



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y
ADMINISTRATIVAS
CARRERA DE ECONOMÍA

INCIDENCIA DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLE EN EL
CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL ECUADOR PERIODO 1990-2021

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ECONOMISTA

Autor:

Andrés Alejandro Olmedo Falconí

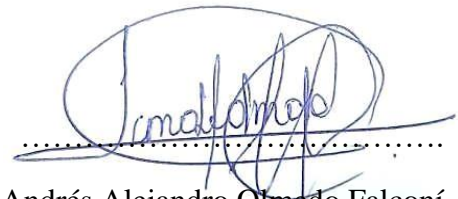
Tutor:

PhD. Víctor Dante Ayaviri Nina

Riobamba, Ecuador 2023

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Andrés Alejandro Olmedo Falconi con C.C 060445931-3, declaro ser responsable directo de las ideas y los resultados evidentes en el presente trabajo de investigación, los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Andrés Olmedo', is written over a horizontal dotted line. The signature is enclosed within a large, hand-drawn oval.

Andrés Alejandro Olmedo Falconí


AUTOR

C.C 060445931-3

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, PhD. Víctor Dante Ayaviri Nina catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del proyecto de investigación **“INCIDENCIA DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLE EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL ECUADOR 1990-2021”**, bajo la autoría de Andrés Alejandro Olmedo Falconi, por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación

Es todo cuanto informar en honor a la verdad, en Riobamba a los 27 días del mes de abril del 2023.



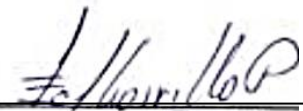
PhD. Víctor Dante Ayaviri Nina
TUTOR(A)

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL


Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Incidencia del consumo de energía eléctrica renovable en el crecimiento económico del Ecuador, periodo 1990-2021**”, presentado por Andrés Alejandro Olmedo Falconi, con cedula de identidad **0604459313**, bajo la tutoría de **PhD. Víctor Dante Ayaviri Nina**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte del autor; no teniendo más que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 14 de junio del 2023.

Eco. Wilman Carrillo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Eco. Karina Álvarez MBA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Eco. María Eugenia Borja
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, OLMEDO FALCONI ANDRÉS ALEJANDRO con CC: 0604459313, estudiante de la Carrera de ECONOMÍA, Facultad de CIENCIAS POLÍTICAS Y ADMINISTRATIVAS; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado: "INCIDENCIA DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RENOVABLE EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL ECUADOR PERIODO 1990-2021", cumple con el 7%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio URKUND, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 01 de junio de 2023



Firmado electrónicamente por:
VÍCTOR DANTE
AYAVIRI NINA

PhD. Víctor Dante Ayaviri Nina
TUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a cada uno de los miembros de mi familia, en especial a mi padre César, mi madre América y hermanos Raquel, Julio, Juan, Marco que han sido mi fuente de energía durante el camino que he transitado.

A mis sobrinos Doménica, Alan, Rafaelita, Rafael, Juan Daniel, Jorge Antonio y Nicole como una muestra viva, la cual muestra que los sueños se cumplen con trabajo y perseverancia

A las entrañables amistades que he cosechado en mi vida universitaria en especial a Nicole, Evelyn, Rody, Sthefy, Nati, Arleth.

Con amor, Andrés.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios y a la existencia por permitir que transite en los senderos del conocimiento y cumplir así uno de mis sueños.

A mi padre y a mi madre que sin importar las limitaciones que existiesen siempre estuvieron guiándome por la senda del bien, ayudándome a escribir mi futuro y dándome ánimos en los instantes en los que parecía que todo estaba perdido

A mi familia, por tener un espíritu incansable, gracias por darme la mano a lo largo de mi vida, por ser incondicionales y por enseñarme que los sueños se cumplen con trabajo y sacrificio.

A mi tutor PhD. Víctor Dante Ayaviri Nina, por la inmensa paciencia desde que existió la oportunidad de entablar conversación hasta estas maravillosas instancias, Dios le pague por guiarme, animarme y sobre todo confiar en mi capacidad.

A mi querida Universidad, el templo del saber que me permitió aprender, experimentar y vivir las distintas etapas de la vida universitaria, a cada uno de mis docentes que con mucho amor y paciencia nos inculcaron más que conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICACIÓN.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
ÍNDICE GENERAL.....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS	
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS, SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I.....	17
1. INTRODUCCIÓN	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 General.....	20
3.2 Específicos.....	20
3.3 Hipótesis de la Investigación	20
CAPÍTULO II.....	21
4 MARCO REFERENCIAL	21
4.1. Antecedentes.....	21
4.2 Fundamentación Teórica	22
4.2.2 Crecimiento Económico.....	23
4.2.3 Determinantes del Crecimiento Económico.....	24
4.2.4 Teorías de Crecimiento Económico	27
4.2.5.1 Teoría Clásica de Crecimiento.....	27
4.2.5.2 Teoría Neoclásica del Crecimiento.....	28
4.2.5.3 Teoría Keynesiana y post-Keynesianas de Crecimiento.....	28
4.2.5.3 Teoría de Crecimiento Endógeno	29

4.2.6	Teorías que Relacionan el Consumo de Energía Renovable y el Crecimiento Económico	29
4.2.6.1	Economía de la Energía	29
4.2.6.2	La Econodinámica	29
4.2.6.3	La Relación de Garret	30
4.2.6.4	Relación de la Energía y el Crecimiento desde los Postulados del Progreso Tecnológico	30
4.2.7	El Sector Eléctrico Ecuatoriano	32
4.2.7.1	Reseña Histórica	32
4.2.7.2	Infraestructura de Generación Eléctrica Disponible	33
4.2.8	Energía Eléctrica y Electricidad.....	35
4.2.8.1	Unidades de Medida de Consumo la Energía Eléctrica.....	35
4.2.9	Consumo de Energía	35
4.2.9.1	Sectores de la economía que consumen energía	35
4.2.9.2	Determinantes del Consumo de Energía Eléctrica.....	35
4.2.10	Formas de Generar Energía Eléctrica	36
4.2.11	Fuentes de Energía.....	38
4.2.11.1	Energías No Renovables	38
4.2.11.2	Energías Renovables	38
4.2.12	Formación Bruta de Capital Fijo	42
4.2.13	Fuerza Laboral.....	42
CAPÍTULO III		43
5.	METODOLOGÍA	43
5.1	Descripción de las Variables de Investigación	43
5.2	Especificación del Modelo Econométrico	44
5.2.1	Descripción de la Secuencia de Pasos para Determinar la Hipótesis del Estudio	45
5.2.2	Pruebas Estadísticas Utilizadas	45
5.2.2.1	Prueba de Raíz Unitaria Clemente, Montañes y Reyes	45
5.2.2.2	Prueba de Cointegración Combinada Bayer-Hanck	46
5.2.2.3	Modelo ARDL	47
5.2.2.4	Prueba de Límites ARDL	48
5.2.2.5	Marco de Causalidad Granger y el Método de Corrección de Errores Vectoriales (VECM Granger).....	50
5.2.3	Modelo de Regresión Multivariante.....	52
CAPÍTULO IV		53

6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
6.1	Análisis del Comportamiento de las Variables.....	53
6.1.1	Crecimiento Económico (PIB per Cápita)	53
6.1.2	Consumo per Cápita de Energía Eléctrica Renovable	54
6.2	Estimación del Modelo Econométrico.....	55
6.2.1	Modelo Autoregresivo de Rezagos Distribuidos	55
6.2.2	Pruebas de Causalidad.....	62
6.2.3	Análisis de Regresión Lineal Múltiple.....	63
6.2.3.1	Interpretación de los Coeficientes del Modelo de Regresión Multivariante.....	64
6.3	Pruebas de Diagnóstico.....	64
6.3.1	Contraste de Estabilidad del Paramétrica del Modelo	65
6.4	Discusión de Resultados	66
	CAPÍTULO V	67
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
7.1	Conclusiones.....	67
7.2	Recomendaciones	68
7.	REFERENCIAS	69
8.	ANEXOS.....	87
	Anexo 1. Base de datos utilizada en el estudio	87
	Anexo 2. Pruebas a las variables de estabilidad en varianza.....	88
	Anexo 3. Pruebas de diagnóstico.....	89
	Anexo 4. Regresión lineal multivariante con problemas de autocorrelación	90
	Anexo 5. Correlograma de la regresión lineal multivariante.....	91
	Anexo 6. Correlograma de la regresión lineal multivariante -aplicación AR(1) Y MA(1). 91	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Determinantes del crecimiento económico.....	24
Tabla 2 Infraestructura de generación de energía eléctrica de acuerdo a su sistema	33
Tabla 3 Centrales de generación con fuentes renovables	34
Tabla 4 Centrales de generación con fuentes no renovables	34
Tabla 5 Estudios que emplean el modelo ARDL	44
Tabla 6 Descripción de las variables	49
Tabla 7 Análisis de raíz unitaria	57
Tabla 8 Prueba de raíz unitaria de quiebre estructural Clemente, Montañes y Reyes.....	58
Tabla 9 Criterio de selección del orden de retraso del VAR	58
Tabla 10 Análisis de cointegración de Bayer y Hanck.....	59
Tabla 11 Prueba de límites ARDL	60
Tabla 12 Resultados del corto y largo plazo.....	61
Tabla 13 Análisis de causalidad VECM Granger.....	63
Tabla 14 Modelo de regresión multivariante.....	63
Tabla 15 Pruebas de diagnóstico sobre el modelo ARDL.....	64
Tabla 16 Base de datos empleada en el estudio.....	87
Tabla 17 Modelo de regresión multivariante.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Determinantes del consumo de energía	36
Figura 2 Formas de generar energía eléctrica.....	37
Figura 3 Tipos de energía renovable	39
Figura 4 Tipos de centrales hidroeléctricas	40
Figura 5 Crecimiento económico-PIB per cápita (miles de USD) y tasas de variación del PIB per cápita (en %).....	53
Figura 6 Consumo per cápita energía eléctrica renovable (en kW/h) y tasa de variación del consumo (en %).....	54
Figura 7 Dispersión de las variables con respecto al PIB per cápita.....	56
Figura 8 Criterios de selección de Akaike para el modelo ARDL.....	60
Figura 9 Contraste de estabilidad del paramétrica del modelo.....	65

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS, SIGLAS Y ABREVIATURAS

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de la Electricidad.

ARDL: Autoregresivo de Rezagos Distribuidos.

BCE: Banco Central del Ecuador.

BP plc: British Petroleum.

CELEC: Corporación Eléctrica del Ecuador.

CENACE: Operador Nacional de Electricidad.

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad.

EP: Empresa Pública.

et al : y otros.

FBKF: Formación Bruta de Capital Fijo.

FL: Fuerza Laboral.

INECEL: Instituto Ecuatoriano de Electrificación

kW/h: Kilovatios hora.

ln: Logaritmo Natural.

LRSE: Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

LOSPEE: Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.

MCI: Motores de combustión interna.

MERNNR: Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables

MW: Megavatios.

OCP: Oleoducto de Crudos Pesados.

OECD: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

PIB: Producto Interno Bruto.

PIB PC: Producto Interno Bruto per Cápita.

REPSOL: Refinerías de Petróleo de Escombreras.

VAR: Vectores Autoregresivos

VECM: Modelo de Vectores de Corrección de Error.

RESUMEN

La investigación determina cual es la incidencia del consumo de energía eléctrica renovable en el crecimiento económico del Ecuador en el periodo 1990-2021, donde se cuantifica la influencia entre las variables anteriormente citadas. Las variables utilizadas como complemento o de control para el presente estudio son el consumo per cápita de energía eléctrica renovable (CPEER), formación bruta de capital fijo (FBKF) y fuerza laboral (FL).

Por otra parte, el documento se encuentra formado por cuatro capítulos. El Capítulo I, muestra la temática, problemática, así como objetivos que persigue la investigación. El Capítulo II, contiene aspectos de carácter teórico en donde se pormenorizan puntos como antecedentes, conceptos, determinantes, clasificaciones, teorías entre otros.

El Capítulo III, describe y expone cuestiones de carácter metodológico, donde se pone a conocimiento la utilización del tipo de datos (series de tiempo-anales), así como las distintas pruebas entre las que se destacan la de raíz unitaria Clemente, Montañes y Reyes, la prueba de límites autoregresiva de rezagos distribuidos (ARDL) para cointegración, la prueba de cointegración combinada Bayer y Hanck, así como el marco de causalidad VECM Granger; adicionalmente a manera de instrumento de contraste de las hipótesis se emplea una regresión lineal multivariante.

Finalmente el Capítulo IV, ilustra los resultados tanto en el corto como en el largo plazo, donde en el corto plazo se comprobó la existencia de una incidencia positiva en donde por cada 1% que aumente el consumo per cápita de energía eléctrica renovable el crecimiento económico se impulsara en un 5,32% mientras que en el largo plazo se comprueba que por cada 1% que aumente el consumo de energía eléctrica renovable per cápita el crecimiento se contraerá en un 0.85%; en base a estos resultados se sugiere ampliar el estudio en función a los sectores que conforman la economía.

Palabras clave: ARDL PIBPC, FBKF, FL, KW/H, CPEER

ABSTRACT

This investigation determines the incidence of the consumption of renewable electrical energy in the economic growth of Ecuador in the period 1990-2021, where the influence between the mentioned variables is quantified. The variables used as a complement or control for this study are the per capita consumption of renewable electricity (CPEER), the gross fixed capital formation (GFCF), and the labor force (FL).

On the other hand, the document is composed of four chapters. Chapter I shows the theme, problems, and objectives pursued by the investigation. Chapter II contains aspects of a theoretical nature where points such as background, concepts, determinants, classifications, and theories, among others, are detailed.

Chapter III describes and exposes methodological issues, where the use of the data type (annual time series) is disclosed, as well as the different tests, among which the unit root test of Clemente, Montañes, and Reyes stands out, the autoregressive limit of distributed lags (ARDL) test for cointegration, the combined Bayer and Hanck cointegration test, as well as the VECM Granger causality framework; Additionally, multivariate linear regression is used as a hypothesis contrast instrument.

Finally, Chapter IV illustrates the results in both the short and long term, where in the short time, the existence of a positive incidence was verified where for every 1% increase in the per capita consumption of renewable electricity, economic growth would be seen boosted by 5.32% while in the long term it is verified that for every 1% increase in the consumption of renewable electricity per capita, growth will contract by 0.85%; Based on these results, it is suggested to expand the study according to the sectors that make up the economy.

Keywords: ARDL PIBPC, FBKF, FL, KW/H, CPEER.



Reviewed by:

Ms.C. Ana Maldonado León

ENGLISH PROFESSOR

C.I.0601975980

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica constituye un elemento clave para el desarrollo de las actividades industriales, comerciales y domésticas; no obstante, el avance de la ciencia ha permitido descubrir distintas formas de generación, mostrando así un abanico de posibilidades donde unas resultan ser más eficientes que otras, pero que a la final han cumplido con el cometido inicial que es dotar de energía eléctrica para el consumo.

El estudio del consumo de energía eléctrica al ser de carácter renovable es de relevancia, ya que permite indagar la incidencia que posee sobre el crecimiento económico; a nivel general la tendencia del consumo de energía eléctrica en los países no miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) de Europa y Eurasia posee una tendencia al alza (International Energy Agency, 2019).

En el Ecuador existe fuentes de generación de energía renovable como, centrales hidroeléctricas, fotovoltaicas, eólicas y termoeléctricas y no renovables como las centrales térmicas (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020). El consumo de energía total durante el periodo 2011-2020 según la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (2020) posee una tendencia al alza, muestra de esto son los diferenciales de consumo entre el año 2011 y 2020 (p. 8).

La literatura existente en torno a la relación que tiene el consumo de energía eléctrica y el crecimiento comprueba causalidades de distinta tipología partiendo de hipótesis estandarizadas. Así, autores como Sari y Ewing (2008), Menegaki y Ozturk (2013), Kazar y Kazar (2014), Kaplan (2015), Jebli et al. (2015), Zhang (2017) afirman que existe retroalimentación o causalidad bidireccional entre crecimiento económico y el consumo de energía renovable. En contraposición a lo argumentado anteriormente Payne (2009) y Yildirim et al. (2012) mediante la prueba de causalidad Toda-Yamamoto, no encuentran una relación causal entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico. En este sentido, la investigación pretende determinar la incidencia del consumo per cápita de energía eléctrica renovable en el crecimiento económico (PIB per cápita) para el período 1990-2021.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La energía eléctrica constituye el eje central de todas las actividades que el ser humano desarrolla, ya que la misma tiene la capacidad de generar luz, movimiento, calor y a su vez transmitir datos (Reyes, 2020). En la actualidad existen diferentes formas de obtener energía eléctrica, ya sea mediante el uso de técnicas renovables o no renovables. Spiegeler y Cifuentes (2007) mencionan que la energía renovable es aquella “que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales” (p. 2).

A nivel mundial el consumo de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables y no renovables posee una tendencia al alza (Enerdata, 2021); esta es explicada por factores de carácter endógeno y exógeno propios de cada economía. En este sentido, Sineviciene et al. (2017), Adjei y Adusah-Poku (2019) mencionan que algunos de los factores que inciden en el aumento del consumo de energía eléctrica renovable son el crecimiento económico, cambios estructurales, aumento de la población, reformas institucionales, innovaciones tecnológicas, urbanización y crecimiento de las industrias, muestra de esto es el diferencial de consumo mundial existente entre los años 1990 y 2021.

En América Latina el comportamiento del consumo de energía eléctrica posee de igual forma una tendencia al alza (Sineviciene et al., 2017); donde esta es influenciada por los proyectos de generación de energía renovables construidos en las últimas dos décadas, mismos que permiten una mayor oferta y, por lo tanto, una reducción de las tarifas posibilitando un incremento del consumo (Alarcón, 2019).

En los últimos 20 años, el sector eléctrico ecuatoriano se ha caracterizado por ser uno de los principales impulsores de desarrollo, este a su vez, ha sufrido una serie de transiciones lentas en cuanto se refiere a infraestructura física e institucional (Anchundia et al., 2018); el país durante este periodo realizó esfuerzos con el objeto de lograr un cambio en la matriz energética y productiva, basado en la idea de alcanzar un desarrollo económico a través de la construcción de infraestructura energética.

En la actualidad según el Ministerio de Energía y Minas (2020) la generación de energía eléctrica se duplicó con respecto al año 2009, en este sentido el consumo de energía eléctrica es imprescindible para el desarrollo de las actividades en el sector transporte, industria y residencial entre otros. Además, la demanda se ha incrementado durante los últimos veinte años; según el Balance Energético Nacional (2020) el consumo per cápita entre los años 2000-2010 aumentó en un 9%, mientras que entre los años 2010-2020 este aumentó en un 33% (p. 19). Lo citado en el acápite anterior, permite afirmar que el comportamiento del consumo mantiene una tendencia al alza, esto se debe a varios factores entre los que se puede destacar, el porcentaje de variación de consumo de los sectores anteriormente mencionados, los cuales decrecen en un 1,5%, y 2,4% respectivamente, mientras que el consumo del sector residencial aumenta en un 5,3% (Balance Energético Nacional, 2021).

Asimismo, el consumo de energía hidroeléctrica posee una relación con el crecimiento económico dada la incidencia que tiene la industria debido a sus capacidades

para generar productos que al ser comercializados se convierten en recursos económicos; en este sentido, el Banco Central del Ecuador (2019) afirma que el sector de la generación, captación y distribución de energía eléctrica posee un alto grado de impacto en el encadenamiento productivos hacia atrás y adelante (p. 1). En otras palabras, el sector en análisis tiene la capacidad de incidir en el crecimiento económico donde la inversión conjuntamente con otros factores causa que las industrias en pro de aumentar la producción consuman más energía eléctrica como una respuesta a una mayor demanda de productos.

En este contexto, la presente investigación aborda la necesidad de conocer la incidencia del consumo per cápita de energía eléctrica renovable en el crecimiento económico del Ecuador, dado la inexistencia de evidencia empírica de trabajos que se hayan realizado bajo esta orientación. El realizar esta investigación es importante para el Ecuador debido a que el sector eléctrico juega un papel fundamental en el desarrollo de las actividades diarias de todos los sectores que conforman la economía; por otra parte, el estudio permitirá realizar un contraste con estudios realizados para economías que posean una estructura parecida a la nuestra, lo que posibilitará crear propuestas de política pública para fortalecer y mejorar la situación actual. Por tanto, la problemática que se quiere conocer es ¿Cuál es la incidencia del consumo per cápita de energía eléctrica renovable en el crecimiento económico del Ecuador?

3. OBJETIVOS

3.1 General

- Determinar la incidencia del consumo per cápita de energía eléctrica renovable en el crecimiento económico.

3.2 Específicos

- Describir los aspectos más importantes sobre las teorías económicas del consumo de energía eléctrica renovable y el crecimiento económico.
- Caracterizar la evolución del crecimiento económico y el consumo per cápita de energía eléctrica renovable.
- Identificar la relación entre el consumo per cápita de energía eléctrica renovable y el crecimiento económico.

3.3 Hipótesis de la Investigación

El consumo per cápita de energía eléctrica renovable incide significativamente en el crecimiento económico del Ecuador durante el periodo 1990-2021.

CAPÍTULO II

4 MARCO REFERENCIAL

4.1. Antecedentes

El consumo de energía eléctrica renovable y el crecimiento económico al ser el tema central cuenta hoy en día con un amplia literatura empírica, donde se puede contrastar los diferentes hallazgos, resultados, conclusiones, así como posturas que se llegan a tener cuando los estudios culminan; no obstante, es necesario mencionar en primer lugar que este tipo de investigaciones cuentan con cuatro hipótesis estandarizadas las cuales son: conservación, crecimiento, retroalimentación y neutralidad; por otra parte, se vuelve ineludible señalar las limitaciones de las investigaciones, debido a la no existencia de una exploración previa para el caso de Ecuador.

En este sentido los hallazgos obtenidos por Apergis y Payne (2010), Apergis y Payne (2012), Tugcu et al. (2012), Kahsai et al. (2012), Salim et al. (2014), Jebli y Youssef (2015), Shahbaz et al. (2015), Kahia et al. (2016), Ohlan (2016), Tugcu y Topcu (2018), Gorus y Aydin (2019) al relacionar el consumo de energía eléctrica, energía renovable con el crecimiento económico mediante la utilización de distintas metodologías y temporalidad obtienen como resultado común la existencia de retroalimentación o causalidad bidireccional entre las variables.

Así también, Chien y Hu (2007), Halkos y Tzeremes (2014), Inglesi-Lotz (2016), Koçak, y Şarkgüneşi (2017), Destek y Aslan (2017), Acheampong (2018), Gyamfi et al. (2020) comprueban la hipótesis de crecimiento, misma que indica la existencia de relación unidireccional entre las variables crecimiento y consumo de energía renovable y no renovable.

Por otra parte, Payne (2009), Menegaki (2011), Pao y Fu (2013), Alper y Oguz (2016), Shahbaz et al. (2017), Tuna y Tuna (2019), Adams, Klobodu, y Apio (2018), Wu, Hao y Re (2020) al relacionar las variables antes descritas comprueban la hipótesis de neutralidad, la cual menciona la inexistencia de causalidad entre las variables. Así mismo, Ouedraog (2013), Dergiades, Martinopoulos y Tsoulfidis (2013), Iyke (2015), Fang y Chang (2016), Chica-Olmo et al. (2020), Shahbaz et al. (2022) al relacionar las variables mediante la aplicación de pruebas de causalidad de distinta índole, comprueban la hipótesis de conservación, misma que indica la existencia de relación causal unidireccional que parte desde el crecimiento económico hacia el consumo de energía.

Mientras que, Apergis y Payne (2011) y Al-mulali et al. (2014) comprueban la existencia de retroalimentación y crecimiento entre las variables en estudios realizados a 16 países de mercados emergentes y 18 países de Latinoamérica respectivamente. Por el contrario, a estudios anteriormente citados, Sadorsky (2009), Ocal y Aslan (2013), Caraiani y Dascălu (2015), Rasoulinezha y Saboorim (2018) señalan la existencia de relación unidireccional entre crecimiento económico y consumo de energía renovable. Finalmente, Bowden y Payne (2010) y Destek y Aslan (2017) al relacionar el crecimiento económico con el consumo de energía renovable y no renovable comprueban la existencia de crecimiento, neutralidad y

retroalimentación mediante la utilización del método de causalidad Toda-Yamamoto y el panel de causalidad bootstrap.

Otros estudios como los realizados por Aneja et al. (2017) y Tiwari et al. (2020) comprueban la hipótesis de crecimiento, conservación y neutralidad respectivamente mediante el método de cointegración lineal y un modelo de corrección de errores; mientras que Wolde-Rufael (2014) mediante el empleo de la relación causal de Granger, se comprobó la hipótesis de crecimiento (Bielorrusia y Bulgaria), conservación (República Checa, Letonia, Lituania, Federación Rusa) bidireccional (Ucrania) neutralidad (Albania, Macedonia, Polonia entre otros); mientras que Narayan y Doytch (2017) comprueba la hipótesis de neutralidad en el marco causal entre crecimiento y consumo de energía renovables y la presencia de las hipótesis de retroalimentación, crecimiento y conservación al relacionar el crecimiento con el consumo de energías no renovables, mediante el marco de Engle y Granger.

Con base en la revisión literaria e investigaciones que se han mencionado en acápite de anteriores se destaca que en la mayoría de los casos existe una relación de causalidad direccional y bidireccional entre el consumo de energía renovable y crecimiento económico; por otra parte, es preciso señalar que las mencionadas investigaciones se las realiza en países industrializados, así como para grupos de países que conforman coaliciones económicas.

4.2 Fundamentación Teórica

4.2.1 Producto Interno Bruto

El producto interno bruto (PIB) “es el valor monetario de todos de los bienes y servicios finales producidos en un país en un determinado periodo” (Dornbusch et al., 2008, p. 23); en este sentido según Banco Central del Ecuador (2017) este indicador se encarga de cuantificar la riqueza creada en un periodo de tiempo (p. 161), donde su tasa de variación es el indicador que permite comprobar la presencia de evolución o no de una economía. En otras palabras, este indicador es el encargado de cuantificar el valor de bienes, servicios producidos y mediante el empleo de técnicas como la tasa de variación, misma que posibilita determinar la presencia o no de crecimiento para el año en mención mediante un contraste con los valores obtenidos en el año anterior.

Hoy en día los métodos para el cálculo de este indicador macroeconómico son 3 y se detallan a continuación:

- Método de la Producción: su cálculo utiliza una suma del valor agregado en cada etapa de la producción y su fórmula es:

$$PIB = Produccion(Pb) - Consumo Intermedio(Ci) + Otros Elementos del PIB(OEPIB) \quad (1)$$

- Método del Gasto: su cálculo utiliza la cuantía de las adquisiciones realizadas por los usuarios finales y su fórmula de cálculo es:

$$PIB = Consumo final de los Hogares + Consumo Final del Gobierno + Formación Bruta de Capital Fijo + Variación de Existencias + Exportaciones - Importaciones \quad (2)$$

- Método del Ingreso: su cálculo utiliza la suma de los ingresos primarios distribuidos por las unidades de producción residentes más otros elementos del PIB y su fórmula de cálculo es:

$$\begin{aligned}
 \text{PIB} = & \text{Remuneraciones de los asalariados} \\
 & + \text{Impuestos netos sobre la producción e importaciones} + \text{Ingreso mixto bruto} \\
 & + \text{Excedente de explotación bruta} + \text{Otros elementos del PIB (OEPIB)}
 \end{aligned} \quad (3)$$

Por otra parte, Dornbusch et al. (2008) mencionan que el PIB se puede expresar de dos formas:

- **PIB real:** encargado de cuantificar los cambios en la producción física de una economía entre periodos distintos, utilizando valoraciones de todos los bienes producidos en los dos periodos a los mismos precios.
- **PIB nominal:** se encarga de medir el valor de producción en un periodo determinado a precios corrientes.

4.2.2 Producto Interno Bruto per Cápita

El PIB per cápita es el cociente entre el PIB y la población, el mismo en la actualidad permite calcular el crecimiento de los países (Padilla, 2015), mediante el uso de las cuentas nacionales.

Este se caracteriza por medir la riqueza creada en un periodo; y su tasa de variación es considerada como el principal indicador de la evolución de la economía de un país. Corresponde a la suma del valor agregado bruto de todas las unidades de producción residentes, durante un período determinado, más los otros elementos del PIB conformados por: impuestos indirectos sobre productos, subsidios sobre productos, derechos arancelarios, impuestos netos sobre importaciones, e impuesto al valor agregado (IVA).

4.2.2 Crecimiento Económico

El crecimiento económico ha sido definido de diversas formas por economistas a lo largo de la historia, no obstante, al mismo se lo conoce como la variación con tendencia al alza que experimenta el PIB potencial de una zona geográfica, teniendo en cuenta una disponibilidad de factores de producción y una capacidad determinada de generación de tecnología (Cuadrado et al., 2010). En este sentido, Case et al. (2012) afirman que este se caracteriza por presentar una ampliación de la producción total que se genera dentro de una economía, mismo que se produce bajo condicionamientos dados (p. 36).

Samuelson y Nordhaus (2001) señalan que vendría a representar la expansión de la producción nacional, es decir el crecimiento económico solamente existirá en el caso que la frontera de posibilidades de la producción de una nación se mueva hacia fuera (p. 512). Dicho esto, si bien es cierto que este surge cuando el PIB potencial experimenta fluctuaciones, es menester destacar que las mismas se dan cuando los agentes que participan en la misma desarrollan ciertas habilidades que facilita la producción de más recursos con la misma cantidad de materias primas. Por otra parte, es necesario mencionar que al crecimiento económico también se lo conoce como aquel que tiene la posibilidad de impulsar

el progreso, permitiendo de esta manera mejorar la calidad de vida mediante la creación de empleos decentes (ONU, 2019).

Bajo las premisas anteriormente citadas, el crecimiento económico es de suma importancia para el logro de objetivos planteados dentro de una nación, ya que este ayuda a combatir de manera directa e indirecta las desigualdades existentes dentro de una sociedad y que en consecuencia no permiten que la calidad de vida de los ciudadanos mejore.

4.2.3 Determinantes del Crecimiento Económico

Los determinantes del crecimiento económico son aquellos factores que tienen la capacidad de influir sobre el desarrollo de esta variable; según Chirinos (2007) algunos de estos se describen en la Tabla 1.

Tabla 1

Determinantes del crecimiento económico

Categorías	Determinantes
Capital físico e infraestructura	Ratio de inversión, mediciones de infraestructura
Capital humano y educación	Tasa de matrícula por niveles de escolaridad: <ul style="list-style-type: none"> - Primaria - Secundaria - Superior - Grado de Desigualdad
Políticas estructurales	<ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de Gini - Consumo Público - Grado de apertura comercial
Políticas de estabilización	<ul style="list-style-type: none"> - Inflación - Ciclos - Volatilidad macroeconómica
Condiciones financieras	<ul style="list-style-type: none"> - Ratios de profundización financiera. - Mercado de seguros

Nota. La tabla muestra los determinantes del crecimiento económico, en base a Chirinos (2007)

A continuación, se describe algunos aspectos a tener en cuenta dentro de las afirmaciones realizadas por Chirinos (2007) en la Tabla 1.

a. Capital Físico e Infraestructura

Desde la perspectiva neoclásica de crecimiento explica claramente que el capital físico y la infraestructura no son fuentes de un crecimiento, sino más bien estas son consideradas como una explicación de cómo se efectúa una transición hacia el estado estacionario (Chirinos, 2007); sin embargo investigaciones como las realizadas por Levine y Renelt (1992) mencionan que la inversión conjuntamente con el nivel del ingresos mediante un análisis, se demostró que esta última era la variable más robusta al momento de

explicar la influencia sobre el crecimiento en un estudio realizado para 119 países durante el periodo 1960-1985.

b. Capital Humano y Educación

Si bien es cierto que en la actualidad existen un sinnúmero de determinantes del crecimiento económico, es menester tener en cuenta que la literatura del tema menciona el rol que juega tanto la educación como, el capital humano; en este sentido Lucas (1988) señala que los procedimientos para la adquisición de capital humano se llevan a cabo mediante la utilización de dos fuentes, misma que son: la educación formal y aprendizaje por la práctica, en este sentido la existencia de tasas de crecimiento diferentes dependerá de la tasa en las que los países acumulan el capital a lo largo del tiempo (p. 3-42).

Por otra parte, la existencia de disparidades entre las tasas de crecimiento es causada por el stock de capital acumulado, teniendo en consideración la presencia de efectos de escala (Nelson y Phelps, 1966). En este sentido, estudios como los realizados por Nelson y Phelps (1966), Blundell et al. (1999), Funke y Strulik (2000) entre otros, encuentran que existe un correlación robusta entre el capital humano y el crecimiento económico, mientras que estudios realizados por Barro (2013) alega que la educación se relaciona positivamente con el crecimiento económico, teniendo en consideración el nivel de años promedio de logro escolar de los hombres en la escuela secundaria y niveles superiores; así mismo, McClelland (1996) sostiene que la educación pos primaria es el principal insumo para el crecimiento económico en promedio (p. 262).

c. Políticas Estructurales

Las políticas estructurales tienen por objeto modificar la estructura económica y decisiones que hogares como empresas toman (Fernández et al., 2006); en este sentido, Abdel-Kader (2013) mencionan que las políticas estructurales se centran en aspectos como:

1. Controles de precios.
2. Gestión de finanzas Publicas
3. Empresas del sector público
4. Sector financiero.
5. Redes de protección social.
6. Instituciones públicas.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente citados, los resultados de las investigaciones empíricas como la realizada por Bardi et al. (2016) muestran la existencia de una relación positiva y significativa entre la política estructural y el crecimiento económico (p. 1); por otra parte, Loayza y Soto (2002) desde una perspectiva más amplia menciona que la apertura comercial se encuentra dentro de los aspectos que abarcan las políticas estructurales, en el cual se recalca la existencia de 5 canales donde el comercio exterior tiende a incidir en el crecimiento económico y estos son:

1. Mayor grado de especialización.
2. Aprovechamiento del uso de economías de escala

3. Menores prácticas anticompetitivas.
4. Discusión de actividades de búsqueda de rentas.
5. Mejores prácticas empresariales.

d. Políticas de Estabilización

Las políticas de estabilización según Filipenko (2016) son aquellas que tienen como objeto el minimizar la fase de un ciclo económico determinado, limitando las desviaciones a corto plazo en un sistema de equilibrio al largo plazo (p. 108). En este sentido, las políticas de estabilización utilizan herramientas de la política monetaria, cambiaria, fiscal y tributaria dependiendo de la situación de la economía; entre las medidas se destaca las impulsadas para el control de precios (inflación). Al hablar de controles de precios la literatura empírica, demuestra la existencia de una relación de categoría menor (inflación- crecimiento económico), claros ejemplos son los trabajos realizados por Barro (1997) y Sala-i-Martin et al. (2004).

e. Condiciones Financieras

Las condiciones financieras según Hatzius et al. (2010) se las define como la fase que las variables financieras se encuentran, donde estas a su vez tienen la capacidad de influir en la actividad económica y en consecuencia, en las perspectivas de la economía (p. 4); por otra parte, desde una configuración más tradicional se las conoce como la habilidad que poseen los gestores para suministrar servicios a los ciudadanos que facultan dar una atención a las obligaciones (Governmental Accounting Standards Board, 1987).

En otras palabras, las condiciones financieras son aquellas que en un estado determinado posibilitan y facultan el mejoramiento continuo de una actividad económica y por ende en un conjunto afectan al estado de la economía; además, la razón por las cuales estas propician y fomentan el crecimiento económico es que poseen la capacidad de asignar el capital de una manera eficiente (Becsi y Wang, 1997). Los canales que han sido plenamente en donde el mercado financiero realiza sus actividades son:

1. Movilización de ahorro de sectores excedentarios hacia proyectos de inversión rentables.
2. Facilitación el intercambio de bienes y servicios.
3. Disminuye los costos de información y transacción entre los agentes del mercado.

Finalmente, la literatura empírica encuentra que bajo ciertos condicionamientos medidas de desarrollo financiero el desarrollo económico de un país es favorable (Levine, 1997); por otra parte, se recalca la importancia de los derechos de propiedad como un instrumento que permite una operación correcta de los mercados financieros (Claessens y Laeven, 2003) y a su vez mejora la accesibilidad a las empresas en los mercados de capital.

Desde otras perspectivas se considera como determinantes del crecimiento económico a la tasa de ahorro, el crecimiento poblacional, el mantenimiento de la ley y la democracia, el tamaño del gobierno, la apertura hacia el exterior, cambios en los términos de intercambio, la tasa de inflación, la corrupción entre otras (Rivera, 2017). Por otra parte, Bongers y Torres (2020) señalan que los determinantes son el desarrollo tecnológico llevado

por un incremento considerable de las tasas de producción y a su vez el crecimiento poblacional (p. 5). Asimismo, existen posturas diferentes que señalan como determinantes a los recursos humanos, los recursos naturales, la formación de capital y la tecnología (Samuelson y Nordhaus, 2001).

4.2.4 Teorías de Crecimiento Económico

Las teorías de crecimiento económico tienen como objetivo estudiar los determinantes del crecimiento económico en el largo plazo, así como las medidas que deben ser impuestas para estimular una variación positiva del mismo (Benito, 2008). Estas tienen su origen en los mercantilistas y fisiócratas, los primeros consideraban como un método para generar el crecimiento económico, la acumulación de riqueza (McDermott, 1999). Cada una de estas poseen características que identifican su actuar, tal es el caso de los representantes del mercantilismo, mismos que poseían cierta preferencia por la acumulación de monedas y metales preciosos, mientras que sus sucesores tenían la concepción que el poder económico se la daba a conocer mediante la cuantificación de los bienes que han sido fabricados. Por otra parte, Sharipov (2015) señala que los fisiócratas sostenían que la riqueza de una nación se basa en el valor del desarrollo de la tierra y por consiguiente el valor de estos debe ser alto (p. 761).

Si bien es cierto que el amplia gama de teorías que en la actualidad hoy existe parte de las formulaciones realizadas por fisiócratas y mercantilistas, es necesario mencionar que estas sirvieron como punto de partida hacia la formulación y desarrollo de nuevas teorías que permitan explicar la razón de fenómenos que acontecen en la economía, tal es el caso de las teorías utilizadas para explicar la presente investigación en donde se destacan formulaciones teóricas desde la perspectiva del progreso tecnológico, Econodinámica, relación de Garret y Economía de la energía, permitiendo así tener un sustento de carácter teórico robusto que justifique y respalde la relación que está siendo objeto de estudio.

4.2.5.1 Teoría Clásica de Crecimiento

Los economistas clásicos Adam Smith, David Ricardo, Thomas Malthus, son los principales representantes clásicos a finales del siglo XVIII y principios del XI. Adam Smith, se fundamenta en la dinámica de la productividad y el progreso técnico, donde este último está caracterizado como un fenómeno endógeno a los procesos de acumulación del capital, la división social del trabajo; por otra parte, el crecimiento económico aparece como un proceso de causalidad acumulativa y posee a su vez forma circular (Ricoy, 2005). Si bien es cierto que el progreso tecnológico y la división del trabajo constituyen factores importantes, es necesario recalcar que la competencia juega un papel fundamental dentro del equilibrio del sistema (Reid, 1989).

Por otra parte, Thomas Malthus sostenía que el crecimiento económico se podía ver afectado por el agotamiento de la tierra, provocando que los recursos se vuelvan limitados; dicha problemática se origina bajo el supuesto que la población crezca exponencialmente y por lo tanto los medios de subsistencia; la solución a esta problemática consistía en parar en crecimiento de la población mediante el llamado a prudencia, dirigido a estratos específicos de la población (Lavrov y Kapoguzov, 2006). Así mismo Ricardo señala que la introducción

de nuevas tecnologías tienen la capacidad de disminuir la demanda laboral, lo cual faculta que exista un desempeño positivo- negativo del capital (Rostow y Kennedy, 1990).

4.2.5.2 Teoría Neoclásica del Crecimiento

La teoría Neoclásica de crecimiento es propuesta por Robert Solow, el cual surge primeramente como una crítica al modelo keynesiano; esta teoría proponía que la acumulación del capital resulta trascendental dentro de la producción per cápita a largo plazo; del mismo modo se señala que los principales motores del crecimiento económico eran la calificación de la mano de obra, la tecnología y las innovaciones (Solow, 1957).

Además, cabe destacar que existen claras diferencias entre lo formulado por clásicos y neoclásicos, muestra de esto es lo formulado por Parkin et al. (2007) los cuales afirman que la teoría neoclásica brinda un condicionamiento al crecimiento el cual es el progreso tecnológico, mismo que permitirá que la prosperidad siga existiendo; esto por una parte y por otra que los problemas que existieron en torno al nivel poblacional en este punto, es independiente de la tasa de crecimiento, esto se debe a factores como el costo de oportunidad de jefes de hogar y la reducción de la tasa de mortalidad bajo en contexto de los años 50. Un escenario diferente se presenta en la teoría clásica donde el crecimiento económico no tiene la posibilidad de volverse duradero debido a la explosión demográfica (p. 232-235).

4.2.5.3 Teoría Keynesiana y post-Keynesianas de Crecimiento.

La teoría Keynesiana basa sus afirmaciones en los postulados generados durante la Gran Depresión, considerando periodos de corto plazo y la situación de una economía; en donde aparecen escenarios como el crecimiento acelerado del desempleo y por lo tanto una reducción considerable de los ingresos, trayendo como consecuencia una caída del consumo, ahorros e inversiones. Jhon M. Keynes argumenta que para dar solución a este escenario es primordial estimular a la economía mediante la aplicación de política monetaria y fiscal expansiva (Sharipov, 2015). Por otra parte, Mayoral (2019) afirma que Domar analizó la relación entre la acumulación del capital manejando algunos supuestos como:

1. La inversión y el ahorro son considerados como netos y están relacionados con el ingreso del mismo periodo.
2. El nivel general de costos es invariable.
3. No hay distinción entre corto y largo plazo.

Por otra parte, Harrod se inclina a un crecimiento económico que es inestable; las proposiciones realizadas parten de los supuestos en donde se afirma que:

1. La economía es cerrada y por lo tanto presenta una función de producción de Leontief.
2. Los factores que tienen la capacidad de servir como determinantes del crecimiento son el ahorro y la inversión, sabiendo que el principal determinante del ahorro es el ingreso.
3. La tasa de inversión es independiente de las de ahorro.
4. La ratio capital dependía del estado de la tecnología, así como de la tasa de interés.

Sharipov (2015) basado en lo señalado por Domar y Harrod, afirma que el crecimiento económico está determinado por la propensión marginal a ahorrar, sabiendo que el equilibrio dinámico que existe en el mercado es inestable, ante lo cual para poder mantener la tendencia que exista un pleno empleo será necesario que el estado tome decisiones (p. 8).

4.2.5.3 Teoría de Crecimiento Endógeno

La teoría de crecimiento endógeno está representada por los trabajos de autores como Paul Romer (1986; 1987; 1990), Robert Lucas (1988), Roberto Barro (1990), Sergio Rebelo (1991) los mencionados trabajos nacen como una variante a los modelos neoclásicos debido a la necesidad de explicar cómo el crecimiento económico a largo plazo, sin tener que recaer en los denominados factores exógenos (Jiménez, 2011).

En este punto hay que tener en cuenta que estos modelos reconocen al conocimiento tecnológico como un bien público no puro; sin olvidar que esto posibilitó la construcción de modelos con progreso técnico endógeno y un crecimiento económico sostenido del PIB per cápita (Hounie y Pittaluga, 1999). Por otra parte, es necesario que no solamente el progreso técnico será un rasgo diferenciador de esta teoría; De Mattos (1999) afirma que el rasgo distintivo de esta teoría es que su estructura gira alrededor de una función de producción, en donde factores como la tasa de crecimiento están condicionados al stock de capital físico, humano y progreso técnico (p. 191).

4.2.6 Teorías que Relacionan el Consumo de Energía Renovable y el Crecimiento Económico

4.2.6.1 Economía de la Energía

La economía de la energía es la encargada de estudiar las actividades humanas que emplean los recursos de carácter energético y su proceso de conversión en servicios energéticos (Díaz, 2012), también según Sweeney (2011) se conoce como aquella que analiza el suministro y utilización de los productos de carácter energético, así como los factores que imposibilitan alcanzar una eficiencia económica (p. 4513).

En este sentido, la economía de la energía reconoce las capacidades de conversión que la energía posee, puesto que la misma no se crea ni se destruye solo atraviesa procesos de transformación, del mismo modo esta desciende del entorno físico y normalmente regresa a su sitio de origen, En este sentido, si bien la economía de la energía estudia el empleo y conversión de energía la misma no explica la relación entre esta y el crecimiento económico.

4.2.6.2 La Econodinámica

Tradicionalmente las teorías económicas utilizan para la definición de los procesos que atraviesa la economía la ley de producción del valor, sin embargo, estas se encuentran limitadas por factores de producción que dependiendo del modelo de crecimiento no justifican completamente como se crea la riqueza. En este sentido, la Econodinámica se caracteriza por estudiar los distintos procesos que atraviesa el valor; según Pokrovskii (2018) el valor es un atributo que un bien o servicio posee (p. 6); por otra parte, el autor anteriormente mencionado afirma que el valor está dotado principalmente de factores como el trabajo y la energía.

Tal afirmación se apoya en la ley de la eficiencia de la termodinámica formulada por Carnot et al. (1899) la cual señala que para realizar la transformación o generar un movimiento en la materia es necesario la utilización de al menos una mínima cantidad de energía; esta afirmación es explicada por Pokrovskii (2018) en el marco de la definición del valor dentro de la economía, misma que para brindar una explicación clara utiliza la ley de sustitución y la teoría de trabajo de Smith- Marx; en este sentido el autor, señala que el trabajo realizado por la fuerza laboral existente dentro de la economía puede ser suplantado por el trabajo de máquinas que son impulsadas por energía, convirtiéndose este desde la perspectiva de la ciencia en un trabajo sustitutivo que tiene las características adecuadas para ser considerado como un factor de la producción y a su vez incorporarse en modelos de crecimiento económico.

4.2.6.3 La Relación de Garret

La relación de Garret postula la existencia de una relación que se mantiene constante entre el Producto Interno Bruto (ajustado por la inflación) y la tasa de consumo de energía (cifras globales); esta relación parte de los hallazgos realizados por Garret (2011); esta relación explica que los elementos de capital de carácter individual carecen de valor cuando estos no cuentan con un consumo de energía primaria, misma que posibilita mediante su empleo que el elemento de capital individual sea útil para los agentes que conforman la economía .

Los hallazgos del autor poseen un respaldo de carácter termodinámico, que se basan por una parte en la ley de la eficiencia de la termodinámica, bajo esta línea a más de emplear energía en el proceso de transformación es menester tener en cuenta que el hombre habita en un sistema termodinámico de carácter abierto, y por lo tanto, emplea energía primaria así como materias primas para su subsistencia, de modo que la producción que genera depende de la capacidad de utilización de la energía (Garret, 2014).

4.2.6.4 Relación de la Energía y el Crecimiento desde los Postulados del Progreso Tecnológico

La literatura económica en la actualidad no posee una teoría específica que relacione el uso de energía eléctrica renovable con el crecimiento económico; no obstante, la utilización de nuevas tecnologías permite de manera proba comprobar la incidencia de estas. En este sentido, Adam Smith afirma que el progreso tecnológico es igual a un proceso de división del trabajo que posee refinación dentro de las industrias, y el mismo es estimulado por el crecimiento del mercado provocando de esta manera que el mismo induzca el mismo efecto en el último; además, el progreso técnico es caracterizado como un factor endógeno al proceso de crecimiento, el cual pende del aprendizaje adquirido por medio del empleo de estas tecnologías, así como de la innovación, investigación y desarrollo (Ricoy, 2005).

Por otra parte, el modelo de crecimiento neoclásico indica que la inexistencia de cambios tecnológicos en un estado de equilibrio en el largo plazo, no permite que haya crecimiento en la misma temporalidad en la producción per cápita (Solow, 1956). Teniendo en cuenta que el mismo parte de los rendimientos decrecientes de la producción. Bajo la misma línea el modelo de Romer señala que la acumulación de capital tiene la capacidad de

influir indirectamente en el aumento del conocimiento de una empresa, dado al aprendizaje por medio del trabajo; este efecto es conocido como derrame, donde el traspaso de conocimientos por medio de externalidades tecnológicas positivas, mismo que se brinda dada la caracterización del conocimiento al ser un bien público (Romer, 1986).

Del mismo modo, Romer (1990) dentro del aporte que realiza a los modelos que se enfocan en las actividades de investigación y desarrollo aplicado menciona que el crecimiento económico este inducido por el cambio tecnológico, mismo que se produce debido a las decisiones de inversión que persiguen maximizar los beneficios (p. 71-72). Asimismo, Grossman y Helpman (1994) señalan que las inversiones en I+D juegan un papel fundamental dentro del crecimiento económico, donde la mismas se consideran como actividades productivas que poseen la capacidad de convertir insumos primarios en productos.

Aghion y Howitt (1992) en el modelo de crecimiento económico a través de la destrucción creativa menciona que las tasas de crecimiento dependen de la investigación (innovaciones individuales) que exista en toda la economía, teniendo en cuenta que la misma ocurre en dos periodos sucesivos, donde en el primero depende negativamente de la cantidad deseable en el próximo periodo (p. 3). Siguiendo con la idea del autor los mencionados periodos son el efecto de la destrucción creativa y el segundo el de un efecto en un equilibrio general que actúa a través del salario de la mano de obra calificada.

Además, se reconoce al progreso técnico como aquel que fomenta el crecimiento económico, bajo los supuestos de que el empleo posee un número de trabajadores para operar, así como que la inversión es inducida por el crecimiento de la producción; en este sentido los dueños de factorías afrontan el riesgo y la incertidumbre con el objeto de poder demostrar que el modelo keynesiano de crecimiento inducido posee la mencionada capacidad, este a su vez, no solo determina la tasa de caducidad, sino también factores como la participación de los beneficios y la inversión en los ingresos donde se verifica que estos están determinados por las decisiones de inversión de los administradores (Kaldor y Mirrlees, 1962). En este sentido hay que tener en cuenta que al progreso técnico se lo considera como un multiplicador que posee la capacidad de incorporarse exógenamente al sistema.

Una de las leyes que permite explicar la relación es la tercera ley de Kaldor; “esta afirma que la productividad en los sectores no manufactureros aumenta cuando la tasa de crecimiento del producto manufacturero se incrementa”(Moreno, 2008, p.141); es decir, que bajo el escenario que el crecimiento del producto manufacturero crezca con rapidez más rápida es la tasa de transferencia de trabajo a la industria, permitiendo avizorar la existencia de una relación positiva entre el crecimiento de la productividad y el empleo industrial. Además, Kaldor los factores que enseñan cual es el procedimiento que propicia el crecimiento económico son el descubrimiento de nuevos métodos de producción, progreso tecnológico y la especialización (Lutz, 1961).

Por otra parte, es necesario mencionar que tanto los modelos de crecimiento endógeno y exógeno mencionan la vital importancia que tiene el progreso técnico dentro del

crecimiento económico, con la diferencia que entre estos el uno lo considera como una variable exógena y el otro como una variable endógena; teniendo en cuenta siempre que en el modelo de crecimiento endógeno permite la intervención del estado. El comportamiento endógeno que presenta el progreso técnico está motivado por aquellos efectos que genera sobre sí misma la producción de conocimiento mediante el aprendizaje (Cardona et al., 2004).

4.2.7 El Sector Eléctrico Ecuatoriano

4.2.7.1 Reseña Histórica

Según el Ministerio de Energía y Minas (2020) la industria eléctrica del país registra sus primeros movimientos en la década de los años 90 del siglo XIX, donde se forma en la ciudad de Loja la empresa Luz y Fuerza en el año de 1897; con el paso de los años las principales ciudades del país como son Quito, Cuenca, entre otras comenzaron a poseer el servicio, mismo que era en la mayoría de las ocasiones manejadas por concesiones extranjeras. Para el año 1940 cada una de las municipalidades fueron las responsables de la dotación de energía eléctrica, contando hasta el año de 1961 con una potencia de suministro de 120 megavatios (MW); sin embargo, tal medida resultó ser ineficiente puesto que no permitía suministrar al total de la población de energía debido a la existencia de infraestructura asilada y en muchos de los casos obsoletas.

Ante el panorama, se decreta con carácter de Ley de Emergencia N° 24, el 23 de mayo de 1961, la creación del Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), mismo que tenía la responsabilidad de integrar el sistema eléctrico, así como construir un Plan Nacional de Electrificación que estuviera en consonancia a las necesidades y al Plan de Desarrollo Económico y Social vigente en la época. El INECEL durante su vida jurídica hasta el año de 1999 se encargó de actividades como:

1. Desarrollo de proyectos hidroeléctricos, equipamiento de áreas de generación, transmisión y distribución.
2. Llevar a cabo la integración eléctrica nacional, mediante la construcción del Sistema Nacional Interconectado.

Cabe destacar que durante la vida jurídica del INECEL, el país tuvo por primera vez un marco formal, mismo que se lo conocía como Ley Básica de Electrificación; no obstante, la misma fue sustituida por la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), y a su vez ante las facultades que poseía crea el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), este último tenía el deber regular, normar y controlar. CONELEC entra en operaciones el 1 de febrero de 1999 siguiendo los objetivos de la LRSE y entre ellos se encuentran:

1. Proveer a la nación un servicio eléctrico que tenga la capacidad de garantizar el desarrollo económico y social.
2. Asegurar los derechos del consumidor y garantizar la aplicación de tarifas preferenciales a sectores que así lo requieran.
3. Desarrollo de la electrificación del área rural.

El marco jurídico del sector eléctrico se mantuvo sin modificación significativa hasta el año 2008, en el cual entra en vigencia la nueva carta magna del país, misma que contenía

nueva normativa en torno al sector eléctrico, considerándolo ahora como un sector estratégico, los artículos 313, 314 y 315 dictaminaron algunos cambios entre los que se destaca la constitución de empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos. Por otra parte, entre los cambios significativos es la consolidación de una tarifa única dependiendo del tipo de consumo, la reorientación de los recursos del Fondo de Solidaridad hacia la capitalización de las empresas eléctricas, mediante la construcción y ejecución de planes de inversión; siguiendo la normativa se fusionan 10 empresas de distribución el 15 de diciembre del 2008 para formar la Corporación Nacional de Electricidad S.A (CNEL S.A), mientras que para el año 2009 se crea la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC S.A) fruto de la fusión de 5 empresas de generación y una de transmisión.

En años posteriores y en pro de constituir una estructura sólida del sector eléctrico del país se crea la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP), donde la misma comienza a subrogar funciones, derechos y obligaciones de la CELEC S.A, del mismo modo se crea la Empresa Pública Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), misma que pasa a cumplir las obligaciones de CNEL S.A. Finalmente, en el año 2015 mediante Registro oficial N° 418 se publica la ley orgánica del servicio público de energía eléctrica (LOSPEE), misma que posee los siguientes objetivos:

1. Rescate del suministro de energía eléctrica.
2. Creación de espacios de licitación pública y privada.
3. Consolidar el sector por medio de empresas de carácter público.

Finalmente, la estructura institucional del sector eléctrico está conformada actualmente por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR), la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad (ARCONEL) y el Operador Nacional de Electricidad (CENACE).

4.2.7.2 Infraestructura de Generación Eléctrica Disponible

El Ecuador hoy en día cuenta con un parque generador de energía eléctrica considerable, la potencia total efectiva es de 8.183 megavatios (MW), a continuación, la Tabla 2 detalla la información antes mencionada.

Tabla 2

Infraestructura de generación de energía eléctrica de acuerdo a su sistema

Sistema	Número de centrales	Potencia efectiva (MW)
Sistema nacional interconectado	133	7.177
Sistemas no incorporados	184	1.006
Total	317	8.183

Nota. La tabla muestra la infraestructura de generación de energía eléctrica existente en el Ecuador de acuerdo a su sistema, en base a Ministerio de Energía y Minas (2020)

Si bien es cierto que es importante conocer el número de centros de generación eléctrica desde una perspectiva general, también es menester estar al tanto en cuanto a la

cuantificación de centrales de generación eléctrica de carácter renovable y no renovable, a continuación, la Tabla 3 y 4 presenta esta información.

Al hablar de centrales de generación eléctrica con fuentes renovables, el país cuenta con centrales emblemáticas como: Coca Codo Sinclair (Hidráulico), Villonaco (Eólica), Sopladora (Hidráulica), Paute-Molino (Hidráulica) entre otras (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Tabla 3

Centrales de generación con fuentes renovables

Tipo	Con embalse		Sin embalse		Sub total	
	Número de centrales	Potencia eléctrica (MW)	Número de centrales	Potencia eléctrica (MW)	Número de centrales	Potencia efectiva (MW)
Hidráulica	5	1.598	66	3.443	71	5.041
Biomasa	N/A	N/A	N/A	N/A	3	136,4
Eólica	N/A	N/A	N/A	N/A	3	21,15
Solar	N/A	N/A	N/A	N/A	34	26,74
Biogás	N/A	N/A	N/A	N/A	2	6,50
		Subtotal			113	5.232

Nota. La tabla muestra la infraestructura de generación de energía eléctrica de carácter renovable, en base a Ministerio de Energía y Minas (2020)

De la misma forma en el país, las centrales de generación eléctrica de carácter no renovable son numerosas entre las que se destaca: Jaramijo (motor de combustión interna, MCI), Termoguayas (MCI), Termo gas Machala I Y II (turbinas de gas), Anibal Santos (turbinas de gas), Gonzalo Zevallos (turbo vapor) entre otras (Ministerio de Energía y Minas, 2020).

Tabla 4

Centrales de generación con fuentes no renovables

Tipo	Número de centrales	Potencia efectiva (MW)
Motores de combustión interna (MCI)	186	1.753
Turbo gas	11	744
Turbo vapor	7	454
Subtotal	204	2.951

Nota. La tabla muestra la infraestructura de generación de energía eléctrica de carácter no renovable, en base a Ministerio de Energía y Minas (2020)

4.2.8 Energía Eléctrica y Electricidad

La energía eléctrica es “un tipo de energía que consiste en el movimiento de los electrones entre dos puntos cuando existe una diferencia de potencial entre ellos, lo cual permite generar la llamada corriente eléctrica” (REPSOL, 2022, p.1); por otra parte la electricidad es un fenómeno que se origina en las cargas eléctricas y se manifiesta en fenómenos térmicos, mecánicos, luminosos y químicos (Arboledas, 2014); en otras palabras, la electricidad tiene la capacidad de producir fenómenos de distinta índole, mientras que la energía eléctrica surge debido al movimientos de los elementos que integran la misma.

4.2.8.1 Unidades de Medida de Consumo la Energía Eléctrica

En la actualidad la unidad de medida de consumo de energía según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2006) y Rodríguez (2016) es el Joule, sin embargo, la unidad más común es el kilovatio-hora (kW/h).

4.2.9 Consumo de Energía

El consumo de energía es la utilización total de energía que se emplea para realizar una acción determinada, esta incluye el gasto de energía eléctrica, gas licuado de petróleo entre otros (Total Energies, 2021), del mismo modo, al consumo se lo conoce también como el gasto de energía que se emplea para cumplir con un proceso (Soría Energía, 2019).

4.2.9.1 Sectores de la economía que consumen energía

Los sectores que consumen energía hoy en día son muchos, no obstante, según el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (2019) los sectores que consumen energía son:

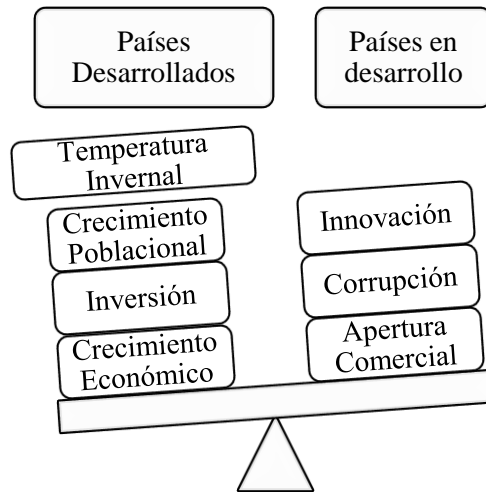
1. Sector transporte.
2. Sector industrial.
3. Sector residencial.
4. Sector comercial.
5. Sector agrícola y acuícola

4.2.9.2 Determinantes del Consumo de Energía Eléctrica

La demanda de energía sin importar su tipología proviene de los deseos de emplear un tipo de energía para obtener un servicio determinado (Sweeney, 2011); en otras palabras, la demanda dependerá de los servicios que los agentes deseen obtener, traducándose esto en consumo. A nivel mundial y dado la evidencia empírica, así como el contexto de cada región/país los determinantes del consumo de energía eléctrica varían; a continuación, la Figura 1 señala estas.

Figura 1

Determinantes del consumo de energía



Nota. Determinantes del consumo de energía. Adaptado de “The determinants of energy and electricity consumption in developed and developing countries: International evidence” (p. 2558), por Dokas et al., 2022, *Energies*, 15(7), 2558.

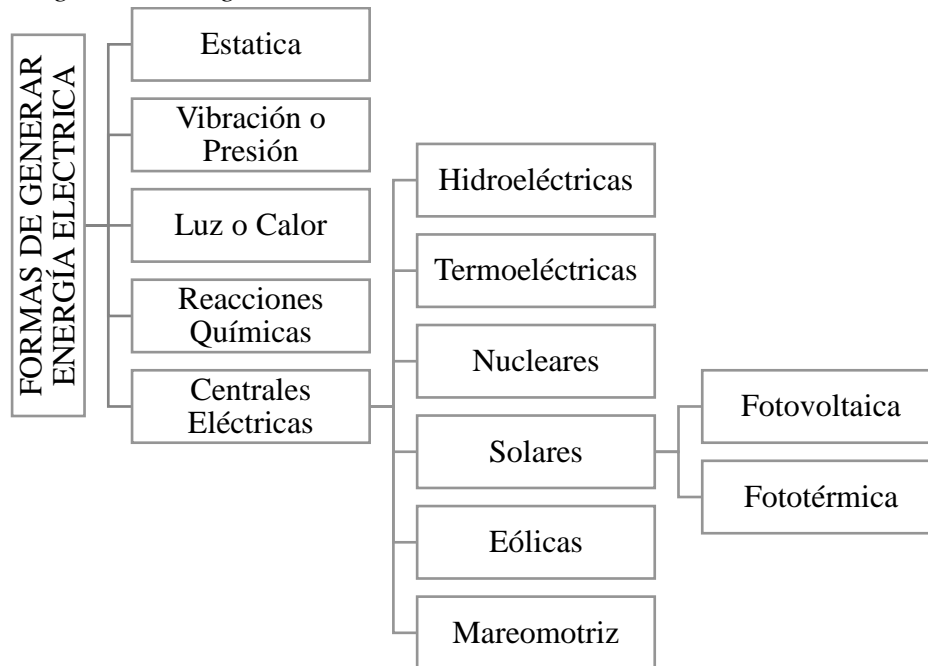
A más de los determinantes mostrados en la figura 1 el consumo de energía también se encuentra determinado por los cambios estructurales, innovaciones tecnológicas, reformas institucionales, trabajo, capital (Sineviciene et al., 2017), temperatura del aire, desarrollo industrial y eficiencia (Samuel et al., 2013). Así pues, desde una arista más profunda el consumo de energía puede estar condicionada dependiendo del sector en donde la misma se emplea; tal es el caso del sector residencial donde Ramos (2013) afirma que algunos de los determinantes son los cambios poblacionales, número de edificios, viviendas y su tamaño (p. 2); mientras que Kavousian et al. (2013) señalan que son el clima, la superficie construida, la ubicación (p. 184). Cabe destacar que los determinantes, encontrados por diferentes autores se encuentran condicionados a condiciones de cada país/región; no obstante, el determinante común encontrado por diversos autores es el crecimiento poblacional.

4.2.10 Formas de Generar Energía Eléctrica

En la actualidad existen distintas formas de generar energía eléctrica, algunos dados sus características son empleados para la generación masiva y otros no, en este sentido la Figura 2 muestra algunas de las formas existentes.

Figura 2

Formas de generar energía eléctrica



Nota. Formas de generar energía eléctrica. Adaptado de *Electricidad Básica* (p. 26-31), por Arboledas 2014, RA-MA, S.A

Las formas de generar energía eléctrica son variadas según lo mostrado por la Figura 2, no obstante, es preciso conocer algunas precisiones entorno a cada una de estas.

1. Energía eléctrica generada a partir de la estática

Esta es generada a partir de la frotación o fricción de ciertos elementos, no obstante, la energía eléctrica producida es de carácter temporal (estacionaria) y se caracteriza por ser de difícil aplicación y dosificación.

2. Energía eléctrica generada a partir de la vibración o presión

La energía generada a partir de vibración se produce gracias a las propiedades que poseen ciertos cristales (cuarzo y turmalina), estos tienen la facultad de transformar la energía mecánica en energía eléctrica; entre la aplicación que se le da a este tipo de energía eléctrica es el uso de las mencionadas vibraciones mecánicas en señales eléctricas que son amplificadas.

3. Energía eléctrica generada a partir de la luz o calor

La energía producida a partir de la luz o el calor emplea células solares o fotovoltaicas; este último al ser un dispositivo de carácter semiconductor tiene la capacidad de transformar la energía luminosa en electricidad.

4. Energía eléctrica generada a partir de reacciones químicas

La energía eléctrica producida a causa de reacciones químicas, son generadas comúnmente en pilas y baterías en su interior mediante las conocidas reacciones redox, en este sentido estas son consideradas las dos principales fuentes de energía portátil.

5. Energía eléctrica generada a partir de Centrales Eléctricas

La energía generada en centrales eléctricas se caracteriza por transformar a escalas industriales, la energía mecánica en energía eléctrica para el consumo de los distintos sectores, para cumplir el cometido estas emplean el uso de generadores de distinta tipología.

4.2.11 Fuentes de Energía

Las fuentes de energía según Schallenberg et al. (2008) se pueden clasificar en:

- Energías no renovables.
- Energías renovables.

4.2.11.1 Energías No Renovables

Las energías no renovables son aquellas que, por estar en cantidades limitadas dentro de la naturaleza, estas no se renuevan; la mayoría de la demanda existente en la actualidad se satisface con esta (Martínez y Caro, 2010). Este tipo de energías poseen distintos tipos y son:

1. Centrales Térmicas

Es un complejo donde la energía mecánica que se utiliza para dar movimiento al rotor del generador se consigue a partir del vapor obtenido producto de la ebullición del agua, este último se guía bajo una gran presión hacia los alabes de las turbinas; las centrales térmicas comúnmente utilizan fuel, gas natural, carbón.

2. Centrales de Energía Nuclear

La energía eléctrica obtenida de las centrales de energía nuclear se caracteriza por utilizar uranio en su generación; en este sentido la energía térmica se obtiene producto de reacciones de fisión nuclear, esta a su vez es conducida a un refrigerante que genera vapor de agua que en un último proceso será el encargado de dar movimiento a los alabes de la turbina.

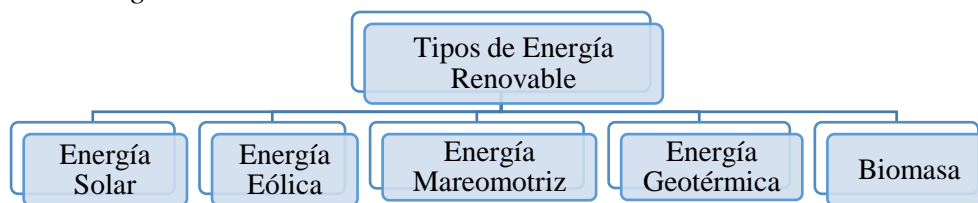
4.2.11.2 Energías Renovables

A la energía renovable se la conoce como aquella que proviene de fuentes naturales, estas se caracterizan por poseer una alta capacidad de regeneración (Naciones Unidas, 2023); en la actualidad se ha constituido como un elemento clave para el progreso de las actividades diarias y a su vez como el punto de inflexión hacia el desarrollo y crecimiento sostenible de la sociedad y economías del mundo; el cambio climático que se da debido a la emisión de gases de efecto invernadero, han promovido la investigación y creación de nuevas fuentes de energía amigables con el medio ambiente.

A este tipo de energía se la considera como inagotable, ya que provienen de energía que llega a la superficie terrestre de manera continua (Schallenberg et al., 2008). En este sentido la organización The Intergovernmental Panel on Climate Change (2011) y Naciones Unidas, (2023) señalan que hoy en día existen diversos tipos de energía renovable y estos son:

Figura 3

Tipos de energía renovable



Nota. Tipos de energía renovable. Adaptado de Fuentes de Energía Renovables y Mitigación del cambio Climático y ¿Qué es la energía renovable Naciones Unidas?, por The Intergovernmental Panel on Climate Change .,2011 y Naciones Unidas., 2023

- Energía Solar

Las centrales de energía solar son aquellas que utilizan la energía lumínica del sol, mediante el empleo de paneles solares o colectores (REPSOL, 2022); el proceso antes mencionado según Arboledas (2014) se realiza mediante las siguientes vías:

1. Fotovoltaica: utiliza un cristal de carácter semiconductor donde la radiación solar incide, permitiendo obtener corriente eléctrica continua.
2. Foto térmica: estas emplean el calor de la radiación solar, misma que calienta un fluido que, en un intercambiador de calor generara vapor de agua, mismo que se dirigirá a las turbinas que generaran energía eléctrica.

- Energía Eólica

Las centrales eólicas están formadas por un conjunto de aerogeneradores, estos transforman la energía cinética de rotación que provoca el viento, mediante la utilización de palas de aero generación. Hoy en día según REPSOL (2022) existen dos tipos de centrales de generación eléctrica eólica y estas son:

1. Energía eólica terrestre u onshore

Las centrales eólicas onshore utilizan aerogeneradores, y estos son colocados en zonas terrestres que poseen características idóneas para la generación eléctrica.

2. Energía eólica marina u offshore

Este tipo de centrales emplean aerogeneradores, estos son ubicados en medio del océano con el objeto de aprovechar la gran cantidad de viento existente en los mares.

- Energía Hidráulica

Las centrales de energía hidráulica según Chanataxi et al. (2021) es un conglomerado de equipos electromecánicos, mismos que convierten la energía potencial hídrica a energía eléctrica (p. 2); en otras palabras, son complejos donde se emplea el agua como herramienta para hacer rotar una turbina (Water Science School, 2016). En la actualidad existen tres tipos de centrales hidroeléctricas dependiendo de su potencia, según ENDESA (2021) y estas son:

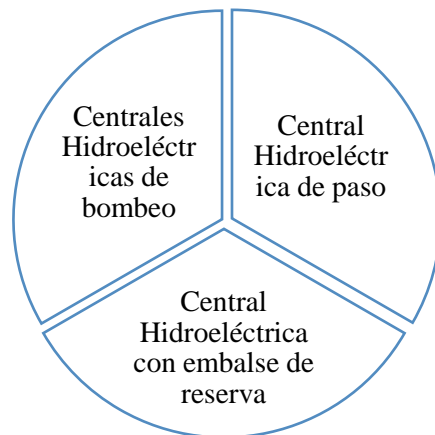
1. Micro centrales hidroeléctricas: su capacidad de generación máxima es menos de 1 megavatio (MW).

2. Mini centrales hidroeléctricas: su capacidad de generación se encuentra entre 1 MW y 10 MW.
3. Centrales hidroeléctricas de gran potencia: su capacidad de generación es superior a 10MW.

Por otra parte, existen distintos tipos de centrales hidroeléctricas según su ubicación y estas son:

Figura 4

Tipos de centrales hidroeléctricas



Nota. Tipos de centrales hidroeléctricas. Adaptado de Centrales Hidroeléctricas del Ecuador, de Chanataxi et al., 2021

1. Centrales Hidroeléctricas de Bombeo

Este tipo de central hidroeléctrica se caracteriza por poseer dos embalses con diferentes niveles de agua; mismos que sirven para obtener energía adicional mediante el bombeo del agua que se encuentra en el nivel inferior hacia el superior.

2. Centrales Hidroeléctricas de Paso

Estas son centrales que utilizan el caudal de ríos, el desnivel que utilizan es muy pequeño y necesitan un flujo constante de agua.

3. Centrales hidroeléctricas con embalse de reserva

Las centrales con embalse de reserva utilizan presas, estas tienen la capacidad de generar energía eléctrica durante todo el año sin importar el caudal disponible.

- **Energía Mareomotriz-Energías Marinas**

Las centrales de energía mareomotriz es un tipo de energía renovable que aprovecha la energía cinética de las corrientes marinas mediante la utilización de estructuras de características parecidas a los aerogeneradores (Quintero y Quintero, 2015); estas formas de aprovechamiento de energías poseen distintos tipos y son:

1. Energía Mareomotriz

La energía eléctrica obtenida emplea el movimiento de las mareas ya sean desplazamientos horizontales y verticales producto del proceso gravitatorio del sol y la luna (OVACEN, 2022).

2. Energía Undimotriz

Según REPSOL (2022) esta se caracteriza por utilizar el movimiento de las olas, mismo que se produce efecto del desplazamiento del aire.

3. Energía del Gradiente Térmico

Este tipo de generación eléctrica utiliza el diferencial de temperatura entre aguas profundas y superficiales del mar.

4. Energía del Gradiente Salino

Utiliza para la generación eléctrica el diferencial salino existente entre el agua de mar y la de ríos.

- Energía Geotérmica

La energía geotérmica se caracteriza por utilizar el calor existente al interior de la superficie terrestre, mismo que es el encargado de generar fenómenos geológicos alrededor del mundo (Dickson y Fanelli, 2002), en otras palabras, emplea el calor existente en el subsuelo, para generar electricidad; según la University of Colorado Boulder (2015) existen cuatro tipos de recursos geotérmicos y estos son:

1. Hidrotermales.
2. Geos presionados.
3. Roca seca caliente.
4. Magma.

En la actualidad los recursos hidrotermales son los únicos que han sido utilizados ampliamente, mientras que los demás se encuentran en etapas de desarrollo.

- Biomasa

La energía obtenida de la biomasa es producto de materiales de origen orgánico proveniente de plantas y animales. Según la Energy Information Administration (2022) las fuentes de biomasa para energía y los procesos para convertir esta en energía son:

- ✓ Fuentes de biomasa para energía
 1. Madera y sus residuos.
 2. Cultivos agrícolas y desechos.
 3. Materiales piogénicos provenientes de desechos sólidos.
 4. Estiércol animal y aguas residuales humanas.
- ✓ Formas de convertir biomasa en energía
 1. Combustión directa para generar calor.
 2. Conversión termoquímica para generar combustibles.

3. Conversión química para la producción de combustibles líquidos.
4. Conversión biológica para generar combustibles líquidos y gaseosos.

Por otra parte, las ventajas que presenta la utilización de este tipo de energía son la no emisión de gases de efecto invernadero, reduce la importación de combustibles fósiles, son inagotables y a su vez posee la capacidad de competir frente a las formas tradicionales de generación, debido a una reducción considerable de sus costos de implementación (International Agency Energy, 2019); entre otra de sus ventajas se destaca que poseen costos menores en comparación a formas de generación tradicional y a su vez tienen la capacidad de generar tres veces más empleos que los combustibles fósiles (Naciones Unidas, 2023).

4.2.12 Formación Bruta de Capital Fijo

La formación bruta de capital fijo (FBKF) es la inversión de un país, misma que está representada por la variación de los activos no financieros ya sean del sector público o privado en un periodo de tiempo determinado (BCE, 2021). En este sentido, a continuación, se menciona lo que esta incluye.

3. Adquisición menos la enajenación de activos productivos nuevos o existentes.
4. Costos de transferencia de la propiedad de activos (no producidos, no financieros).
5. Mejoras en los activos (financieros no producidos).

Por otra parte, la FBKF se calcula de forma anual por medio del producto, rama de la actividad económica y el sector institucional, mismos que están constituidos por 39 productos, 46 actividades y 5 sectores respectivamente (BCE, 2021).

4.2.13 Fuerza Laboral

La fuerza laboral (FL) es aquel segmento de la población que alcanza los requisitos para ser incluidos entre los empleados o desempleados (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2022); en este sentido, el Banco Mundial (2022) señala que esta comprende a los individuos entre 15 años o más que poseen la facultad de brindar la mano de obra para la producción de bienes y servicios durante un periodo de tiempo dado (p. 1).

CAPÍTULO III

5. METODOLOGÍA

La investigación posee un enfoque cuantitativo debido a que se realizara procesos como tratamientos estadísticos, medición de variables, entre otros; a su vez la revisión de carácter bibliográfico brindo los fundamentos necesarios para el empleo del método hipotético-deductivo, mismo que parte de la hipótesis del estudio que menciona que, el consumo per cápita de energía eléctrica renovable incide significativamente en el crecimiento económico del Ecuador durante el periodo 1990-2021, esta a su vez será corroborada por los resultados que el modelo econométrico arrojen, permitiendo de esta manera comprobar o rechazar la misma.

Por otra parte, el tipo de investigación es descriptiva y correlacional, descriptiva debido a que se detalla el comportamiento del crecimiento económico y el consumo per cápita de energía eléctrica renovable del Ecuador, explicando y determinando las causas que provocaron la fluctuación de estas, correlacional ya que permite conocer la relación existente entre el consumo de energía eléctrica renovable y el crecimiento económico. El diseño de la investigación es no experimental puesto que las variables empleadas no son manipuladas, con el objeto de obtener resultados sin alternaciones, reales y robustos.

La técnica utilizada para la recopilación de la información es la técnica de fichaje, misma que faculta mediante la revisión de carácter documental a bases de datos del Banco Mundial, Our World in Data y International Agency of Energy. La población empleada para cumplir con el acometido del estudio, son las series históricas del PIB per cápita (crecimiento económico), consumo de energía eléctrica renovable (per cápita), formación bruta de capital fijo y fuerza de trabajo; bajo esta línea la muestra utilizada es el conjunto de información obtenida con una periodicidad anual comprendida entre el periodo 1990-2021 del Ecuador (ver Anexo 1).

Finalmente, el procesamiento de datos se llevó a cabo mediante la organización de la información secundaria proporcionada los organismos mencionados en el acápite anterior en tablas y gráficos, mismos que fueron procesados en los paquetes estadísticos Eviews 12 y Stata 16, mediante la aplicación de la metodología aplicada por Rafindadia y Ozturkb (2016) donde se determinó la incidencia del consumo per cápita de energía eléctrica renovable sobre el crecimiento económico.

5.1 Descripción de las Variables de Investigación

La variable dependiente siendo el PIB per cápita y las variables independientes siendo consumo de energía de energía renovable y fuerza de trabajo son adoptadas de Rafindadia y Ozturkb (2016); mientras que la variable formación bruta de capital fijo es tomada de los aportes de Komal y Abbas (2015).

Variable Dependiente

- Crecimiento económico (PIB per cápita en millones de dólares): “es la relación entre el valor total de todos los bienes y servicios finales generados durante un año por la

economía de una nación o estado y el número de sus habitantes del mismo año” (Vayas, 2021, p. 4).

Variable Independiente

- Consumo per Cápita de Energía Eléctrica Renovable (Kilovatios/hora): es el consumo de energía eléctrica por persona proveniente de la generación hidroeléctrica derivada de fuentes naturales, que tienen la posibilidad de reponerse (Organización de Naciones Unidas, 2022).

VARIABLES DE CONTROL

- Formación Bruta de Capital Fijo (Millones de dólares):” corresponde a la inversión de un país, representada por la variación de los activos fijos no financieros tanto privados como públicos, (total de adquisiciones menos ventas de activos fijos), en un período de tiempo determinado” (BCE, 2021, p. 2).
- Fuerza de Trabajo/Laboral (millones de persona en capacidad de trabajar): “entendemos el conjunto de las facultades físicas y mentales que existen en la corporeidad, en la personalidad viva de un ser humano y que él pone en movimiento cuando produce valores de uso de cualquier índole” (Marx, 1867, p. 115).

5.2 Especificación del Modelo Econométrico

Para realizar la comprobación de las hipótesis que va a ser contrastada se utiliza una de las variantes de los modelos dinámicos. Según Guisan (2006) la dinámica económica es aquella que estudia los movimientos de las variables y sistemas de una economía a lo largo de un periodo de tiempo (p. 83). Ante lo cual, para poder establecer la relación de las variables consumo de energía eléctrica renovable y crecimiento económico se toma como referencia el modelo aplicado por Rafindadia y Ozturkb (2016) el cual es el Autoregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL).

Para la determinación y comprobación de hipótesis dentro de las ciencias económicas existen un sinnúmero de metodologías; no obstante, el uso del modelo ARDL dentro de la temática abordada ha respondido sin problema alguno a los objetivos perseguidos en las investigaciones, a continuación, la Tabla 5 detalla algunos estudios enfocados al tema de energía donde se ha empleado la metodología en mención.

Tabla 5

Estudios que emplean el modelo ARDL

Autor	Periodo	País	Metodología	Hallazgos-Hipótesis
Tugcu et al. (2012)	1980-2009	Países del G7	Modelo Autoregresivo (ARDL)	Retroalimentación
Ocal y Aslan (2013)	1990-2010	Turquía	Prueba de Causalidad Toda	Conservación

			Yamamoto, enfoque ARDL	
Tugcu y Topcu (2018)	1820-2014	Países del G7	Modelo ARDL no lineal	Retroalimentación

Nota. Resumen de los estudios y resultados que se han obtenido mediante el modelo ARDL alrededor del mundo

Adicionalmente, el modelo que permitirá contrastar las hipótesis de investigación es la regresión lineal multivariante.

5.2.1 Descripción de la Secuencia de Pasos para Determinar la Hipótesis del Estudio

En base a los métodos utilizados por Rafindadia y Ozturkb (2016) para determinar la significancia y el tipo de causalidad que el consumo de energía eléctrica renovable tiene sobre el crecimiento económico se siguieron cada uno de los pasos que a continuación se describe:

1. Transformación de las series a logaritmos.
2. Aplicación de las pruebas de raíz unitaria: Dickey y Fuller, Ng-Perron y Clemente, Montañes y Reyes.
3. Selección del criterio de rezago óptimo.
4. Aplicación de la prueba de cointegración combinada Bayer y Hanck.
5. Aplicación de la prueba de límites ARDL.
6. Aplicación del marco VECM Granger.
7. Interpretación de resultados.

5.2.2 Pruebas Estadísticas Utilizadas

Los siguientes acápites, ilustran brevemente cual es el objeto y la función que poseen cada una de las pruebas utilizadas en la investigación.

5.2.2.1 Prueba de Raíz Unitaria Clemente, Montañes y Reyes

Las pruebas de raíz unitaria se caracterizan por tener la capacidad de detectar la existencia de conducta tendencial estocástica durante el tratamiento de datos de series de tiempo; sin embargo, pruebas de raíz unitaria como Dickey y Fuller (1979), Perron (1990) y Ng y Perron (2001) no poseen la capacidad de considerar la información de ruptura estructural de las series de tiempo; por otra parte, los aportes de Perron y Vogelsang (1992), Banerjee et al. (1992) y Zivot y Andrews (1992) resultaron insuficientes debido a que dentro de sus estudios consideran el quiebre estructural, sin embargo las series de tiempo de variables macroeconómicas suelen poseer más de un quiebre estructural.

En este sentido la prueba de raíz unitaria Clemente et al. (1998) posee la capacidad de incluir dentro del análisis de raíz unitaria la información de quiebre estructural que la serie posea y esta parte como una extensión al trabajo de Perron y Vogelsang (1992) donde se quiere probar la hipótesis/escenario nula y alternativa en el caso de dos cambios en la media de la variable teniendo así.

a. Escenario nulo.

$$H_0: y_t = y_{t-1} + \delta_1 DTB_{1t} + \delta_2 DTB_{2t} + u_t \quad (4)$$

b. Escenario alternativa.

$$H_A: y_t = u + d_1 DU_{1t} + d_2 DTB_{2t} + e_t \quad (5)$$

Donde:

DTB_{it} : es una variable de pulso que toma el valor de 1 si $t=TB_i+1$ ($i=1,2$) y 0 si $t > TB_i$ ($i=1,2$).

En este sentido para probar las hipótesis de la existencia de raíz unitaria en el caso de la existencia de dos rupturas estructurales que pertenecen al valor atípico de innovación mediante la estimación del siguiente modelo en la Ecuación 6.

$$y_t = u + \rho y_{t-1} + \delta_1 DTB_{1t} + \delta_2 DTB_{2t} + d_1 DU_{1t} + d_2 DU_{2t} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (6)$$

Por lo que, Clemente et al. (1998) señalan que es necesario obtener el valor mínimo del pseudo t-ratio, con el objeto de comprobar si el parámetro autoregresivo es 1 para todas las mixturas de roturas de tiempo (p.176); sin embargo, para obtener el mismo, es preciso obtener la distribución asintótica de este estadístico, teniendo presente en cuenta que la prueba no está definida en los límites de la muestra y es vital establecer algún valor de corte, para lo cual se adopta λ_1 y λ_2 tomando valores en el intervalo $(\frac{k+2}{T}, \frac{T-1}{T})$, y a su vez se elimina los casos de rupturas consecutivas mediante la imposición de $\lambda_2 > \lambda_1 + 1$.

Finalmente, en el caso que se considere una mejor representatividad mediante los valores atípicos aditivos se podrá determinar la rotura estructural y en consecuencia la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria siguiendo dos sencillos pasos.

a. Eliminar la parte determinista de la variable mediante el uso del siguiente modelo.

$$y_t = u + d_1 DU_{1t} + d_2 DTB_{2t} + \check{y}_t \quad (7)$$

b. Buscar el t-ratio para $p=1$ para la hipótesis en el siguiente modelo.

$$y_t = \sum_{i=0}^k \omega_{1i} DTB_{1t-i} + \sum_{i=0}^k \omega_{2i} DTB_{2t} + \rho \hat{y}_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + e_t \quad (8)$$

Donde:

DTB_{it} : incluye variables ficticias que aseguren la distribución indicada.

5.2.2.2 Prueba de Cointegración Combinada Bayer-Hanck

El test formulado por Bayer y Hanck (2012) es una prueba de cointegración, que utiliza las pruebas de Engle y Granger (1987), Johansen (1991), Boswijk (1995), Banerjee, Dolado, y Mestre (1998), además la prueba utiliza una combinación del cálculo de los niveles de significancia de la prueba de cointegración particular (Farooq, Chaudhary, y Nawaz, 2019), con el objeto de aumentar la contundencia de los resultados. A continuación, las

Ecuaciones 9 y 10 muestran las fórmulas de Fisher que permiten determinar la existencia de cointegración.

$$EG - JOH = -2[\ln(\rho_{EG}) + (\rho_{JOH})] \quad (9)$$

$$EG - JOH - BO - BDM = -2[\ln(\rho_{EG}) + (\rho_{JOH}) + (\rho_{BO}) + (\rho_{BDM})] \quad (10)$$

Donde:

ρ_{EG} , ρ_{JOH} , ρ_{BO} , ρ_{BDM} : son los valores de p-valor de las pruebas empleadas en este test.

Según Khanal (2021) para determinar la existencia de cointegración será necesario que las estadísticas de formuladas por Fisher superen los valores críticos formulados por Bayer y Hanck (2012).

5.2.2.3 Modelo ARDL

El modelo autoregresivo de retraso distribuido (ARDL), es una técnica econométrica que permite determinar la relación a largo plazo entre variables, y se caracteriza por tomar una cantidad determinada de retrasos a cada una de las variables con el objeto de capturar el proceso que permita explicar el modelado (Shrestha y Bhatta (2018), perspectiva que coincide con la formulada por Abonazel y Elnabawy (2020), donde menciona que este modelo aplica rezagos en la variable dependiente y en la variable independiente los valores actuales de esta (p. 24).

En este sentido, según Nkoro y Uko (2016), Shrestha y Bhatta (2018) para la aplicación de este método es necesario tener aspectos como:

- Las series de tiempo deben ser integradas de orden 0 y 1.
- La utilización de series integradas de orden 2 brindaran resultados poco veraces.
- La prueba no se puede aplicar si posee un orden de integración mixto.
- La prueba no puede aplicarse si las series utilizadas no son estacionarias.

Así mismo, según Pesaran et al. (2001) menciona que la forma general el modelo ARDL se especifica en la Ecuación 11, y el mismo posee ciertas ventajas sobre técnicas de cointegración como la de Johansen y Juselius (1990), puesto que esta no tiene la capacidad de detectar un vector de cointegración.

$$Y_t = \gamma_{0i} + \sum_{i=1}^p \delta_i Y_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

Donde:

Y_t : es un vector.

β y δ : son coeficientes.

γ : es la constante.

I : 1, ..., k; p; q es el número óptimo de rezagos (retardos).

ε_{it} : es un vector de los términos de error: media cero no observable mientras que el proceso del vector de ruido.

5.2.2.4 Prueba de Limites ARDL

La prueba de límites ARDL según, Pesaran et al. (2001) permite conocer la relación en largo plazo entre las variables, sin embargo, la especificación de la ecuación que muestra la cointegración en el largo plazo puede variar teniendo así las Ecuaciones 14 y 15 mismas que especifican la estimación de una la prueba de límites ARDL en ausencia y presencia de cointegración, sin olvidar que la misma trabaja con un juego de hipótesis que a continuación se describe.

- Hipótesis de la prueba de límites ARDL.

$$H_0: b_{1j} = b_{2j} = b_{3j} = 0 \quad (12)$$

$$H_1: b_{1j} \neq b_{2j} \neq b_{3j} \neq 0 \quad (13)$$

Donde:

H_0 : los coeficientes en la ecuación del largo plazo son igual a 0.

H_1 : los coeficientes en la ecuación del largo plazo son diferentes a 0.

6. Especificación de la prueba de límites ARDL (no cointegración).

$$\Delta \ln Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_{1i} + \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q a_{2i} + \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^q a_{3i} + \Delta Z_{t-i} + e_t \quad (14)$$

Donde:

Δ : primer operador diferente.

7. Especificación de la prueba de límites ARDL (cointegración).

$$\Delta \ln Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_{1i} + \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q a_{2i} + \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^q a_{3i} + \Delta Z_{t-i} + \lambda ECT_{t-1} + e_t \quad (15)$$

Donde:

$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^p \delta_i$: parámetro de velocidad de ajuste con signo negativo.

$ECT = (\ln Y_{t-i} - \theta X_t)$: termino de corrección de errores.

$\theta = \frac{\sum_{i=0}^q \beta_i}{\alpha}$: parámetro del largo plazo.

a_{1i}, a_{2i}, a_{3i} :: son los coeficientes dinámicos de corto plazo pertenecientes a los modelos del largo plazo.

Por ende, la presente investigación parte su análisis con la siguiente ecuación de demanda de energía:

$$Y_t = f(RE_t * CPEER_t * FBKF_t * L_t) \quad (16)$$

Donde las series serán transformadas en logaritmos con el objeto de estabilizarlas en varianzas.

Modelo 1.

$$\ln PIBPC_t = \beta_1 + \beta_2 \ln CPEER_t + \beta_3 \ln FBKF_t + \beta_4 \ln FL_{t,t} + u_i \quad (17)$$

Donde:

PIBPC_t: crecimiento económico.

CPEEH: consumo per cápita de energía eléctrica renovable (Kilovatios/hora).

FBKF: formación bruta de capital fijo.

FL: fuerza laboral.

A continuación, la Tabla 6 describe la tipología, unidades de medida y abreviación de las variables utilizadas en el estudio.

Tabla 6

Descripción de las variables

Tipo de Variable	Variable	Unidades de medida	Abreviación
Dependiente (Y)	Crecimiento Económico (medido por el PIB per cápita)	Miles de dólares	PIBPC_t
Independiente (X)	Consumo de energía de la eléctrica renovable (per cápita)	Kilovatios hora	CPEER_t
Control (X)	Formación bruta de capital fijo	Millones de dólares	FBKF_t
	Fuerza de trabajo	Millones de personas	FL_t

Nota. Descripción de las variables

Para la determinación de una relación en el largo plazo, se utilizarán la prueba formulada por Pesaran et al. (2001) misma que dadas sus características pueden ser contrastadas con los resultados de las pruebas formuladas por Bayer y Hanck (2012), Johansen y Juselius (1990).

La prueba de límites ARDL tiene como objetivo probar la existencia de cointegración (relación en el largo plazo entre ambas variables) mediante el contraste de una hipótesis nula

y alternativa (Arrieta et al., 2017). La prueba de límites ARDL se representa en la Ecuación 18, misma que al ser ejecutada toma en consideración el número óptimo de rezagos según el criterio de información de Akaike.

Modelo 2.

$$\Delta \ln Y_t = c_0 + \sum_{i=1}^p c_i \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p d_i \Delta \ln CPEER_{t-i} + \sum_{i=1}^p d_i \Delta \ln FBKF_{t-i} + \sum_{i=1}^p d_i \Delta \ln FL_{t-i} + \pi_1 \ln Y_{t-1} + \pi_2 \ln CPEER_{t-1} + \pi_3 \ln FBKF + \pi_4 \ln FL_{t-1} + u_t \quad (18)$$

Donde:

lnPIBPC_t: logaritmo natural del crecimiento económico.

lnCPEER: logaritmo natural del consumo per cápita de energía eléctrica renovable (Kilovatios/hora).

lnFBKF: logaritmo natural formación bruta de capital fijo.

lnFL: logaritmo natural de fuerza laboral.

Δ: primer operador diferente.

c₀ y d₀: componentes de la deriva.

5.2.2.5 Marco de Causalidad Granger y el Método de Corrección de Errores Vectoriales (VECM Granger)

Causalidad de Granger

La prueba de causalidad de Granger es un test que permite verificar si el conglomerado de datos de una serie de datos de tiempo es útil para pronosticar otra mediante el uso de una prueba de hipótesis estadística (Granger, 1969), en este sentido, para determinar la causalidad entre variables se usan las siguientes definiciones.

a. Causalidad.

$$\sigma^2(X|U) < \sigma^2(X|\overline{U}-\overline{Y}) \quad (19)$$

Si (19) se cumple, se puede afirmar que “Y” está causando a “X”, esto se podrá afirmar si existe la capacidad de predecir X_t mediante la utilización de la información disponible.

b. Retroalimentación.

$$\begin{aligned} \sigma^2(X|\overline{U}) &< \sigma^2(X|\overline{U}-\overline{Y}) \\ \sigma^2(Y|\overline{U}) &< \sigma^2(Y|\overline{U}-\overline{Y}) \end{aligned} \quad (20)$$

Si (20) se cumple, se puede afirmar la existencia de retroalimentación, es decir que Y_t causa a X_t y viceversa.

c. Causalidad Instantánea.

$$\sigma^2(X|\overline{U}, \overline{Y}) < \sigma^2(X|\overline{U}) \quad (21)$$

Si (21) se cumple, se menciona la existencia de una causalidad instantánea.

d. Causalidad Retrasada.

$$\sigma^2(XIU - Y(k)) < \sigma^2(XIU - Y(k + 1)) \quad (22)$$

Método de Corrección de Errores Vectoriales

El método de corrección de errores vectoriales (VECM), se caracteriza por tener la capacidad de identificar la presencia de interrelación de equilibrio en el largo plazo entre variables de carácter no estacionario (Ali y Mingque, 2018). En este sentido, una especificación general del VECM se ilustra en la Ecuación 23, mientras que una especificación aplicada a los modelos dinámicos según (Obando, 2003) se muestran en la Ecuación 23.

$$\Delta Y_t = v + \prod Y_{t-1} + \theta_1 \Delta Y_{t-1} + \theta_2 \Delta Y_{t-2} + u_t \quad (23)$$

Donde:

$$\Delta Y_t = \begin{bmatrix} X_t - X_{t-1} \\ Z_t - Z_{t-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_t \\ \Delta Z_t \end{bmatrix}$$

θ_1 y θ_2 : coeficientes del corto plazo.

ΔY_{t-1} y ΔY_{t-2} : diferencias rezagadas para el impacto a corto plazo.

v y u_t : es un vector de las constantes y es un vector de impulsos respectivamente.

\prod : el rango de la matriz muestra el número de vectores cointegrantes.

Por otra parte, la representación del modelo tratado en función al modelo ARDL se denota a continuación.

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \Delta Z_t + (\alpha - 1)[Y - KZ]_{t-1} \quad (24)$$

Donde:

$$K = \frac{(\beta_0 + \beta_1)}{(1 - \alpha)}$$

β_0 : coeficiente de Impacto.

K : cuantifica los efectos en el largo plazo producto de cambios en Z sobre Y_t .

Las pruebas anteriormente mencionadas facilitan comprobar los vínculos causales en el corto y largo plazo entre variables; en este sentido la Ecuación 25 ilustra el modelo vectorial de corrección de errores VECM enfocado al estudio.

$$\begin{bmatrix} \Delta \ln Y_t \\ \Delta \ln CPEER_t \\ \Delta \ln FBKF_t \\ \Delta \ln FL_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{11,1} & B_{12,1} & B_{13,1} & B_{14,1} \\ B_{21,1} & B_{22,1} & B_{23,1} & B_{24,1} \\ B_{31,1} & B_{32,1} & B_{33,1} & B_{34,1} \\ B_{41,1} & B_{42,1} & B_{43,1} & B_{44,1} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta \ln Y_{t-1} \\ \Delta \ln CPEER_{t-1} \\ \Delta \ln FBKF_{t-1} \\ \Delta \ln FL_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} B_{11,m} & B_{12,m} & B_{13,m} & B_{14,m} \\ B_{21,m} & B_{22,m} & B_{23,m} & B_{24,m} \\ B_{31,m} & B_{32,m} & B_{33,m} & B_{34,m} \\ B_{41,m} & B_{42,m} & B_{43,m} & B_{44,m} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \Delta \ln Y_{t-1} \\ \Delta \ln CPEER_{t-1} \\ \Delta \ln FBKF_{t-1} \\ \Delta \ln FL_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \\ \zeta_4 \end{bmatrix} * (ECM_{t-1}) + \begin{bmatrix} \mu_{1t} \\ \mu_{2t} \\ \mu_{3t} \\ \mu_{4t} \end{bmatrix} \quad (25)$$

Donde:

Δ : el operador de primera diferencia.

B_i : vector Constante.

ζ_t = vector de coeficientes estimados de los rezagados.

μ_{it} ($i = 1, \dots, 4$): vector de términos residuales.

ECM_{t-1} : causalidad a largo plazo.

5.2.3 Modelo de Regresión Multivariante

Los pasos utilizados para el contraste de las hipótesis se describen a continuación:

- Transformación de las series a logaritmos.
- Aplicación de la regresión lineal multivariante.

Los modelos de regresión múltiple se caracterizan por tener la capacidad de explicar cuál es la relacional existente entre la variable dependiente y las variables independientes de un estudio determinado; según Carrasquilla et al. (2016) el modelo se estructura de la siguiente forma.

$$y = f(X_1, \dots, x_k) + \varepsilon \quad (26)$$

Donde:

y : variable independiente.

X_1, \dots, x_k : variables independientes.

ε : error aleatorio.

En este sentido, si bien la estructura del modelo es útil, sin embargo, el conocer su forma es de vital importancia; la Ecuación 27 muestra al mismo. Por otra parte, el mismo es empleado solamente si la variable dependiente posee una dependencia lineal con las variables independientes y cuando solamente una variable independiente no es suficiente para explicar la variación de la variable dependiente (Carrasquilla et al., 2016).

$$y = B_0 + B_1x_1 + \dots + B_kx_k + \varepsilon \quad (27)$$

CAPÍTULO IV

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

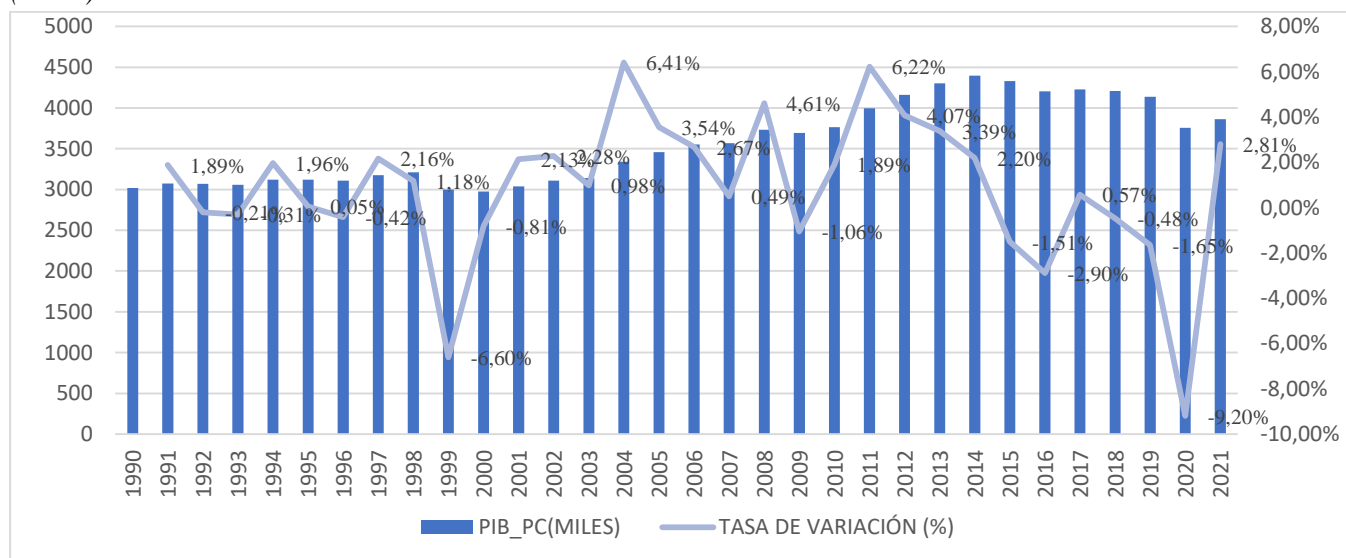
6.1 Análisis del Comportamiento de las Variables

Las variables empleadas en la investigación corresponden a las series del PIB per cápita, así como el consumo per cápita de energía eléctrica renovable del Ecuador durante el periodo 1990-2021, donde la variable dependiente del estudio es el crecimiento económico, mientras que el consumo per cápita de energía eléctrica renovable es la variable independiente. En este sentido y a fin de caracterizar las mismas a continuación se brinda un resumen sobre el comportamiento que han tenido las mismas a lo largo del periodo anteriormente citado, destacando no solamente puntos máximos y mínimos, sino también razones por las cuales han adoptado los distintos comportamientos a lo largo de los años, para ello la Figura 5 y 6 ilustra estas características.

6.1.1 Crecimiento Económico (PIB per Cápita)

Figura 5

Crecimiento Económico-PIB per cápita (miles de USD) y tasas de variación del PIB per cápita (en %)



Nota. Comportamiento del crecimiento económico (PIB per cápita del Ecuador). Adaptado de PIB per cápita, por Banco Mundial., 2022

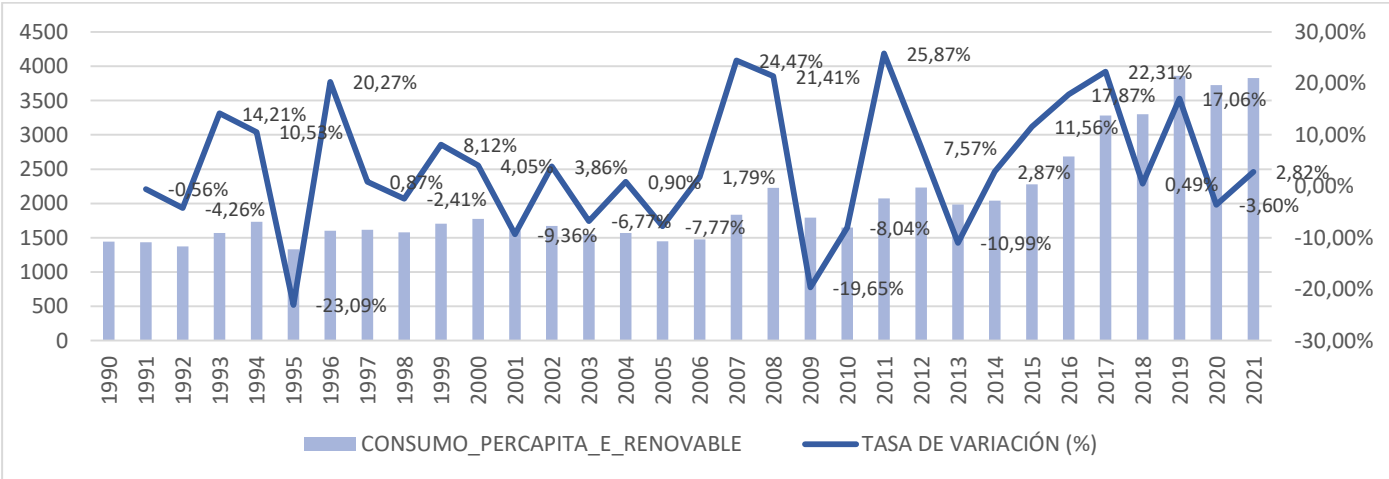
El comportamiento del crecimiento económico (PIB per cápita) durante los últimos 31 años ha poseído una tendencia al alza, teniendo así una tasa de crecimiento promedio de 0.85%, sin embargo, a lo largo de este periodo de tiempo la economía ha atravesado crisis que han ocasionado retrocesos a la dinámica de crecimiento, mismos que pueden obedecer a shocks de carácter exógeno y endógeno, en este sentido se destaca la sucedido en el último decenio del siglo XX, donde el PIB per cápita a causa de la dolarización y la crisis bancaria en el año 1999 sufrió un crecimiento negativo que se ubicó en -6,60% con respecto al año 1998, debido a la existencia de una reducción de la inversión, consumo del gobierno y de los hogares.

Por otra parte, entre los años 2000 y 2007 el crecimiento promedio de estos años fue de 2,21%, debido a un incremento en la dinámica de exportación de petróleo, así como la entrada en operaciones del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP); la dinámica se mantuvo en los años 2008, 2009,2010 a pesar del contexto internacional (crisis inmobiliaria en Estados Unidos) en donde el crecimiento en el año 2010 se ubicó en 1,89% con respecto al 2009. Entre los años 2011 y 2014 la tasa de crecimiento promedio se ubicó en 3,97%, producto de una escalada de los precios del petróleo, mientras que para los años 2015 y 2016 el país atravesó una crisis económica provocando una tasa de crecimiento negativa para los años anteriormente citados donde estos ubicaron en tasas de -1,51% y -2.90% respectivamente.

En el año 2020, la pandemia provocó la mayor caída en la historia, misma que produjo un decrecimiento que se ubicó en -9,20% con respecto al año 2019, esta contracción se ocasionó debido a la paralización total de todos los agentes que conforman la economía; finalmente, para el año 2021 el crecimiento se ubicó en 2,81%, producto de la eliminación de medidas sanitarias y reactivación de las actividades de los agentes que conforman la economía.

6.1.2 Consumo per cápita de Energía Eléctrica Renovable

Figura 6
Consumo per cápita energía eléctrica renovable (en kW/h) y tasa de variación del consumo (en %)



Nota. Comportamiento del consumo per cápita de energía eléctrica renovable. Adaptado de Energy Consumption by source, Ecuador y Statistical Review of World Energy, por Our World in Data., 2022 y BP plc., 2022

El comportamiento del consumo per cápita de energía eléctrica renovable a lo largo del periodo en estudio posee una tendencia al alza en términos generales; sin embargo, esta conducta ha tendido a fluctuar de forma considerable, un claro ejemplo es el diferencial en los años 1992,1993 y 1995, donde se registró detrimentos del consumo per cápita de energía eléctrica, producto de los estados de emergencia en el sector eléctrico que consistían en el racionamiento de la energía eléctrica, entre los factores que facultaban estas decisiones están la escasez de lluvias durante el periodo anteriormente descrito.

El panorama producto de la escasez de lluvias se repitió en el año 2009 donde se registró un decrecimiento del consumo per cápita de energía que se ubicó en -19,65% con respecto al año 2008; no obstante, Flores (2011) afirma que si bien el consumo sufre una caída fruto de los racionamientos, la demanda de energía eléctrica durante los años 2007,2008,2009 se incrementa debido a las mejoras en la producción (p.28-39), así mismo durante el periodo de estudio en el año 2020 se registra una tasa de variación de -3,60% fruto de la paralización de actividades en la industria ecuatoriana a causa de la pandemia suscitada a nivel mundial.

Por otra parte, los diferenciales de consumo que poseen cifras positivas obedecen a escenarios de distinta tipología, tal es el caso del año 1996 donde el crecimiento del consumo se ubica en 20,27% con respecto a 1995, el mencionado comportamiento se debe a las medidas parche implementadas en el régimen de emergencia del sector eléctrico, del mismo modo el incremento del consumo en los años 2007, 2011, 2017, 2019 2021 es explicado por un aumento de las actividades comerciales e industriales, actividades que a su vez también están sujetas al crecimiento de la población, misma que demanda bienes y servicios, trayendo como consecuencia un aumento del consumo per cápita de energía eléctrica para la satisfacer las necesidades.

6.2 Estimación del Modelo Econométrico

6.2.1 Modelo Autoregresivo de Rezagos Distribuidos

El modelo econométrico empleado en la investigación es el autoregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), mismo que utiliza 4 variables, 1 dependiente – crecimiento económico (PIBPC) y 3 independientes- consumo per cápita de energía eléctrica renovable (CPEER), fuerza laboral (FL) y formación bruta de capital fijo (FBKF) del Ecuador para el periodo 1990-2021.

Dentro de la metodología para el tratamiento de series de tiempo, se requiere estabilizar las series en varianza y en medias, con el objeto de descartar problemas de heterocedasticidad, autocorrelación y estacionariedad. En este sentido, los contrastes de Levene, Bartlett y Brown-Forsythe (ver Anexo 2) al mostrar probabilidades menores al 0,05% permiten rechazar la hipótesis nula, no obstante, ante lo cual se procede a transformar las series a logaritmos con el objeto de tener mejores resultados debido a la diferencia en la escala de medidas de las variables, como se muestra en la Ecuación 17.

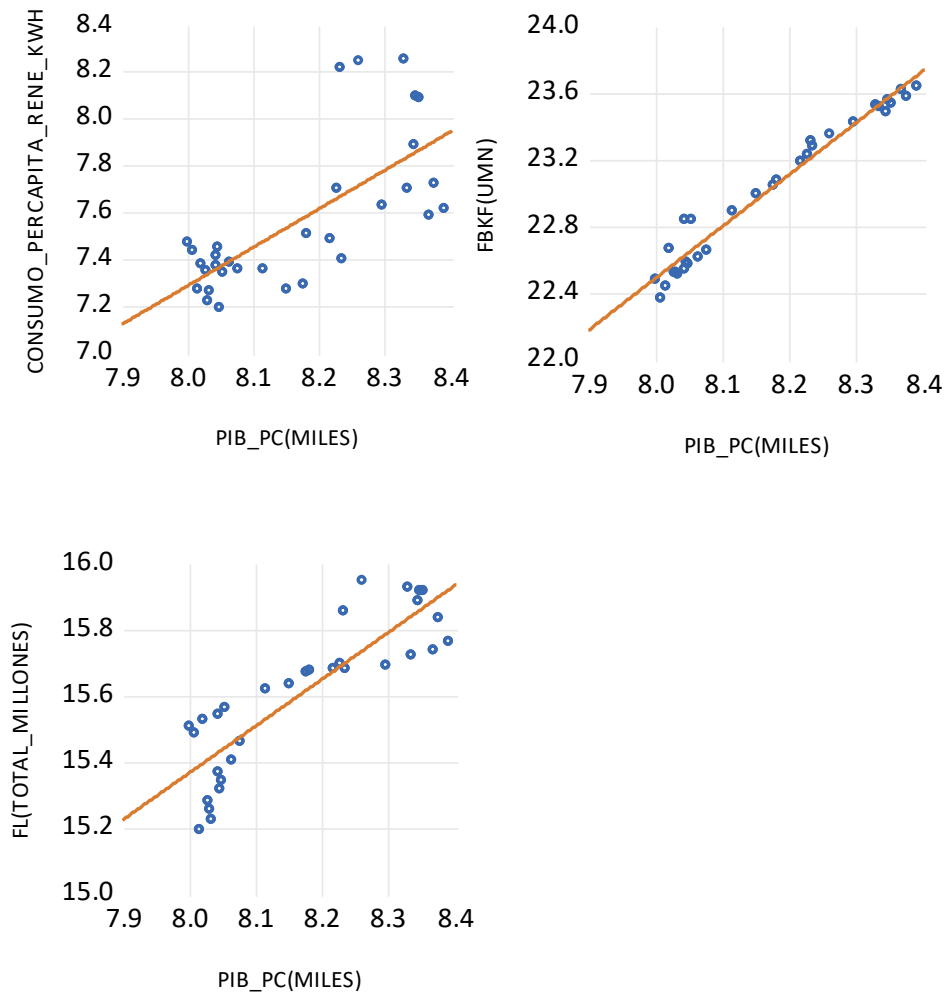
$$\ln PIBPC_t = \beta_1 + \beta_2 \ln CPEER_t + \beta_3 \ln FBKF_t + \beta_4 \ln FL_{,t} + u_i \quad (17)$$

1. Análisis General de las Variables

La investigación posee el objeto de conocer e identificar la relación existente entre el crecimiento económico y el consumo per cápita de energía eléctrica renovable, ante lo cual el Figura 7 muestra a continuación la relación a priori entre las variables utilizadas con respecto al crecimiento económico (PIB per cápita).

Figura 7

Dispersión de las variables con respecto al PIB per cápita



Nota. Dispersión existente entre las variables con respecto al PIB per cápita

Si bien el Figura 7 muestra que el CPEER muestra una relación, esta permite visualizar la existencia de dispersión entre estas, por otra parte, la fuerza laboral y la formación bruta de capital fijo son las variables que presentan una relación fuerte desde la perspectiva gráfica.

1. Aplicación de Pruebas de Raíz Unitaria

Continuando con el procedimiento para la estimación del modelo es necesario verificar las propiedades de raíz unitaria de las variables, ante lo cual se aplicó las pruebas Dicky y Fuller (1981) Ng y Perron (2001). Se encontró que las series no son estacionarias en medias aplicando los contrastes de raíces unitarias con intercepto, tendencia e intercepto y sin tendencia ni intercepto en niveles; no obstante, la aplicación de una primera diferencia regular a las series utilizando los diferentes contrastes permitiría rechazar la hipótesis nula de presencia de raíces unitaria, lo cual implica que las variables presentan una integración de orden 1 tal como se aprecia en la Tabla 7.

Tabla 7*Análisis de raíz unitaria*

Variables	Augmented Dickey Fuller						Ng-Perron			
	Ninguno		Intercepto		Intercepto y Tendencia		MZa	MZt	MSB	MPT
	t-estadístico	Prob.	t-estadístico	Prob	t-estadístico	Prob				
$\ln \text{ PIBPC}_t$	1,344	0,951	-0,9877	0,74	-0,944	0,937	-0,392	-0,301	0,770	32,704
$\ln \text{ CPEER}_t$	1,42	0,95	1,13295	0,99	-1,917	0,62	0,2808	0,1174	0,4180	16,010
$\ln \text{ FL}_t$	4,72	1,00	-1,1273	0,69	-2,958	0,160	-1,268	-0,510	0,4023	11,926
$\ln \text{ FBKF}_t$	1,61	0,97	-1,0935	0,70	-1,141	0,90	-0,190	-0,150	0,7907	35,808
$\Delta \ln \text{ PIBPC}_t$	-4,14	0,000	-4,2555	0,00	-4,196	0,01	-14,19	-2,654	0,1869	1,7632
$\Delta \ln \text{ CPEER}_t$	-5,61	0,000	-5,7938	0,00	-6,216	0,000	-32,67	-4,041	0,1237	0,7502
$\Delta \ln \text{ FL}_t$	-1,57	0,108	-5,5533	0,000	-5,580	0,000	-14,95	-2,521	0,1685	2,4091
$\Delta \ln \text{ FBKF}_t$	-4,58	0,000	-4,8200	0,000	-4,789	0,003	-14,77	-2,717	0,1839	1,6582

Nota. Resultados de las pruebas de raíz unitaria

Sin embargo, las pruebas de raíces unitarias Dickey-Fuller (1981), Ng y Perron (2001) no consideran los cambios repentinos que las variables macroscópicas poseen, en este sentido Perron (1997) menciona que la mayoría de variables macroeconómicas poseen una tendencia y pendiente constante; no obstante, las mismas poseen cambios repentinos; ante lo cual para dar solución a este problema y obtener resultados con alto grado de veracidad se aplica la prueba de raíz unitaria con quiebre estructural planteada por Clemente, Montañes, y Reyes (1998) donde se detectó quiebre estructural se encuentran en los años 2000 y 1995 según los tipos de rotura estructural de valores atípicos innovadores y atípicos aditivos.

De la misma forma los años para el consumo per cápita de energía eléctrica per cápita renovable, fuerza laboral y formación bruta de capital fijo son 2014,2013; 1999 y 1995; 2016 y 2021 respectivamente. En este sentido, aplicando primeras diferencias se llega a la conclusión que son integradas de orden 1 y las mismas se vuelven estacionarias en medias.

Tabla 8*Prueba de raíz unitaria de quiebre estructural Clemente, Montañes y Reyes*

Variable	Valores atípicos innovadores		Valor atípico aditivo	
	Estadística t	Rotura Estructural(año)	Estadística t	Rotura Estructural(año)
$\ln \text{ PIBPC}_t$	-2,540331	2000	-2,991990	1995
$\ln \text{ CPEER}_t$	-4,717841*	2014	-5,107416*	2013
$\ln \text{ FL}_t$	-2,703323	1999	-5,477030*	1995
$\ln \text{ FBKF}_t$	-2,695639	2016	-2,509223	2021

Nota. Resultados de las pruebas de raíz unitaria con rotura estructural, donde * indica significancia al 5%

2. Análisis de Selección de Orden del Retraso, Prueba de Integración Combinada y Prueba de Límites ARDL

En el procedimiento típico para la estimación de modelos de tipo ARDL, la determinación del número de rezagos óptimos se vuelve de vital importancia, puesto que los mismos evitan errores de especificación dentro del modelo y estos a su vez son definidos en función a la cantidad de observaciones existentes (Gujarati y Porter, 2010), en este sentido, para la verificación de cointegración entre las variables se utilizó el criterio de cointegración combinada postulada por Bayer y Hanck (2012) donde se utiliza el criterio AIC el cual indica que la longitud máxima a utilizar es 4, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9*Criterio de selección del orden de retraso del VAR*

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	89,58314	NA	2,60e-08	-6,113082	-5,922767	-6,054901
1	200,3579	181,9870*	3,03e-11	-12,88270	-11,93113*	-12,59180*
2	215,3661	20,36832	3,52e-11	-12,81186	-11,09903	-12,28823
3	236,4754	22,61715	3,03e-11*	-13,17682	-10,70272	-12,42046
4	253,0687	13,03756	4,64e-11	-13,21919*	-9,983839	-12,23011

Nota: “*” indica el orden de retraso de acuerdo al criterio

LR: Error final de predicción.

FPE: Predicción de error final.

AIC: Criterio de información de Akaike.

SC: Criterio de información de Schwarz.

HQ: Criterio de información de Hannan-Quinn.

3. Aplicación de la Prueba de Cointegración Combinada Bayer y Hanck.

En la actualidad existen variadas metodologías que permiten comprobar cointegración entre variables, en este sentido se utiliza los métodos postulados por Bayer y Hanck (2012); la Tabla 10 ilustra los resultados de las distintas pruebas de cointegración combinada, donde se halla que los valores críticos generados por el análisis Bayer y Hanck (2012) son menores a los estadísticos formulados por Fisher, ante lo cual se hace posible rechazar la hipótesis nula de no existencia de cointegración entre las variables teniendo en cuenta los criterios de Akaike en torno al número de rezagos.

H_0 : No existe cointegración

H_1 : Si existe cointegración

Tabla 10

Análisis de cointegración de Bayer y Hanck

Modelo estimado	EG-JOH	EG-JOH-BO-BDM	Cointegración
F_y (Y/CPEER, FL, FBKF)	10,637**	20,486**	SI

Nota. Resultados del análisis de cointegración, donde ** representa significación al 5%. Los valores de los estadísticos de Fisher son 55,82 (EG-JOH) y 113,53 (EG-JOH-BO-BDM)

Si bien es cierto, que la prueba de cointegración planteada por Bayer y Hanck (2012), brindan resultados eficientes, no obstante, la misma no considera la rotura estructural, bajo este enfoque se procede a aplicar la prueba de límites ARDL teniendo en cuenta el número de retrasos óptimos señalados en la Tabla 9 siguiendo los criterios AIC.

Los resultados muestran que al ser F estadístico al ser mayor a los límites superiores la prueba de límites ARDL confirma los hallazgos de la prueba de integración de Bayer y Hanck (2012) siendo significativo el resultado al 1%, 5% y 10%, lo cual significa que hay una relación en el largo plazo tal como se ilustra a continuación en la Tabla 11, estos resultados a su vez permiten rechazar la hipótesis nula de la prueba de límites ARDL y aceptar la hipótesis alterna de la prueba de límites ARDL.

$$H_0: b_{1j} = b_{2j} = b_{3j} = 0$$

$$H_1: b_{1j} \neq b_{2j} \neq b_{3j} \neq 0$$

Donde:

H_0 : los coeficientes en la ecuación del largo plazo son igual a 0.

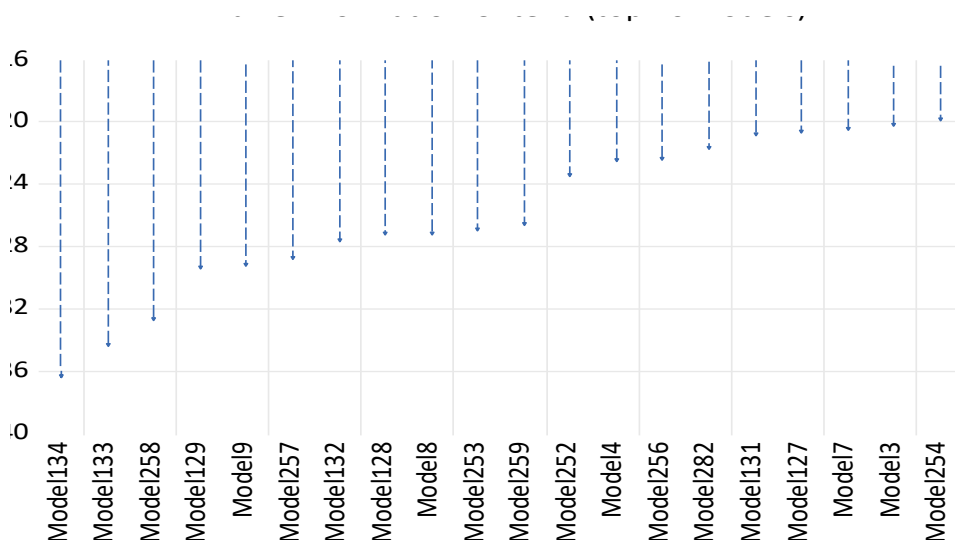
H_1 : los coeficientes en la ecuación del largo plazo son diferentes a 0.

4. Aplicación de la Prueba de Límites ARDL

Por otra parte, el criterio de información de Akaike ilustra a continuación en la Figura 8 el modelo ARDL seleccionado para la prueba de límites ARDL. La Figura 8 que muestra el modelo ARDL seleccionado, permite observar el número de pruebas realizadas teniendo en cuenta los criterios del número óptimo de rezagos, en donde se llega a la conclusión que el modelo de rezagos óptimo para trabajar el presente modelo posee 3 rezagos a la primera variable, 4 a la segunda, 3 y 1 a la tercera y cuarta respectivamente.

Figura 8

Criterios de selección de Akaike para el modelo ARDL



Nota. Modelo ARDL seleccionado en función al número óptimo de rezagos

Tabla 11

Prueba de límites ARDL

Modelos estimados	Modelo ARDL seleccionado	F- Estadístico	Nivel de Significancia	Límites inferiores I (0)	Límites superiores I (1)	Cointegración
F_y			10%	2,72	3,77	SI
$(Y/CPEE$	3,4,3,1	11,08812	5%	3,23	4,35	SI
R, FBKF, FL)		3	2,5%	3,69	4,89	SI
			1%	4,29	5,61	SI

Nota. Resultados del análisis de cointegración de la prueba ARDL

5.1 Interpretación de los Coeficientes de los Resultados a Largo y Corto Plazo

a. Largo Plazo

Los resultados del corto y largo plazo se pueden observar en la Tabla 12 donde en el largo plazo el consumo per cápita de energía eléctrica tiene una incidencia negativa en el crecimiento económico del Ecuador durante el periodo 1990-2021, observándose en la tabla

anteriormente citada que esta posee un p-valor de 0.7462 y al ser > a 0.05 se la considera como una variable no significativa, ante lo cual se realizar un contraste a la hipótesis de la investigación la cual es:

H₁ El consumo per cápita de energía eléctrica renovable incide significativamente en el crecimiento económico del Ecuador durante el periodo 1990-2021.

En este sentido, el contraste y la evidencia estadística no permiten aceptar la hipótesis alternativa en el largo plazo. Los estadísticos hallados significan que por un incremento del 1% del consumo per cápita de energía eléctrica per cápita renovable el crecimiento económico aumentara en un -0.85%, caso similar sucede en la incidencia que la FL (variable de control utilizada) posee sobre el crecimiento económico; caso contrario sucede en la incidencia de la FBKF donde la incidencia sobre el crecimiento económico es positiva en el largo plazo.

1. Corto Plazo

$$\ln(\text{PIBPC}) = 0,540292 * \ln(\text{PIBPC}(-3)) + 0,053288 * \ln(\text{CPPER}(-4)) - 0,141297 * \ln(\text{FBKF}(-3)) + 0,306115 * \text{Lln}(\text{FL}(-1)) - 0,880420 \quad (28)$$

Por otra parte, los resultados en el corto plazo ilustrados en la Ecuación 28 muestran que si el consumo per cápita de energía eléctrica renovable per cápita pasados t-4 aumenta en 1%, el crecimiento económico (PIBPC) en el periodo actual aumentara en 5.32%; este escenario se repite si la fuerza laboral pasado t-1 aumenta en 1% el crecimiento económico (PIBPC) en el periodo actual aumentara en 30.61%; un escenario distinto a los señalados se produce con la formación bruta de capital fijo pasados t-3 donde a un aumento de 1% de esta, el crecimiento económico (PIBPC) en el periodo actual disminuirá en 14.12%.

Finalmente, los resultados encontrados en el análisis del corto plazo y teniendo en consideración la hipótesis de la investigación la cual es:

H₁. El consumo per cápita de energía eléctrica renovable incide significativamente en el crecimiento económico del Ecuador durante el periodo 1990-2021.

Así como, la evidencia estadística permite aceptar la hipótesis alternativa en el corto plazo, puesto que el p-valor de la variable es 0.0152 y al ser < a 0.05 se la considera como estadísticamente significativa.

Tabla 12
Resultados del corto y largo plazo

Variab	C	E	T-	P
<i>Análisis en el Largo Plazo</i>				
ln CPEER_t	-0,008528	0,025793	-0,330650	0,7462
lnFBKF_t	0,376787	0,017856	21,10100	0,0000
ln FL_t	-0,161818	0,033352	-4,851772	0,0003

Análisis en el Corto Plazo

$\Delta \ln \text{ PIBPC}_t$	0,540292	0,122035	4,427344	0,0007
$\Delta \ln \text{ CPEER}_t$	0,053288	0,019061	2,795700	0,0152
$\Delta \ln \text{ FBKF}_t$	-0,141297	0,037493	-3,768638	0,0023
$\Delta \ln \text{ FL}_t$	0,306115	0,070917	-7,388347	0,0000
ECM_{t-1}	-0,880420	0,119163	-7,388347	0,0000
R²	0,969199			
Durbin-Watson	1,906976			
Prob(F- Estadístico)	0,000000			

Nota. Resultados de la prueba ARDL en el corto y largo plazo

El valor de ECM obtenido es negativo y estadísticamente significativo, la estimación del ECM con rezagos es -0.880420, lo cual muestra que las desviaciones existentes que parten del corto plazo hacia el largo plazo se corregirán en un 88,04% en la función del consumo per cápita de energía eléctrica renovable. Así mismo, el estadístico Durbin-Watson se encuentra entre el intervalo 1,85-2.15 lo cual refleja la inexistencia de problemas de autocorrelación; finalmente el valor del R^2 es 0.969199, lo que implica que en un 96.91% el crecimiento económico es explicado por las variables independientes.

6.2.2 Pruebas de Causalidad

Finalmente, para determinar la relación causal entre las variables el estudio utiliza el marco de causalidad VECM Granger, mismo que permite conocer la dirección de la causalidad entre las variables del modelo. La Tabla 13 muestra los resultados de las pruebas en donde se puede afirmar la existencia de una causalidad en el largo plazo, que va desde el crecimiento económico (PIB per cápita), FBKF y FL hacia CPPER, mostrando así una relación unidireccional entre las variables antes descritas, en este sentido la relación unidireccional en el largo plazo se comprueba debido a que Landa (ECM) es estadísticamente significativo al 1%.

Por otra parte, los resultados de la prueba de causalidad en el corto plazo, muestra la existencia causalidad unidireccional entre el CPPER y la FBKF siendo significativo al 1%, teniendo como resultado que CPPER causa a la FBKF, del mismo modo con un nivel de significancia al 5% se encontró la existencia de una relación causal que parte de la FL hacia el crecimiento económico (PIB per cápita) y CPPER, teniendo así una causalidad unidireccional entre las variables antes descritas.

Tabla 13*Análisis de causalidad VECM Granger*

<i>Variable Dependiente</i>	<i>Corto Plazo</i>				<i>Largo Plazo</i>
	$\Delta \ln \text{PIBPC}_{t-1}$	$\Delta \ln \text{CPEER}_{t-1}$	$\Delta \ln \text{FBKF}_t$	$\Delta \ln \text{FL}_{t-1}$	ECT_{t-1}
$\Delta \ln \text{PIBPC}_t$...	-0,944707 (2,16321) [-0,43671]	1,076091 (3,24683) [0,33143]	-0,915230 (0,63454) [-1,44235]	0,296173 (0,61120) [0,48458]
$\Delta \ln \text{CPEER}_t$	-0,120324 (0,12555) [-0,95839]	...	1,012494* (0,34955) [-2,89656]	-0,107165 (0,10253) [-1,04516]	7,358407* (1,70169) [4,32418]
$\Delta \ln \text{FBKF}_t$	0,168042 (0,20579) [0,81656]	0,772295 (0,57297) [1,34788]	...	0,240544 (0,16807) [1,43121]	-0,497016 (2,55411) [-0,19459]
$\Delta \ln \text{FL}_t$	1,296318** (0,60607) [-2,13888]	4,568391** (1,68743) [-2,70730]	-2,747170 (2,53271) [-1,08467]	...	0,667417 (0,49916) [1,33708]

Nota. Análisis de causalidad VECM Granger.; donde (*) Indica significancia al 1%. (**) Indica significancia al 5%. (***) Indica significancia al 10%

6.2.3 Análisis de Regresión Lineal Múltiple

Con el objeto de verificar los hallazgos obtenidos por el modelo ARDL y brindar resultados robustos, en la Tabla 14 se procede a ejecutar un análisis de regresión múltiple, cabe destacar que dadas las diferencias en cuanto a procedimientos entre métodos los estadísticos no serán semejantes a los del modelo ARDL. Los resultados obtenidos por el análisis de regresión multivariante en una primera instancia presentan problemas de autocorrelación (ver Anexo 4), ante lo cual se procedió a revisar el correlograma (ver Anexo 5) con el objeto de determinar el orden y los procesos a implementar para solucionar el problema anteriormente mencionado.

La Tabla 14 muestra el modelo de regresión multivariante que incluye dos variables explicativas adicionales y estas son AR (1) y MA (1); permitiendo de esta forma agrupar la autocorrección que existe en los residuos y así corregir los problemas existentes, la no presencia de autocorrelación se puede observar en el correlograma obtenido después de aplicar los procesos AR Y MA (ver Anexo 6).

Tabla 14*Modelo de regresión multivariante*

Variables	Coficiente	Error estándar	T- Estadístico	Probabilidad
$\ln \text{CPEER}_t$	0,003163	0,025245	0,125297	0,9013
$\ln \text{FBKF}_t$	0,185977	0,023524	7,905759	0,0000
$\ln \text{FL}_t$	0,349439	0,104296	3,350462	0,0026
C	1,589818	0,422944	-1,141497	0,2645
AR (1)	0,926791	0,095965	9,657631	0,0000

MA (1)	0,999989	5184,999	0,000193	0,9998
SIGMASQ	0,000152	0,059783	0,002535	0,9980
R2		0,991547		
Durbin-Watson		1,942526		
Prob(F- Estadístico)		0,000000		

Nota. Análisis de regresión multivariante sin problemas de autocorrelación

6.2.3.1 Interpretación de los Coeficientes del Modelo de Regresión Multivariante

Siendo la hipótesis de la investigación

H₁ El consumo per cápita de energía eléctrica renovable incide significativamente en el crecimiento económico del Ecuador durante el periodo 1990-2021.

Y con el objeto de contrastar la hipótesis, la Ecuación 29 muestra los resultados del análisis de regresión multivariante, en este sentido, si bien los resultados obtenidos por el modelo ARDL en el corto plazo son confirmados por el modelo de regresión multivariante debido a que se encuentra que el consumo per cápita de energía eléctrica renovable tiene una incidencia positiva sobre el crecimiento económico del Ecuador, no obstante, la variable al tener un p-valor de 0,9013 se la considera estadísticamente no significativa puesto que es > a 0,05.

El diferencial entre los p-valores entre el modelo ARDL y el modelo de regresión múltiple es diferente puesto a las distintas metodologías que los mismos aplican, no obstante, llegan a la conclusión de que el consumo per cápita de energía eléctrica renovable tiene una incidencia positiva sobre el crecimiento económico del Ecuador en el periodo en estudio, permitiendo aceptar la hipótesis alternativa del contraste de la hipótesis del estudio.

$$\ln(PIBPC) = 1,589818 + 0,0031630 * \ln(CPEER) + 0,185977 * \ln(FBKF) + 0,349439 * \ln(FL) + \mu_t \quad (29)$$

6.3 Pruebas de Diagnóstico

El modelo principal de la investigación estimado después de ser sometido a pruebas de homocedasticidad, normalidad e independencia muestra que no posee problemas de ninguna índole, a continuación, la Tabla 15 muestra las probabilidades obtenidas en cada una de las pruebas de diagnóstico realizadas.

Tabla 15

Pruebas de diagnóstico sobre el modelo ARDL

Test	Probabilidad
Jarque Bera test	0,8333
Breusch-Godfrey	0,1373
Breusch- Pagan- Godfrey	0,1317

Nota, Probabilidad obtenida en los distintos test de diagnóstico (Anexo 3)

Las probabilidades obtenidas siendo mayores al 5% permiten rechazar las hipótesis nulas de no presencia de distribución normal de residuos (Jarque Bera), y no presencia correlación serial (Breusch- Godfrey), finalmente la probabilidad del test Breusch- Pagan- Godfrey permite aceptar la hipótesis nula que ratifica que existe homocedasticidad.

6.3.1 Contraste de Estabilidad del Paramétrica del Modelo

Los errores recursivos mediante la aplicación del test CUSUM y CUSUM of Squares, tienen como objeto determinar si los parámetros seleccionados son estables, en este sentido el contraste realizado en la Figura 9 muestran la inexistencia de quiebre en los puntos de ruptura especificado, puesto que los errores recursivos no rebasan los límites establecidos por el contraste; a continuación, se detalla las pruebas de hipótesis del contraste,

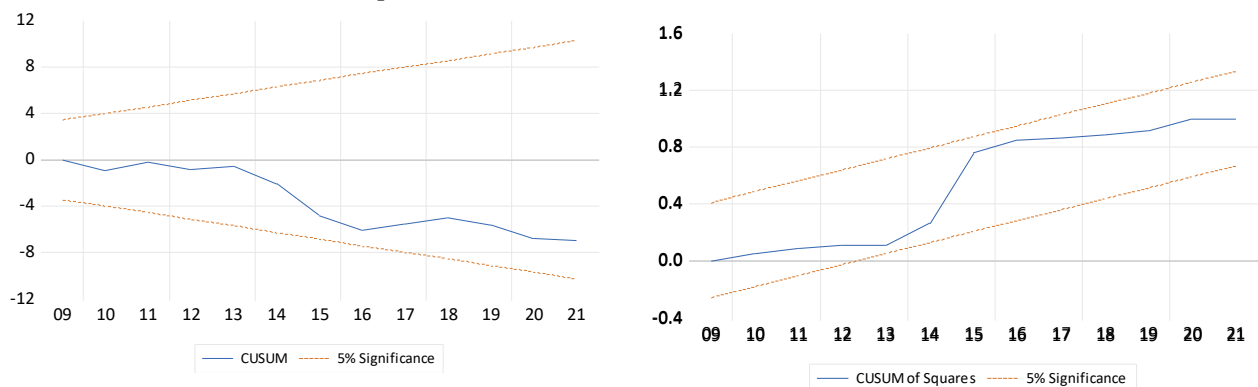
$$H_0: \text{estabilidad de los parámetros}$$

$$H_1: \text{inestabilidad de los parámetros}$$

La hipótesis nula, indica que existe estabilidad en los parámetros dentro del periodo de estudio, ante lo cual se confirma la existencia de estabilidad del modelo a una significancia del 5%.

Figura 9

Contraste de estabilidad del paramétrica del modelo



Nota. Las barreras indican significancia al 5 %

6.4 Discusión de Resultados

Los resultados de la investigación permiten concluir que el consumo per cápita de energía eléctrica renovable incide en el corto plazo sobre el crecimiento económico del Ecuador en un 5,32% presentando así una incidencia positiva y significativa, que en otras palabras, indica que a mayor CPEER el crecimiento económico será mayor; mientras que en el largo plazo la incidencia muestra una relación inversa mostrando así que el crecimiento se contraerá en 0,85% a medida que se incremente el CPEER, Además, dentro de los resultados obtenidos, se evidencia que en el corto plazo existe una causalidad que parte desde CPEER hacia la FBKF, del mismo modo se evidencio la causalidad que parte de la FL hacia el PIBPC Y CPEER teniendo así una relación causal unidireccional, por otra parte, en el largo plazo se comprueba una relación causal que parte desde PIBPC, FBKF y FL hacia el CPEER, comprobando así la relación causal unidireccional.

Las derivaciones de los resultados encontrados en el largo plazo son concluyentes si se hace una comparación con los hallazgos de autores como Sadorsky (2009), Menyah Y Wolde-Rufael (2010), Gurgul y Lach (2012), Ocal y Aslan (2013) Solarin y Ozturk (2015), Caraiani et al., (2015), Aneja et al., (2017), Rasoulinezhad y Saboori (2018) donde llegan a la conclusión del consumo de energía renovable incide en el PIB o el PIB per cápita y a su vez comprueban la hipótesis de conservación que indica la existencia de una relación causal, que parte desde el consumo de energía hacia el crecimiento económico. Por otra parte, la causalidad existente en el corto plazo que parte desde CPEER hacia la FBKF, nos muestra que el CPEER tiene la capacidad de provocar FBKF, este resultado se puede confirmar de forma general en los hallazgos realizados por Kahia et al, (2016) dentro del marco del estudio del consumo de energía renovable y no renovable, donde se encuentra la relación causal tanto en el corto como en el largo plazo entre el capital (FBKF) y el consumo de energía renovable, hallazgos que tienen un nivel de significancia al 5%.

Así mismo, en cuanto a la causalidad entre la FL y PIBPC, se halló evidencia que comprueba una relación unidireccional que parte de FL hacia el PIBPC y CPEER, en este sentido Kargi (2014) menciona que si bien la fuerza laboral puede poseer una causalidad con el crecimiento económico, sin embargo, el considerar a la fuerza laboral como un conjunto total que participa en labores de producción es incorrecto, puesto que dentro la fuerza laboral existen diferentes subconjuntos que la conforman y solo una fracción de la misma participan en actividades de carácter productivo.

En resumen, se puede establecer que el consumo per cápita de energía eléctrica renovable incide en el crecimiento económico en el corto plazo a pesar de la no existencia de una causalidad entre las mismas, en consecuencia, se puede afirmar que se cumple la hipótesis planteada en el sentido que el consumo per cápita de energía eléctrica renovable tiene una incidencia positiva (corto plazo) en el crecimiento económico del Ecuador durante el periodo 1990-2021.

CAPÍTULO V

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La investigación a nivel teórico determina que el consumo per cápita de energía eléctrica renovable posee una relación con el crecimiento económico de una nación, esta afirmación se basa en los aportes donde se destacan la importancia del progreso tecnológico para el crecimiento económico; por otra parte, las formulaciones postuladas por la Econodinámica que sustentan la relación entre las variables de estudio, partiendo del análisis de la teoría del valor, y finalmente, las afirmaciones realizadas por la relación de Garret.

El análisis del crecimiento económico, permitió determinar que esta variable posee características como una tendencia al alza a lo largo del periodo de análisis, presentando así picos altos y bajos, entre los que se destaca la crisis financiera y cambiaria suscitada en los últimos años del decenio del siglo XX, este escenario se repitió nuevamente en el año 2020 producto de la pandemia suscitada a nivel mundial. Los mencionados acontecimientos causaron una tasa de variación negativa con respecto al año anterior; siguiendo esta línea los picos positivos a lo largo fueron producto de la inversión en reconstrucción de infraestructura (petrolera, eléctrica, entre otros), así como el incremento del precio del petróleo y la mayor presencia de productos de distinta índole a nivel internacional. Del mismo modo el consumo per cápita de energía eléctrica renovable se encuentra en función a aspectos anteriormente descritos, no obstante, los diferenciales negativos y positivos se encontraron determinados por las crisis que afrontaba el sector eléctrico nacional producto de escasas lluvias e implementación de racionamientos, mientras que algunas de las tasas positivas y considerables se encontraban en función a una respuesta de las medidas adoptadas por el régimen en función a los racionamientos.

Los resultados obtenidos a través de la modelización econométrica muestran la existencia de una incidencia positiva y estadísticamente significativa en el corto plazo por parte del consumo per cápita de energía eléctrica renovable sobre el crecimiento económico; en el largo plazo, por el contrario se halló una incidencia negativa y estadísticamente poco significativa, lo cual representa que aunque hay indicios para comprobar una relación inversa, no existe suficiente evidencia estadística para afirmar con confianza que la relación es real. Adicionalmente se encontró que existe causalidad unidireccional en el largo plazo que parte de PIBPC, FL, FBKF hacia el CPEER, mientras que en el corto plazo se identifica una causalidad unidireccional que parte de CPEER hacia la FBKF, y del mismo modo una relación de carácter unidireccional que parte de FL hacia PIBPC y CPEER. En este sentido, la presencia de causalidad significa que una variable posee un efecto sobre otra variable.

7.2 Recomendaciones

Para estudios posteriores que analicen el nexo entre consumo de energía eléctrica renovable con el crecimiento económico se debería construir más investigaciones que justifiquen el nexo entre las variables estudiadas teniendo en consideración economías como la nuestra;

El análisis permite dilucidar la necesidad de generar política pública eficiente y a su vez brinda las causales y requisitos necesarios para la creación de propuestas que permita tomar las riendas hacia la transición energética como una fuente de crecimiento económico.

Finalmente, dado los resultados se recomienda la inclusión de nuevas variables con el objeto de robustecer y poseer conclusiones más específicas en torno a la temática investigada y conjuntamente con estos resultados trabajar en el empleo de política pública que tengan la capacidad de garantizar la transición energética.

7. REFERENCIAS

- Abdel-Kader, K. (2013) *¿Qué son las políticas estructurales?* International Monetary Fund. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2013/03/pdf/basics.pdf>
- Abonazel, M., y Elnabawy, N. (2020). Using the ARDL Bound Testing Approach to Study the Inflation Rate in Egypt. *Economic Consultant* 31(3), 24-41.
<https://doi.org/10.46224/ecoc.2020.3.2>
- Acheampong, A. O. (2018). Economic growth, CO2 emissions and energy consumption: what causes what and where? *Energy Economics*, 74, 677-692.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.022>
- Adams, S., Klobodu, E. K. M., y Apio, A. (2018). Renewable and non-renewable energy, regime type and economic growth. *Renewable Energy*, 125, 755-767.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.135>
- Adjei-Mantey, K., y Adusah-Poku, F. (2019). *Natural disasters and economic growth in Africa*. <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/95588/>
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, (2020). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano*, Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.
<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/Estadistica-2020-baja.pdf>
- Aghion, P., y Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Alarcón, A. (2019). *Las hidroeléctricas en Latinoamérica, ¿dónde estamos? y ¿hacia dónde vamos?* Banco Interamericano de Desarrollo.
<https://blogs.iadb.org/energia/es/hidroelectricas-en-latinoamerica-donde-estamos-y-hacia-donde-vamos/>
- Ali, N., y Mingque, Y. (2018). An application of vector error correction model approach in explaining the impact of foreign direct investment on economic growth of Asian developing countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 8(4), 133.
- Anchundia, P., Balderramo, N., y Pico, G. (2018). *Realidad Actual del Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Portal de Revistas de la Universidad Técnica de Manabí.
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/download/1939/2108/>
- Aneja, R., Banday, J., Hasnat, T., y Koçoglu, M. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth: empirical evidence from panel error correction model. *Jindal Journal of Business Research*, 6(1), 76-85.
<https://doi.org/10.1177/2278682117713577>

- Al-mulali, U., Fereidouni, H., y Lee, J. (2014). Electricity consumption from renewable and non-renewable sources and economic growth: Evidence from Latin American countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 290-298.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.006>
- Alper, A., y Oguz, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.123>
- Apergis, N., y Payne, J. (2010). Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy Economics*, 32, 1392-1397.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.06.001>
- Apergis, N., y Payne, J. E. (2011). The renewable energy consumption–growth nexus in Central America. *Applied Energy*, 88(1), 343-347.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.013>
- Apergis, N., y Payne, J. E. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy economics*, 34(3), 733-738.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.007>
- Arboledas, D. (2014). *Electricidad Básica*, Madrid, España, RA-MA, S.A
- Arrieta, E., Bracamonte, J., y Castillo, O. (2017). La Oferta de ganado vacuno para ceba en el departamento de Sucre, Colombia: Un enfoque ARDL. *Revista de Economía del Caribe*, 21, 57-74.
- Banco Central del Ecuador. (2017). *Metodología Información Estadística Anual*. Banco Central del Ecuador.
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/IEMensual/metodologia/esr4taed.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (2019). *BCE presenta los sectores claves de la economía a través de la matriz insumo-producto*. Banco Central del Ecuador.
<https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1145-bce-presenta-los-sectores-claves-de-la-economia-a-traves-de-la-matriz-insumo-producto>
- Balance Energético Nacional. (2020). *Energía, sociedad y ambiente*. Balance Energético Nacional. <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/01-CAPI%CC%81TULO-01BEN-2020-Web-17-46.pdf>
- Balance Energético Nacional. (2021), *Exportaciones e Importaciones de Energía*. Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/05-CAPI%CC%81TULO-05-BEN-2020-Web-113-116.pdf>

- Balance Energético Nacional. (2021). *Consumo de Energía por Sector y Fuente*. Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/04-CAPI%CC%81TULO-04-BEN-2020-Web-87-112.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (2021). *La pandemia incidió en el crecimiento 2020*. Banco Central del Ecuador. <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1421-la-pandemia-incidio-en-el-crecimiento-2020-la-economia-ecuatoriana-decrecio-7-8>
- Banco Central del Ecuador. (2021). *Boletín de Cuentas Nacionales Trimestrales*. Banco Central del Ecuador. Recuperado el Martes 2 de Febrero del 2022. <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/cntrimestral/CNTrimestral.jsp>
- Banco Central del Ecuador. (2021). *Formación Bruta de Capital Fijo*. Banco Central del Ecuador. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Anuales/Dolares/FBKFvd.pdf>
- Banco Mundial. (2022). *Labor Force*. Banco Mundial. <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/jobs/series/SL.TLF.TOTL.IN>
- Banco Mundial. (2022). *Producto Interno Bruto per Cápita*. Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.KN>
- Banerjee, A., Dolado, J., y Mestre, R. (1998). Error-correction mechanism tests for cointegration in a single-equation framework. *Journal of time series analysis*, 19(3), 267-283. <https://doi.org/10.1111/1467-9892.00091>
- Banerjee, A., Lumsdaine, R, L., y Stock, J, H. (1992). Recursive and sequential tests of the unit-root and trend-break hypotheses: theory and international evidence. *Journal of Business y Economic Statistics*, 10(3), 271-287.
- Bardi, W., Sadraoui, T., y Bardi, A. (2016). Dynamic Panel Data Analysis for Relationship between Structural Policy and Economic Growth. *International Journal*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.12691/ijefm-4-1-1>
- Barro, R. (1997). Determinants of Economic Growth: A Cross-Country Empirical Study. *National Bureau of Economic Reserach*. <https://doi.org/10.3386/w5698>
- Barro, R. (2013). Education and Economic Growth. *Annals of economics and finance*, 14(2), 301–328.
- Bayer, C., y Hanck, C. (2012). Combining non-cointegration test. *Journal Time Series Analysis*, 34,83-95. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9892.2012.814.x>

- Benito, S. (2008). *Teoría del Crecimiento Económico*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- http://portal.uned.es/pls/portal/docs/PAGE/UNED_MAIN/LAUNIVERSIDAD/UBICACIONES/05/DOCENTE/SONIA_BENITO_MUELA/MACRO4/TEMA%201.PDF#:~:text=del%20Crecimiento%20Econ%C3%B3mico.-.Teor%C3%ADa%20del%20Crecimiento%20Econ%C3%B3mico..impulsarse%20para%20estimular%2
- Becsi, Z., y Wang, P. (1997). Financial development and growth. *Economic Review-Federal Reserve Bank of Atlanta*, 82(4), 4.
- Blundell, R., Dearden, L., Meghir, C., y Barbara, S. (1999). Human Capital Investment: The Returns from Education and Training to the Individual. the Firm and the Economy. *Fiscal Studies*, 20(1) ,1-23.
- Bongers, A., y Torres, J, L. (Junio de 2020). *Factores determinantes del Crecimiento Económico. Una comparativa a nivel mundial*. Fundación de Cajas de Ahorros. <https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2020/08/PEE164art03.pdf>
- Boswijk, H. (1995). Efficient inference on cointegration parameters in structural error correction models. *Journal of Econometrics*, 69(1), 133-158.
- [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01665-M](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01665-M)
- BP plc. (2022). *Statistical Review of World Energy*. BP plc. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Bowden, N., y Payne, J, E. (2010). Sectoral analysis of the causal relationship between renewable and non-renewable energy consumption and real output in the US. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 5(4), 400-408.
- <https://doi.org/10.1080/15567240802534250>
- Caraiani, C., Lungu, C., y Dascalu, C. (2015). Energy consumption and GDP causality: A three-step analysis for emerging European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44,198-210.
- <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.017>
- Cardona, M., Cano, C., y Gómez, C. (2004). *Diferencias y Similitudes en las teorías de crecimiento económico*. Universidad EAFIT. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/cuadernos-investigacion/article/download/1321/1192/0>
- Carnot, S., Clausius, R., y Kelvin, W. (1899) *The Second Law of Thermodynamics: Memoirs by Carnot, Clausius, and Thomson (Vol, 6), Harper & brothers*.
- Carrasquilla-Batista, A., Chacón-Rodríguez, A., NúñezMontero, K., Gómez-Espinoza, O., Valverde, J., y M, G. (2016). Simple and multiple regression: application in the

prediction of natural variables related to microalgae growing process, *Tecnología en Marcha*, 29(5), 33-45.

<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983>

- Case, K., Fair, R., y Oster, S. (2012). *Principios de Microeconomía*. Aula Virtual Iberoamericana. http://aulavirtual.iberoamericana.edu.co/recursosel/documentos_para-descarga/MICROE_p81nc1p105_m1c803c0n0m14_c4s3_f418_www.economiadigital.s.blogspot.pe.pdf
- Chanataxi, H., Montalván, M., y Santillan, J. (2021). *Centrales Hidroeléctricas del Ecuador*. Observatorio de Electricidad. <https://observatorioelc.ister.edu.ec/2021/04/26/centrales-hidroelectricas-del-ecuador/>
- Chica-Olmo, J., Sari-Hassoun, S., y Moya-Fernández, P. (2020). Spatial relationship between economic growth and renewable energy consumption in 26 European countries. *Energy Economics*, 92, 104962.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104962>
- Chien, T., y Li Hu, J. (2007). Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economic. *Energy Policy*, 35, 3606-3615.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.033>
- Chirinos, R. (2007). *Determinantes del Crecimiento Económico. Una revisión de la literatura existente y estimaciones para el período 1960-2000*. Banco Central de Reserva del Perú.
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2007/Working-Paper-13-2007.pdf>
- Claessens, S., y Laeven, L. (2003). Financial development, property rights, and growth. *The Journal of Finance*. 58(6), 2401-2436.
<https://doi.org/10.1046/j.1540-6261.2003.00610.x>
- Clemente, J., Montañés, A., y Reyes, M. (1998). Testing for a unit root in variables with a double change in the mean. *Economics letters*, 59(2), 175-182.
[https://doi.org/10.1016/S0165-1765\(98\)00052-4](https://doi.org/10.1016/S0165-1765(98)00052-4)
- Cuadrado, J., Mancha, T., Villena, J., Casares, J., González, M., Marín, J., y Peinado, M. L. (2010). *Política Económica: Elaboración, objetivos e instrumentos*. McGraw-Hill.
- De Mattos, C. (1999). Teorías del Crecimiento Endógeno: lectura desde los territorios de la periferia. *Estudios Avanzados*, 13(36), 183-208.
<https://doi.org/10.1590/S0103-40141999000200010>

- Dergiades, T., Martinopoulos, G., y Tsoulfidis, L. (2013). Energy consumption and economic growth: Parametric and non-parametric causality testing for the case of Greece. *Energy economics*, 36, 686-697.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.11.017>
- Destek, M, A., y Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. *Renewable Energy*, 111, 757-763.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.05.008>
- Díaz, D. (2012). La Economía de la Energía: Una Introducción Teórica al Análisis Costo-Beneficio y a la Asignación Eficiente de los Recursos. *Kairos: Revista de temas sociales*, (30), 3-24.
- Dickey, D, A., y Fuller, W, A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.
<https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Dickson, M., y Fanelli, M. (2002). ¿What is geothermal energy? Istituto di Geoscienze e Georisorse. <https://users.metu.edu.tr/mahmut/pete450/Dickson.pdf>
- Dokas, I., Panagiotidis, M., Papadamou, S., y Spyromitros, E. (2022). The determinants of energy and electricity consumption in developed and developing countries: International evidence, *Energies*, 15(7), 2558.
<https://doi.org/10.3390/en15072558>
- Dornbusch, R., Fischer, S., y Startz, R. (2008). *Macroeconomía*. McGraw-Hill.
- Enerdata. (2021). *Consumo Energético Total*. Enerdata. <https://datos.enerdata.net/energia-total/datos-consumo-internacional.html>
- ENDESA. (2021). *Energía Renovable: Qué es, como funciona y sus ventajas*. ENDESA. <https://www.endesa.com/en/the-e-face/renewable-energies/hydraulic-energy#:~:text=Hydraulic%20energy%20is%20a%20type.energy%20from%20currents%20and%20waterfalls>.
- Energy Information Administration. (2022). *Biomass explained*. Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/>
- Engle, R., y Granger, C. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *The Econometric Society*, 55(2), 251-276.
<https://doi.org/10.2307/1913236>
- Fang, Z., y Chang, Y. (2016). Energy human capital and economic growth in Asia Pacific countries—Evidence from a panel cointegration and causality analysis. *Energy Economics*, 56, 177-184.

<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.03.020>

Farooq, A., Chaudhary, A, R., y Nawaz, A. (2019). Trade Openness, Institutions and Industrial Growth in Pakistan: An Application of Bayer and Hanck Cointegration Test *Abasyn University Journal of Social Sciences*, 12(1) ,38-49.

<https://doi.org/10.34091/AJSS.12.1.04>

Fernández, A., Parejo, J., y Rodríguez, L. (2006). *Política Económica*. Madrid, España. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.

Filipenko, A. (2016). Stabilization policy: macroeconomic dimensions. *Actual Problems of International Relations*, (128), 105-114.

<https://doi.org/10.17721/apmv.2016.128.0.105-114>

Flores, F. (2011). *El sector eléctrico ecuatoriano en los últimos 20*. [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/4616/FLORES%20TAIPE%20FRANCISCO%20PABLO.pdf?sequence=3>

Funke, M., y Strulik, H. (2000). On endogenous growth with physical capital, human capital and product variety. *European Economic Review*, 44(3) ,491-515.

[http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014-2921\(98\)00072-5](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014-2921(98)00072-5)

Garret, T. (2011). Are there basic physical constraints on future anthropogenic emissions of carbon dioxide? *Climatic Change*, 104, 437-455.

<https://doi.org/10.1007/s10584-009-9717-9>

Garret, T. (2014). Long-run evolution of the global economy: 1, Physical basis. *Earth's Future*, 2(3), 127-151.

<https://doi.org/10.1002/2013EF000171>

Governmental Accounting Standards Board. (1987). *GASB Concepts Statement No. 1 Summary*. Governmental Accounting Standards Board.

<https://gasb.org/page/PageContent?pageId=/standards-guidance/pronouncements/summary-of-concepts-statement-no-1.html&isStaticPage=true>

Granger, C. (1969). Investigating causal relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3) ,424-438.

<https://doi.org/10.2307/1912791>

Grossman, G., y Helpman, E. (1994). Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1) ,23-44.

<https://www.jstor.org/stable/2138149>

- Gujarati, D., y Porter, D. (2010). *Econometría*, México D.F: McGraw-Hill, Advances in Multimedia, vol. 2022. Article ID 6554127, 9 pages.
<https://doi.org/10.1155/2022/6554127>
- Gyamfi, B, A., Bein, M, A., y Bekun, F, V. (2020). Investigating the nexus between hydroelectricity energy, renewable energy, nonrenewable energy consumption on output: evidence from E7 countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 25327-25339.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08909-8>
- Gorus, M, S., y Aydin, M. (2019). The relationship between energy consumption, economic growth, and CO2 emission in MENA countries: Causality analysis in the frequency domain. *Energy*, 168, 815-822.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2011). *Fuentes de Energía Renovables y Mitigación del cambio Climático*. Grupo intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf
- Guisan, M, D. (2006). Dynamic models in econometrics: classification, selection and the role of stock variables in economic development. *International Journal of Applied Econometrics and Quantitative Studies*, 3, 83-102.
<https://www.usc.es/economet/reviews/ijaeqs325.pdf>
- Gurgul, H., y Lach, Ł. (2012). The electricity consumption versus economic growth of the Polish economy. *Energy Economics*, 34(2), 500-510.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.139>
- Johansen, S. (1991). Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models. *Econometrica*, 59 (6), 1551-1580.
<https://doi.org/10.2307/2938278>
- Kaldor, N., y Mirrlees, J. (1962). Modelo de crecimiento con progreso técnico inducido, En A, Sen, *Crecimiento Económico*.
- Kaplan, Y. (2015). Overview of wind energy in the world and assessment of current wind energy policies in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 562-568.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.027>
- Halkos, G, E., y Tzeremes, N, G. (2014). The effect of electricity consumption from renewable sources on countries' economic growth levels: Evidence from advanced, emerging and developing economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 166-173.
<https://doi.org/10.3386/w16150>

- Hatzius, J., Hooper, P., Mishkin, F. S., Schoenholtz, K. L., y Watson, M. W. (2010). *Financial conditions indexes: A fresh look after the financial crisis* (No. w16150). National Bureau of Economic Research.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.082>
- Hounie, A., y Pittaluga, L. (1999). La CEPAL y las nuevas teorías del crecimiento. *Revista de la CEPAL*, 68, 7-33.
- Iyke, B. N. (2015). Electricity consumption and economic growth in Nigeria: A revisit of the energy-growth debate. *Energy Economics*, 51, 166-176.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.05.024>
- Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58-63.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.003>
- International Agency Energy. (2019). *World Energy Outlook*, International Agency Energy.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/98909c1b-aabc-4797-9926-35307b418cdb/WEO2019-free.pdf>
- Jebli, M., Ben Youssef, S., y Ozturk, I. (2015). The Role of Renewable Energy Consumption and Trade: Environmental Kuznetz Curve Analysis for Sub-Saharan Africa Countries. *African Development Review*, 27, 288-300.
<https://doi.org/10.1111/1467-8268.12147>
- Johansen, S., y Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration--With Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Jiménez, F. (2011). *Crecimiento Económico: Enfoques y Modelos*. [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/46946>
- Kahia, M., Aïssa, M. S., y Charfeddine, L. (2016). Impact of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth: New evidence from the MENA Net Oil Exporting Countries (NOECs). *Energy*, 116, 102-115.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.126>
- Kahsai, M. S., Nondo, C., Schaeffer, P. V., y Gebremedhin, T. G. (2012). Income level and the energy consumption–GDP nexus: Evidence from Sub-Saharan Africa. *Energy Economics*, 34(3), 739-746.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.06.006>
- Khanal, A. (2021). Does energy consumption impact the environment?: evidence from australia using the JJ Bayer-Hanck cointegration technique and the autoregressive

- distributed lag test. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(4), 185-194.
- <https://doi:10.32479/ijeep.11163>.
- Kaplan, Y. (Marzo de 2015). Overview of wind energy in the world and assesment of current wind energy policies in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43,562-568.
- <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.027>
- Kargi, B. (2014). Labor Force Participation Rate and Economic Growth: Observations for Turkey. *Universal Journal of Management and Social Sciences*, 4(4) ,46-54.
- Kavousian, A., Rajagopal, R., y Fischer, M. (2013). Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. *Energy*, 55, 184-194.
- <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.086>
- Kazar, G., y Kazar, A. (2014). The Renewable Energy Production-Economic Development Nexus. *International Journal of Energy Economics and Policy* 4(2) ,312-319.
- Komal, R., y Abbas, F. (2015). Linking financial development, economic growth and energy consumption in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44,211-220.
- <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.015>
- Koçak, E., y Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy policy*, 100, 51-57.
- <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.007>
- Lavrov, E., y Kapoguzov, E. (2006). *Economic growth: theories and problems*.
- Lin, B., y Moubarak, M. (2014), Renewable energy consumption-Economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40,111-117.
- <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.128>
- Levine, R., y Renelt, D. (1992). A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions.*The American Economic Review*, 82(4), 942–963.
- Levine, R. (1997). Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda. *Journal of Economic Literature*, 35(2), 688-726.
- Loayza, N., y Soto, R. (2002). *The Sources of Economic Growth: An overview*. Series on Central Banking, Analysis, and Economic Policies, no. 6.
- <https://repositoriodigital.bcentral.cl/xmlui/handle/20.500.12580/3679>
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic developmen. *Journal of Monetary Economics*,22(1), 3-4.
- [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)

- Lutz, F. A. (1961). *The theory of capital*: Proceedings of a conference held by the international economic association (D. C. Hague, Ed.). Palgrave Macmillan UK.
- Martínez, A., y Caro, R. (2010). *Fuentes Energéticas*. Difusión de Alertas en la Red: Universidad de La Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4548648.pdf>
- Mayoral, F. (2019). *Revisión histórica de los modelos postkeynesianos de crecimiento y distribución del ingreso*. Biblioteca de la FLACSO. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/58117.pdf>
- Marx, K. (1867). *El capital (Tomo I)*. Red de Bibliotecas CRAI LANDÍVAR. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/CAPTOM1.pdf>
- McClelland, D. (1996). Does Education Accelerate Economic Growth? *Economic Development and Cultural Change*, 14(3), 257-277. <https://doi.org/10.1086/450163>
- McDermott, J. (1999). Mercantilism and modern Growth. *Journal of Economic Growth*. <https://www.jstor.org/stable/40215998>
- Menegaki, A, N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy economics*, 33(2), 257-263. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.10.004>
- Menegaki, A., y Ozturk, I. (2013). Growth and energy nexus in Europe revisited: Evidence from a fixed effects political economy model. *Energy Policy*, 61, 881-887. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.076>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2019). *Balance Energético Nacional*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. https://drive.google.com/file/d/1v1GWIJGk0eFf5mNSyuG9yDBY2nVz13h_/view
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Expansión de la Generación*. Ministerio de Energía y Minas. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Transformación y Situación actual del Sector Eléctrico*. Ministerio de Energía y Minas. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf>
- Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. (2020). *Expansión de la Generación*. Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>
- Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. (2020). *Transformación y Situación Actual del Sector Eléctrico*. Ministerio de Energía y Recursos No Renovables.

<https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf>

- Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. (2021). *Ecuador consolida la producción eléctrica a partir de fuentes renovables*. Ministerio de Energía y Recursos No Renovables. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- Moreno, Á. (2008). Las leyes de desarrollo Económico de Kaldor: El caso Colombiano. *Revista de Economía Institucional*, 10(18), 129-147.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextypid=S0124-59962008000100006
- Naciones Unidas. (2023) *¿Qué es la energía renovable* Naciones Unidas?
<https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy>
- Narayan, S., y Doytch, N. (2017). An investigation of renewable and non-renewable energy consumption and economic growth nexus using industrial and residential energy consumption. *Energy Economics*, 68, 160-176.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.09.005>
- Ng, S., y Perron, P. (2001). Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power. *Econometrica*, 69(6), 1519-1554.
<https://doi.org/10.1111/1468-0262.00256>
- Nkoro, E., y Uko, A, K. (2016). Autoregressive Distributed Lag (ARDL) cointegration technique: application and interpretation. *Journal of Statistical and Econometric methods*, 5(4), 63-91
- Nelson. R., y Phelps, E. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, 56, 69-75.
<https://doi.org/10.4236/tel.2017.72017>
- Obando, H, R. (2003). Modelos de corrección de errores y co integración: A propósito del premio Nobel de economía. *Ensayos de Economía*, 13(23), 141-148.
- Ocal, O., y Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption- economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28,494-499.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.036>
- Ohlan, R. (2016). Renewable and nonrenewable energy consumption and economic growth in India. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(11), 1050-1054.
<https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1190801>
- Organización de Naciones Unidas. (2022) *¿Que son las energías renovables?* Organización de Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable->

C3%A9rica%20-
%20Michael%20Parkin%20Gerardo%20Esquivel%20y%20Mercedes%20Mu%C
3%B1oz.pdf

Payne, J. (Abril de 2009). On the dynamics of energy consumption and output in US. *Applied Energy*, 86, 575-577.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.003>

Pesaran, M., Shin, Y., y Smith, R. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Applied Economics*, 16, 289-326.

<http://refhub.elsevier.com/S1364-1630854-sbref51>

Pokrovskii, V. (2018). *Econodynamics, The Theory of Social Production*. Springer International Publishing

Quintero, J., y Quintero, L. (2015). Tidal energy: potencial energy and environment. *Gestión y Ambiente* 18 (2) ,121-134.

Rafindadia, A., y Ozturkb, I. (2017). Impacts of renewable consumption on the German Economic growth: Evidence from combined cointegration test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75,1130-1141.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.093>

Ramos, A. (2013). *Evolución de los factores que determinan el consumo energético residencial*. Economics for Energy Blog.

<https://economicsforenergy.wordpress.com/2013/03/08/evolucion-de-los-factores-que-determinan-el-consumo-energetico-residencial/>

Rasoulinezhad, E., y Saboori, B. (2018). Panel estimation for renewable and non-renewable energy consumption, economic growth, CO2 emissions, the composite trade intensity, and financial openness of the commonwealth of independent states. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 17534-17370.

<https://doi.org/10.1007/s11356-018-1827-3>

Reid, G. (1989). *Classical Economic Growth: An Analysis in the Tradition of Adam Smith*, New York: Basic Blackwell Ltd.

Reyes, A. (2020). *La importancia de la Energía Eléctrica en la actualidad*, CITE Energía. http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2020/12/Ing.-Ambar-Reyes-Zacarias_compressed.pdf

Ricoy, C. (2005). La teoría de crecimiento económico de Adam Smith. *Economía y Desarrollo*, 138, 11-47.

REPSOL. (2022) *¿Qué es la energía eléctrica?* REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-innovacion/energia-futuro/transicion-energetica/energia-electrica/index.cshtml#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%20es%20un%20generador%20llamada%20corriente%20el%C3%A9ctrica.>

- REPSOL. (2022). *¿Qué es la energía solar?* REPSOL.
<https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/energia-solar/index.cshtml>
- REPSOL. (2022). *La energía del viento*. REPSOL.<https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias-renovables/energia-eolica/index.cshtml#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20tipos%20de%20energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica.conocida%20como%20energ%C3%ADa%20e%C3%B3lica%20offshore.>
- Rivera, I. (2017). *Principios de Macroeconomía: Un enfoque de sentido común*, Universidad Católica del Perú. <https://files.pucp.education/departamento/economia/lde-2017-04.pdf>
- Rodríguez, C. (2016). *¿Cómo se mide el consumo de energía eléctrica?* Programa de Rehabilitación de Redes Eléctricas. <https://redeselectricasrd,cdeee.gob.do/como-se-mide-el-consumo-de-energia-electrica/>
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political of Economy*, 98(5), S71–S102.
- Romer, R. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
<https://doi.org/10.1515/ethemes-2016-0009>
- Rostow, W., y Kennedy, M. (1990). *Theorist of Economic Growth from David Hume to the present: with a perspective on the next century*, *Economic Development and Cultural Change*, 41(3), 663–667.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies *Energy Policy* 37,4021–4028.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
- Sala-i-Martin, X., Doppelhofer, G., y Miller, R. I. (2004). Determinants of long-term growth: A Bayesian averaging of classical estimates (BACE) approach. *American economic review*, 94(4), 813-835.
<https://doi.org/10.1257/0002828042002570>
- Salim, R, A., Hassan, K., y Shafiei, S. (2014). Renewable and non-renewable energy consumption and economic activities: Further evidence from OECD countries. *Energy economics*, 44, 350-360.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.05.001>
- Samuelson, P, A., y Nordhaus, W. (2001). *Macroeconomía*. Mc Graw Hill.
<https://edupointvirtual.com/wp-content/uploads/2020/03/Macroeconomia-Samuelson-Nord.pdf>

- Samuel, Y, A., Manu, O., y Wereko, T, B. (2013). Determinants of energy consumption: A review. *International Journal of Management Sciences*, 1(12), 482-487.
- Sari, R., y Ewing, B. (Septiembre de 2008). The relationship between disaggregate energy consumption and industrial production in the United State: An ARDL approach, *Energy Economics*, 30,2302-2313. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.10.002>
- Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., , , , Subiela, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Gobierno de Canarias. <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M., y Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 576-585. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.017>
- Shahbaz, M., Van Hoang, T, H., Mahalik, M, K., y Roubaud, D. (2017). Energy consumption, financial development and economic growth in India: New evidence from a nonlinear and asymmetric analysis. *Energy Economics*, 63, 199-212. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.01.023>
- Shahbaz, M., Raghutla, C., Reddy, K., Jiao, Z., y Vinh Vo, X. (2020). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from the renewable energy country attractive index. *Energy*, 207, 118-162. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118162>
- Shahbaz, M., Song, M., Ahmad, S., y Vo, X, V. (2022), Does economic growth stimulate energy consumption? The role of human capital and RyD expenditures in China. *Energy Economics*, 105, 105662. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105662>
- Sharipov, I. (2015). Contemporary Economic Growth models and theories: A literature review. *CES Working Papers*, 7, 759 -772.
- Shrestha, M, B., y Bhatta, G, R. (2018). Selecting appropriate methodological framework for time series data analysis. *The Journal of Finance and Data Science*, 4(2), 71-89. <https://doi.org/10.1016/j.jfds.2017.11.001>
- Sineviciene, L., Sotnyk, I., y Kubatko, O. (2017), Determinants of energy efficiency and energy consumption of Eastern Europe post-communist economies. *Energy y Environment*, 28(8), 870–884. <https://doi.org/10.1177/0958305X17734>

- Solarin, S. A., y Ozturk, I. (2015). On the causal dynamics between hydroelectricity consumption and economic growth in Latin America countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1857-1868.
- <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.003>
- Solow, R. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39, 312-320.
- <https://doi.org/10.2307/1926047>
- Soría Energía . (2019). *¿Qué es el consumo energético?* Soría Energía.
<https://soriaenergia.com/que-es-el-consumo-energetico/>
- Spiegeler, C., y Cifuentes, J. (2007). *Definición e Información de Energías Renovables*. [Tesis de pregrado]. Universidad San Carlos de Guatemala.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/4455/1/DEFINICION%20E%20INFORMACION%20DE%20ENERGIAS%20RENOVABLES.pdf>
- Sweeney, J. (2011). *Energy Economics, International Encyclopedia of the Social y Behavioral Sciences*, 4513-4520.
- <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/04174-7>
- Tiwari, A, K., Olayeni, R, O., Chang, Y, C., y Chang, T. (2020). The hydroelectricity consumption and economic growth in Asian countries-evidence using an asymmetric cointegration approach. *Applied Economics*, 52(37), 3999-4017.
- <https://doi.org/10.1080/00036846.2020.1730755>
- Total Energies. (2021). *¿Qué es y cómo se mide el consumo energético?* Total Energies.
<https://www.totalenergies.es/es/pymes/blog/consumo-energetico>
- Tugcu, C., Ozturk, I., y Aslan, A. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries. *Energy Economics*, 34,1942-1950.
- <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.021>
- Tugcu, C, T., y Topcu, M. (2018). Total, renewable and non-renewable energy consumption and economic growth: Revisiting the issue with an asymmetric point of view. *Energy*, 152, 64-74.
- <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.128>
- Tuna, G., y Tuna, V, E. (2019). The asymmetric causal relationship between renewable and NON-RENEWABLE energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Resources Policy*, 62, 114-124.
- <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.03.010>

- University of Colorado Boulder. (2015). *The energy Geothermal*, University of Colorado Boulder.
<http://lsa.colorado.edu/essence/texts/geothermal.html#:~:text=There%20are%20four%20main%20kinds.hot%20dry%20rock%2C%20and%20magma.>
- Vayas, T. (2021). *Evolución del Producto Interno Bruto en Ecuador*, Facultad de Contabilidad y Auditoría.
https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipticos/Diptico_N60.pdf
- Water Science School. (2016). *Hydroelectric Power: How it Works*. Water Science School,
<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/hydroelectric-power-how-it-works>
- Wolde-Rufael, Y. (2014). Electricity consumption and economic growth in transition countries: A revisit using bootstrap panel Granger causality analysis. *Energy Economics*, 44, 325-330.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.04.019>
- Wu, H., Hao, Y., y Ren, S. (2020). How do environmental regulation and environmental decentralization affect green total factor energy efficiency: Evidence from China. *Energy Economics*, 91, 104880.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104880>
- Yildirim, E., Saraç, Ş., y Aslan, A. (December de 2012). Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 6770-6774.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.004>
- Zhang, Y. (2017). The Indirect energy consumption and CO2 emission caused by household consumption in China: an analisis based on the input-output method. *Journal of Cleaner Production*, 163, 69-83.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044>
- Zivot, E., y Andrews, D, W. (1992). Further evidence on the Great Crash, the oil-price shocks, and the unit-root hypothesis. *Journal of business y economic statistics*, 20(1), 25-44.
<https://doi.org/10.1198/073500102753410372>

8. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos utilizada en el estudio

Tabla 16

Base de datos empleada en el estudio

AÑO	PIB_PC(MI LES)	CONSUMO_PERCAPITA_R ENE_KWH	FBKF(U MN)	FL(TOTAL_MIL LONES)
1990	3018	1441	55983690 00	3990575
1991	3075	1433	59990380 00	4116536
1992	3068	1372	60742520 00	4237386
1993	3059	1567	60873420 00	4356409
1994	3119	1732	64403940 00	4493256
1995	3120	1332	63699450 00	4617885
1996	3107	1602	61771750 00	4737316
1997	3174	1616	66626400 00	4919056
1998	3212	1577	69613160 00	5211160
1999	2999	1705	52058290 00	5324927
2000	2975	1774	58537930 00	5439835
2001	3039	1608	70395540 00	5547949
2002	3108	1670	83131700 00	5658731
2003	3139	1557	83445080 00	5771714
2004	3340	1571	87851310 00	6098242
2005	3458	1449	97289920 00	6192115
2006	3550	1475	10213818 000	6429939

2007	3568	1836	10593947 000	6464362
2008	3732	2229	12286215 000	6589827
2009	3693	1791	11843329 000	6481412
2010	3763	1647	13050148 000	6488680
2011	3997	2073	14920791 000	6533045
2012	4159	2230	16496168 000	6743271
2013	4300	1985	18214094 000	6863959
2014	4395	2042	18626338 000	7050017
2015	4329	2278	17465280 000	7551558
2016	4203	2685	15917104 000	7955978
2017	4227	3284	16762299 000	8194875
2018	4207	3300	17093007 000	8196417
2019	4137	3863	16528750 000	8312171
2020	3757	3724	13382888 000	7697701
2021	3862	3829	13962467 000	8447356

Nota. La tabla muestra los datos utilizados en el estudio en base a Banco Mundial y Our World in Data

Anexo 2. Pruebas a las variables de estabilidad en varianza

Test for Equality of Variances of PIB_PC_MILES_

Categorized by values of PIB_PC_MILES_

Date: 02/25/23 Time: 22:08

Sample: 1990 2021

Included observations: 32

Method	df	Value	Probability
Bartlett	3	3.995279	0.2620
Levene	(3, 28)	0.843491	0.4817
Brown-Forsythe	(3, 28)	0.676997	0.5734

Test for Equality of Variances of CONSUMO_PERCAPITA_RENE_KW

H

Categorized by values of CONSUMO_PERCAPITA_RENE_KWH

Date: 02/25/23 Time: 22:10

Sample: 1990 2021

Included observations: 32

Method	df	Value	Probability
Bartlett	2	2.837713	0.2420
Levene	(2, 29)	2.471278	0.1021
Brown-Forsythe	(2, 29)	1.100391	0.3462

Test for Equality of Variances of CONSUMO_PERCAPITA_RENE_KW

H

Categorized by values of FL_TOTAL_MILLONES_

Date: 02/25/23 Time: 22:10

Sample: 1990 2021

Included observations: 32

Method	df	Value	Probability
Bartlett	5	20.16306	0.0012
Levene	(5, 26)	4.199248	0.0063
Brown-Forsythe	(5, 26)	3.432242	0.0163

Test for Equality of Variances of FBKF_UMN_

Categorized by values of FBKF_UMN_

Date: 02/25/23 Time: 22:11

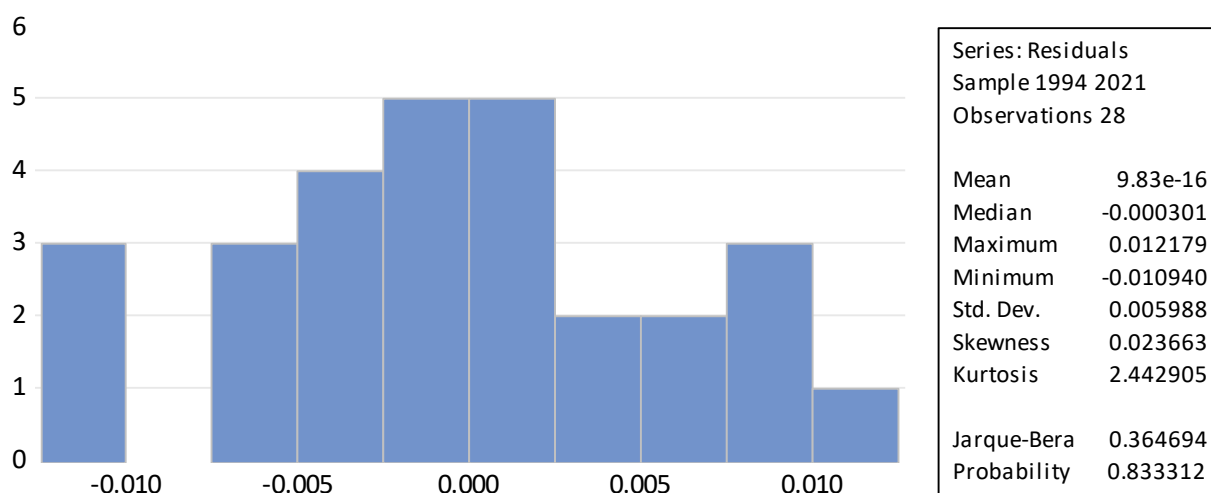
Sample: 1990 2021

Included observations: 32

Method	df	Value	Probability
Bartlett	2	2.059334	0.3571
Levene	(2, 29)	1.280578	0.2931
Brown-Forsythe	(2, 29)	0.971100	0.3906

Anexo 3. Pruebas de diagnóstico

Test de Jarque –Bera (Normalidad)



Test Breusch-Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:
Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	2.303351	Prob. F(4,9)	0.1373
Obs*R-squared	14.16404	Prob. Chi-Square(4)	0.0068

Test Breusch-Pagan-Godfrey

Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey
Null hypothesis: Homoskedasticity

F-statistic	1.880824	Prob. F(14,13)	0.1317
Obs*R-squared	18.74534	Prob. Chi-Square(14)	0.1749
Scaled explained SS	2.915222	Prob. Chi-Square(14)	0.9992

Anexo 4. Regresión lineal multivariante con problemas de autocorrelación

Tabla 17

Modelo de regresión multivariante

Variables	Coefficiente	Error estándar	T- Estadístico	Probabilidad
$\ln \text{CPEER}_t$	0.035375	0.025793	1.432599	0,1630
$\ln \text{FBKF}_t$	0,349310	0,024002	14.55335	0,0000
$\ln \text{FL}_t$	-0.124219	0,056554	-2.196465	0,0365
C	1.798776	0.422944	4.252990	0.0002
R ²		0,970428		
Durbin-Watson		0.725393		
Prob(F- Estadístico)		0,000000		

Nota. Análisis de regresión multivariante

Anexo 5. Correlograma de la regresión lineal multivariante

Date: 03/24/23 Time: 07:49

Sample: 1990 2021

Included observations: 32

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.634	0.634	14.100	0.000
		2	0.134	-0.448	14.747	0.001
		3	-0.271	-0.228	17.494	0.001
		4	-0.418	-0.047	24.298	0.000
		5	-0.305	0.042	28.057	0.000
		6	-0.198	-0.259	29.691	0.000
		7	-0.015	0.151	29.701	0.000
		8	0.094	-0.064	30.103	0.000
		9	0.127	-0.027	30.866	0.000
		10	0.077	-0.091	31.161	0.001
		11	-0.101	-0.180	31.690	0.001
		12	-0.232	-0.121	34.611	0.001
		13	-0.318	-0.192	40.414	0.000
		14	-0.292	-0.178	45.566	0.000
		15	-0.115	-0.015	46.419	0.000
		16	0.078	-0.077	46.833	0.000

Anexo 6. Correlograma de la regresión lineal multivariante -aplicación AR(1) Y MA(1)

Date: 03/24/23 Time: 07:52

Sample: 1990 2021

Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*	
		1	-0.052	-0.052	0.0965	
		2	0.197	0.195	1.5033	
		3	0.065	0.087	1.6623	0.197
		4	-0.157	-0.197	2.6237	0.269
		5	0.111	0.070	3.1226	0.373
		6	-0.276	-0.218	6.3117	0.177
		7	0.157	0.148	7.3798	0.194
		8	-0.194	-0.158	9.0837	0.169
		9	-0.130	-0.140	9.8825	0.195
		10	-0.099	-0.174	10.364	0.240
		11	-0.236	-0.103	13.251	0.152
		12	-0.243	-0.405	16.462	0.087
		13	-0.016	0.119	16.476	0.124
		14	0.045	0.002	16.600	0.165
		15	0.016	0.002	16.616	0.217
		16	0.005	-0.237	16.618	0.277

*Probabilities may not be valid for this equation specification.

