaba con otro proyecto localizado en la parte insular que contaba con una potencia de 3 MWh denominado ARGAL (CELEC, 2014).

Tabla 2: Centrales eléctricas del cambio de matriz productiva

Central	Tipo	Inversión USD Millones	Potencia MWh
Coca Codo Sinclair	Hidroeléctrica	1.979,70	1.500
Delsi Tanisagua	Hidroeléctrica	230,00	115
Manduriacu	Hidroeléctrica	120,00	60
Quijos	Hidroeléctrica	118,28	50
Sopladora	Hidroeléctrica	735,19	487
Toachi Pilatón	Hidroeléctrica	517,00	253
Minas San Francisco	Hidroeléctrica	477,30	270
Mazar Dudas	Hidroeléctrica	94,58	21
Villonaco	Eólica	48,35	17
Total		4.320,40	2.773

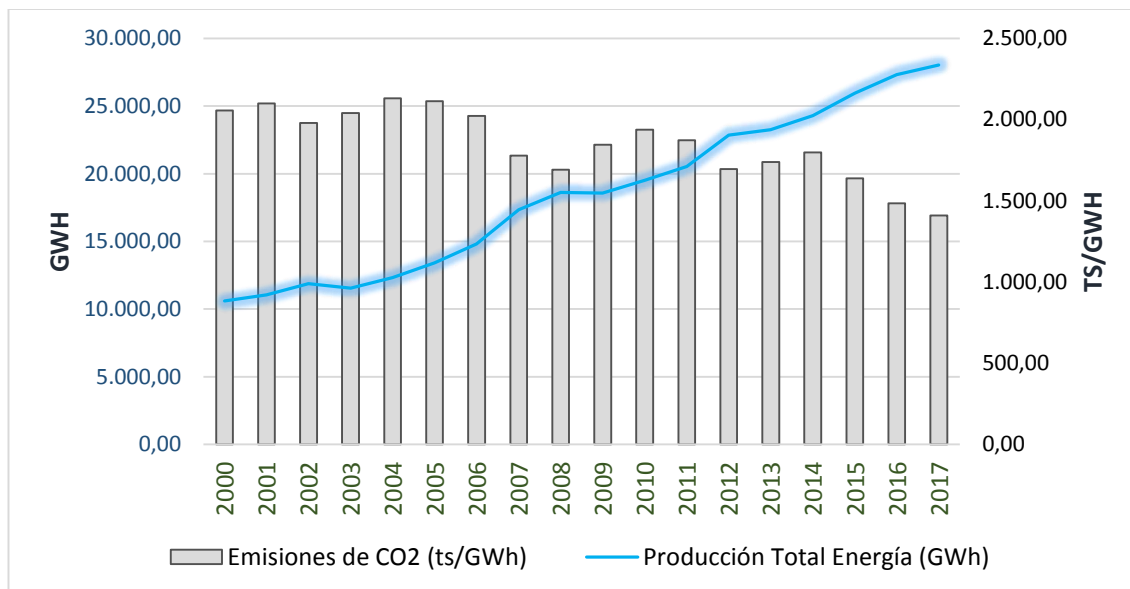
Fuente: ARCONEL

Elaborado por: Jonathan Tirado

Finalmente, Ecuador ha tomado una postura de mejora continua en cuanto al sector estratégico de energía, lo que lo ha llevado de producir energías no renovables provenientes de recursos fósiles a financiar nuevos proyectos generadores de energías renovables o limpias. Este es un compromiso que ejerce el Estado para preservar el medio ambiente, ya que es una inversión a largo plazo que busca eliminar la dependencia de la extracción indiscriminada del petróleo y carbón. Por lo que el Estado apuesta por un cambio en la matriz energética desde el año 2007 que se plantea en el Plan Nacional del Buen Vivir. Y con un nuevo panorama hacia proyectos hidroeléctricos y eólicos que fueron consideradas como megas obras especialmente la central Coca Codo Sinclair que es una de las más grande potencias eléctricas instaladas en el país que funciona conjuntamente con la Central Rio Zamora (Parra, 2013).

2.1.1.2 Emisiones de CO₂ y la producción energética en Ecuador

Ilustración 1. Emisiones de CO₂ vs producción total de energía en Ecuador



Fuente: ARCONEL, datosmacro.com

Elaborado por: Jonathan Tirado

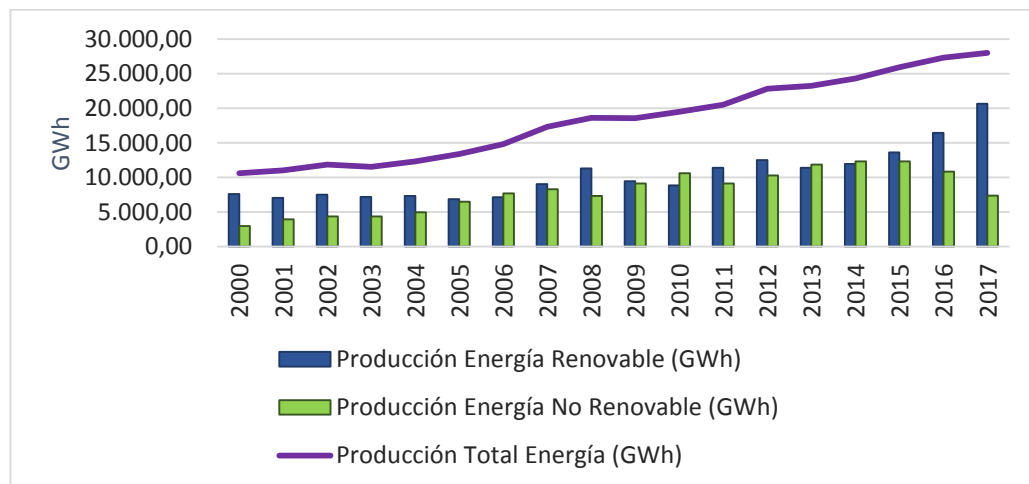
Los gases de efecto invernadero que son emitidos por cada unidad de energía eléctrica generada en Ecuador contra la producción total de energía eléctrica sin contar las importaciones, denotan que tienen una tendencia al alza especialmente durante los primeros años, sin embargo, para el caso de las emisiones totales de CO₂ comienza un decrecimiento desde el año 2014. Por lo que Macías, Valarezo & Loor (2018) manifestó que esto se debe a los nuevos proyectos de producción de energía eléctrica por fuentes renovables, como también por políticas de disminución de residuos contaminantes y mejora en las prácticas de desechos tóxicos por parte de convenios del Ministerio del Ambiente con las empresas comprometidas a cuidar el medio ambiente. Lo que contrasta especialmente es la tendencia al alza de la producción energética ya que, al crecer la población de Ecuador de manera constante, la demanda de este recurso es indispensable para satisfacer las necesidades de hogares, empresas, servicios públicos, etc. Aunque las emisiones totales no nos permiten describir las emisiones de dióxido de carbono emitidas únicamente al producir energía eléctrica ya sea por fuentes renovables o no renovables. Sin embargo, nos permite tener una vista

preliminar de cómo se comportan las emisiones totales de CO₂ y la producción de energía eléctrica a través del tiempo.

Por otra parte, las emisiones de CO₂ se encuentran en base a la producción de cada unidad de energía eléctrica destinada para la distribución y consumo de la población. Por la tanto, se puede evidenciar cuanto afecta la generación de electricidad al medio ambiente, ya sea por fuentes renovables o no renovable. Teniendo en cuenta que se generó una disminución del dióxido de carbono gracias a la generación de más fuentes productoras de energías limpias como son las hidroeléctricas. Las mismas que se ven reflejadas a partir del año 2014 donde comienza a decrecer la contaminación por parte del sector eléctrico. Sin embargo, esto se genera a partir de políticas y convenios expuestos para reducir el impacto negativo que se genera en la capa de ozono (Baquero & Mieles, 2015).

2.1.1.3 Producción de energía en Ecuador y sus fuentes

Ilustración 2: Producción total de energía – fuentes renovables y no renovables en Ecuador



Fuente: ARCONEL

Elaborado por: Jonathan Tirado

La producción por fuentes renovables ha crecido en los últimos años gracias a la inversión en proyectos hidroeléctricas que buscan disminuir la producción a partir de

fuentes fósiles como son el carbón, gas y petróleo, que son las generadoras de la energía térmica a vapor. Por otro lado, se nota una tendencia al alza en cuanto a la producción de energía limpia lo que conlleva a conservar el ambiente y especialmente a buscar nuevas formas de producción ya que las fuentes fósiles se estiman que tienen una reserva mundial próxima a agotarse en 65 años para el carbón y sus derivados si se mantiene la explotación sin precaución (Poveda, Ruiz , & Gonzalez , 2017).

2.1.1.4 *Historia de la producción energética en Costa Rica*

Costa Rica inicio su actividad energética el 9 de agosto de 1884 cuando entro en funcionamiento la primera central hidroeléctrica con una vertiente de 15 metros de altura que se encontraba localizada en el barrio de Aranjuez y que llego a generar 50 KWh, lo cual pudo brindar iluminación a la capital San José. Esto le permitió convertirse en la tercera ciudad en lograr un alumbrado público después de Rio de Janeiro y Santiago de Chile (Vargas, 2007).

Ahora bien, al tratar de aprovechar los recursos hídricos comenzaron a invertir en nuevas plantas eléctricas por parte de empresas privadas y de municipios de turno, con el afán de lograr llevar energía eléctrica a más ciudades del país. Sin embargo, todas las centrales terminaron siendo adquiridas por una solo empresa estadounidense conocida como Electric Bond and Share por lo que se llegó a convertirse en un monopolio todo el sector eléctrico. Lo que provocó que se estancara la producción eléctrica debido a descuidos administrativos que duro más o menos unas dos décadas, sin contar que la población iba en constante aumento y exigían el servicio para satisfacer sus necesidades. Esto llamo la atención del gobierno y decidió tomar medidas ante la urgencia de ofrecer un mejor servicio y satisfacer la demanda existente. Por lo que decidió crear en 1949 el Instituto Costarricense de Electricidad “ICE” para evaluar a todo el sector eléctrico y de esa forma expandir la producción y distribución del servicio eléctrico que hasta ese entonces solo lograba cubrir el 14% de la población (BID, 2019).

Tabla 3: Principales centrales eléctricas en operación construidas por el ICE

Central	Tipo	Potencia (MWh)
Reventazón	Hidroeléctrica	306,87
Miguel Dengo	Hidroeléctrica	174,01
Angostura	Hidroeléctrica	172,20
Arenal	Hidroeléctrica	157,40
Cachi	Hidroeléctrica	152,00
Miravalles I	Geotérmica	55,08
Miravalles II	Geotérmica	55,08
Tejona	Eólica	17,16
Solar Miravalles	Solar	1,00
Garabito	Térmica	202,71
Moin Gas	Térmica	156,45
Total		1.449,96

Fuente: ICE

Elaborado por: Jonathan Tirado

Aunque se debe señalar que el recurso hídrico era su principal fuente de producción hasta 1989, ya que después de los noventa se empezó a incrementar la producción eléctrica con nuevas fuentes renovables y no renovables. En donde se diversificó las fuentes energéticas entre térmicas, eólicas, hidráulicas y geotérmicas con el fin de lograr cubrir el aumento de la demanda eléctrica que ocasionó el fortalecimiento económico de Costa Rica (BID, 2013).

Sin embargo, no está libre de cambios climáticos que pueden interrumpir el correcto funcionamiento de las centrales eléctricas, como paso en el año 2005 al 2011 en donde se registró una pérdida aproximada de 1.130 millones de dólares americanos, que se desglosa de la siguiente manera: 710 millones de dólares americanos fueron por cambios hidrometeorológicos, es decir cambios bruscos de temperatura, en el viento o lluvia. Y la otra parte de la pérdida es de 419,38 millones de dólares americanos a causa de efectos geotectónicos como es la erosión en la superficie terrestre (BID, 2013).

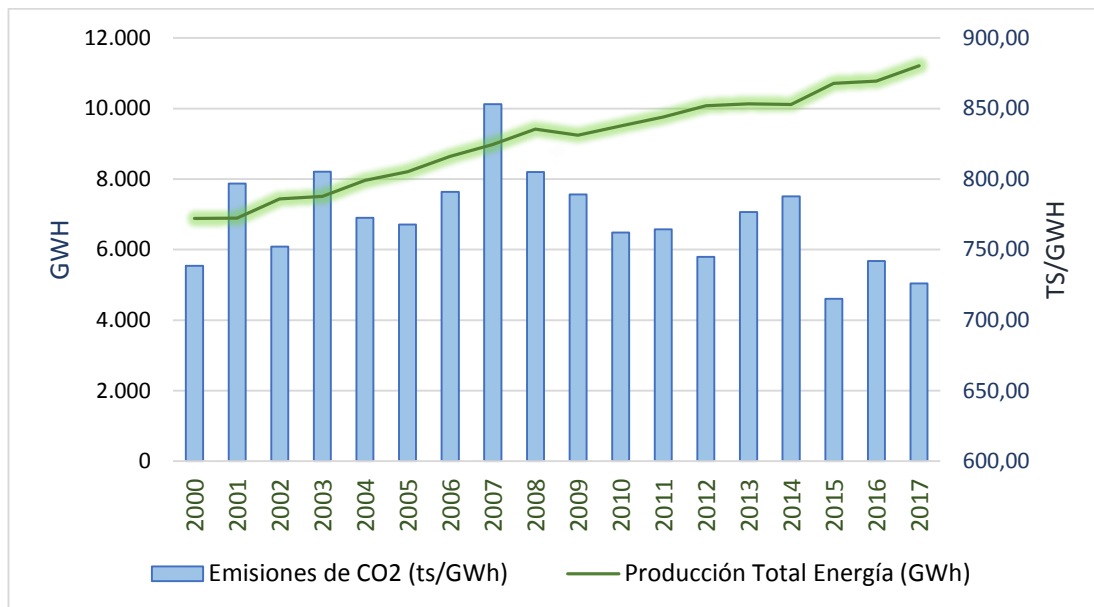
Ahora bien, Costa Rica ha tomado un rumbo fijo hacia la producción de energía renovable libre de contaminación, por lo que ha sido una larga lucha desde hace cincuenta años. Por lo tanto, le han otorgado un reconocimiento internacional como un país ejemplar ya que ha sembrado una cultura ambiental en sus habitantes por preservar el ecosistema en vista de que cada vez se siente más los estragos del cambio climático (BID, 2019).

Por lo que el Estado promueve un cambio de matriz energética a finales del 2007 gracias al préstamo de 250 millones de dólares americanos otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo que ayudaría al ICE a expandir las centrales eléctricas y estudiar nuevos proyectos hidroeléctricos y geotérmicos que se desarrollarían a futuro. De la misma forma se aprueba otro préstamo de 250 millones de dólares americanos en 2012, que fue una pieza clave para poner en marcha el proyecto de la hidroeléctrica de Reventazón y así dejar a un lado el uso de recursos no renovables (Vargas, 2007).

Además, gracias a la inversión en tecnología e infraestructura se espera que para el año 2021 se cumpla con la meta de producir el 100% de energía renovable libre de combustibles fósiles como lo fija el Plan Nacional de Desarrollo en conjunto con las metas fijadas por el Ministerio del Ambiente. Es por ello que la central hidroeléctrica de Reventazón es una de las más emblemáticas, ya que aprovecha el caudal del río con su propio nombre desde que entró en funcionamiento el 16 de septiembre del 2016 (BID, 2019).

2.1.1.5 Emisiones de CO₂ y la producción energética en Costa Rica

Ilustración 3: Emisiones de CO₂ vs producción total de energía en Costa Rica



Fuente: CENCE, datosmacro.com

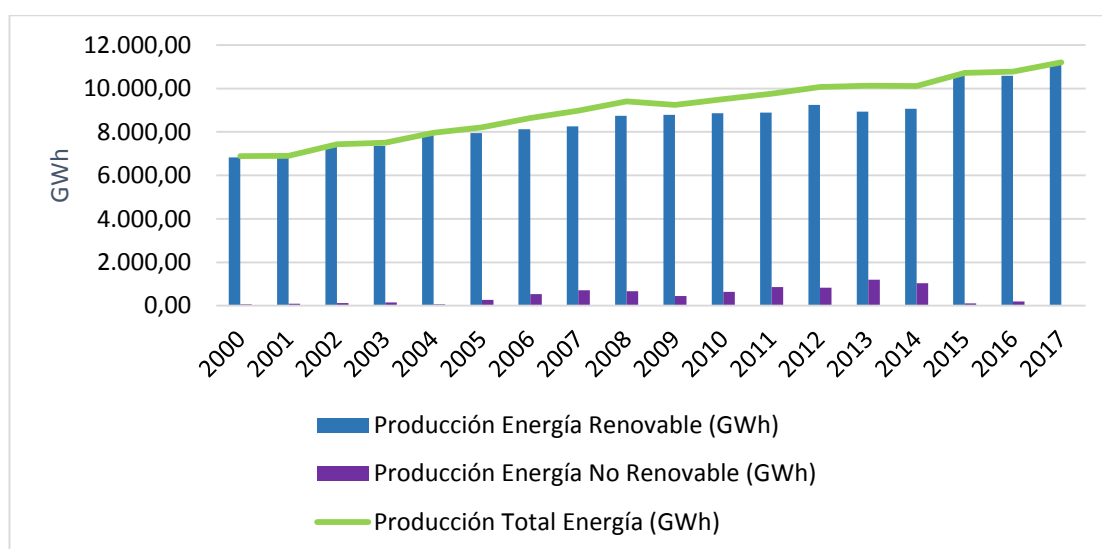
Elaborado por: Jonathan Tirado

A continuación, para el caso de Costa Rica se puede contrastar que la emisión de gases de efecto invernadero tienen una oscilación constante. Esto en principio se debe a que el sector energético sufre variaciones en la producción debido a cambios climatológicos como son las temporadas bajas de lluvias, viento o erosión por lo que se ven obligados a depender de las fuentes fósiles que son las centrales térmicas. Que a menudo solo se pone en funcionamiento para suplir la falta de eficiencia de otra planta eléctrica dependiente de recursos renovables. Dentro de este orden de ideas Zárate & Ramírez (2016) corroboraron que es un país destacado en producir energías limpias, por lo que su meta marcada en el Plan Nacional de Desarrollo es fortalecer las centrales hidroeléctricas, eólicas y solares para ir acorde a sus políticas ambientales que buscan un clima más puro en colaboración con sus habitantes. Sin embargo, si no se sigue invirtiendo en tecnología y el mantenimiento de estas plantas eléctricas la producción aumentará constantemente al igual que la población. Y de la misma forma un fortalecimiento económico producirá un incremento en la producción del sector industrial generando más demanda de servicios básicos. Además, a finales del año

2007 es donde se registra el pico más alto de contaminación y también donde se logró concretar el préstamo por parte del BID para expandir el sector energético y que a futuro ayudaron a disminuir las emisiones de dióxido de carbono.

2.1.1.6 Producción de energía en Costa Rica y sus fuentes

Ilustración 4: Producción total de energía – fuentes renovables y no renovables en Costa Rica



Fuente: CENCE

Elaborado por: Jonathan Tirado

La producción de energía limpia es una de las características principales que posee Costa Rica desde que inicio con su primera planta hidroeléctrica en 1884. Es gracias a que es uno de los países con más recursos hídricos del mundo, por lo que puede aprovechar en sus plantas hidroeléctricas. Sin embargo, desde los años 90 tuvo que comenzar a depender de combustibles fósiles para la elaboración de electricidad. En conjunto toda su matriz de energía renovable equivale a un 95% del total producido con lo cual logran llegar a más del 99,4% de la población. No obstante, hay que acotar que durante el periodo 2005 – 2014 comienza una dependencia mayor del petróleo, pero gracias a las decisiones gubernamentales de frenar esta práctica no tan amigable con el medio ambiente es que toma un rumbo acertado para contribuir al cambio climático (CEPAL, 2017).

2.1.2. Fundamentos Teóricos

2.1.2.1. Identidad de Kaya

Históricamente la contaminación global ha sido un tema de controversia en cuanto a que aspectos no más afectan y de qué manera lo hacen. Por lo que las primeras discusiones se centraron en base a las relaciones existentes entre factores demográficos como puede ser la población, el avance tecnológico y los recursos económicos como el PIB y PIB per cápita. Es por ello que en el año de 1970 se formó la idea de que si un país tenía un aumento constante en su crecimiento económico inevitablemente conllevaba a un aceleramiento en el consumo de recursos naturales lo que provocaría mayor contaminación ambiental y de esta forma generaría un límite a su desarrollo económico. En consecuencia, este fundamento fue normalizado en lo que se conocía como la “Identidad de IPAT”, la cual establecía que el factor de población, ingreso per cápita o también denominado como “afluencia” y por último la tecnología son los que pueden intervenir en las emisiones de gases de efecto invernadero (Díaz & Cancelo, 2010).

$$\textit{Impacto en el medio ambiente} = \textit{Población} * \textit{Afluencia} * \textit{Tecnología}$$

Sin embargo, años después se plantea un nuevo paradigma de que a medida que se vaya incrementando el ingreso per cápita de un país la contaminación iba a empeorar constantemente pero solo hasta un límite, en el cual si llegaba solo aumentaría el crecimiento económico y las emisiones comenzarían a disminuir gracias a las mejoras ambientales que se generarían. Esto se fundamentaba en que a mayor nivel de desarrollo económico las preferencias por preservar el planeta aumentaban y desarrollaban nuevos métodos de producción en donde se dé prioridad al cuidado ambiental gracias al avance tecnológico. Lo que conlleva a un cambio de matriz productiva con mayor oferta de servicios que no generarían tantos gases de efecto invernadero (Gutman & Gutman, 2017).

En base a lo planteado anteriormente se puede comparar este comportamiento económico con lo que presentaba Kuznets (1955) y su “Curva de Kuznets” que se trataba sobre la desigualdad del ingreso, en donde mencionaba que a niveles bajos de ingreso per cápita tiende a crecer la desigualdad pero hasta un límite que al llegar con cierto nivel de ingreso la desigualdad comienza a disminuir. De aquí partió la “Curva ambiental de Kuznets” conocida por tener la forma de una U invertida, solo que ahora hacía referencia a las emisiones de CO₂ con el crecimiento económico, las cuales se acoplaban de mejor manera a las políticas ambientales de cada gobierno. Quitando el paradigma de que el desarrollo económico estaba condicionado a más contaminación.

A pesar de esto, aún se seguían realizando estudios para contrastar empíricamente lo anterior mencionado, como es el trabajo de Grossman y Krueger (1991) que utilizaron datos relacionados con la contaminación del aire y del agua en varios países. Además de otros estudios con residuos y la deforestación que son factores que también afectan al medio ambiente. Por lo que se concluyó que presentaban una curva en forma de U invertida para algunos factores contaminantes, pero no en todos. Acto seguido se desarrollaron varios estudios que involucraban más variables a la hora estimar esta curva pasando por los factores de producción, tiempo, gasto o nivel de tecnología (Sandoval, 2013).

Hasta que en 1990 se reformula la “Identidad de IPAT” a cargo del economista energético Kaya (1990) de origen japonés, quien hace alusión a las emisiones de dióxido de carbono emitidas por el consumo de energía y que guardan una relación con cuatro factores que son:

- Población
- PIB per cápita
- Intensidad Energética del PIB (es decir la energía que se consume por cada unidad del PIB)
- Intensidad de Carbonización (son las emisiones de CO₂ por cada unidad consumida de energía)

Formula:

$$\text{Emisio}n \text{ de GEI} = \text{Poblaci}n * \frac{\text{PIB}}{\text{Poblaci}n} * \frac{\text{Energ}i\text{a}}{\text{PIB}} * \frac{\text{Emisiones CO}_2}{\text{Energ}i\text{a}}$$

Emisiones de GEI

$$= \text{Poblaci}n * \text{PIB per c}apita * \text{Intensidad Energ}etica \\ * \text{Intensidad de Carboninazaci}n$$

Y es de esta forma es como nace la “Identidad de Kaya” que nos permite realizar estudios sobre la contaminación ambiental, desagregando las tendencias de los factores que la componen. Esta ecuación nos permite realizar un diagnóstico ambiental ya sea a nivel macro, meso o micro. Por lo que algunas variables pueden variar dependiendo de las necesidades del investigador. Por ejemplo, a la intensidad energética se le puede desglosar en consumo de energías renovables o no renovables con el fin de analizar la utilización de combustibles fósiles (Gudipudi, y otros, 2019).

2.1.2.2. Hipótesis de causalidad entre el consumo de energía, PIB y emisiones de CO₂

Constantemente los países buscan nuevos métodos de producción energética que les permita obtener un crecimiento económico constante y a la vez que contribuya con la reducción de gases de efecto invernadero. Es precisamente en este punto donde nace la iniciativa de un cambio en la matriz productiva que les permita obtener lo anteriormente mencionado. Mas que todo es un compromiso con la sociedad, que busca preservar el planeta y hacerle frente al cambio climático que hemos generado durante años de industrialización. En base a esto los hermanos Kraft & Kraft (1978) demostraron mediante su estudio pionero que puede existir una relación causal entre el crecimiento económico de un país y su consumo de energía; ya sea renovable, es decir que proviene de la fuerza del agua, viento sol o residuos orgánicos. Pero manifestaron que los resultados varían de acuerdo a varios factores como el tiempo,

selección de variables, metodología empelada, etc. Todo esto contribuye a la hora de concluir la investigación. Sin embargo, no todos los estudios pueden mantener esta relación, sino que pueden obtener otro sentido en cuanto a la energía no renovable, contaminación y desarrollo económico, pero al final obtendrán una de las cuatro hipótesis disponibles que son de crecimiento, retroalimentación, conservación o neutralidad.

Ahora bien, Stern (1993) aseveraba que la hipótesis de crecimiento se desarrollaba de manera unidireccional. Por lo que aseguraba que en su estudio realizado a Estados Unidos que un cambio en el precio del combustible afectaría al consumo de energía y por ende tendría un impacto final sobre el crecimiento económico. Lo que demuestra que si se consume menos energía el PIB disminuiría y viceversa.

Así mismo, Belloumi (2009) apoyaba la hipótesis de retroalimentación la cual se relacionaba de manera bidireccional. Como lo demuestra en su investigación sobre Túnez en donde comprobó una relación causal a largo plazo, es decir que el consumo de energía per cápita afectaba al PIB per cápita y viceversa. Por lo que concluyo que el consumo de energía era un factor que limitaba el crecimiento económico y este a su vez se veía afectado por sus recursos escasos y no podía generar más energía. Lo que es un problema por el que deben pasar algunos países en desarrollo.

Por otra parte, Cheng (1999) respaldaba la hipótesis de conservación en donde explica que si el sistema económico de un país no guarda una fuerte relación con el consumo de energía. Este podría optar por medidas más conservadoras en el sector eléctrico y no tendría un mayor impacto en su crecimiento económico. Como lo ratificó en su estudio de la India en el cual denota que no existe una relación causal entre el consumo energético y su PIB, pero guarda una relación inversa a corto plazo. Por lo que concluyo que a pesar de ser un país bien poblado no tenía relación causal con la mano de obra, pero si deseaba un incremento del PIB debía acumular más capital.

En cambio, Yu & Choi (1985) aportaron sobre la hipótesis de neutralidad la cual señala que ante un posible cambio de política ya sea restrictiva o a su vez de incrementar el consumo energético, cualquier que sea la decisión tendría un efecto ínfimo en el crecimiento económico del país. Como lo demostró en su estudio sobre Estados Unidos, Reino Unido, Polonia, Filipinas y Corea. En la que concluyo que si se aplicaba una política conservadora en el consumo de energía no habría efectos que sean perjudiciales en el crecimiento económico.

2.1.2.3. Estudios del consumo de energía “CE” y el crecimiento económico “PIB”

Tabla 4: Hipótesis de crecimiento - “CE” y “PIB”

Autores	Periodo de Estudio	Metodología	Países Analizados
Stern (1993)	1947-1990	Causalidad de Granger	Estados Unidos
Soytas & Sari (2003)	1950-1992	Cointegración y VEC	Turquía, Alemania, Francia, Japón
Apergis & Payne (2009)	1980-2004	Cointegración de Pedroni	Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá
Ozturk, Aslan & Kalyoncu (2010)	1971-2005	Cointegración y causalidad	51 países de renta baja y media
Apergis y Foon (2013)	1975-2007	Granger Toda-Yamamoto	85 países

Fuente: Elaboración propia a partir de (Caraballo & García, 2017)

Elaborado por: Jonathan Tirado

Ahora bien, Soytas & Sari (2003) manifestaban que el consumo de energía y el crecimiento económico son temas de importancia dentro de la rama de economía energética. Por lo que su estudio se centra en determinar la relación causal entre estas dos variables y se centró en países emergentes como los del G-7 y otros. Donde logro concluir una relación unidireccional entre el crecimiento económico y el consumo de energía en Corea e Italia y viceversa en los países de Alemania, Francia, Japón y Turquía, por lo tanto, si se da una conservación de energía podría tener un impacto negativo en estos últimos países.

A continuación, Apergis & Payne (2009) corroboraron la hipótesis de crecimiento en cuanto a la relación causal a corto y largo plazo entre el consumo de energía y el PIB que se demostró en su estudio realizado a seis países centroamericanos que son: El Salvador, Honduras, Guatemala, Costa Rica, Panamá y Nicaragua. Y añadieron que para diseñar políticas efectivas en cuanto a lo ambiental y energético se debe comprender primero esta relación, así como las variaciones que puede tener el PIB en conjunto con su producción y consumo energético.

Además, Ozturk, Aslan & Kalyoncu (2010) realizaron un estudio con 51 países a los cuales les dividieron en tres grupos que son de renta baja, media y alta. Y lograron revelar una relación causal a largo plazo que va del PIB al consumo de energía en lo referente a los países que presentan rentas bajas, mientras que para los de renta media se identificó una relación causal bidireccional. Además, que no se presentó una relación fuerte entre el consumo de energía y el crecimiento económico al analizar los 51 países en un solo conjunto.

Tabla 5: Hipótesis de retroalimentación - “CE” y “PIB”

Autores	Periodo de Estudio	Metodología	Países Analizados
Belloumi (2009)	1971-2004	VAR	Turquía
Ozturk & Acaravci (2010)	1980-2006	ARDL, VEC	Hungría
Belke, Dobnik & Dreger (2011)	1981-2007	Cointegración FMOLS	25 países OCDE
Eggoh, Bangake & Rault (2011)	1970-2006	Cointegración y causalidad	21 países africanos
Fuinhas & Marques (2012)	1965-2009	ARDL	Portugal, Italia, Grecia, España y Turquía
Apergis & Payne (2012)	1990-2007	Cointegración panel y ECM panel	80 países desarrollados y en desarrollo
Esseghir & Haouaoui (2014)	1980-2010	ECM	38 países mediterráneos

Fuente: Elaboración propia a partir de (Caraballo & García, 2017)

Elaborado por: Jonathan Tirado

Así mismo, Belke, Dobnik & Dreger (2011) expusieron que una relación causal a largo plazo entre el consumo de energía y el PIB determinarían si es impulsada por el desarrollo a nivel internacional o debido al desarrollo nacional. En base a los 25 países de la OCEDE estudiados durante 1981-2007 se concluyó que la cointegración de los componentes comunes indica un desarrollo internacional, el cual causo una relación bidireccional entre el consumo de energía y el PIB. Además, el modelo planteo que el consumo de energía puede ser inelástico en cuanto a cambio de precios.

Por otra parte, Eggoh, Bangake & Rault (2011) mantuvieron como objetivo de esta investigación proporcionar nueva información de la relación causal entre el consumo de energía y el PIB para los 21 países africanos analizados durante los años 1970-2006. Por lo que procedieron a dividirlos en dos grupos que son: exportadores netos de energía y en importadores netos de energía. Por lo que se evidencia una relación de equilibrio entre estas variables a largo plazo. Por lo que se evidencio que si existe una disminución en el consumo de energía disminuiría el crecimiento económico y viceversa. Y ante un incremento del consumo energético mejoraría el PIB y viceversa, tanto de los países exportadores como importadores de energía.

Como se ha afirmado anteriormente, Fuinhas & Marques (2012) remarcaron que mediante su estudio de Grecia, Portugal, Turquía, Italia y España durante los años 1965-2009 han pasado por varios periodos de estancamiento económico y de expansión. Por lo que en estas economías al sur de Europa se examina el nexo de crecimiento energético que llevo a dar una relación causal bidireccional tanto a largo plazo como a corto plazo del consumo de energía y PIB, respaldando así la hipótesis planteada de retroalimentación. Ya que a través de una política de conservación energética se produciría una desaceleración del PIB, lo que generaría ahorro en cuanto a que una unidad de producto requerirá una unidad menos de energía.

Tabla 6: Hipótesis de conservación – “CE” y “PIB”

Autores	Periodo de Estudio	Metodología	Países Analizados
Kraft & Kraft (1978)	1947-1974	SIMS	Estados Unidos
Cheng (1999)	1952-1955	Causalidad Granger	India
Soytas & Sari (2003)	1950-1992	Cointegración y VEC	Italia, Corea
Lee (2006)	1960-2001	Granger Toda-Yamamoto	Japón
Huang, Hwang & Yang (2008)	1973-1992	Panel VAR; GMM	Renta media y alta de 82 países
Narayan & Prasad (2008)	1960-2002	Bootstrapping	Renta Alta de 30 países OCDE

Fuente: Elaboración propia a partir de (Caraballo & García, 2017)

Elaborado por: Jonathan Tirado

Por otra parte, Lee (2006) investigaron si es posible que se replique la hipótesis de conservación en varios países con un nivel similar de desarrollo y analizaron 11 de los países más industrializados. Dando varios resultados dependiendo del país, por lo que primero se describe una hipótesis de neutralidad en Alemania, Suecia y Reino Unido. Por otra parte, se observó una hipótesis bidireccional en Estados Unidos y por último una hipótesis de conservación en Bélgica, Suiza, Canadá y Países Bajos en cuanto al consumo de energía y el crecimiento económico, por lo que una política restrictiva en el consumo puede complicar y retrasar el crecimiento económico de los países. Sin embargo, la hipótesis planteada de causalidad unidireccional se logra invertir para el caso de Italia, Japón y Francia demostrando que una conservación energética sería una medida admisible sin ser perjudicial en el PIB.

Así mismo, Huang, Hwang & Yang (2008) realizaron un estudio a 82 países, los cuales les dividieron en cuatro grupos según su nivel de ingreso que son: ingresos bajos, ingresos medios bajos, ingresos medios altos y por último ingresos altos. Dando como resultado la inexistencia de una relación causal entre el consumo de energía el crecimiento económico para los países que presentan niveles de ingresos bajos. Sin embargo, para los países con niveles de ingresos medios bajos y altos se determinó que el crecimiento económico encamina de manera positiva hacia el consumo de energía. Y de manera inversa en cuanto a los países que presentan ingresos altos. Sin embargo, presentan una mejora ambiental como consecuencia de un uso más eficiente de la energía y una reducción de las emisiones de CO₂. Lo que no pasa con los países de ingresos medios altos que después de una crisis en el sector energético, su eficiencia comienza a decaer y comienza a emanar más dióxido de carbono al medio ambiente. Por último, recomendaban seguir una política de conservación energética debido a que no había evidencia de que el consumo de energía conduzca a un aumento en el crecimiento económico en ningún grupo.

A continuación, Narayan & Prasad (2008) examinaron el efecto de la hipótesis de conservación en 30 países de la Organización de Cooperación y el Desarrollo Económico. Y demostraron que el consumo de electricidad provoca un crecimiento del PIB en Portugal, Italia, Corea, Reino Unido, Australia, República Eslovaca, Islandia, Republica Checa. Lo que implica que las políticas de conservación en el sector eléctrico tendrían un impacto de manera negativa en el PIB de estos países. Pero para el resto de los 22 países sucede lo contrario y sugieren que estas políticas no afectarían al crecimiento económico.

Tabla 7: Hipótesis de neutralidad – “CE” y “PIB”

Autores	Periodo de Estudio	Metodología	Países Analizados
Yu & Choi (1985)	1950-1976	Causalidad Granger	Reino Unido, Polonia, Filipinas, Estados Unidos, Corea
Huang et al. (2008)	1973-1992	Panel VAR; GMM	Renta Baja de 82 países
Narayan & Prasad (2008)	1960-2002	Bootstrapping	30 países OCDE
Chiou-Wei, Chen & Zhu (2008)	1954-2006	Causalidad Granger	Estados Unidos, Tailandia y Corea del Sur
Payne (2009)	1949-2006	Toda-Yamamoto	Estados Unidos
Ozturk & Acaravci (2010)	1980-2006	ARDL VEC	Albania, Bulgaria y Rumania
Apergis & Foon (2013)	1975-2007	Granger Toda-Yamamoto	Renta baja de 85 países

Fuente: Elaboración propia a partir de (Caraballo & García, 2017)

Elaborado por: Jonathan Tirado

A continuación, Chiou-Wei, Chen & Zhu (2008) demostraron mediante su investigación a países asiáticos que se han industrializados y a los Estados Unidos. En donde obtuvieron una hipótesis de neutralidad para los países de Tailandia, Corea del Sur y Estados Unidos. Pero por otra parte se identificó una relación unidireccional en los países de Filipinas y Singapur que vas desde su crecimiento económico hasta el consumo energético. Además de que consumo de energía pudo afectar al PIB de Malasia, Taiwán, Indonesia y Hong Kong.

En cambio, Ozturk & Acaravci (2010) revelaron en su estudio basado en Rumania, Albania, Bulgaria y Hungría desde 1980 al 2006, a través de las variables uso de energía per cápita, consumo energético per cápita y el PIB per cápita, en donde la prueba de límites demostró que existe una relación causal bidireccional a largo plazo entre el uso de energía y el crecimiento económico para el caso de Hungría. Sin embargo, no existe una relación causal única de equilibrio entre el consumo de energía y el PIB a largo plazo en los países de Rumania, Bulgaria y Albania. Es decir que se comprueba la hipótesis de neutralidad ya que al implementar medidas en el consumo no afectarían a estas economías en su desarrollo.

Por otra parte, Apergis & Foon (2013) investigaron la validez de esta hipótesis de neutralidad en 85 países de todo el mundo. Y obtuvieron resultados variados dependiendo del desarrollo económico que presentaban, pero determinaron un patrón sistemático en donde los modelos con tres o cuatro variables tenían mayor probabilidad de apoyar esta hipótesis a diferencia de su contraparte que solo tenían dos variables. Por lo tanto, concluyeron que los países que están más desarrollados tienden a mostrar esta hipótesis que es impulsada por el consumo de energía hacia el crecimiento económico y en menor rango de probabilidad el resto de países que no están en vías de desarrollo o presentan bajos ingresos, demostrando así la hipótesis de neutralidad. De modo que las políticas de conservación o de incentivo en el consumo de energía no afectarían su desarrollo.

2.1.2.4. Estudios del consumo de energía “CE” y emisiones de CO₂

Tabla 8: Relación causal entre CE y CO₂

Autores	Periodo de Estudio	Metodología	Países Analizados	Hipótesis
Soytas y Sari (2009)	1960-2000	Causalidad de Granger	Turquía	Conservación
Lean y Smyth (2010)	1980-2006	Causalidad de Granger	Asociación de Naciones del Sudeste Asiático	Crecimiento
Ozturk y Acaravci (2010b)	1960-2005	ARDL	19 países europeos	Crecimiento
Apergis y Payne (2010c)	1992-2004	VECM	11 países de la Commonwealth	Crecimiento
Ajmi et al. (2015)	1960-2010	VAR	G7	Retroalimentación

Fuente: Elaboración propia a partir de (Caraballo & García, 2017)

Elaborado por: Jonathan Tirado

Para el caso de Soytaş & Sari (2009) analizaron otra forma para determinar la relación planteada por los hermanos Kraft con el crecimiento. Por lo que esta busca una relación a largo plazo entre el consumo de energía, las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico en Turquía, además de la mano de obra y la formación de capital. Llegando a una conclusión de que las emisiones de dióxido de carbono tienen una relación causal con el consumo de energía, pero inversamente no se relacionan. Además, la falta de un vínculo causal a largo plazo implicaría que el país no tenga que renunciar a un aumento del crecimiento económico.

Así mismo, Lean & Smyth (2010) analizaron cinco países de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático conocido como ASEAN durante los años 1980-2006. Por lo que sus estimaciones a largo plazo demostraron que existía una relación lineal positiva entre el consumo de energía y sus emisiones de CO₂, mientras que observaron una relación no lineal entre el consumo energético y la producción real, que se asemeja a la curva de Kuznets que se trata sobre el grado de contaminación que se puede presentar en el medio ambiente durante un periodo de tiempo. Por lo que concluyeron con la existencia de una relación causal unidireccional de crecimiento a largo plazo entre el consumo, emisiones y el PIB, sin embargo, a corto plazo solo se relacionan el consumo de energía con las emisiones de CO₂.

2.2. Hipótesis

Ecuador

H₀ = La población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización no influyen en las emisiones totales de CO₂.

H₁ = La población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización influyen en las emisiones totales de CO₂

Costa Rica

H₀ = La población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización no influyen en las emisiones totales de CO₂.

H₁ = La población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización influyen en las emisiones totales de CO₂

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Recolección de la información

En la presente investigación se utiliza fuentes secundarias, debido a que la información se encuentra en documentos oficiales y bases de datos de entidades públicas como son el Banco Mundial, Banco Central del Ecuador y el Ministerio de Economía y Finanzas. Por otra parte, también se obtuvieron datos a través de portales webs económicos como IndexMundi y DatosMacro.com. Donde nuestra población de estudio será un país de Centroamérica como es Costa Rica y uno de Suramérica que será Ecuador. Según el Banco Mundial (2018) hasta el año 2017 el Ecuador contaba con una población de 16.624.858 habitantes y una superficie total de 283.561 km² mientras que Costa Rica tenía una población de 4.905.769 habitantes en una superficie total de 51.100 km².

Por otra parte, en el desarrollo de la investigación se procedió a utilizar el consumo de energía renovable per cápita ya que nos permite determinar el nivel que demanda la población para satisfacer sus necesidades habituales en el entorno familiar o laboral. En cuanto al PIB real per cápita nos permite aislar los cambios ocasionados en los precios, reflejando perfectamente el poder adquisitivo neto, sin importar los cambios de precios a lo largo del tiempo. Además, las emisiones de CO₂ per cápita nos ayudan a identificar el nivel de contaminación que se produce en cada país por habitante en base a la producción de energía eléctrica. Por lo que para esta investigación vamos a requerir el precio del carbón australiano ya que es el mejor en exportación y cumple con las normas internacionales para hacerlo. Que en este caso es el carbón antracita ya que contamina menos por sus atributos que le ayudan a desprender menos humo y poseer un mayor poder calorífico. Por otro lado, el precio de barril de petróleo WTI nos permitió identificar las variaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo, ya que es el mejor petróleo que se encuentra en el mercado por encima del petróleo Brent y que se toma como referencia en América. Además, también se identificó el nivel de la población que nos permitirá medir el crecimiento demográfico de la zona y se calculó

la intensidad energética del PIB, es decir cuánto de energía se consume por cada unidad del PIB que se produce en el país y por último la intensidad de carbonización que nos permite medir a través de las emisiones de CO₂ cuanto contaminamos al consumir una unidad de energía eléctrica.

Por lo tanto, el estudio se basa en comparar y analizar la relación del consumo de energía renovable per cápita en función del PIB real per cápita, las emisiones de CO₂, el precio del carbón australiano y del precio del barril de petróleo WTI mediante un estudio explicativo que determinará la causalidad entre estas variables. Las cuales fueron estudiadas en base a su impacto económico que busca reducir el impacto ambiental que generan las energías no renovables o fósiles. Por lo cual la investigación se planea realizar durante el periodo académico septiembre 2018 - agosto 2019.

3.1.1. Ficha de Observación

Se almacenaron las variables previamente identificadas en bases de datos tanto para el modelo de Identidad de Kaya -MCO, ARIMA y para los modelos VAR en tablas de Excel donde se contabilizaron 72 observaciones de series de tiempo que van desde el primer trimestre del año 2000 hasta el cuarto trimestre del año 2017 tanto para Ecuador como para Costa Rica.

3.1.2. Confiabilidad y Validez

La investigación planteada presenta un alto índice de confiabilidad gracias a varios estudios presentados en el capítulo II, los cuales demuestran todas las hipótesis planteadas para estas ecuaciones matemáticas en cuanto a las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico y el consumo de energía. Por lo que su validez se remite a las fuentes gubernamentales de donde se obtuvo los datos e información científica que dieron un rumbo a la investigación.

3.2. Tratamiento de la Información

Este trabajo se elaboró a partir de variables cuantitativas para todos los modelos planteados, ya que todas están expresadas de forma numéricas y se determinaron las magnitudes en las que se deben estar expresadas, por lo tanto, se procedió a buscar herramientas y metodologías para darle el debido tratamiento a los datos. Por eso se recurrió a programas estadísticos como Excel y Ecotrim.

- **Modelo econométrico - Identidad de Kaya**

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \mu$$

Donde:

Y = Emisiones totales de CO2

β_0 = Constante

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ = Coeficientes

X_1 = Población

X_2 = PIB per cápita

X_3 = Intensidad energética

X_4 = Intensidad de Carbonización

μ = Terminio de error

- **Identidad de Kaya – Ecuador**

Para el tratamiento de las variables descritas en el modelo se procedió a extraer de las fuentes establecidas como se mencionó anteriormente y si no necesitaban mayor atención se procedía a registrar en la base de datos. Como lo fue para las emisiones

totales de CO₂ expresadas en kilotoneladas (Kt), la población total de la zona a estudiar, el PIB real per cápita a precios constantes de año base 2010 (se procedió a escoger ese año base gracias a la disponibilidad de datos para ambos países con la misma referencia de año). Sin embargo, para el caso de las variables intensidad energética del PIB e intensidad de carbonización, no se encontraban en una base de datos final, por lo que se procedió al estimar estos valores a través de las fórmulas descritas en la Identidad de Kaya. Por lo tanto, se utilizaron tres tipos de desagregaciones que son: por promedio, por suma y de primero o último valor. Esta metodología se utilizó dependiendo la variable y si es conveniente según su naturaleza.

- **Modelo econométrico ARIMA**

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-n} + \mu$$

Donde:

Y_t = Consumo de energía renovable

β_0 = Constante

β_1 = Coeficiente

Y_{t-n} = Retardos de la Variable dependiente

μ = Terminio de error

Se procedió a recolectar la información de la base de datos antes mencionada, pero el inconveniente es que no estaba actualizada. Por lo que se tuvo que estimar sus valores a través del modelo ARIMA y con sus proyecciones obtenidas lograr completar nuestra base de datos que nos serviría para correr nuestro modelo VAR con una fuente más actualizada.

- **Modelo econométrico VAR**

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \mu$$

Donde:

Y = Consumo de energía renovable per cápita

β_0 = Constante

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ = Coeficientes

X_1 = PIB real per cápita real de año base 2010

X_2 = Emisiones de CO2 per cápita

X_3 = Precio del Carbón Australiano en USD

X_4 = Precio del Barril de Petróleo WTI en USD

μ = Terminio de error

Este modelo nos permitirá detectar cualquier relación causal que se encuentre entre el consumo de energía renovable y las emisiones de dióxido de carbono, PIB per cápita, cambios en el precio del carbón y petróleo WTI.

- **Modelo MCO - Supuestos de Gaus-Markov**

Para poder realizar un modelo de mínimos cuadrados ordinarios se debe cumplir con los diez supuestos que establecieron Gujarati & Porter (2010), los mismos que se utilizan en modelos MCO múltiples o también para modelos con variantes que utilizaremos en este caso como es el modelo ARIMA y VAR. A continuación, describiremos los supuestos: Empezamos describiendo el primer supuesto que busca comprobar que el modelo sea lineal en sus parámetros, por lo que en el caso de encontrarnos con modelos no lineales en los parámetros se debe aplicar logaritmos para linealizarlo. Además, para comprobar este supuesto se realizará el contraste de no linealidad “cuadrados”, que se realiza con el estadístico chi cuadrado, y por tanto se acepta la hipótesis nula cuando el valor p es superior al nivel de significancia del 5% en este caso. A continuación, el segundo supuesto trata de verificar que no exista

covarianza entre los términos de errores u_i y los datos de X para que estos valores sean independientes o diferentes y que el modelo esté especificado de forma adecuada. Por consiguiente, se podrá utilizar la prueba RESET de Ramsey, la cual consiste en añadir una regresión auxiliar para verificar si el incremento en R^2 es estadísticamente significativo en base a la prueba F, si lo es, el modelo inicial estaba mal especificado. Este proceso se realiza en Gretl por lo que se solo se comprueba la correcta especificación con la regla de decisión, que si el valor p es mayor al nivel de significancia se acepta la hipótesis nula de que la especificación es adecuada caso contrario se rechaza. Este proceso se puede verificar generando un nuevo modelo con los residuos y las variables exógenas del modelo principal, donde obtendremos un R -cuadrado de cero, lo que comprobara el supuesto.

Seguimos con el tercer supuesto que denota que el valor medio de u_i debe ser igual a cero, verificando si las variables que no se consideraron para el modelo están afectando sistemáticamente a la variable endógena, ya que se puede caer en un error de especificación y verificándose en Gretl al igual que el supuesto anterior o también se puede revisar en el programa los estadísticos principales tendremos que encontrar el valor medio de los residuos observados. El cuarto supuesto comprende la homocedasticidad o misma varianza de los u_i , que conforme se cambien los valores de las variables explicativas no se debería modificar la varianza de los errores. Este supuesto se comprobará en Gretl a través del contraste de White, por ser una prueba general aceptada y que no toma en cuenta la normalidad de los residuos, que para modelos MCO simples representa una ventaja, ya que no se toma en cuenta el supuesto de la normalidad y de darse la heterocedasticidad se corregirá con Gretl para el cumplimiento de la homocedasticidad. En consecuencia, este contraste es importante, por lo que también se toma a consideración que se puede identificar a través de la prueba ARCH en MCO o en el VAR.

Además, el quinto supuesto trata sobre la autocorrelación entre los errores, evitando la incidencia de las tendencias para los valores dados a la variable endógena y se procede a verificar con la regla de decisión del contraste de Durbin Watson o con la gráfica de

los residuos contra el tiempo que convergerá con el contraste de Breusch-Godfrey según la dependencia del modelo por la naturaleza de los datos en la serie de tiempo, es decir, por el peso de las estacionalidades. En el caso de existir la autocorrelación se elimina con las primeras diferencias de logaritmos de las variables o a través de modelos autorregresivos. Adicionalmente en los modelos de Vectores Auto Regresivos o VAR este supuesto tiene una gran importancia para predecir ya que se contrasta con Ljung-Box para que el modelo sea óptimo. En el sexto supuesto simplemente exige que el número de datos que se van a investigar debe ser mayor que el número de parámetros, por lo tanto, para este estudio se cuenta con 72 datos de series temporales y con 5 parámetros por lo que se puede asegurar que se cumple este supuesto.

El séptimo supuesto tiene dos cláusulas, la primera trata sobre la naturaleza de las variables X donde deben variar lo suficiente para no ser iguales todos los datos de X , provocando el incumplimiento del supuesto de multicolinealidad. El segunda cláusula trata de que no existan valores atípicos creando un gran rango entre los valores mayores y mínimos propiciando un diferente peso a la hora de correr el modelo, distorsionándolo, para su corrección se puede poner los datos en forma porcentual o en tasas de crecimiento y así no incurrir en una violación de este supuesto desde que se corre el modelo inicialmente. El octavo supuesto indica la inexistencia de multicolinealidad entre las X , es decir, que alguna variable no sea perfecta para el modelo por su colinealidad con las demás variables y , por ende, debería ser excluida del modelo por el bien del mismo y la estimación de los coeficientes. Se puede identificar la existencia de multicolinealidad cuando existe un R -cuadrado y F demasiado elevado y por otro lado un estadístico t poco significativo. Para ello se debe verificar con el factor de inflación de la varianza (VIF) en el contraste de colinealidad en Gretl.

El noveno supuesto trata de que el modelo debe estar correctamente especificado, ya sea por incumplimiento de algún supuesto del MCO, por lo que obtendríamos un error de especificación, que se produciría un sesgo por la especificación incorrecta del

modelo. Lo más común, es que se puede incurrir en esta violación por no cumplir con los supuestos de normalidad de los residuos, no autocorrelación y homocedasticidad además de errores por omitir variables relevantes o incluir variables irrelevantes al modelo. En cuanto a los modelos VAR se procederá como objetivo en primera instancia a que los modelos estén bien especificados a través de la cointegración de Engle-Granger o la causalidad de Granger. Para finalizar el décimo supuesto reconoce la importancia de que los valores estocásticos de perturbación deban estar distribuidos normalmente para utilizar las pruebas de t y F sin importar el tamaño de la muestra verificando las hipótesis estadísticas. A través del contraste de normalidad de residuos en Gretl se puede observar si existe o no normalidad mediante la regla de decisión. Al cumplir con estos diez supuestos impartidos por Gaus-Markov se puede determinar si un modelo econométrico es óptimo o no. Además, que nos permitirá obtener resultados significativos y apegados a la realidad.

- **Modelo ARIMA**

Lo podemos definir como un modelo autorregresivo si la variable endógena de un período t es explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores. Además, a través de estos modelos se puede identificar dos procesos uno que es autorregresivo y el otro de medias móviles que se lo denomina como proceso “ARMA”, ya que contiene “ p ” términos autorregresivos y “ q ” términos de medias móviles que determinan el número de observaciones retasadas en las series temporal analizadas (Gujarati & Porter, 2010).

La ventaja de este modelo radica en el hecho de no necesitar distintas series de datos, es decir, distintas variables que se refieran al mismo periodo de tiempo. Ya que esta es una característica común en todos los modelos univariantes y al mismo tiempo nos ahorraríamos el proceso de identificación y especificación del modelo econométrico.

Por otra parte, el inconveniente es que, al renunciar a la inclusión de un conjunto más amplio de variables exógenas, no atendemos a las relaciones que sin duda existen entre casi todas las variables económicas perdiendo capacidad de análisis al tiempo que renunciamos, implícitamente, al estudio teórico previo del fenómeno y a su indudable utilidad. Además, hay que tener en cuenta que el término de error de los modelos de este tipo se denomina generalmente ruido blanco cuando cumple con estas dos condiciones: media nula y varianza constante (Gujarati & Porter, 2010).

Además, que una aproximación a los procesos estocásticos con modelos AR o MA está restringida a la restricción de estacionariedad. Por lo que la estructura del proceso estocástico debe incluir dos etapas que son: identificar si la serie temporal, como muestra del proceso estocástico sea estacionaria y si no lo es, se procede a transformar la serie temporal original de forma que la nueva serie transformada si lo sea.

- **Modelo VAR**

El modelo VAR desarrollado por Christopher Sims, establece la idea de que no debe haber ninguna distinción a priori entre variables endógenas y exógenas, ya que al estimar el modelo se relaciona ambas variables. En donde el término autorregresivo se refiere a la aparición del valor rezagado de la variable dependiente en el lado derecho. Este modelo representa una gran utilidad cuando se evidencia una simultaneidad entre un grupo de variables, donde sus relaciones se transmiten a lo largo de un determinado número de períodos (Gujarati & Porter, 2010).

- **Impulso respuesta**

Uno de los grandes atractivos del modelo VAR corresponde a las denominadas funciones impulso-respuesta que permite analizar la dinámica subyacente al sistema estimado, la cual denota la reacción de las variables dependientes en el tiempo ante

cambios en los errores, es decir, se analiza si hubo una innovación a través del tiempo o choque sobre una variable particular (Gujarati & Porter, 2010).

- **Selección del VAR**

Uno de los contratos más habituales en un modelo VAR es el relativo al número de retardos que deben incluirse como variables explicativas. Ya que hay que tener en cuenta que en cada ecuación entra un bloque de retardos de todas las variables de Y. Además, que el número de parámetros a estimar puede crecer rápidamente con el número de variables del modelo. Por lo que se debe evitar una excesiva sobre parametrización del modelo VAR, que una estrategia razonable que consiste en incluir en cada ecuación del modelo el menor número de retardos que permita eliminar la autocorrelación del término de error de todas ellas (Gujarati & Porter, 2010).

- **Contraste de causalidad de Granger**

El contraste consiste en analizar la significación estadística del bloque de retardos de una variable “X”, en donde la hipótesis nula es que la variable “X” no causa una relación en el sentido de Granger a una variable “Y”. Ya que Granger hacía referencia a que la predicción de “Y” basada en el pasado de las dos variables “Y”, “X”, sea estrictamente mejor, es decir, con un menor error y que la predicción de “Y” está basada exclusivamente en su propio pasado.

3.3. Operacionalización de las variables

A continuación, se procede a operacionalizar las variables de estudio mediante parámetros planteados por la teoría económica para obtener indicadores e ítems indispensables para su cuantificación, por lo que se presenta a continuación.

Tabla 9: Operacionalización de variables – Identidad de Kaya

Variable Dependiente (Y)				
Concepto	Categoría /Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Las emisiones de CO ₂ son emanadas por los procesos industrializados y cualquier actividad que realice el hombre que deje residuos contaminantes.	Contaminación Ambiental	Emisiones totales de CO ₂	¿Se han reducido las emisiones de CO ₂ en Ecuador y Costa Rica durante los años 2000 – 2017?	Datos Macro/ Ficha de observación
Variables Independientes (X)				
Concepto	Categoría /Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Número de personas que conviven mutuamente en un territorio delimitado por fronteras y se rige según sus políticas, religión, cultura, etc.	Densidad demográfica	Población	¿Cómo ha fluctuado la tasa de crecimiento poblacional en Ecuador y Costa Rica durante el período 2000 - 2017?	Base de datos del Banco Mundial / Ficha de observación

<p>El PIB real per cápita nos permite identificar la cantidad de bienes y servicios que se han producido y dividido por la población.</p>	<p>Crecimiento Económico</p>	<p>PIB Real per cápita año base 2010</p>	<p>¿Ha mantenido un crecimiento constante el PIB per cápita del país durante el período 2000 - 2017?</p>	<p>Base de datos del Banco Mundial / Ficha de observación</p>
<p>Es la relación entre el consumo energético y el volumen de actividad económica.</p>	<p>Eficiencia energética</p>	<p>Intensidad Energética</p>	<p>¿Cómo ha variado la intensidad energética durante los años 2000 – 2017 en Ecuador y Costa Rica?</p>	<p>Base de datos del Banco Mundial, ARCONEL, CENCE / Ficha de observación</p>
<p>Es la cantidad de emisiones de CO₂ que se generan al consumir una unidad de energía eléctrica en un país.</p>	<p>Eficiencia Productiva</p>	<p>Intensidad de Carbonización</p>	<p>¿Cómo ha variado la intensidad de carbono en Ecuador y Costa Rica durante los años 2000 - 2017?</p>	<p>Datos Macro, ARCONEL, CENCE/ Ficha de observación</p>

Fuente: Elaboración propia

Elaborado por: Jonathan Tirado

Tabla 10: Operacionalización de variables – Modelo VAR

Variable Dependiente (Y)				
Concepto	Categoría /Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
La energía eléctrica renovable proviene de recursos renovables como son el agua, viento, sol y residuos orgánicos.	Energía eléctrica	Consumo de energía renovable per cápita	¿El consumo de energía renovable aumentó o disminuyó en los últimos años?	Base de datos del Banco Mundial /Ficha de observación
Variables Independientes (X)				
Concepto	Categoría /Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
El PIB real per cápita nos permite identificar la cantidad de bienes y servicios que se han producido y dividido por la población.	Crecimiento Económico	PIB Real per cápita año base 2010	¿Ha mantenido un crecimiento constante el PIB per cápita del país durante el período 2000 - 2017?	Base de datos del Banco Mundial / Ficha de observación
Las emisiones de CO ₂ son emanadas por los procesos industrializados y cualquier actividad que realice el hombre que deje residuos contaminantes.	Contaminación Ambiental	Emisiones de CO ₂ per cápita	¿Cómo ha variado la contaminación en Ecuador y Costa Rica durante los años 2000 – 2017?	Datos Macro / Ficha de observación

<p>El precio del carbón australiano se basa en su composición de nitrógeno hidrogeno, fosforo y azufre. Los cuales limitan su poder calorífico y la emisión de ceniza.</p>	<p>Carbón Mineral</p>	<p>Precio del carbón australiano</p>	<p>¿Cómo ha variado el precio del carbón en el mercado internacional durante los años 2000 - 2017?</p>	<p>Base de datos IndexMundi/ Ficha de observación</p>
<p>El precio del barril de petróleo varía según su lugar de extracción, densidad y cantidad de azufre que posea. En este caso el crudo WTI se toma de referencia en América.</p>	<p>Petróleo West Texas Intermediate</p>	<p>Precio del barril de petróleo WTI</p>	<p>¿Cómo ha variado el precio del barril de petróleo en el mercado internacional durante los años 2000 - 2017?</p>	<p>Banco Central del Ecuador/ Ficha de observación</p>

Fuente: Elaboración propia

Elaborado por: Jonathan Tirado

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados y discusión

La presente investigación se basa en dos etapas, la primera fase consiste en analizar las emisiones de CO₂ que se generan por cada unidad de energía producida que se encuentra disponible tanto para su distribución como para su consumo. La segunda fase consiste en estimar un modelo ARIMA, el cual nos permitirá completar nuestra base de datos sobre el consumo de energía renovable tanto de Ecuador como de Costa Rica para los años 2016-2017 los cuales fueron trimestralizados. Por consiguiente, podremos explicar el comportamiento del consumo de energía renovable per cápita frente al PIB real per cápita, las emisiones de CO₂ per cápita, el precio del carbón y el precio del barril de petróleo durante el período 2000 – 2017. Estas variables mencionadas serán presentadas de manera gráfica con la finalidad de efectuar un análisis adecuado a su comportamiento a través del tiempo. Además, se desarrollará una discusión sobre los estadísticos y resultados obtenidos de la investigación.

Ecuador - Identidad de Kaya - MCO

Tabla 11: MCO – Ecuador - variable dependiente: sd_1_CO2

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
const	0.0123862	0.00150082	8.253	<0.0001	***
sd_1_P	0.243015	0.0984310	2.469	0.0163	**
sd_1_PIB	1.00429	0.00839761	119.6	<0.0001	***
sd_1_IE	1.00114	0.00585011	171.1	<0.0001	***
sd_1_IC	1.00942	0.00430464	234.5	<0.0001	***
Media de la vble. dep.	0.034922			D.T. de la vble. dep. 0.047149	
Suma de cuad. residuos	0.000123			D.T. de la regresión 0.001398	
R-cuadrado	0.999174			R-cuadrado corregido 0.999121	
F (4, 63)	19048.65			Valor p (de F) 2.51e-96	
Log-verosimilitud	353.0746			Criterio de Akaike -696.1492	
Criterio de Schwarz	-685.0517			Crit. de Hannan-Quinn -691.7521	
Rho	0.739318			Durbin-Watson 0.567777	

Fuente: Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Los resultados arrojados del modelo indican que la constante y las variables independientes PIB per cápita, intensidad energética e intensidad de carbono son estadísticamente significativas con (***) a un nivel del 1%. Y la variable población es significativa con (**) a un nivel del 5%. Al tener un valor p que es menor al 5% de significancia se alude que el modelo es óptimo. Respecto al ajuste de bondad R-cuadrado presenta un valor de 0.999174 lo que significa que el modelo está explicado en un 99% con respecto a sus variables exógenas.

Tabla 12: Pruebas de contrastes

Contraste de no linealidad (cuadrados)
Hipótesis nula: [La relación es lineal]
Estadístico de contraste: LM = 7.01266
con valor p = P (Chi-cuadrado (4) > 7.01266) = 0.135221
Contraste de especificación RESET
Hipótesis nula: [La especificación es adecuada]
Estadístico de contraste: F (2, 61) = 0.106262
con valor p = P (F (2, 61) > 0.106262) = 0.899355
Contraste de heterocedasticidad de White
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 21.4909
con valor p = P (Chi-cuadrado (14) > 21.4909) = 0.0896977
Contraste de normalidad de los residuos
Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]
Estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 0.292427
con valor p = 0.863973
Contraste de ARCH de orden 13
Hipótesis nula: [No hay efecto ARCH]
Estadístico de contraste: LM = 21.7428
con valor p = P (Chi-cuadrado (13) > 21.7428) = 0.0594774

Fuente: Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

A través de los contrastes de no linealidad procedemos a aceptar la hipótesis nula de linealidad en el modelo con un valor p de 0.135221 por lo que es significativo a un 5% de significancia. A continuación, observamos el contraste de Reset de Ramsey que trata sobre la especificación adecuada, por lo que procedemos a verificar mediante el

valor p de 0.899355 que nos permite aceptar la hipótesis nula y comprobando que el modelo está correctamente especificado en cuanto a sus variables exógenas, ya que seguimos la ecuación de Identidad de Kaya como modelo de partida antes de ingresarlo en Gretl. Además, identificamos a través del contraste de White si nuestro modelo posee heterocedasticidad u homocedasticidad, por lo que recurrimos al valor p y observamos un valor p de 0.0896977, lo que da paso a aceptar la hipótesis de que no existe heterocedasticidad en el modelo, es decir que tiene una varianza constante a través del tiempo. En lo que concierne al contraste de normalidad de los residuos se denota un valor p de 0.863973 por lo tanto se aprueba la hipótesis nula y se verifica que el modelo presenta una normalidad de residuos sin tener valores atípicos que pueden dificultar la estimación del mismo. Por último, tenemos el contraste de autocorrelación medido a través de ARCH el cual nos permite concluir que no existe autocorrelación entre las x con un valor p de 0.0594774, ya que esto dificultaría la estimación si guardan relación en el tiempo.

Factores de inflación de varianza (VIF)

Tabla 13: Factores de inflación de la varianza

Sd_1_P	1.154
sd_1_PIB	1.530
sd_1_IE	1.792
sd_1_IC	1.363

Fuente: Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

A través del factor de inflación de la varianza podemos concluir que si se presentan valores mayores a 10.00 pueden indicar un problema de colinealidad. En donde el valor mínimo aceptable es de 1 y si fuera superior indicara que esas variables no son adecuadas para la estimación del modelo ya que guardarán una relación entre ellas. Por lo que se procede a determinar que no hay colinealidad en ninguna variable ya que todos los valores son mayores que 1 y menores que 2, por lo que es óptimo estimar de esa manera el modelo planteado.

Costa Rica – Identidad de Kaya – MCO

Tabla 14: MCO – Ecuador

Variable dependiente: sd_d_1_Co2

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Const	- 0.233647	0.114367	- 2.043	0.0453	**
I_P	0.0152942	0.00748122	2.044	0.0452	**
sd_d_1_PIB	0.628307	0.0433767	14.48	<0.0001	***
sd_1_IE	0.120247	0.0299530	4.015	0.0002	***
sd_d_1_IC	0.902075	0.0195306	46.19	<0.0001	***

Media de la vble. dep.	- 0.001068
Suma de cuad. residuos	0.000499
R-cuadrado	0.976922
F (4, 62)	656.1496
Log-verosimilitud	300.4783
Criterio de Schwarz	-579.9331
Rho	0.768318

D.T. de la vble. dep.	0.018102
D.T. de la regresión	0.002837
R-cuadrado corregido	0.975434
Valor p (de F)	5.68e-50
Criterio de Akaike	-590.9566
Crit. de Hannan-Quinn	-586.5946
Durbin-Watson	0.348457

Fuente: Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Los resultados arrojados del modelo indican que las variables independientes PIB per cápita, intensidad energética e intensidad de carbono son estadísticamente significativas con (***) a un nivel del 1%. Y que la constante y la variable población es significativa con (**) a un nivel del 5%. Al tener un valor p de 5.68e-50 que es menor al 5% de significancia se determina que el modelo es óptimo. Y con respecto al ajuste de bondad R-cuadrado que presenta un valor de 0.976922 lo que significa que el modelo esta explicado en un 98% con respecto a sus variables exógenas.

Tabla 15: Pruebas de contrastes

Contraste de no linealidad (cuadrados)

Hipótesis nula: [La relación es lineal]
Estadístico de contraste: LM = 1.94659
con valor p = P (Chi-cuadrado (4) > 1.94659) = 0.745582

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan

Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 4.97132
con valor p = P (Chi-cuadrado (4) > 4.97132) = 0.290253

Contraste de normalidad de los residuos

Hipótesis nula: [El error tiene distribución Normal]
Estadístico de contraste: Chi-cuadrado (2) = 4.79789
con valor p = 0.0908139

Contraste LM de autocorrelación hasta el orden 19

Hipótesis nula: [No hay autocorrelación]
Estadístico de contraste: LMF = 7.39054
con valor p = P (F (19, 43) > 7.39054) = 3.10146e-008

Contraste de ARCH de orden 19

Hipótesis nula: [No hay efecto ARCH]
Estadístico de contraste: LM = 28.814
con valor p = P (Chi-cuadrado (19) > 28.814) = 0.0689684

Fuente: Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

A través de los contrastes de no linealidad procedemos a aceptar la hipótesis nula de linealidad en el modelo con un valor p de 0.745582 por lo que es significativo a un 5% de significancia. A continuación, observamos el contraste de Reset de Ramsey que trata sobre la especificación adecuada, por lo que procedemos a verificar mediante el valor p de 0.899355 que nos permite aceptar la hipótesis nula y comprobando que el modelo está correctamente especificado en cuanto a sus variables exógenas, ya que seguimos la ecuación de Identidad de Kaya como modelo de partida antes de ingresarlo en Gretl. Además, identificamos a través del contraste de Breusch-Pagan si nuestro modelo posee heterocedasticidad u homocedasticidad, por lo que recurrimos al valor p y observamos un valor p de 0.290253, lo que da paso a aceptar la hipótesis de que no existe heterocedasticidad en el modelo, es decir que tiene una varianza constante a través del tiempo. En lo que concierne al contraste de normalidad de los residuos se

denota un valor p de 0.0908139 por lo tanto se aprueba la hipótesis nula y se verifica que el modelo presenta una normalidad de residuos sin tener valores atípicos que pueden dificultar la estimación del mismo. Por último, tenemos el contraste de autocorrelación medido a través de ARCH el cual nos permite concluir que no existe autocorrelación entre las x con un valor p de 0.0689684, ya que esto dificultaría la estimación si guardan relación en el tiempo.

Factores de inflación de varianza (VIF)

Tabla 16: Factores de inflación de la varianza

I_P	1.818
sd_d_1_PIB	1.020
sd_1_IE	1.863
sd_d_1_IC	1.076

Fuente: Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

A través del factor de inflación de la varianza podemos concluir que si se presentan valores mayores a 10.00 pueden indicar un problema de colinealidad. En donde el valor mínimo aceptable es de 1 y si fuera superior indicara que esas variables no son adecuadas para la estimación del modelo ya que guardarán una relación entre ellas. Por lo que se procede a determinar que no hay colinealidad en ninguna variable ya que todos los valores son mayores que 1 y menores que 2, por lo que es óptimo estimar de esa manera el modelo planteado.

Modelos ARIMA

A continuación, se realiza un modelo ARIMA para obtener una proyección del año 2017 con los datos previamente obtenidos de Ecuador mientras que para el caso de Costa Rica procedemos a proyectar los años 2016-2017. Se procedió a utilizar esta metodología por la falta de datos de la variable Consumo de Energía Renovable, lo que nos permitirá presentar una investigación más actualizada. Finalmente podremos

definir el comportamiento que toma el consumo de energía renovable per cápita y el producto interno bruto per cápita en Ecuador y Costa Rica para el periodo de estudio 2000-2017.

Tabla 17: Contraste aumentado de Dickey-Fuller – Ecuador

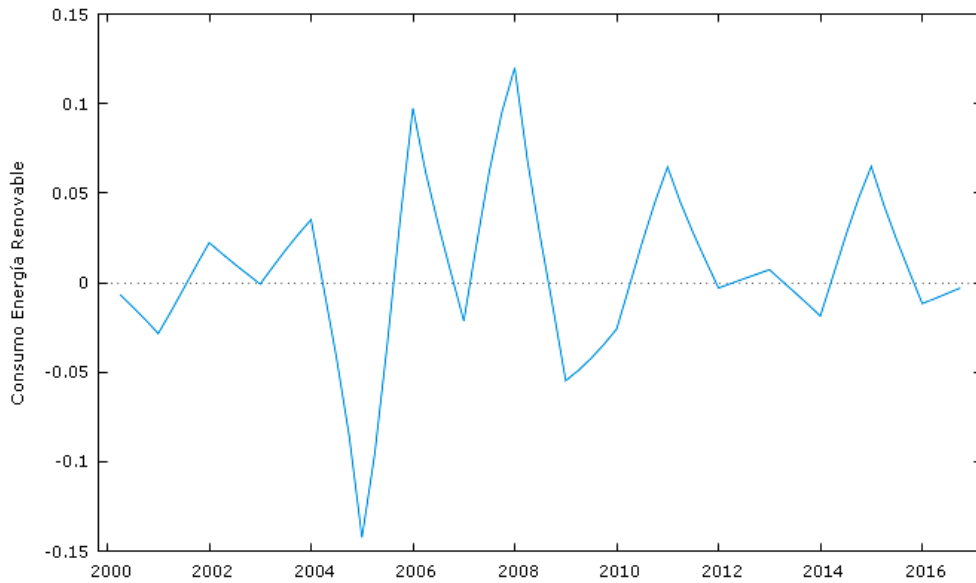
<i>Contraste aumentado de Dickey-Fuller</i>
Hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$
<i>Contraste sin constante</i>
Valor p asintótico 3.179e-005
<i>Contraste con constante</i>
Valor p asintótico 0.0002877
<i>Con constante y tendencia</i>
Valor p asintótico 0.001546
Fuente: Software Gretl
Elaborado por: Jonathan Tirado

Con respecto al contraste aumentado de Dickey-Fuller nos permitirá identificar si existe o no la presencia de raíz unitaria en la variable estudiada. Lo que nos ayudara para asegurarnos de que la serie temporal sea estacionaria. Pero si no lo es, procedemos a transformar la serie temporal original de forma que la nueva serie transformada si lo sea. Para solucionar este problema existen diversos métodos de aproximación y entre ellos destacamos la aplicación de logaritmos que nos permitirá subdividir la serie temporal en varios períodos de aproximadamente la misma longitud y calcular su media.

Este proceso llegaría a ser estacionario en caso de que se mantenga una varianza constante. Además, a través de un gráfico de series temporales se puede observar si existe o no una clara tendencia y así determinar si la serie es estacionaria o no. Normalmente cuando una serie muestra tendencia, se subdivide dicha serie en dos componentes: una primera, la estimación de dicha tendencia, y, la segunda, el residuo

o error que se comete cuando se utiliza dicha tendencia como valor estimado de la serie original

Imagen 1: Consumo de energía renovable per cápita – Ecuador



Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Para los modelos ARI se necesita cumplir con unos requisitos los cuales se les denomina como ruido blanco. Que consiste en un proceso estocástico es decir con una sucesión de variables aleatorias Y_t en donde t puede tomar cualquier valor, también debe contar con una esperanza matemática o media cero y con una varianza constante e independientes para distintos valores de t . Para el caso de Ecuador, se le tuvo que dar un tratamiento a los datos para poder trabajar con ellos. Lo cual consiste en aplicar logaritmos para disminuir la varianza y a su vez una diferencia para evitar tener una tendencia marcada a lo largo del periodo estudiado. Y como resultado de esto se observa una media 0 con una varianza constante e independiente para cada observación. Es decir que se logró obtener una serie estacionaria.

Tabla 18: Modelo ARI – Ecuador

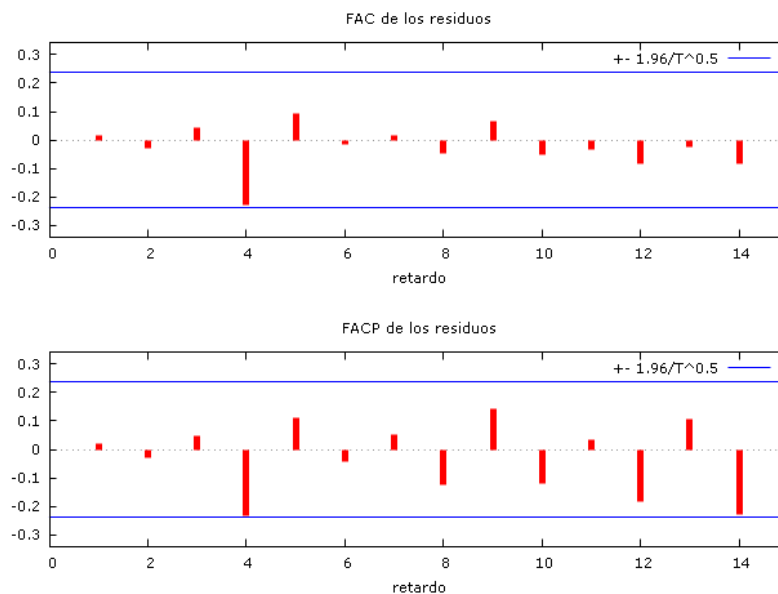
	Coefficiente	Desv. típica	z	valor p
const	0.00652770	0.00466450	1.399	0.1617
phi_1	1.57496	0.0836607	18.83	4.66e-079 ***
phi_2	-0.732119	0.0977850	-7.487	7.04e-014 ***
phi_4	-0.780697	0.0894840	-8.724	2.68e-018 ***
phi_5	1.28039	0.125999	10.16	2.93e-024 ***
phi_6	-0.636267	0.0844568	-7.534	4.93e-014 ***
Media de la vble. dep.	0.006244	D.T. de la vble. dep.	0.042760	
Media de innovaciones	-0.000070	D.T. innovaciones	0.010946	
Log-verosimilitud	203.9303	Criterio de Akaike	-393.8607	
Criterio de Schwarz	-378.4278	Crit. de Hannan-Quinn	-387.7539	

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Al correr un modelo autorregresivo de orden 6 y con una integrada de orden 1. Denotamos que el modelo es significativo al 10%, 5% y 1% para todos los retardos específicos que se planteó. También se cuenta con un criterio de Schwarz de -378.4278 que mientras más se acerca al infinito negativo, estimara de mejor manera los retardos del mismo.

Imagen 2: Correlograma de los residuos FAC y FACP – Ecuador

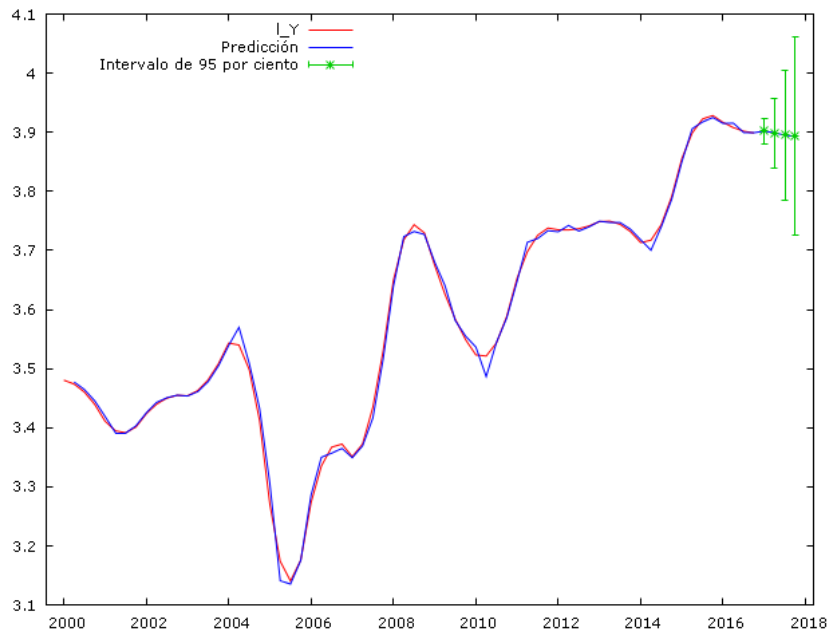


Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Se puede observar en los correlogramas de ambas pruebas, tanto en la FAC como en la FACP los residuos no sobresalen de los límites de la dispersión estándar al 5% de probabilidad. Es decir que gracias a los retardos específicos se logró obtener una media ceo y una varianza constante e independiente en cada observación

Imagen 3: Predicciones – Ecuador



Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Por consiguiente, se procedió a estimar las proyecciones necesarias para completar nuestra base de datos del año 2017. Con lo cual se determinó los valores trimestrales y que se ajustan correctamente a los valores observados durante el periodo de estudio. Por lo que se puede decir que son eficientes a la hora de estimar como se observa en la gráfica.

Costa Rica

Tabla 19: Contraste aumentado de Dickey-Fuller – Costa Rica

<i>Contraste aumentado de Dickey-Fuller</i>
Hipótesis nula de raíz unitaria es: [$\alpha = 1$]
<i>Contraste sin constante</i>
Valor p asintótico 2.159e-005
<i>Contraste con constante</i>
Valor p asintótico 0.0003957
<i>Con constante y tendencia</i>
Valor p asintótico 0.001624
Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Con respecto al contraste aumentado de Dickey-Fuller nos permitirá identificar si existe o no la presencia de raíz unitaria en la variable estudiada. Lo que nos ayudara para asegurarnos de que la serie temporal sea estacionaria. Pero si no lo es, procedemos a transformar la serie temporal original de forma que la nueva serie transformada si lo sea. Se puede distinguir que todos los valores p son menores al 5%. Por lo que para solucionar este problema existen diversos métodos de aproximación y entre ellos destacamos la aplicación de logaritmos que nos permitirá subdividir la serie temporal en varios períodos de aproximadamente la misma longitud y calcular su media. Este proceso llegaría a ser estacionario en caso de que se mantenga una varianza constante. Para estos modelos se necesita cumplir con unos requisitos los cuales se les denomina como ruido blanco. Que consiste en un proceso estocástico es decir con una sucesión de variables aleatorias Y_t en donde t puede tomar cualquier valor, también debe contar con una esperanza matemática o media cero y con una varianza constante e independientes para distintos valores de t. Para el caso de Ecuador, se le tuvo que dar un tratamiento a los datos para poder trabajar con ellos. Lo cual consiste en aplicar logaritmos para disminuir la varianza y a su vez una diferencia para evitar tener una tendencia marcada a lo largo del periodo estudiado. Y como resultado de esto se observa una media 0 con una varianza constante e independiente para cada observación. Es decir que se logró obtener una serie estacionaria.

Tabla 20: Modelo ARI – Costa Rica

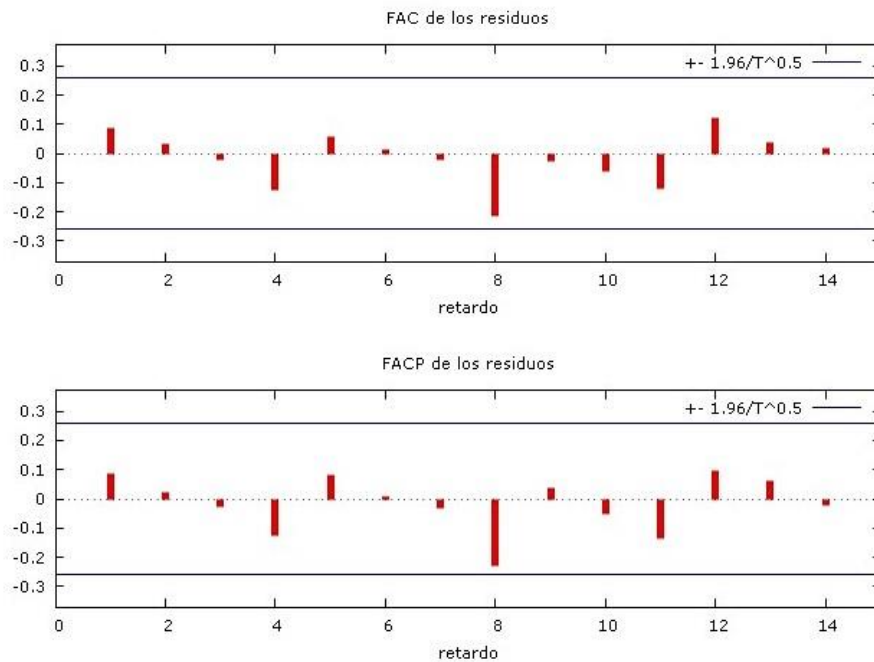
	Coefficiente	Desv. típica	z	valor p
const	0.00652770	0.00466450	1.399	0.1617
phi_1	1.57496	0.0836607	18.83	4.66e-079 ***
phi_2	-0.732119	0.0977850	-7.487	7.04e-014 ***
phi_4	-0.780697	0.0894840	-8.724	2.68e-018 ***
phi_5	1.28039	0.125999	10.16	2.93e-024 ***
phi_6	-0.636267	0.0844568	-7.534	4.93e-014 ***
Media de la vble. dep.	0.006244	D.T. de la vble. dep.	0.042760	
Media de innovaciones	-0.000070	D.T. innovaciones	0.010946	
Log-verosimilitud	203.9303	Criterio de Akaike	-393.8607	
Criterio de Schwarz	-378.4278	Crit. de Hannan-Quinn	-387.7539	

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Al correr un modelo autorregresivo de orden 6 y con una integrada de orden 1. Denotamos que el modelo es significativo al 10%, 5% y 1% para todos los retardos específicos que se planteó. También se cuenta con un criterio de Schwarz de -378.4278 que mientras más se acerca al infinito negativo, estimara de mejor manera los retardos del mismo.

Imagen 4: Correlograma de los residuos FAC y FACP – Costa Rica

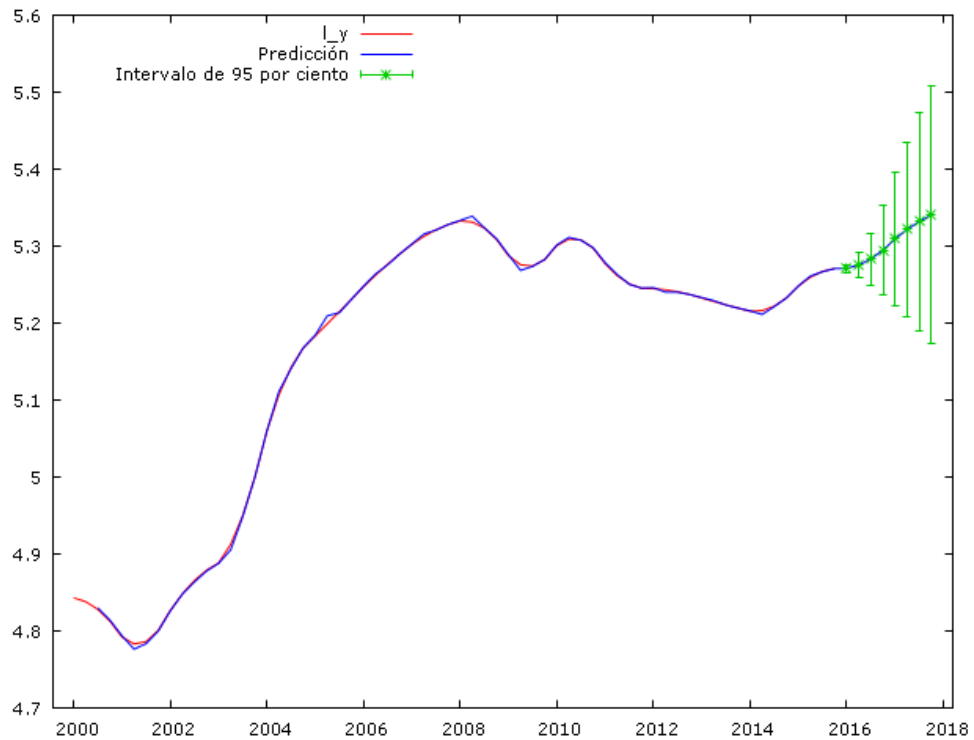


Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Se puede observar en los correlogramas de ambas pruebas, tanto en la FAC como en la FACP los residuos no sobresalen de los límites de la dispersión estándar al 5% de probabilidad. Es decir que gracias a los retardos específicos se logró obtener una media ceo y una varianza constante e independiente en cada observación

Imagen 5: Predicciones – Costa Rica



Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Por consiguiente, se procedió a estimar las proyecciones necesarias para completar nuestra base de datos del año 2017. Con lo cual se determinó los valores trimestrales y que se ajustan correctamente a los valores observados durante el periodo de estudio. Por lo que se puede decir que son eficientes a la hora de estimar como se observa en la gráfica.

- **Modelos VAR**

Respecto al tercer objetivo se realizó un modelo VAR tanto a Ecuador como a Costa Rica, para analizar la relación del consumo de energía renovable y las emisiones de CO2.

✓ *Selección del orden del VAR*

Para iniciar el desarrollo del modelo VAR, es indispensable seleccionar el orden de retardos para obtener un modelo VAR perfectamente especificado. Para conocer cuál es el correcto orden de retardos, el software Gretl nos facilita la selección del orden del VAR con su aplicación directa basada en tres criterios: el criterio de Akaike (AIC); el criterio bayesiano de Schwarz (BIC) y el criterio de Hannan-Quinn (HCQ).

Tabla 21: Selección del orden del VAR

Retardos	log.veros	p(RV)	AIC	BIC	HQC
1	101,15924		-2,973726	-2,771331	-2,893992
2	166,73832	0,00000	-4,898073	-4,560747	-4,765183
3	186,18973	0,00000	-5,380929	-4,908673*	-5,194884
4	188,99355	0,23043	-5,343548	-4,736362	-5,104347
5	190,06300	0,71023	-5,251969	-4,509853	-4,959612
6	203,94708	0,00001	-5,560846	-4,683800	-5,215334
7	218,89915	0,00001	-5,903098*	-4,891122	-5,504430*
8	219,91920	0,72838	-5,809975	-4,663068	-5,358151

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar los asteriscos, que señalan al mejor número para cada criterio, y el que más concuerda será el correcto, en este caso el retardo número siete es el más adecuado, según el criterio de Akaike y Hannan-Quinn. Así mismo es indispensable verificar que las series de tiempo sean estacionarias, esto se verifica con el contraste de raíz unitaria.

✓ *Contraste de raíz unitaria*

Para obtener una correcta estimación es necesario verificar si las series de tiempo son estacionarias o presentan raíz unitaria, en dicho caso es necesario aplicar diferencias para corregirlo.

Tabla 22: Contraste de raíz unitaria

Variable	Prueba Aumentada de Dickey Fuller (ADF)	Valor p con constante	Valor p con constante y tendencia	Estacionariedad SI/NO
Consumo de energía renovable	nivel 1era diferencia	0,9717 0,0001	0,4585 0,0005316	NO SI
CO2	nivel 1era diferencia	0,1869 0,001947	0,5422 0,001484	NO SI

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla podemos observar que fue necesario aplicar diferencias, debido que las variables en su nivel presentaban raíces unitarias, ya que su valor p era mayor al nivel de significancia 0,05. Debido a que las variables son de orden 1, es necesario aplicar un análisis de cointegración.

Contraste de cointegración

Para verificar si existe cointegración entre las variables, se aplicó el contraste de cointegración de Engle y Granger con su pertinente rezago óptimo.

Tabla 23: Contraste de cointegración Engle y Granger

VARIABLES	Valor p con constante	Estacionariedad Si /No
Consumo de energía renovable	0,9822	No
Emisiones de CO2	0,2889	No
Residuos	0,9097	No

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar que las variables y los residuos arrojaron un valor p mayor a 0,05 por lo que se verifico que son series no estacionarias, por lo que se rechazó la cointegración y se procederá aplicar a estimar un modelo VAR.

Modelo de vectores autorregresivos

Una vez, realizados los análisis pertinentes para las series de tiempo, se continua con la estimación del modelo VAR bivariado con las variables, pero aplicando sus primeras diferencias y utilizando sus 7 retardos óptimos.

Modelo VAR

Tabla 24: Ecuación 1: d_Consumo de energía renovable

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Const	0,113062	0,0633289	1,785	0,0804	*
d_Consumodeenergiarenovable_1	1,54102	0,142531	10,81	<0,0001	***
d_Consumodeenergiarenovable_2	-0,631365	0,252128	-2,504	0,0157	**
d_Consumodeenergiarenovable_3	-0,0664745	0,200022	-0,3323	0,7411	
d_Consumodeenergiarenovable_4	-0,860545	0,163730	-5,256	<0,0001	***
d_Consumodeenergiarenovable_5	1,31324	0,205108	6,403	<0,0001	***
d_Consumodeenergiarenovable_6	-0,522616	0,262242	-1,993	0,0519	*
d_Consumodeenergiarenovable_7	-0,108414	0,148918	-0,7280	0,4701	
d_EmisionesdeCO2_1	6,65467	8,78194	0,7578	0,4522	
d_EmisionesdeCO2_2	-4,74280	10,8662	-0,4365	0,6644	
d_EmisionesdeCO2_3	-2,06116	10,9257	-0,1887	0,8511	
d_EmisionesdeCO2_4	-3,81956	10,9651	-0,3483	0,7291	
d_EmisionesdeCO2_5	10,8740	10,9077	0,9969	0,3237	
d_EmisionesdeCO2_6	-2,81824	10,9349	-0,2577	0,7977	
d_EmisionesdeCO2_7	-7,55569	8,91152	-0,8479	0,4006	
Media de la vble. dep.	0,297774		D.T. de la vble. dep.	1,438958	
Suma de cuad. residuos	7,885273		D.T. de la regresión	0,401153	
R-cuadrado	0,939552		R-cuadrado corregido	0,922281	
F (14, 49)	54,40127		Valor p (de F)	6,44e-25	
Rho	-0,015739		Durbin-Watson	2,028753	

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Tabla 25: Ecuación 2: $d_EmisionesdeCO2$

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Const	0,000661069	0,00103733	0,6373	0,5269	
d_Consumodeenergiarenovable_1	-0,000276455	0,00233467	-0,1184	0,9062	
d_Consumodeenergiarenovable_2	3,64198e-05	0,00412988	0,008819	0,9930	
d_Consumodeenergiarenovable_3	-0,00106470	0,00327638	-0,3250	0,7466	
d_Consumodeenergiarenovable_4	0,00484376	0,00268191	1,806	0,0770	*
d_Consumodeenergiarenovable_5	-0,00433918	0,00335968	-1,292	0,2026	
d_Consumodeenergiarenovable_6	-7,71656e-05	0,00429555	-0,01796	0,9857	
d_Consumodeenergiarenovable_7	0,000737400	0,00243929	0,3023	0,7637	
d_EmisionesdeCO2_1	0,710160	0,143849	4,937	<0,0001	***
d_EmisionesdeCO2_2	0,150462	0,177990	0,8453	0,4020	
d_EmisionesdeCO2_3	-0,141821	0,178964	-0,7925	0,4319	
d_EmisionesdeCO2_4	-0,0557888	0,179610	-0,3106	0,7574	
d_EmisionesdeCO2_5	-0,0885214	0,178670	-0,4954	0,6225	
d_EmisionesdeCO2_6	0,0555836	0,179115	0,3103	0,7576	
d_EmisionesdeCO2_7	0,0344195	0,145971	0,2358	0,8146	
Media de la vble. dep.	0,002021		D.T. de la vble. dep.	0,009199	
Suma de cuad. residuos	0,002116		D.T. de la regresión	0,006571	
R-cuadrado	0,603145		R-cuadrado corregido	0,489758	
F (14, 49)	5,319350		Valor p (de F)	5,50e-06	
rho	-0,002367		Durbin-Watson	2,003048	

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la ecuación 1 se puede observar que la variable consumo de energía renovable se encuentra explicada solo por sus propios rezagos 1,2,4,5 y 6 es decir es autorregresivo. En cambio, en la ecuación 2 se puede observar que la variable emisiones de CO2 es explicada por su propio rezago 4 y también es explicada por el rezago 1 de la variable consumo de energía renovable, lo que significa que dicha variable es estadísticamente significativa. Para obtener una correcta estimación, es necesario cumplir con los tres contrastes establecidos para el modelo VAR.

Contraste de autocorrelación

Tabla 26: Contraste de autocorrelación hasta el orden 7

	Valor p	Autocorrelación
lag 1	0,8578	No
lag 2	0,9851	No
lag 3	0,9250	No
lag 4	0,9032	No
lag 5	0,9772	No
lag 6	0,9802	No
lag 7	0,7169	No

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar que se utilizó los 7 retardos óptimos y todos los valores p son mayores al nivel de significancia del 0,05 por lo que se comprobó que no existe autocorrelación y se cumple con el primer supuesto del modelo VAR.

Supuesto de homocedasticidad

Tabla 18. Contraste de ARCH de orden hasta 7

	Valor p	Homocedasticidad
lag 1	0,5642	Si
lag 2	0,9021	Si
lag 3	0,8407	Si
lag 4	0,6067	Si
lag 5	0,8136	Si
lag 6	0,9477	Si
lag 7	0,9904	Si

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar que todos los valores p son mayores al nivel de significancia del 0,05; por lo que el modelo presenta homocedasticidad y se aprueba el segundo supuesto del modelo VAR.

✓ *Supuesto de normalidad*

Tabla 27: Matriz de correlación

Matriz de correlación de los residuos, C (2 x 2)

1,0000	-0,12223
-0,12223	1,0000

Valores propios de C

0,877772
1,12223

Contraste de Doornik-Hansen
Chi-cuadrado(4) = 59,149 [0,0000]

Fuente: Software Gretl

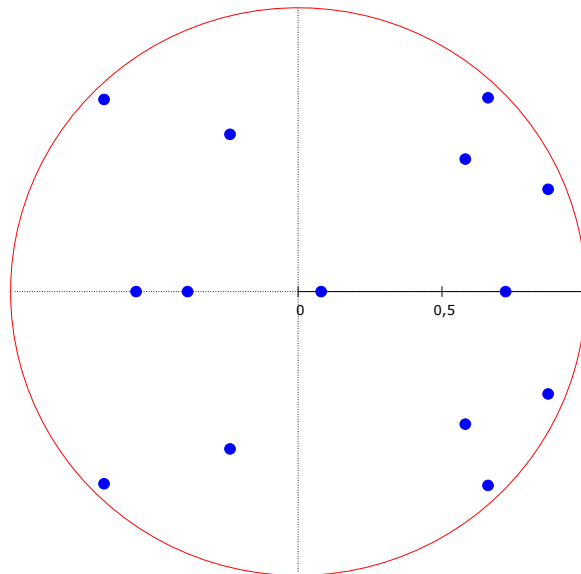
Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar que el valor p es de 0,0000 es decir los residuos presentan una distribución diferente de cero, por lo que no se acepta el supuesto de normalidad de Doornik-Hansen. En vista de que el modelo VAR cumple con los dos supuestos más importantes, el modelo si se encuentra bien especificado. También con el contraste de raíces unitaria inversas se puede verificar, si existe estabilidad en los parámetros del modelo.

Raíces inversas del VAR

Imagen 6: Raíz inversa

Raíces inversas del VAR en relación al círculo unidad



Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la gráfica se puede observar que los valores propios de la regresión se localizan dentro del círculo unitario, es decir el modelo es estable.

Causalidad de Granger

Para la prueba de Causalidad de Granger se utilizaron los valores del Contraste F de restricciones cero que se encuentran al final de cada ecuación del modelo VAR.

Tabla 28: Causalidad de Granger

Ecuaciones V. Dependiente	Valor P	Regla de Decision 5%	Causalidad V. Dependiente
Consumo de Energía Renovable	0,9335	Acepta H0	Emisiones de CO2 no causa
Emisiones de CO2	0,4487	Acepta H0	Consumo de Energía no causa

Fuente: Software Gretl

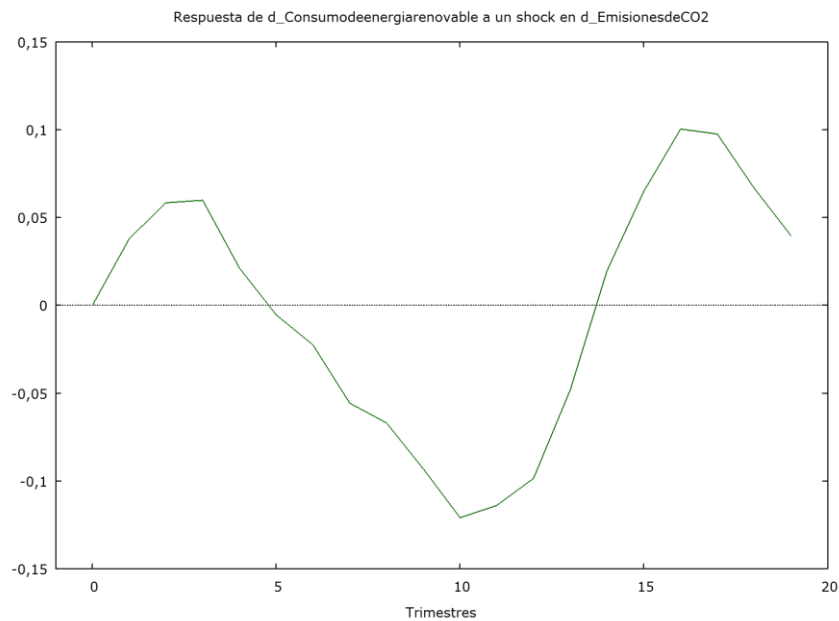
Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar que entre las dos variables no se encuentra causalidad en ninguna dirección por lo que los valores p son mayores al nivel de significancia de 0,05 por lo que se acepta la hipótesis de neutralidad.

Impulso - respuesta

Igualmente es importante para el modelo VAR aplicar un análisis de impulso-respuesta

Imagen 7: Impulso – respuesta Ecuador

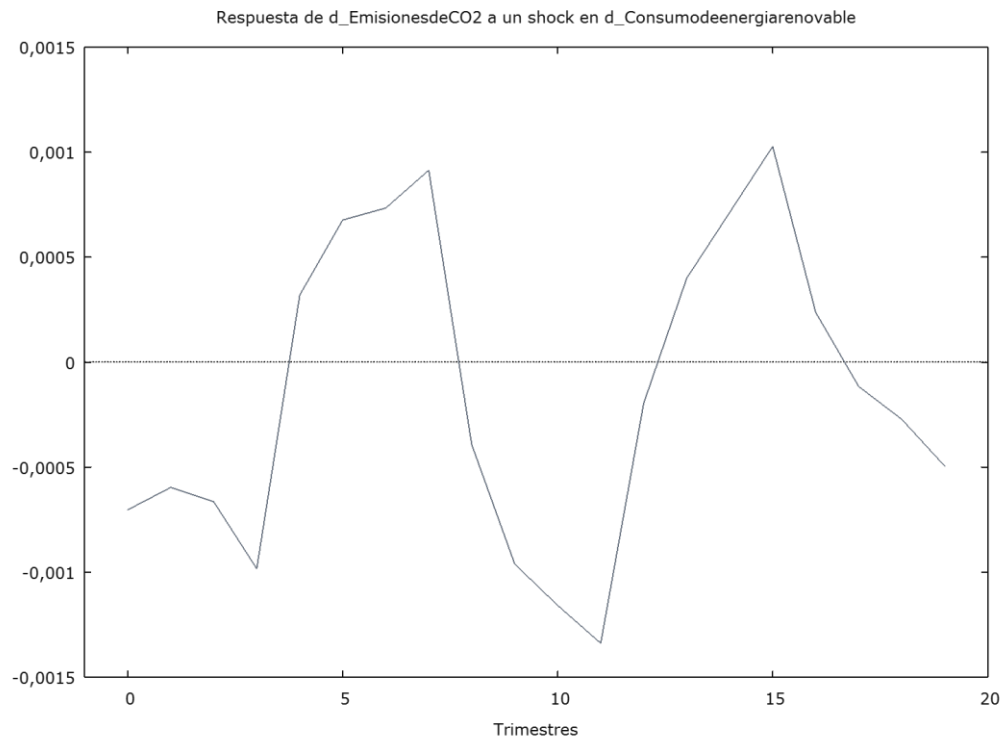


Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la gráfica se puede observar que el consumo de energía renovable ante un shock de las emisiones de CO₂, presentó un impacto que al principio empieza a crecer y seguidamente decrece significativamente, luego de un transcurso retoma su crecimiento.

Imagen 8: Impulso - respuesta



Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la gráfica se puede observar que las emisiones de CO₂ antes un shock del consumo de energía renovable presentó al inicio un impacto negativo que fue variando en el transcurso de varios trimestres.

Costa Rica

Selección del orden del VAR

De la misma manera para el desarrollo del modelo VAR de Costa Rica, se seleccionó el orden de retardos para conseguir una estimación correcta.

Tabla 29: Sistema VAR, máximo orden de retardos 8

Retardos	log.veros	p(RV)	AIC	BIC	HQC
1	101,18835		-2,974636	-2,772241	-2,894902
2	184,14051	0,00000	-5,441891	-5,104566	-5,309001
3	200,99584	0,00000	-5,843620	-5,371364	-5,657575
4	202,69048	0,49491	-5,771578	-5,164392	-5,532376
5	206,70072	0,09083	-5,771898	-5,029781	-5,479541
6	227,96101	0,00000	-6,311282	-5,434235	-5,965769
7	239,22825	0,00016	-6,538383*	-5,526406*	-6,139714*
8	240,32820	0,69905	-6,447756	-5,300849	-5,995932

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar que, los asteriscos concuerdan en los tres criterios es decir que, según el criterio de Akaike, Bayesiano y Hannan-Quin optaron por el retardo número siete como el más adecuado. En todos los modelos VAR es importante verificar que las series de tiempo presenten estacionariedad es por eso que se aplicó el contraste de raíz unitaria.

Contraste de raíz unitaria

Las series de tiempo en su nivel son analizadas, para comprobar si presentan estacionariedad, en caso que presenten raíces unitarias, es necesario aplicar diferencias para corregirlo y conseguir que las series de tiempo sean estacionarias.

Tabla 30: Contraste de raíz unitaria

Variable	Prueba Aumentada de Dickey Fuller (ADF)	Valor p con constante	Estacionariedad SI/NO
Consumo de energía renovable	nivel	0,06002	NO
	1era diferencia	0,2268	NO
	2da diferencia	0,03893	SI
Emisiones de CO2	nivel	0,07581	NO
	1era diferencia	0,001231	SI
	2do diferencia	1,305e-006	SI

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Para comprobar si las variables presentan raíces unitarias, nos fijamos que el valor p sea mayor a 0,05 y para corregir fue necesario aplicar dos diferencias para obtener series de tiempo estacionarias. Debido a que las dos variables implicadas son de orden 2, no se analizara la presencia de cointegración.

Modelo VAR

Con las series de tiempo ya estacionarias y con el número de retardos óptimos se procedió a estimar el modelo VAR bivariado.

Tabla 31: Ecuación 1: d_d Consumodeenergiarenovable

	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Const	0,0103300	0,0704691	0,1466	0,8841	
d_d_Consumodeenergiarenovable_1	0,803824	0,142974	5,622	<0,0001	** *
d_d_Consumodeenergiarenovable_2	0,0076744 6	0,184905	0,04150	0,9671	
d_d_Consumodeenergiarenovable_3	-0,110575	0,155587	-0,7107	0,4807	
d_d_Consumodeenergiarenovable_4	-0,805455	0,0964933	-8,347	<0,0001	** *
d_d_Consumodeenergiarenovable_5	0,649611	0,148959	4,361	<0,0001	** *
d_d_Consumodeenergiarenovable_6	0,0054048 8	0,176338	0,03065	0,9757	
d_d_Consumodeenergiarenovable_7	-0,140981	0,134462	-1,048	0,2997	
d_d_EmisionesdeCO2_1	12,5018	19,6249	0,6370	0,5271	
d_d_EmisionesdeCO2_2	0,475923	19,6456	0,02423	0,9808	
d_d_EmisionesdeCO2_3	7,26982	19,3806	0,3751	0,7092	
d_d_EmisionesdeCO2_4	19,4919	18,5162	1,053	0,2978	
d_d_EmisionesdeCO2_5	-10,5960	19,6927	-0,5381	0,5930	
d_d_EmisionesdeCO2_6	-12,6000	20,0256	-0,6292	0,5322	
d_d_EmisionesdeCO2_7	-11,7740	20,0956	-0,5859	0,5607	
Media de la vble. dep.	-0,023045		D.T. de la vble. dep.	1,111864	
Suma de cuad. Residuos	14,85566		D.T. de la regression	0,556321	
R-cuadrado	0,806181		R-cuadrado corregido	0,749650	
F (14, 48)	14,26096		Valor p (de F)	1,37e-12	
Rho	-0,037798		Durbin-Watson	2,075059	

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

Tabla 32: Ecuación 2: d_d EmisionesdeCO2

	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico</i>	<i>valor</i>	
			<i>t</i>	<i>p</i>	
Const	-0,000160850	0,000517967	-0,3105	0,7575	
d_d_Consumodeenergiarenovable_1	4,08710e-05	0,00105089	0,03889	0,9691	
d_d_Consumodeenergiarenovable_2	0,000382707	0,00135910	0,2816	0,7795	
d_d_Consumodeenergiarenovable_3	-0,000512489	0,00114360	-0,4481	0,6561	
d_d_Consumodeenergiarenovable_4	0,000378724	0,000709251	0,5340	0,5958	
d_d_Consumodeenergiarenovable_5	-0,000123666	0,00109489	-0,1129	0,9105	
d_d_Consumodeenergiarenovable_6	0,000260947	0,00129613	0,2013	0,8413	
d_d_Consumodeenergiarenovable_7	-0,000425152	0,000988328	-0,4302	0,6690	
d_d_EmisionesdeCO2_1	-0,0654604	0,144248	-0,4538	0,6520	
d_d_EmisionesdeCO2_2	0,0981489	0,144401	0,6797	0,5000	
d_d_EmisionesdeCO2_3	-0,0758850	0,142453	-0,5327	0,5967	
d_d_EmisionesdeCO2_4	-0,328621	0,136099	-2,415	0,0196	**
d_d_EmisionesdeCO2_5	-0,177345	0,144747	-1,225	0,2265	
d_d_EmisionesdeCO2_6	-0,0659440	0,147193	-0,4480	0,6562	
d_d_EmisionesdeCO2_7	-0,0629388	0,147708	-0,4261	0,6719	
Media de la vble. dep.	-0,000157		D.T. de la vble. dep.	0,003973	
Suma de cuad. Residuos	0,000803		D.T. de la regression	0,004089	
R-cuadrado	0,179786		R-cuadrado corregido	-	0,059443
F (14, 48)	0,751525		Valor p (de F)	0,713040	
Rho	0,005559		Durbin-Watson	1,984378	

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la ecuación 1, la variable consumo de energía renovable es autorregresiva debido a que se encuentra explicada solo por sus propios retardos 1, 4 y 5. Igualmente en la ecuación 2 la variable emisiones de CO2 es autorregresiva, es decir se encuentra explicada solo por su propio rezago 4. Y para todo modelo VAR es importante comprobar los tres supuestos establecidos, para obtener una correcta estimación.

Contrate de autocorrelación

Tabla 33: Contraste de autocorrelación hasta el orden 7

	Valor p	Autocorrelación
lag 1	0,6702	No
lag 2	0,0612	No
lag 3	0,2408	No
lag 4	0,4803	No
lag 5	0,5479	No
lag 6	0,6806	No
lag 7	0,7001	No

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se verifica que los valores p arrojados son mayores al nivel de significancia 0,05; es decir no presenta autocorrelación, por ende, se aprueba el primer supuesto.

Contraste de Homocedasticidad

Tabla 34: Contraste de ARCH

	Valor p	Homocedasticidad
lag 1	0,5642	Si
lag 2	0,0564	Si
lag 3	0,1992	Si
lag 4	0,6067	Si
lag 5	0,1042	Si
lag 6	0,2676	Si
lag 7	0,4726	Si

Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se observa que los valores p son mayores al nivel de significancia 0,05; por lo que se comprueba que los residuos del modelo presentan una varianza constante y por ende se aprueba el contraste de homocedasticidad.

Supuesto de normalidad

Tabla 35: Supuesto de Normalidad

Matriz de correlación de los residuos, C (2 x 2)

1,0000	-0,13896
-0,13896	1,0000

Valores propios de C

0,861039

1,13896

Contraste de Doornik-Hansen

Chi-cuadrado(4) = 98,268 [0,0000]

Fuente: Software Gretl

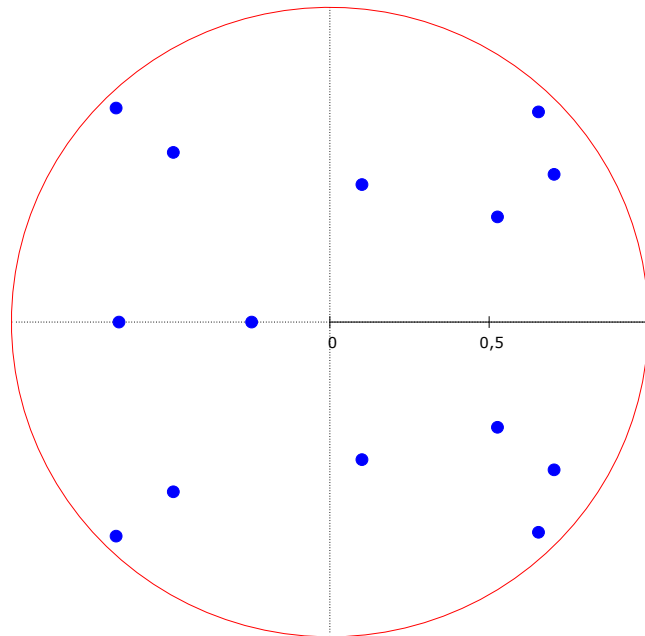
Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar que las perturbaciones presentan un valor p de 0,0000 es decir presentan distribución diferente de cero por lo que el contraste de normalidad de Doornik-Hansen no se aprueba. Finalmente, el modelo VAR cumple con los supuestos más relevantes, por lo que se puede concluir que si se encuentra correctamente especificado. Además, a través del contraste de raíces unitarias se verificará la estabilidad del modelo.

Raíz Inversa

Imagen 9: Raíz Inversa

Raíces inversas del VAR en relación al círculo unidad



Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la gráfica se verifica que todos los valores propios están ubicados en el interior del círculo unitario, entonces se puede recalcar que el modelo es estable y está bien especificado.

Causalidad de Granger

Para comprobar la dirección de Causalidad de Granger se extrajeron los valores del Contraste F de restricciones cero, que obtuvimos en el modelo VAR.

Tabla 36: Causalidad de Granger

Ecuaciones V. Dependiente	Valor P	Regla de Decision 5%	Causalidad V. Dependiente
Consumo de Energía Renovable	0,7989	Acepta H0	Emisiones de CO2 no causa
Emisiones de CO2	0,9983	Acepta H0	Consumo de Energía no causa

Fuente: Software Gretl

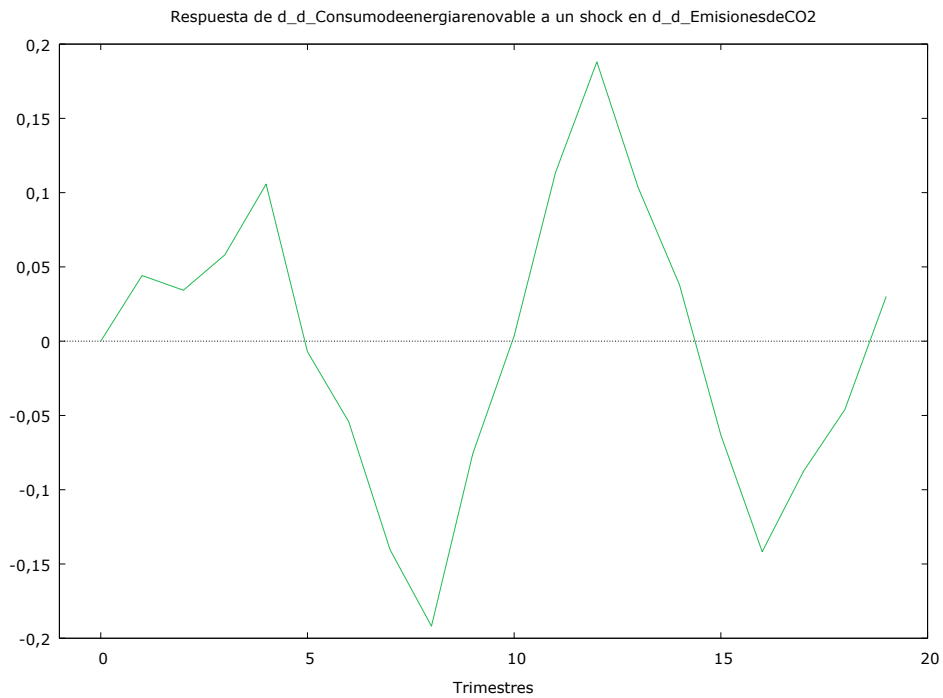
Elaborado por: Jonathan Tirado

En la tabla se puede observar que los valores p del Contraste F de restricciones cero, son mayores al nivel de significancia 0,05 por lo que se deduce que variables no presentan ningún tipo de relación de causalidad y se acepta la hipótesis de neutralidad.

Impulso-respuesta – Costa Rica

En el modelo VAR es importante aplicar un análisis de impulso- respuesta.

Imagen 10: Impulso respuesta

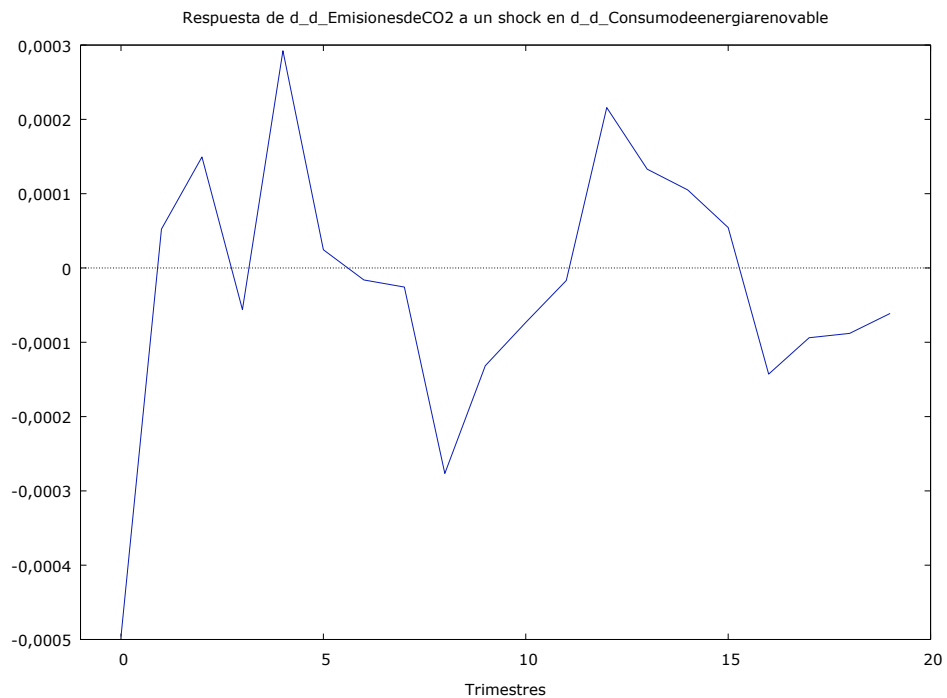


Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la gráfica de impulso-respuesta se deduce que el consumo de energía renovable ante un shock de las emisiones de CO2 presenta impactos variados, al inicio presento un impacto positivo, pero seguido presento un decrecimiento y así alternamente.

Imagen 11: Impulso - respuesta



Fuente: Software Gretl

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la gráfica de impulso-respuesta se deduce que las emisiones de CO2 ante un shock del consumo de energía renovable presento al inicio una respuesta negativa es decir un decrecimiento muy notorio pero su reacción fue variando en los siguientes trimestres.

4.2. Verificación de la hipótesis

La hipótesis se comprobó con la prueba estadística F de Fisher, tanto para Ecuador como para Costa Rica

Hipótesis 1

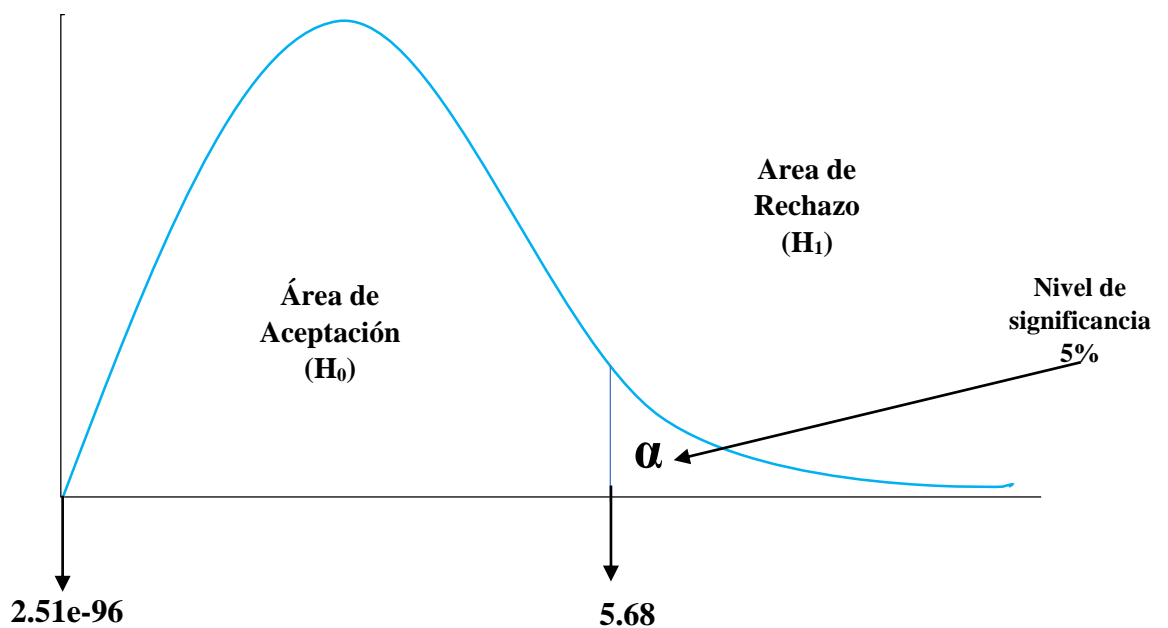
H₀ = La población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización no influyen en las emisiones totales de CO₂.

H₁ = La población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización influyen en las emisiones totales de CO₂

Valor p (de F) = 2.51e-96

F teórico = 5.68494

Imagen 12: Verificación de la Hipótesis de Ecuador



Fuente: Elaboración Propia a partir del Software Word

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la ilustración se observa que se acepta la hipótesis nula de que la población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización no influyen en las emisiones totales de CO₂ de Ecuador y se rechaza la hipótesis alterna. Debido a que, en la prueba de Fisher, el valor p 2.51e-96 es menor al valor crítico o tabla 5.68494.

Hipótesis 2

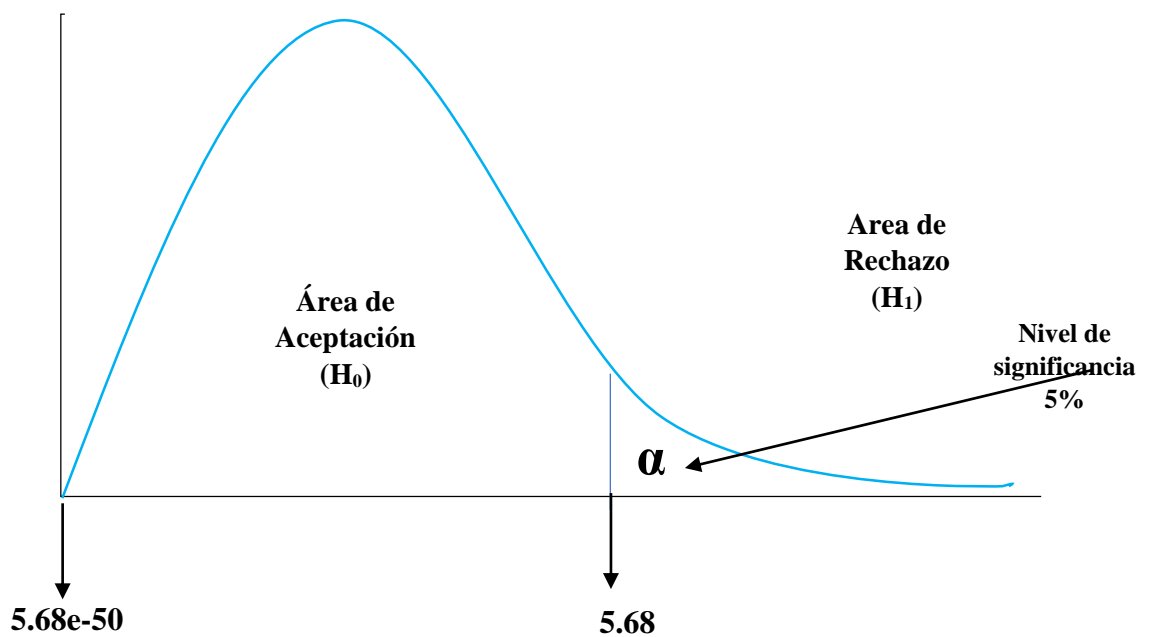
H_0 = La población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización no influyen en las emisiones totales de CO₂.

H_1 = La población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización influyen en las emisiones totales de CO₂

Valor p (de F) = 5.68e-50

F teórico = 5.68584

Imagen 13: Verificación de la Hipótesis de Costa Rica



Fuente: Elaboración Propia a partir del Software Word

Elaborado por: Jonathan Tirado

En la ilustración se observa que se acepta la hipótesis nula de que la población, el PIB per cápita, la intensidad energética y la intensidad de carbonización no influyen en las emisiones totales de CO₂ de Costa Rica y se rechaza la hipótesis alterna. Debido a que, en la prueba de Fisher, el valor p 5.68e-50 es menor al valor crítico de 5.68584 que se presentó anteriormente.

4.3. Limitaciones del Estudio

La falta de metodologías para el cálculo de datos, ha dificultado la realización de esta investigación. Al igual que las bases de datos no se actualizan constantemente en algunas variables, por lo que no hay un libre acceso a información de interés estudiantil y profesional.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Dentro de lo analizado, se pudo concluir que la falta de información disponible sobre el sector energético, en especial del consumo energético de fuentes renovables y no renovables no se encuentran en bases de datos del país. Ya que la única fuente en la que se pudo recuperar esta información es en el banco Mundial y no se encuentra actualmente actualizado. Por lo que es un obstáculo a la hora indagar en temas energéticos por parte de la comunidad estudiantil o en el ámbito laboral.
- Se pudo llegar a la conclusión de que la herramienta para la desagregación trimestral, que se utiliza cuando no se cuenta con los datos mensuales o trimestrales necesarios, tiende a caer en un problema de correlación. Ya que, si no se transforma los datos con una serie similar extraída de una base de datos confiable, los datos tienden a ser un poco espurios si no se le da el tratamiento correcto.
- Se logró concluir que a medida el crecimiento económico de Ecuador y Costa Rica crecen también lo hará su contaminación guardando una relación como lo comprobamos con la teoría expuesta por el economista energético Yoichi Kaya, a través de su ecuación denominada “Identidad de Kaya”. Por lo que a medida el país se vaya desarrollando y llegue a un punto en donde el avance tecnológico o a través de políticas ambientales logren disminuir la contaminación y seguir manteniendo un incremento en su crecimiento económico.
- A través de la modelización VAR se determinó que existe una relación causal de neutralidad ya que si se toma una decisión política de conservación o

expansión en el consumo energético no se verá reflejado en las emisiones de CO₂ y viceversa. Por lo tanto, se debe prestar atención a la producción de energía limpia ya que al tener un cambio de matriz productiva y dejar a un lado la dependencia de combustibles fósiles tienden a disminuir la contaminación. Lo que nos da a entender que a media se siga invirtiendo en tecnología capaz de producir energías renovables tiende a ser menor el impacto en la contaminación por parte de este sector. Lo que conllevaría al gobierno a tomar medidas ambientales en otros sectores industriales para mitigar este problema de contaminación.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda buscar metodologías y herramientas estadísticas o matemáticas para subsanar la falta de información actualizada en portales web del estado o independientes de interés público. Y analizar si los resultados esperados cumplen con las expectativas necesarias para continuar en el estudio previo o de lo contrario descartarlo sin perder tiempo que se puede dedicar en otra herramienta que puede ser más útil.
- Se debe prestar atención a los tecnológicos ya un cambio en la matriz energética trae consigo una disminución de dióxido de carbono lo que puede ser beneficioso a largo plazo tanto en el aspecto ambiental como económico. Ya que los países aprovechan mejor sus recursos naturales y no invierten mucho en programas de reconstrucción ambiental o de prevención. Y mejor la calidad de vida de las personas creando conciencia sobre el medio ambiente.
- Para finalizar se sugiere la búsqueda de inversionistas extranjeros o locales para generar proyectos eléctricos con fuentes renovables y aprovechar la fuerza de la naturaleza sin la necesidad de explotar indiscriminadamente el petróleo,

carbón o minerales que sirven de combustible fósiles. Ya que cada día se agotan con más rapidez las reservas de estos recursos no renovables. Y sino buscamos métodos productivos para suplantar esta explotación que en muchos casos acaba con la flora y fauna del planeta, estaremos destruyendo el hábitat en que vivimos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anónimo. (2017). Costa Rica generates almost 100% renewable energy in 2016. *Renewable Energy Focus*, 18, 22-28. doi:10.1016/j.ref.2017.03.003
- Apergis, N., & Foon, C. (2013). Is the energy-led growth hypothesis valid? New evidence from a sample of 85 countries. *Energy Economics*, 38, 24-31. doi:10.1016/j.eneco.2013.02.007
- Apergis, N., & Payne, j. (2009). Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Economics*, 31, 211-216.
- Baquero, D., & Mieles, J. (8 de Abril de 2015). Los booms petroleros: ¿Qué cambió en los últimos 40 años? *Foro Economía Ecuador*(6), 6.
- Belke, A., Dobnik, F., & Dreger, C. (2011). Energy consumption and economic growth: New insights into the cointegration relationship. *Energy Economics*, 33, 782-789.
- Belloumi, M. (2009). Energy consumption and GDP in Tunisia: Cointegration and causality analysis. *Energy Policy*, 37(7), 2745-2753.
- BID. (2013). *Dossier energetico - Costa Rica*. San José: Banco Interamericano de Desarrollo.
- BID. (2019). *Cómo renovar la electricidad de Costa Rica*. Departamento de Infraestructura y Energía del BID. San José: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Caraballo, M., & García, J. (Septiembre de 2017). Energías renovables y desarrollo económico. Un análisis para España y las grandes economías europeas. *El trimestre económico*(335), 571-609.
- CELEC. (2014). *Historia, constitución y sus centrales*. Quito: Corporación Eléctrica del Ecuador.
- CEPAL. (2017). *El cambio climático y el sector de energía en América Latina*. Santiago: Naciones Unidas.

- Cheng, B. (1999). Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in India : An Application of Cointegration and Error-Correction Modeling. *Indian Economic Review*, 34(1), 39-49.
- Chiou-Wei, S., Chen, C.-F., & Zhu, Z. (2008). Economic growth and energy consumption revisited — Evidence from linear and nonlinear Granger causality. *Energy Economics*, 30(6), 3063-3076. doi:10.1016/j.eneco.2008.02.002
- Correa, P., González, D., & Pacheco, J. (2016). Energías renovables y medio ambiente. Su regulación jurídica en Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 8(3), 179-183. Obtenido de <http://rus.ucf.edu.cu/>
- Díaz, R., & Cancelo, T. (2010). Análisis de los factores determinantes de la evolución de las emisiones de CO2 y de azufre en países OCDE medi ante una des composición econométrica. *Revista de Economía Mundial*(26), 85-106.
- EERSSA. (2016). *Historia*. Loja: Empresa Eléctrica Regional del Sur.
- Eggoh, J., Bangake, C., & Rault, C. (2011). Energy consumption and economic growth revisited in African countries. *Energy Policy*, 39, 7408-7421.
- Fuinhas, J., & Marques, A. (2012). Energy consumption and economic growth nexus in Portugal, Italy, Greece, Spain and Turkey: An ARDL bounds test approach (1965–2009). *Energy Economics*, 34, 511-517.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research*, 1-57.
- Gudipudi, R., Rybski, D., Ludeke, M., Zhou, B., Liu, Z., & Kropp, J. (2019). The efficient, the intensive, and the productive: Insights from urban Kaya scaling. *Applied Energy*, 236, 155-162.
- Guerrero, P. (2008). *Análisis de la situación actual de la gestión del sector eléctrico*. Quito: SENPLADES.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría*. México D.F.: Mc Graw Hill.

- Gutman, V., & Gutman, Á. (2017). Emisiones energéticas e Identidad de KAYA: *Fundación Torcuato Di Tella*, 1-16.
- Huang, B.-N., Hwang, M., & Yang, C. (2008). Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach. *Science Direct*, 67, 41-54.
- Jaramillo, j., & Chamba, D. (2008). *Una aproximación CTS a la implementación de la primera empresa de servicio eléctrico público en el Ecuador*. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- kaya, Y. (1990). Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios. *Energy and Industry Soubgroup*.
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relationship between Energy and GNP. Journal of Energy Development. *Journal of Energy Finance & Development*, 401-403.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Lean, H., & Smyth, R. (2010). CO2 emissions, electricity consumption and output in ASEAN. *Applied Energy*, 87, 1858-1864.
- Lee, C. (2006). The causality relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited. *Energy Policy*, 34, 1086-1093.
- Livas, A. (2015). Análisis de insumo-producto de energía y observaciones sobre el desarrollo sustentable, caso mexicano 1970-2010. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16(2), 239-251. doi:10.1016/j.riit.2015.03.008
- Macías, J., Valarezo, L., & Loor, G. (2018). Los Diferentes Costos que Tiene la Energía Eléctrica en el Ecuador Considerando los Cambios de la Estructura Actual. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología*, 3-29.
- Mundial, B. (15 de 10 de 2018). *Grupo Banco Mundial*. Obtenido de Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/?locations=EC-CR>

- Narayan, P., & Prasad, A. (2008). Electricity consumption–real GDP causality nexus: Evidence from a bootstrapped causality test for 30 OECD countries. *Energy Policy*, 36(2), 910-918. doi:10.1016/j.enpol.2007.10.017
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2010). The causal relationship between energy consumption and GDP in Albania, Bulgaria, Hungary and Romania: Evidence from ARDL bound testing approach. *Applied Energy*, 87, 1938-1943.
- Ozturk, I., Aslan, A., & Kalyoncu, H. (2010). Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low and middle income countries. *Energy Policy*, 38, 4422-4428.
- Parra, R. (2013). Factor de Emisión de CO2 debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 - 2011. *Avances*, V(1), 39-42.
- Pasquevich, D. M. (2016). *La creciente demanda mundial de energía frente a los riesgos ambientales*. Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable, Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires: Asociación Argentina para el progreso de las ciencias.
- Paz, J., & Miño, J. (2002). *Hágase la luz. La electricidad en el Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Economía. Quito: Boletín del Taller de Historia Económica.
- Poveda, G. H., Ruiz, K., & Gonzalez, J. (2017). DESARROLLO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR DEL SIGLO XXI, OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS ECONÓMICOS Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE. *Observatorio Economía Latinoamericana*.
- Sandoval, E. (2013). Proyección sobre energía eléctrica en Mexico mediante la Identidad de Kaya. *Economía Informa*(380), 41-53.
- Schumachera, K., & Yang, Z. (2018). The determinants of wind energy growth in the United States: Drivers and barriers to state-level development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(97), 1-13. doi:10.1016/j.rser.2018.08.017
- SENPLADES. (2008). *Plan Nacional De Desarrollo 2007 - 2010*. Quito: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo.

- Sovacool, B. (2008). Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. *Energy Policy*, 36(8), 2950-2963. doi:10.1016/j.enpol.2008.04.017
- Soytas, U., & Sari, R. (2003). Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets. *Energy Economics*, 33-37.
- Soytas, U., & Sari, R. (2009). Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member. *Science Direct*, 68, 1667-1675.
- Stern, D. (1993). Energy and economic growth in USA. A multivariate approach. *Center for Energy and Environmental Studies*, 14.
- Suárez, R. (2010). *El sector eléctrico ecuatoriano como fuente de bienestar social*. Quito: FLACSO.
- Sun, J., Li, G., & Wang, Z. (2018). Optimizing China's Energy Consumption Structure under Energy and Carbon Constraints. *Structural Change and Economic Dynamics*, 1-48. doi:10.1016/j.strueco.2018.07.007
- Vargas, J. (2007). Costa Rica: fin de una era política. *Revista de ciencia política*, XXVII(Esp), 113-128.
- Yu, E., & Choi, J. (1985). THE CAUSAL RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY AND GNP: AN INTERNATIONAL COMPARISON. *The Journal of Energy and Development*, 10(2), 249-272.
- Zárate, D., & Ramírez, R. (2016). *Matriz Energética de Costa Rica. Renovabilidad de las fuentes y reversibilidad de los usos de energía*. San José: Friedrich-Ebert-Stiftung.

ANEXOS

Anexo: Contraste de Raíz Unitaria

- **Consumo de Energía Renovable**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para Consumodeenergiarenovable
Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 65
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 6 retardos de (1-L)Consumodeenergiarenovable
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: 0,00139738
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = 0,183813$
Valor p asintótico 0,9717
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,072
diferencias retardadas: $F(6, 57) = 138,549 [0,0000]$

con constante y tendencia
incluyendo 6 retardos de (1-L)Consumodeenergiarenovable
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0,0419851
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -2,25449$
Valor p asintótico 0,4585
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,055
diferencias retardadas: $F(6, 56) = 145,374 [0,0000]$

1era Diferencia

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_Consumodeenergiarenovable
Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 65
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 5 retardos de (1-L)d_Consumodeenergiarenovable
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0,296283
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -4,60681$
Valor p asintótico 0,0001
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,067
diferencias retardadas: $F(5, 58) = 50,496 [0,0000]$

con constante y tendencia
incluyendo 5 retardos de (1-L)d_Consumodeenergiarenovable
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0,315913
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -4,7506$
Valor p asintótico 0,0005316
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,092
diferencias retardadas: $F(5, 57) = 50,980 [0,0000]$

- **Emissiones de CO2**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para EmisionesdeCO2
Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 68

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 3 retardos de $(1-L)$ EmisionesdeCO2
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0,0252469
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -2,25514$
Valor p asintótico 0,1869
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,030
diferencias retardadas: $F(3, 63) = 22,712 [0,0000]$

con constante y tendencia
incluyendo un retardo de $(1-L)$ EmisionesdeCO2
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0,0485483
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -2,10548$
Valor p asintótico 0,5422
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0,023

1era Diferencia

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d _EmisionesdeCO2
Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 68

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 2 retardos de $(1-L)$ d _EmisionesdeCO2
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0,383231
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -3,91321$
Valor p asintótico 0,001947
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,032
diferencias retardadas: $F(2, 64) = 2,217 [0,1172]$

con constante y tendencia
incluyendo 2 retardos de $(1-L)$ d _EmisionesdeCO2
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0,489279
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -4,49494$
Valor p asintótico 0,001484
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,049
diferencias retardadas: $F(2, 63) = 3,324 [0,0424]$

Anexo : Contraste de Cointegración Engle y Granger

Etapa 1: contrastando la existencia de una raíz unitaria en Consumodeenergiarenovable

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para Consumodeenergiarenovable incluyendo 7 retardos de (1-L)Consumodeenergiarenovable

Tamaño muestral 64

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
 modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 valor estimado de $(a - 1)$: 0,00305756
 estadístico de contraste: $\tau_c(1) = 0,380857$
 Valor p asintótico 0,9822
 Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,004
 diferencias retardadas: $F(7, 55) = 116,213 [0,0000]$

Etapa 2: contrastando la existencia de una raíz unitaria en EmisionesdeCO2

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para EmisionesdeCO2 incluyendo 7 retardos de (1-L)EmisionesdeCO2

Tamaño muestral 64

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
 modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 valor estimado de $(a - 1)$: -0,0271696
 estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -1,99573$
 Valor p asintótico 0,2889
 Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,002
 diferencias retardadas: $F(7, 55) = 9,068 [0,0000]$

Etapa 3: regresión cointegrante

Regresión cointegrante -

MCO, usando las observaciones 2000:1-2017:4 (T = 72)

Variable dependiente: Consumodeenergiarenovable

	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-2,04855	5,10447	-0,4013	0,6894
EmisionesdeCO2	68,6674	8,85392	7,756	5,15e-011 ***
Media de la vble. dep.	37,20526	D.T. de la vble. dep.	7,605906	
Suma de cuad. residuos	2209,107	D.T. de la regresión	5,617710	
R-cuadrado	0,462156	R-cuadrado corregido	0,454472	
Log-verosimilitud	-225,4160	Criterio de Akaike	454,8319	
Criterio de Schwarz	459,3853	Crit. de Hannan-Quinn	456,6446	
rho	0,970897	Durbin-Watson	0,083223	

Etapa 4: contrastando la existencia de una raíz unitaria en uhat

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para uhat incluyendo 7 retardos de (1-L)uhat

Tamaño muestral 64

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste sin constante
 modelo: $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 valor estimado de $(a - 1)$: -0,0244161
 estadístico de contraste: $\tau_c(2) = -0,953293$

Valor p asintótico 0,9097
 Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,009
 diferencias retardadas: F(7, 56) = 36,091 [0,0000]

Hay evidencia de una relación cointegrante si:
 (a) La hipótesis de existencia de raíz unitaria no se rechaza para las variables individuales y
 (b) La hipótesis de existencia de raíz unitaria se rechaza para los residuos (uhat) de la regresión cointegrante.

Anexo: Modelo VAR

Sistema VAR, orden del retardo 7
 Estimaciones de MCO, observaciones 2002:1-2017:4 (T = 64)
 Log-verosimilitud = 216,01437
 Determinante de la matriz de covarianzas = 4,0120706e-006
 AIC = -5,8129
 BIC = -4,8010
 HQC = -5,4143
 Contraste Portmanteau: LB(16) = 45,1594, gl = 36 [0,1408]

Ecuación 1: d_Consumodeenergiarenovable

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Const	0,113062	0,0633289	1,785	0,0804	*
d_Consumodeenergiare novable_1	1,54102	0,142531	10,81	<0,0001	***
d_Consumodeenergiare novable_2	-0,631365	0,252128	-2,504	0,0157	**
d_Consumodeenergiare novable_3	-0,066474	0,200022	-0,3323	0,7411	
d_Consumodeenergiare novable_4	5 -0,860545	0,163730	-5,256	<0,0001	***
d_Consumodeenergiare novable_5	1,31324	0,205108	6,403	<0,0001	***
d_Consumodeenergiare novable_6	-0,522616	0,262242	-1,993	0,0519	*
d_Consumodeenergiare novable_7	-0,108414	0,148918	-0,7280	0,4701	
d_EmisionesdeCO2_1	6,65467	8,78194	0,7578	0,4522	
d_EmisionesdeCO2_2	-4,74280	10,8662	-0,4365	0,6644	
d_EmisionesdeCO2_3	-2,06116	10,9257	-0,1887	0,8511	
d_EmisionesdeCO2_4	-3,81956	10,9651	-0,3483	0,7291	
d_EmisionesdeCO2_5	10,8740	10,9077	0,9969	0,3237	
d_EmisionesdeCO2_6	-2,81824	10,9349	-0,2577	0,7977	
d_EmisionesdeCO2_7	-7,55569	8,91152	-0,8479	0,4006	

Media de la vble. dep. 0,297774 D.T. de la vble. dep. 1,438958

Suma de cuad. residuos	7,885273	D.T. de la regresión	0,401153
R-cuadrado	0,939552	R-cuadrado corregido	0,922281
F(14, 49)	54,40127	Valor p (de F)	6,44e-25
Rho	-0,015739	Durbin-Watson	2,028753

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de $d_Consumodeenergiarenovable$ $F(7, 49) = 100,04$ [0,0000]
 Todos los retardos de $d_EmisionesdeCO2$ $F(7, 49) = 0,33618$ [0,9335]
 Todas las variables, retardo 7 $F(2, 49) = 0,48672$ [0,6176]

Ecuación 2: $d_EmisionesdeCO2$

	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Const	0,000661069	0,00103733	0,6373	0,5269	
$d_Consumodeenergiarenovable_1$	-0,000276455	0,00233467	-0,1184	0,9062	
$d_Consumodeenergiarenovable_2$	3,64198e-05	0,00412988	0,008819	0,9930	
$d_Consumodeenergiarenovable_3$	-0,00106470	0,00327638	-0,3250	0,7466	
$d_Consumodeenergiarenovable_4$	0,00484376	0,00268191	1,806	0,0770	*
$d_Consumodeenergiarenovable_5$	-0,00433918	0,00335968	-1,292	0,2026	
$d_Consumodeenergiarenovable_6$	-7,71656e-05	0,00429555	-0,01796	0,9857	
$d_Consumodeenergiarenovable_7$	0,000737400	0,00243929	0,3023	0,7637	
$d_EmisionesdeCO2_1$	0,710160	0,143849	4,937	<0,0001	***
$d_EmisionesdeCO2_2$	0,150462	0,177990	0,8453	0,4020	
$d_EmisionesdeCO2_3$	-0,141821	0,178964	-0,7925	0,4319	
$d_EmisionesdeCO2_4$	-0,0557888	0,179610	-0,3106	0,7574	
$d_EmisionesdeCO2_5$	-0,0885214	0,178670	-0,4954	0,6225	
$d_EmisionesdeCO2_6$	0,0555836	0,179115	0,3103	0,7576	
$d_EmisionesdeCO2_7$	0,0344195	0,145971	0,2358	0,8146	

Media de la vble. dep.	0,002021	D.T. de la vble. dep.	0,009199
Suma de cuad. residuos	0,002116	D.T. de la regresión	0,006571
R-cuadrado	0,603145	R-cuadrado corregido	0,489758
F(14, 49)	5,319350	Valor p (de F)	5,50e-06
Rho	-0,002367	Durbin-Watson	2,003048

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de $d_Consumodeenergiarenovable$ $F(7, 49) = 0,99122$ [0,4487]
 Todos los retardos de $d_EmisionesdeCO2$ $F(7, 49) = 8,3738$ [0,0000]
 Todas las variables, retardo 7 $F(2, 49) = 0,057715$ [0,9440]

Para el sistema en conjunto
 Hipótesis nula: El retardo más largo es 6

Hipótesis alternativa: El retardo más largo es 7
 Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(4) = 1,32535 [0,8571]

Anexo : Contraste de Autocorrelación

Contraste de autocorrelación hasta el orden 7

	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	0,329	F(4, 92)	0,8578
lag 2	0,227	F(8, 88)	0,9851
lag 3	0,473	F(12, 84)	0,9250
lag 4	0,562	F(16, 80)	0,9032
lag 5	0,448	F(20, 76)	0,9772
lag 6	0,468	F(24, 72)	0,9802
lag 7	0,819	F(28, 68)	0,7169

Anexo : Contraste de Homocedasticidad

Contraste de ARCH de orden hasta 7

	LM	df	p-value
lag 1	7,705	9	0,5642
lag 2	10,814	18	0,9021
lag 3	19,760	27	0,8407
lag 4	33,112	36	0,6067
lag 5	36,475	45	0,8136
lag 6	38,297	54	0,9477
lag 7	39,732	63	0,9904

Anexo : Contraste de Raíz Unitaria

- **Consumo de Energía Renovable**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para Consumodeenergiarenovable
 Contraste hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC

Tamaño muestral 65

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
 incluyendo 6 retardos de $(1-L)$ Consumodeenergiarenovable
 modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
 valor estimado de $(a - 1)$: -0,00795105
 estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -2,55334$
 Valor p asintótico 0,103
 Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0,070

diferencias retardadas: $F(6, 57) = 208,016 [0,0000]$

con constante y tendencia
incluyendo 7 retardos de $(1-L)\text{Consumodeenergiarenovable}$
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: $-0,0150546$
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -3,10429$
Valor p asintótico $0,1052$
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: $-0,063$
diferencias retardadas: $F(7, 54) = 174,597 [0,0000]$

1era Diferencia

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para $d_Consumodeenergiarenovable$
Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 65
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 5 retardos de $(1-L)d_Consumodeenergiarenovable$
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: $-0,0679953$
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -2,14575$
Valor p asintótico $0,2268$
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: $0,051$
diferencias retardadas: $F(5, 58) = 45,155 [0,0000]$

con constante y tendencia
incluyendo 5 retardos de $(1-L)d_Consumodeenergiarenovable$
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: $-0,0833144$
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -2,33746$
Valor p asintótico $0,4129$
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: $0,048$
diferencias retardadas: $F(5, 57) = 44,486 [0,0000]$

2da Diferencia

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para $d_d_Consumodeenergiarenovable$
Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 65
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 4 retardos de $(1-L)d_d_Consumodeenergiarenovable$
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: $-0,457444$
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -2,95875$
Valor p asintótico $0,03893$
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: $0,086$
diferencias retardadas: $F(4, 59) = 32,097 [0,0000]$

con constante y tendencia
incluyendo 4 retardos de $(1-L)d_d_Consumodeenergiarenovable$
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: $-0,455612$
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -2,91115$
Valor p asintótico $0,1588$

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0,085
diferencias retardadas: $F(4, 58) = 31,563 [0,0000]$

- **Emisiones de CO2**

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para EmisionesdeCO2
Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 68
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 3 retardos de (1-L)EmisionesdeCO2
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de (a - 1): -0,0451741
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -2,68942$
Valor p asintótico 0,07581
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,041
diferencias retardadas: $F(3, 63) = 37,917 [0,0000]$

con constante y tendencia
incluyendo 3 retardos de (1-L)EmisionesdeCO2
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de (a - 1): -0,0420242
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -2,36472$
Valor p asintótico 0,3982
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,048
diferencias retardadas: $F(3, 62) = 35,041 [0,0000]$

1era Diferencia

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_EmisionesdeCO2
Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 68
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 2 retardos de (1-L)d_EmisionesdeCO2
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de (a - 1): -0,346365
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -4,03715$
Valor p asintótico 0,001231
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,045
diferencias retardadas: $F(2, 64) = 4,065 [0,0218]$

con constante y tendencia
incluyendo 3 retardos de (1-L)d_EmisionesdeCO2
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de (a - 1): -0,455201
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -4,47722$
Valor p asintótico 0,001589
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0,025
diferencias retardadas: $F(3, 61) = 3,816 [0,0143]$

2da Diferencia

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_d EmisionesdeCO2
 Contrastar hacia abajo desde 7 retardos, con el criterio AIC
 Tamaño muestral 66
 la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
 incluyendo 3 retardos de $(1-L)d_d$ EmisionesdeCO2
 modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
 valor estimado de $(a - 1)$: -1,23754
 estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -5,5551$
 Valor p asintótico $1,305e-006$
 Coef. de autocorrelación de primer orden de e : -0,061
 diferencias retardadas: $F(3, 61) = 3,115 [0,0326]$

con constante y tendencia
 incluyendo 3 retardos de $(1-L)d_d$ EmisionesdeCO2
 modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)y(-1) + \dots + e$
 valor estimado de $(a - 1)$: -1,23735
 estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -5,50889$
 Valor p asintótico $1,596e-005$
 Coef. de autocorrelación de primer orden de e : -0,062
 diferencias retardadas: $F(3, 60) = 3,064 [0,0347]$

Anexos : Modelo VAR

Sistema VAR, orden del retardo 7
 Estimaciones de MCO, observaciones 2002:2-2017:4 (T = 63)
 Log-verosimilitud = 222,36763
 Determinante de la matriz de covarianzas = 2,9460534e-006
 AIC = -6,1069
 BIC = -5,0864
 HQC = -5,7055
 Contraste Portmanteau: $LB(15) = 58,7397, gl = 32 [0,0027]$

Ecuación 1: d_d Consumodeenergiarenovable

	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>	
Const	0,0103300	0,0704691	0,1466	0,8841	
d_d Consumodeen ergiarenovable_1	0,803824	0,142974	5,622	<0,0001	***
d_d Consumodeen ergiarenovable_2	0,00767446	0,184905	0,04150	0,9671	
d_d Consumodeen ergiarenovable_3	-0,110575	0,155587	-0,7107	0,4807	
d_d Consumodeen ergiarenovable_4	-0,805455	0,0964933	-8,347	<0,0001	***

d_d_Consumodeen ergiarenovable_5	0,649611	0,148959	4,361	<0,0001	***
d_d_Consumodeen ergiarenovable_6	0,00540488	0,176338	0,03065	0,9757	
d_d_Consumodeen ergiarenovable_7	-0,140981	0,134462	-1,048	0,2997	
d_d_EmisionesdeC O2_1	12,5018	19,6249	0,6370	0,5271	
d_d_EmisionesdeC O2_2	0,475923	19,6456	0,02423	0,9808	
d_d_EmisionesdeC O2_3	7,26982	19,3806	0,3751	0,7092	
d_d_EmisionesdeC O2_4	19,4919	18,5162	1,053	0,2978	
d_d_EmisionesdeC O2_5	-10,5960	19,6927	-0,5381	0,5930	
d_d_EmisionesdeC O2_6	-12,6000	20,0256	-0,6292	0,5322	
d_d_EmisionesdeC O2_7	-11,7740	20,0956	-0,5859	0,5607	
Media de la vble. dep.	-0,023045	D.T. de la vble. dep.		1,111864	
Suma de cuad. Residuos	14,85566	D.T. de la regression		0,556321	
R-cuadrado	0,806181	R-cuadrado corregido		0,749650	
F(14, 48)	14,26096	Valor p (de F)		1,37e-12	
Rho	-0,037798	Durbin-Watson		2,075059	

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de d_d_ConsumodeenergiarenovableF(7, 48) = 25,146 [0,0000]

Todos los retardos de d_d_EmisionesdeCO2F(7, 48) = 0,54119 [0,7989]

Todas las variables, retardo 7 F(2, 48) = 0,77134 [0,4680]

Ecuación 2: d_d_EmisionesdeCO2

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>valor p</i>
Const	-0,00016085	0,000517967	-0,3105	0,7575
	0			
d_d_Consumodeen ergiarenovable_1	4,08710e-05	0,00105089	0,03889	0,9691
d_d_Consumodeen ergiarenovable_2	0,000382707	0,00135910	0,2816	0,7795
d_d_Consumodeen ergiarenovable_3	-0,00051248	0,00114360	-0,4481	0,6561
	9			
d_d_Consumodeen ergiarenovable_4	0,000378724	0,000709251	0,5340	0,5958
d_d_Consumodeen ergiarenovable_5	-0,00012366	0,00109489	-0,1129	0,9105
	6			

d_d_Consumodeenerg	0,000260947	0,00129613	0,2013	0,8413	
giarenovable_6					
d_d_Consumodeenerg	-0,00042515	0,000988328	-0,4302	0,6690	
giarenovable_7	2				
d_d_EmisionesdeCO	-0,0654604	0,144248	-0,4538	0,6520	
O2_1					
d_d_EmisionesdeCO	0,0981489	0,144401	0,6797	0,5000	
O2_2					
d_d_EmisionesdeCO	-0,0758850	0,142453	-0,5327	0,5967	
O2_3					
d_d_EmisionesdeCO	-0,328621	0,136099	-2,415	0,0196	**
O2_4					
d_d_EmisionesdeCO	-0,177345	0,144747	-1,225	0,2265	
O2_5					
d_d_EmisionesdeCO	-0,0659440	0,147193	-0,4480	0,6562	
O2_6					
d_d_EmisionesdeCO	-0,0629388	0,147708	-0,4261	0,6719	
O2_7					
Media de la vble. dep.	-0,000157	D.T. de la vble. dep.		0,003973	
Suma de cuad. residuos	0,000803	D.T. de la regression		0,004089	
R-cuadrado	0,179786	R-cuadrado corregido		-0,059443	
F(14, 48)	0,751525	Valor p (de F)		0,713040	
Rho	0,005559	Durbin-Watson		1,984378	

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de d_d_Consumodeenerg $F(7, 48) = 0,096424 [0,9983]$
 Todos los retardos de d_d_EmisionesdeCO $F(7, 48) = 1,3216 [0,2609]$
 Todas las variables, retardo 7 $F(2, 48) = 0,19806 [0,8210]$

Para el sistema en conjunto

Hipótesis nula: El retardo más largo es 6

Hipótesis alternativa: El retardo más largo es 7

Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(4) = 2,81362 [0,5895]

Anexo : Supuesto de Autocorrelación

Contraste de autocorrelación hasta el orden 7

lag	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	0,591	F(4, 90)	0,6702
lag 2	1,961	F(8, 86)	0,0612
lag 3	1,289	F(12, 82)	0,2408
lag 4	0,986	F(16, 78)	0,4803
lag 5	0,934	F(20, 74)	0,5479
lag 6	0,836	F(24, 70)	0,6806
lag 7	0,831	F(28, 66)	0,7001

Anexo : Supuesto de Homocedasticidad

Contraste de ARCH de orden hasta 7

	LM	df	p-value
lag 1	18,370	9	0,0311
lag 2	28,386	18	0,0564
lag 3	32,935	27	0,1992
lag 4	53,654	36	0,0294
lag 5	57,245	45	0,1042
lag 6	59,991	54	0,2676
lag 7	63,104	63	0,4726