UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencias de la Administración

Carrera de Economía

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE ECUADOR EN UN PERIODO DE 2013 - 2023

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de Economista

Autora:
María Cristina García Sarmiento

Directora:
María Gabriela Fajardo Monroy

Cuenca – Ecuador

2025

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, mis papás que son mi apoyo y sustento diario, a mis hermanos que quiero con el alma, a mi sobrina Rafaella que es mi vida entera, a mi abuela Tina y mi abuelo Jorge que, aunque el ya no esté de manera física se que hubiera celebrado este logro conmigo.

AGRADECIMIENTO

De igual manera, esto se lo agradezco a toda mi familia, a mi mamá porque con su trabajo me permitió recibir esta educación, mi papá y hermanas por su ayuda y amparo incondicional desde el primer día. También agradezco a todos y cada uno de los profesores que me acompañaron y me enseñaron durante estos últimos años, me llevo mucho conocimiento

Índice de Contenidos

Dedicatoria ii
Agradecimiento iii
Índice de Contenidos iv
Índice de Figuras v
Índice de Tablas vi
Índice de Anexos vii
Resumen viii
Abastract ix
1. Introducción 1
2. Marco Teórico y Estado del Arte 3
3. Métodos 10
4. Resultados 12
6. Conclusiones 20

Índice de Figuras

Figura 1 13

Índice de Tablas

Tabla 1..... 14
Tabla 2..... 15
Tabla 3..... 16

Índice de Anexos

Anexo 1 25
Anexo 2 26
Anexo 3 26

RESUMEN

Este estudio analiza la relación de largo plazo entre el Producto Interno Bruto per cápita (PIBpc), el Consumo de Energía (CE), la Inversión (INV) y la apertura comercial (AC) en Ecuador durante el período 2013-2023. Utilizando pruebas de cointegración de Johansen y un modelo de corrección de error (VECM), se identificó la existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo entre estas variables. Los resultados muestran que el CE y la INV tienen un efecto positivo y significativo sobre el PIBpc, mientras que la AC presenta un impacto negativo. Esto puede atribuirse a la estructura comercial del país, caracterizada por la dependencia de exportaciones de productos primarios e importaciones de bienes manufacturados. Además, se verificó que el PIBpc, CE e INV se ajustan gradualmente hacia el equilibrio en el corto plazo, mientras que la AC muestra un ajuste más rápido y en sentido negativo. Entre las limitaciones del estudio se destaca el uso de datos agregados a nivel nacional, la falta de consideración de aspectos cualitativos relacionados con la eficiencia energética y el uso desagregado de AC. Futuros estudios pueden abordar estas limitaciones y realizar comparaciones con otros países de la región para identificar similitudes o diferencias relevantes. Este análisis proporciona evidencia empírica que puede ser útil para entender el crecimiento económico basado en el consumo energético de Ecuador. Asimismo, se sugiere un análisis desagregado por sectores económicos y regiones, así como la inclusión de variables relacionadas con la eficiencia energética en futuras investigaciones.

Palabras clave: análisis económico, balance energético, causalidad, correlación, estructura económica, electricidad, econometría

ABSTRACT

This study analyzes the long-run relationship between Gross Domestic Product per capita (GDPpc), Energy Consumption (EC), Investment (INV) and Trade Openness (TA) in Ecuador during the period 2013-2023. Using Johansen cointegration tests and an error correction model (VECM), the existence of long-run equilibrium relationships between these variables was identified. The results show that CE and INV have a positive and significant effect on GDPpc, while CA presents a negative impact. This can be attributed to the country's trade structure, characterized by dependence on exports of primary products and imports of manufactured goods. In addition, it was verified that GDPcpc, EC and INV adjust gradually towards equilibrium in the short term, while CA shows a faster and negative adjustment. Among the limitations of the study, the use of aggregated data at the national level, the lack of consideration of qualitative aspects related to energy efficiency and the disaggregated use of CA stand out. Future studies can address these limitations and make comparisons with other countries in the region to identify relevant similarities or differences. This analysis provides empirical evidence that may be useful for understanding Ecuador's energy-based economic growth. Also, a disaggregated analysis by economic sectors and regions is suggested, as well as the inclusion of variables related to energy efficiency in future research.

Keywords: Correlation, causality, electricity, energy balance, economic structure, econometrics, economic analysis

1. Introducción

El consumo de energía y el crecimiento económico están estrechamente relacionados, ya que la disponibilidad y el uso eficiente de la energía son factores clave para el desarrollo productivo de un país. En el caso de Ecuador, cuya economía ha dependido históricamente de la exportación de recursos naturales como el petróleo, la transición energética y su impacto en la actividad económica adquieren una relevancia particular. Durante el período 2013-2023, el país ha experimentado cambios estructurales importantes en su sector energético, destacando la construcción de grandes proyectos hidroeléctricos que han permitido un incremento significativo en la generación de electricidad, así como esfuerzos por diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles. No obstante, estas transformaciones han ocurrido en un contexto económico complejo, caracterizado por crisis derivadas de la caída de los precios del petróleo y sus efectos negativos sobre la inversión.

A pesar de que diversos estudios han explorado la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en otros países, la literatura específica para Ecuador es aún limitada. Algunos estudios en la región han señalado la existencia de una relación positiva entre el consumo energético y el crecimiento económico (Robayo, 2020; Rentería et al., 2016), mientras que otros sugieren que dicha relación puede ser negativa cuando se trata de fuentes de energía renovable debido a sus costos y limitaciones tecnológicas (Acaravci & Ozturk, 2010). Estas inconsistencias evidencian la necesidad de un análisis específico para Ecuador, considerando sus particularidades económicas y su estructura energética.

En este sentido, es relevante considerar que Ecuador ha experimentado un aumento significativo en su consumo energético en la última década. Durante el período 2013-2023, el consumo de energía eléctrica por habitante pasó de 1.304 kWh a 1.680 kWh, lo cual representa un incremento del 28,8% (Ministerio de Energía y Minas, 2024). Este crecimiento en la demanda energética refleja el desarrollo económico y social del país. Sin embargo, el aumento en la demanda ha superado la capacidad de producción nacional, con una producción neta total de energía de 31.903,26 GWh en 2023, de los cuales 25.217,54 GWh provinieron de generación hidroeléctrica, exponiendo la vulnerabilidad del país ante períodos de sequía que ocasionan cortes de energía y afectan

negativamente la economía (CENACE, 2024; The Guardian, 2024). Asimismo, se debe considerar que el crecimiento económico en Ecuador fue positivo hasta 2019, con un promedio anual cercano al 2,5%, pero se registró una contracción significativa de aproximadamente -7,8% en 2020 debido a la pandemia de COVID-19, seguida de un proceso de recuperación gradual en 2021 y 2022 (Banco Central del Ecuador, 2024). Este escenario evidencia la importancia de evaluar la relación entre el consumo energético y el crecimiento económico, así como de identificar posibles vulnerabilidades y áreas de mejora en las políticas energéticas implementadas.

Esta investigación busca determinar la influencia de los cambios en el consumo de energía en el crecimiento económico del país. Esto implica formular preguntas sobre la relación existente entre estas variables, el impacto que el consumo energético tiene sobre el PIB y el papel que desempeña la apertura comercial en esta dinámica. Además, es fundamental evaluar la efectividad de las políticas energéticas implementadas y su contribución al desarrollo económico. Este análisis puede ofrecer *insights* valiosos no solo para Ecuador, sino también para otros países en desarrollo que enfrentan desafíos similares al intentar equilibrar sus necesidades energéticas con objetivos de crecimiento económico y sostenibilidad ambiental (Ponce-Jara et al., 2018).

En este contexto, el objetivo general de esta investigación es analizar la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en Ecuador durante el período 2013-2023. Para alcanzar este propósito, se plantean tres objetivos específicos: describir la evolución del consumo de energía en Ecuador durante dicho período, examinar el comportamiento del crecimiento económico en el mismo intervalo de tiempo y determinar la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico, considerando además el impacto de la apertura comercial y la inversión como factores relevantes en esta relación.

Este estudio captura un momento crucial de transformación en Ecuador, caracterizado por cambios significativos en su sector energético y en su economía. A diferencia de investigaciones previas que se han enfocado en la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico de manera general, este análisis considera de manera específica cómo las variaciones en el consumo de energía, la inversión y la apertura comercial han influido en el desempeño económico del país durante el período indicado.

Para lograr los resultados obtenidos en la investigación se aplicaron pruebas de cointegración de Johansen y un modelo de corrección de error (VECM) para examinar la relación de largo plazo entre el PIB per cápita, el consumo de energía, la inversión y la apertura comercial en Ecuador durante el período. En donde, los resultados obtenidos mostraron que las variables están cointegradas, lo cual evidencia la existencia de relaciones estables de largo plazo entre ellas. Además, se identificó que tanto el consumo de energía como la inversión influyen positivamente en el PIBpc, mientras que la apertura comercial presenta un efecto negativo. Estos hallazgos destacan la importancia de analizar conjuntamente estas variables para comprender mejor las dinámicas económicas de Ecuador.

Tras esta investigación, la estructura del artículo se organiza de la siguiente manera: en la segunda sección se presenta el marco teórico y el estado del arte, donde se discuten conceptos fundamentales y estudios previos relacionados con la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Posteriormente, en la tercera sección se describe detalladamente la metodología empleada, en la cuarta sección se exponen los principales resultados obtenidos, seguidos de un análisis comparativo en la discusión. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio, destacando los hallazgos más relevantes, sus implicaciones y posibles líneas de investigación futura.

2. Marco Teórico y Estado del Arte

El consumo de energía se refiere a la cantidad de energía utilizada por diferentes sectores económicos y sociales para satisfacer sus necesidades. Se clasifica en energía primaria, que es la energía en su forma natural antes de ser transformada, como el petróleo crudo, el gas natural y la hidroenergía, y energía final, que es la energía lista para el consumo después de haber sido transformada y distribuida, como la electricidad y los combustibles refinados (International Energy Agency, 2023). En Ecuador, el consumo de energía se mide utilizando diversas unidades estandarizadas que permiten la evaluación y comparación del uso energético en diferentes sectores económicos. Además, se utiliza el Kilovatio-hora (kWh) para medir el consumo de energía eléctrica en sectores residenciales, comerciales e industriales, siendo la unidad más comúnmente reportada para evaluar el consumo eléctrico a nivel nacional.

El consumo energético en Ecuador se divide principalmente en los sectores residencial, industrial y comercial, cada uno con patrones específicos de demanda y uso. El sector residencial consume energía para actividades cotidianas como iluminación, refrigeración y cocción; el sector industrial utiliza la energía para procesos productivos y manufactura; y el sector comercial emplea la energía en actividades de servicios, oficinas y retail (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador, 2022).

Diversos factores determinan el consumo de energía en Ecuador, entre los que destacan la demografía, la urbanización, la industrialización y la eficiencia energética. El crecimiento poblacional implica una mayor demanda de servicios energéticos, mientras que la urbanización, con la expansión de las ciudades y la infraestructura, incrementa el consumo en el sector residencial y de servicios. La industrialización promueve un uso intensivo de energía en la manufactura y producción, contribuyendo a un mayor consumo energético en el sector productivo. Por otro lado, la eficiencia energética, impulsada por políticas gubernamentales y avances tecnológicos, ha desempeñado un papel clave en la optimización del uso de recursos, reduciendo el desperdicio y promoviendo un consumo más sostenible (Banco Interamericano de Desarrollo, 2021). Estos factores han influenciado la estructura del consumo energético en Ecuador, generando la necesidad de un enfoque integral para su gestión eficiente.

El Producto Interno Bruto (PIB) es un indicador clave para medir la actividad económica de un país. Representa el valor agregado de todos los bienes y servicios finales generados dentro de una economía en un periodo específico. Para su cálculo, se emplean tres enfoques: el enfoque de la producción, que mide el PIB sumando el valor agregado en cada etapa de producción; el enfoque del gasto, que considera el consumo de los hogares, la inversión, el gasto público y la balanza comercial; y el enfoque del ingreso, que mide la suma de las remuneraciones a los factores productivos, como salarios, rentas y utilidades generadas en el proceso productivo (Fondo Monetario Internacional, 2008).

En Ecuador, el desarrollo económico se evalúa principalmente mediante el PIB real, que resulta de ajustar el PIB nominal para eliminar el impacto de la inflación, permitiendo así medir el crecimiento en términos constantes. Esta corrección permite una comparación más precisa del desempeño económico en diferentes años. El PIB per cápita es otro indicador clave, ya que proporciona información sobre el nivel de ingresos promedio de la población y su evolución en el tiempo. El Banco Central del Ecuador es

la entidad encargada de calcular y reportar estas métricas, siguiendo metodologías internacionales establecidas por organismos como el FMI y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (Banco Central del Ecuador, 2021).

El PIB no solo mide la producción total, sino que también permite evaluar el comportamiento de sectores específicos de la economía. En este sentido, el análisis del crecimiento sectorial es fundamental para identificar las áreas con mayor dinamismo dentro de la economía ecuatoriana. Sectores como el comercio, la manufactura, la construcción y la energía tienen una participación significativa en el PIB. Particularmente, el sector energético ha sido objeto de estudio debido a su impacto en el crecimiento económico y la productividad de otras industrias.

El método del gasto, desglosa el PIB en cuatro componentes fundamentales: consumo, inversión, gasto público y exportaciones netas (Mankiw, 2020).

El consumo (C) se refiere al gasto total de los hogares en la adquisición de bienes y servicios finales. Esto abarca bienes duraderos, como vehículos y electrodomésticos; bienes no duraderos, como ropa y alimentos; y diversos servicios, como educación, salud y transporte. Dentro de las economías modernas, el consumo comúnmente es el componente más significativo del PIB, dado que refleja la demanda interna y el poder adquisitivo de la población. Su variación está influenciada por factores como la confianza del consumidor, los ingresos disponibles y la política monetaria (Krugman & Wells, 2018).

Otro componente clave es la inversión (I), que abarca el gasto en bienes de capital utilizados para la producción futura. Este rubro incluye la inversión en infraestructura, maquinaria, equipos y construcción de edificaciones, tanto residenciales como comerciales. También se consideran las variaciones en los inventarios de las empresas, ya que reflejan la acumulación o reducción de bienes producidos, pero aún no vendidos. La inversión es esencial para el crecimiento económico, ya que impulsa la capacidad productiva y la innovación dentro de la economía (Blanchard, 2017).

El gasto público (G) comprende las inversiones y desembolsos que realiza el gobierno para adquirir bienes y servicios, con el objetivo de garantizar el funcionamiento del Estado y promover el bienestar social. Incluye el financiamiento de sectores como educación, salud, seguridad y obras públicas. Sin embargo, este componente no considera

transferencias como pensiones o subsidios, ya que estas no corresponden a la compra directa de bienes y servicios, sino a la redistribución de ingresos. La participación del gasto público en el PIB varía según el modelo económico de cada país y las decisiones de política fiscal adoptadas por el gobierno (Stiglitz & Rosengard, 2015).

Finalmente, las exportaciones netas (X - M) indican el balance entre las exportaciones (X) y las importaciones (M) de bienes y servicios. Las exportaciones hacen referencia a la producción nacional vendida en mercados internacionales, mientras que las importaciones abarcan los bienes y servicios comprados a otros países. Si las exportaciones superan a las importaciones, se genera un superávit comercial que contribuye positivamente al PIB; por el contrario, si las importaciones son mayores, se produce un déficit comercial que resta valor a la producción nacional (Dornbusch, Fischer & Startz, 2017).

La relación entre estos cuatro componentes se expresa matemáticamente a través de la ecuación del PIB según el enfoque del gasto:

$$PIB = C + I + G + (X - M) \quad (1)$$

El modelo (1) permite analizar la estructura del crecimiento económico y determinar el impacto de cada uno de los factores en la evolución del PIB. Su interpretación es fundamental para el diseño de políticas económicas orientadas a estimular la demanda agregada, fomentar la inversión y mejorar la competitividad del comercio exterior (Mankiw, 2020). En el caso de países en desarrollo, como Ecuador, el análisis de los componentes del PIB resulta clave para identificar los sectores con mayor dinamismo y formular estrategias que promuevan un crecimiento económico sostenible.

Sin embargo, en el modelo se utiliza la Apertura Comercial debido a que este indicador permite analizar qué tan expuesta está una economía al comercio exterior y su capacidad para interactuar con mercados internacionales. A diferencia de las exportaciones netas, que solo muestran el saldo entre ventas y compras externas, la apertura comercial revela el peso total del comercio en relación con la producción interna, esto de acuerdo con Salvatore (2014).

Con base en los conceptos y teorías expuestas en el marco teórico, resulta fundamental revisar investigaciones previas que hayan abordado la relación entre el

consumo de energía y el crecimiento económico en diferentes contextos. A continuación, se presenta el estado del arte que recopila y analiza estudios relevantes, con el propósito de identificar enfoques metodológicos, hallazgos principales y vacíos en la literatura que esta investigación busca abordar.

La conexión entre el uso de energía y el crecimiento económico en diversas naciones y regiones es fundamental para los formuladores de políticas económicas y energéticas. Analizar esta relación facilita la comprensión del impacto de la energía y el comercio en el desarrollo económico, así como la influencia de las estrategias energéticas y comerciales en la sostenibilidad y el progreso a largo plazo. De acuerdo con Campo & Sarmiento (2011), desde la década de los setenta comenzaron a tomar mayor importancia las investigaciones sobre este tema, en donde economistas y especialistas de distintas disciplinas analizaron la relación entre el consumo de energía y el PIB utilizando diferentes enfoques y metodologías.

Varios estudios han abordado la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en diversas economías alrededor del mundo. En el caso de China, Kahrl & Roland-Holst (2008) examinan cómo el rápido crecimiento de las exportaciones ha contribuido al aumento en la demanda de energía, sugiriendo que el comercio es un importante motor de crecimiento económico, pero también un factor que incrementa el consumo energético, lo que plantea desafíos para la sostenibilidad. Shahbaz et al. (2013) también confirman en su estudio sobre China que el desarrollo del comercio tiene un efecto positivo en el crecimiento económico y el consumo de energía, resaltando la necesidad de estrategias integradas que promuevan tanto el crecimiento económico como la eficiencia energética. Farhani et al. (2014) estudian el caso de Túnez y muestran que el consumo de gas natural tiene un impacto positivo en el crecimiento económico. Además, el comercio y la formación bruta de capital también juegan un papel crucial en la promoción del crecimiento, y la causalidad bidireccional entre el consumo de gas natural y el PIB sugiere que las políticas de conservación de energía deben implementarse cuidadosamente para no afectar el crecimiento económico.

En Europa, Acaravci & Ozturk (2010) analiza la relación entre el consumo de energía, las emisiones de CO_2 y el crecimiento económico. Los autores concluyen que existe un vínculo entre el uso de energía y el crecimiento económico, aunque la validez de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets se verifica únicamente en ciertos países.

Esto sugiere que a medida que las economías crecen, la contaminación puede disminuir, pero solo después de alcanzar cierto umbral de desarrollo. Por otro lado, en Turquía, Halicioglu (2011) concluye que el consumo de energía tiene un impacto significativo en el crecimiento económico tanto a corto como a largo plazo, lo que resalta la importancia de la inversión en infraestructura energética para sostener el crecimiento económico.

En el contexto de Asia, Lean & Smyth (2010), estudiando Malasia, encuentran una relación bidireccional entre el consumo de electricidad y el PIB, lo que implica que el desarrollo económico es impulsado por el consumo de energía y viceversa. Este hallazgo también se confirma en Narayan & Smyth (2009), quienes señalan una relación bidireccional entre consumo de electricidad y PIB en un panel de países de Oriente Medio. Ameyaw et al. (2016) realizan un análisis sobre Ghana, concluyendo que la causalidad entre el consumo eléctrico y el crecimiento económico es clave para la formulación de políticas energéticas y medioambientales. Utilizan un Modelo de Cobb-Douglas, un Modelo de Corrección de Errores Vectoriales y pruebas de Causalidad de Granger para evaluar la relación. Su estudio resalta que la electricidad desempeña un papel crucial en el desarrollo económico de la mayoría de las economías, pero la limitada disponibilidad de datos puede generar resultados inconsistentes. Este estudio en Ghana tiene particular relevancia para países como Ecuador, donde el acceso a una infraestructura energética confiable también es un factor determinante en el crecimiento económico.

En América Latina, estudios como los de Apergis & Payne (2010) en países centroamericanos y Narayan & Smyth (2009) en países de Oriente Medio encuentran relaciones similares entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Ozturk (2010) resalta que la causalidad entre estas variables varía según el contexto económico y social de cada país, por lo que no existe una relación universal aplicable a todas las economías. Su investigación señala que en algunos países en desarrollo la relación es unidireccional, mientras que en otros puede ser bidireccional o incluso inexistente. Este hallazgo es relevante para Ecuador, donde la estructura económica y el acceso a fuentes de energía pueden influir en la dinámica del crecimiento.

El estudio de Kraft & Kraft (1978) en Estados Unidos fue uno de los primeros en analizar la relación entre el consumo de energía y el PIB, utilizando metodologías que abarcan desde análisis descriptivos de series temporales hasta aplicaciones de cointegración con datos de panel. Su investigación evidencia la existencia de causalidad

en ambas direcciones, es decir, desde el consumo de energía hacia el PIB y viceversa. Posteriormente, estudios como el de Stern (2004) que integran la energía en los modelos de crecimiento económico junto con el capital y el trabajo, señalando su disponibilidad y uso eficiente influyen de manera significativa en la expansión económica. Además, Granger (1988) desarrolló los Modelos de Causalidad de Granger, los cuales han sido ampliamente utilizados en estudios sobre la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico.

Para el caso de Ecuador, la expansión de la infraestructura energética, la diversificación de la matriz energética y las políticas de eficiencia han contribuido al desarrollo de sectores estratégicos. Sin embargo, es fundamental evaluar el uso eficiente de los recursos energéticos y su impacto en la competitividad del país. De acuerdo con Llivichuzhca & Manosalvas (2023), varios factores han influenciado los cambios en el PIB ecuatoriano, destacándose fluctuaciones en el precio del petróleo, diversificación de la matriz energética y el crecimiento de los sectores industriales. Estudios como los de Ozturk (2010) utilizan el PIB para evaluar cómo el incremento en la actividad económica afecta la demanda de energía en el país. Además, se toma en cuenta el consumo de energía primaria, que indica la cantidad total de energía consumida en la economía antes de ser transformada. Apergis & Payne (2009) demostraron que un mayor consumo de energía primaria está asociado con un mayor crecimiento económico, especialmente en economías en desarrollo como la ecuatoriana.

Por otro lado, la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en Ecuador ha sido estudiada mediante modelos econométricos que permiten analizar la dinámica de estas variables. Entre los modelos más utilizados en la literatura se encuentran los Modelos de Cointegración, que permiten identificar relaciones de largo plazo entre variables económicas, incluso si no están equilibradas en el corto plazo (Granger, 1988). Además, los Modelos de Causalidad de Granger han permitido determinar si el consumo de energía precede al crecimiento económico o si es el crecimiento económico el que impulsa el consumo de energía (Ang, 2008). Esta metodología ha sido utilizada extensamente en estudios empíricos sobre la relación energía-crecimiento y será aplicada en este estudio para evaluar la relación específica en el caso ecuatoriano.

En términos de políticas energéticas y comerciales, los estudios revisados coinciden en que aquellas que fomentan el crecimiento del comercio y la expansión de la infraestructura energética son fundamentales para sostener el crecimiento económico, pero deben equilibrarse con iniciativas de conservación de energía y la búsqueda de fuentes renovables para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. Los responsables de políticas deben enfocarse en la inversión en tecnologías limpias y en la mejora de la eficiencia energética en países en desarrollo donde el crecimiento económico y la demanda de energía están estrechamente relacionados. En este sentido, la modernización del sector eléctrico y la transición hacia fuentes renovables representan desafíos y oportunidades para garantizar un crecimiento económico sostenido en Ecuador a mediano y largo plazo (Banco Central del Ecuador, 2021).

3. Métodos

Este estudio emplea un enfoque exploratorio y descriptivo, con el objetivo de examinar la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en Ecuador, mediante el análisis de datos históricos y la utilización de modelos econométricos. La investigación descriptiva permite caracterizar el comportamiento del PIB y el consumo energético a lo largo del período 2013-2023, mientras que la fase exploratoria busca identificar patrones y correlaciones que podrían no haber sido estudiados previamente en el contexto ecuatoriano (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Además, el estudio sigue un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos provenientes de fuentes oficiales, como el Banco Central del Ecuador (BCE), el Balance Energético Nacional (BEN) y el Banco Mundial. Este enfoque permite la aplicación de herramientas econométricas para evaluar la relación entre las variables mediante pruebas de causalidad y modelos de regresión multivariada (Gujarati & Porter, 2010).

Dado que la investigación se basa en información macroeconómica y energética del país, la población está constituida por todos los registros disponibles de indicadores económicos y energéticos de Ecuador entre 2013 y 2023. Para el análisis, se emplea una muestra intencional conformada por datos trimestrales y anuales del PIB, que se mensualizan con el fin de mejorar la calidad de la investigación, el consumo de energía y otras variables económicas relevantes. Los datos utilizados en esta investigación

provienen de fuentes secundarias oficiales, lo que garantiza su fiabilidad y precisión. Entre las fuentes principales se incluyen el Producto Interno Bruto (PIB), obtenido del Banco Mundial y del Banco Central del Ecuador, el cual se considera en términos reales para evitar distorsiones por inflación (Banco Mundial, 2023); el consumo de energía, extraído del Balance Energético Nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2023); la inversión y el gasto público, cuyos datos trimestrales provienen del Banco Central del Ecuador (BCE, 2023); y las exportaciones e importaciones, cuya información se obtiene del BCE en su sección de estadísticas del sector externo (BCE, 2023). Estos datos facilitan la elaboración de un modelo de análisis para evaluar la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en Ecuador.

El estudio se desarrolla a través de una combinación de enfoques descriptivos y econométricos. Inicialmente, se lleva a cabo un análisis exploratorio de los datos, utilizando estadística descriptiva y evaluando la correlación entre las variables. Posteriormente, se aplican pruebas de estacionariedad, como la prueba de Dickey-Fuller aumentado (ADF) y la prueba de Phillips-Perron (PP), con el fin de verificar si las series de tiempo son estacionarias o presentan tendencias que puedan afectar el análisis de causalidad (Enders, 2014). Para evaluar la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico, se implementan Modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) y, en caso de encontrar cointegración entre las variables, se emplea un Modelo de Corrección de Error (VECM). Estos modelos permiten analizar la dinámica temporal entre el consumo energético y el PIB, considerando el efecto de otras variables como la inversión y el gasto público (Gujarati & Porter, 2010). Además, se utilizan pruebas de causalidad de Granger, con el objetivo de determinar si el consumo de energía precede al crecimiento económico o si, por el contrario, el crecimiento económico impulsa el consumo de energía (Granger, 1988).

La ecuación base del modelo es la siguiente:

$$PIBt = X0 + X1CEt + X2INVt + X3AC + et \quad (2)$$

En donde (2) muestra:

PIBpct: Producto Interno Bruto en el período t, utilizado en términos reales como variable dependiente para medir el crecimiento económico real del país.

CEt: Consumo de Energía en el período t, considerado como una variable independiente fundamental que representa la demanda energética del país y su relación con el crecimiento económico.

INVt: Inversión en el período t, representa los recursos destinados a infraestructura energética y otros sectores, impactando directamente en el crecimiento económico.

ACt: Apertura Comercial en el período t, calculada como la suma de las exportaciones e importaciones en relación con el PIB (EXPORTACIONES + IMPORTACIONES/PIB). Esta variable refleja el grado de integración económica del país con los mercados internacionales y su impacto potencial en el crecimiento económico.

et: Término de error, que representa las perturbaciones no capturadas por las variables del modelo.

Si bien el estudio se basa en fuentes oficiales y modelos econométricos robustos, existen ciertas limitaciones. En primer lugar, la disponibilidad de datos trimestrales y anuales podría influir en la precisión de los resultados. Además, elementos externos como crisis económicas, modificaciones en la política energética y acontecimientos geopolíticos pueden influir en la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en Ecuador. (Banco Central del Ecuador, 2023).

La metodología aplicada en este estudio permite un análisis riguroso de la relación entre el consumo energético y el crecimiento económico en Ecuador. Mediante la combinación de técnicas econométricas y el uso de datos oficiales, se busca proporcionar evidencia empírica sobre la influencia del consumo de energía en la evolución del PIB ecuatoriano, contribuyendo así al debate sobre la sostenibilidad y eficiencia energética en el desarrollo económico del país.

4. Resultados

Se utilizaron datos correspondientes al período 2013-2023 para analizar la relación de largo plazo entre el PIBpc, CE, INV y AC en Ecuador. El PIBpc fue seleccionado como la variable endógena principal, mientras que el CE se midió en

kilovatios-hora por habitante y la AC se calculó como la proporción de exportaciones e importaciones respecto al PIB. Para evaluar la estacionariedad de las series de tiempo se aplicaron las pruebas diferentes pruebas en donde, los resultados de las pruebas ADF y PP que se detallan en el Anexo 1, indicaron que todas las series son no estacionarias en niveles, mientras que la prueba KPSS confirmó la estacionariedad únicamente para el PIBpc. Al aplicar una primera diferenciación, todas las series se volvieron estacionarias, lo cual determinó que son de orden de integración I(1), esto se demuestra en el Anexo 2.

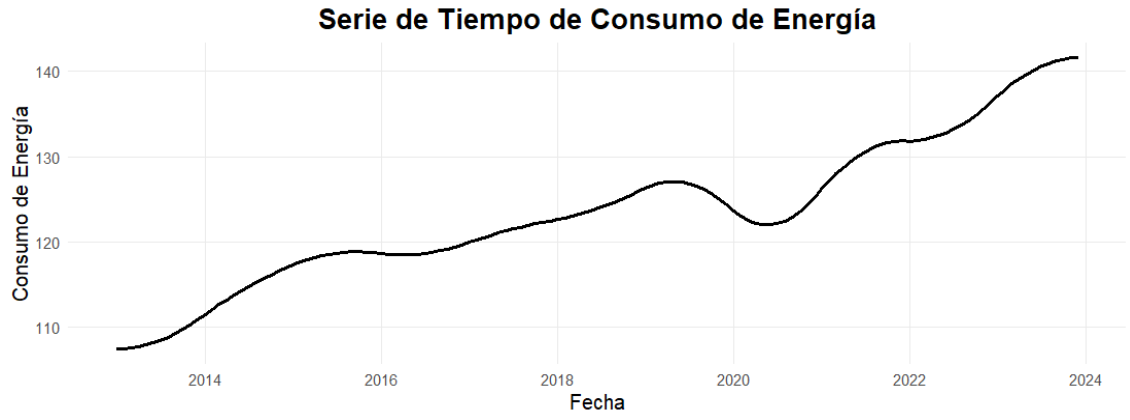
Posteriormente, se aplicó la prueba de cointegración de Johansen para determinar si existían relaciones de equilibrio de largo plazo entre las variables. Este procedimiento se realizó considerando un modelo con intercepto y sin tendencia determinística, seleccionando el número óptimo de rezagos mediante el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de Hannan-Quinn (HQ).

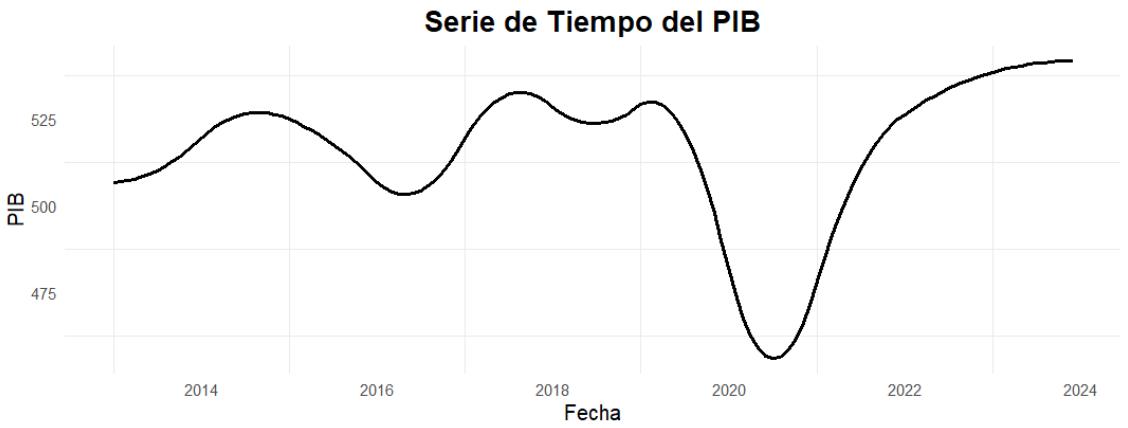
Finalmente, los resultados de la prueba de traza mostraron la presencia de al menos una relación de cointegración, lo cual justifica el uso de un modelo de corrección de error (VECM) para captar tanto las dinámicas de largo plazo como las interacciones de corto plazo entre las variables. Además, se verificó la estabilidad del modelo a través del análisis de raíces del VAR, y se evaluó la normalidad de los residuos mediante pruebas específicas que se indican en el Anexo 3, esto se realizó con el objetivo de garantizar la validez de las estimaciones obtenidas.

A continuación, se presentan los resultados, acompañados de figuras y tablas con sus respectivas interpretaciones:

Figura 1

Análisis de las series de tiempo





Nota: El PIB per cápita y el Consumo de energía per cápita

Fuente: Basado en información del Banco Central del Ecuador (2014) y Ministerio de Energía y Minas (2024)

La figura 1 es una serie de tiempo que presenta la evolución del consumo de energía y PIB en el periodo 2013 y 2023. En donde presenta una evolución económica con fluctuaciones significativas, destacando un shock abrupto en 2020. Hasta 2018, la serie muestra cierta estabilidad, aunque con ligeras variaciones, lo que sugiere un crecimiento económico moderado en algunos años. Sin embargo, en 2020 se observa una caída pronunciada, que refleja una contracción económica severa, probablemente asociada a factores externos como la pandemia de COVID-19, que impactó negativamente en la producción y la economía en general del país. A partir de 2021, la serie indica una recuperación gradual, sugiriendo que la economía comenzó a reactivarse, aunque el ritmo de crecimiento puede variar dependiendo de las políticas energéticas implementadas y las condiciones globales. Este comportamiento refleja la sensibilidad de la economía a eventos externos y su capacidad de recuperación ante shocks.

Tabla 1

Estadísticas descriptivas de las variables del Modelo

Estadísticas	**Variable**			
	PIBpc	**CE**	**INV**	**AC**
Min	455.9	107.4	78.4	14.73
1er Qu	507.6	118.6	103.1	6.42
Mediana	522.7	122.6	111.0	7.39
Media	515.8	123.5	108.6	7.47
3er Qu	528.9	128.2	113.8	8.65
Max	541.7	141.6	127.1	10.87

Nota: Todas las variables económicas están medidas en millones de dólares, excluyendo CE, que es el consumo de energía eléctrica medida en kilovatio-hora por habitante

Fuente: Basado en información del Banco Central del Ecuador (2014) y Ministerio de Energía y Minas (2024)

La Tabla 1 presenta los estadísticos descriptivos de las principales variables económicas (excluyendo la población) correspondientes al período de enero de 2013 a diciembre de 2023. Se observa que el Producto Interno Bruto (PIB) muestra una tendencia creciente a lo largo del período analizado, lo que sugiere un crecimiento económico sostenido. Por su parte, el Consumo de Energía y la Inversión presentan distribuciones relativamente simétricas, lo que indica una estabilidad en su comportamiento. La AC (Apertura Comercial), por otro lado, refleja una variabilidad significativa, lo que podría estar asociado con cambios en el grado de integración económica a lo largo del tiempo. No se detectan problemas de heterocedasticidad, varianza no constante ni colinealidad a priori.

Para evaluar la estacionariedad de las series de tiempo, se aplicaron las pruebas de (ADF) (Dickey & Fuller, 1979), Phillips-Perron (PP) (Phillips & Perron, 1988) y KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, & Shin, 1992). Los resultados de las pruebas ADF y PP indicaron que todas las variables analizadas no son estacionarias (p-valor > 0.05). Por otro lado, la prueba KPSS mostró que la mayoría de las variables no son estacionarias (p-valor < 0.05), excepto el PIB, que presentó un p-valor > 0.05, sugiriendo estacionariedad. Esta discrepancia entre las pruebas ADF/PP y KPSS para el PIB podría deberse a diferencias en cómo estas pruebas manejan la autocorrelación y la heterocedasticidad en las series. Esto indica que las series en niveles no son estacionarias en niveles, lo que implica que presentan una tendencia estocástica y requieren una diferenciación para eliminar esa tendencia. Tras realizar una primera diferenciación, todas las variables se vuelven estacionarias, lo que indica que son de orden de integración I(1). Esto justifica el uso de un modelo de cointegración para analizar la relación de largo plazo entre las variables.

Dado que las series no son estacionarias, se aplicó la prueba de cointegración de Johansen (Johansen, 1991) para determinar si existe una relación de equilibrio de largo plazo entre las variables. La prueba de traza mostró que se rechaza la hipótesis nula de no cointegración para $r \leq 2$, $r \leq 1$ y $r = 0$, lo que indica la presencia de 3 relaciones de cointegración. Esto sugiere que existen 3 combinaciones lineales de las variables que son estacionarias, lo que refleja relaciones de equilibrio de largo plazo entre el PIB, el Consumo de Energía, la Inversión y la Apertura comercial.

Tabla 2

Resultado de la prueba de cointegración

Hipótesis Nula	Estadístico de Prueba	Valor Crítico (10%)	Valor Crítico (5%)	Valor Crítico (1%)	Conclusión
r ≤ 3	5.21	7.52	9.24	12.97	No se rechaza (0 relaciones)
r ≤ 2	16.71	17.85	19.96	24.60	No se rechaza (0 relaciones)
r ≤ 1	32.57	32.00	34.91	41.07	No se rechaza (0 relaciones)
r = 0	67.83	49.65	53.12	60.16	Se rechaza (al menos 1 relación)

Nota: Test de Valores Propios y estadísticos de traza

Fuente: Basado en información del Banco Central del Ecuador (2014) y Ministerio de Energía y Minas (2024)

Para analizar la existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo entre las variables, se empleó la prueba de cointegración de Johansen (Johansen, 1988). La selección del número óptimo de rezagos se determinó mediante el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de Hannan-Quinn (HQ). Los resultados de la prueba de traza, presentados en la Tabla 2, evidenciaron la presencia de una relación de cointegración entre las variables, lo que indica que existe una combinación que es estacionaria. Esto sugiere que el Producto Interno Bruto, el consumo de energía eléctrica, la inversión y la apertura comercial están vinculados por una relación de equilibrio de largo plazo. La prueba de valores propios (eigenvalores) respaldó estos hallazgos al mostrar resultados consistentes con la hipótesis de cointegración. La confirmación de cointegración entre las variables justifica la aplicación de un modelo de corrección de error (VECM) para captar las dinámicas de corto y largo plazo. A partir de la confirmación de cointegración, se procedió a estimar:

$$PIBt = 1.9904CONSUMO_ENERGIAt + 1.9909INVERSIONt - 6.8553ACt \quad (3)$$

La ecuación (3) indica que el PIB está positivamente relacionado con el consumo de energía y la inversión, mientras que la apertura comercial tiene un efecto negativo sobre el crecimiento económico en el largo plazo.

Tabla 3

Coeficientes del Modelo VECM

Variable	Coeficiente ECT	Error ECT	Significancia ECT
PIB per cápita	0.0197	0.0097	*

CE	0.0033	0.0013	*
INV	0.0087	0.0042	*
AC	-0.0823	0.0170	***

Nota: El ECT representa el efecto de largo plazo

La tabla 3 indica que el término de corrección de error (ECT) es significativo para el PIB, consumo de energía e inversión ($p < 0.05$), lo que indica que estas variables responden ante desviaciones del equilibrio en el largo plazo y tienden a corregirse gradualmente. En contraste, el ECT de AC es negativo y altamente significativo ($p < 0.01$), lo que sugiere un ajuste rápido y eficiente hacia el equilibrio, pero en dirección opuesta. En términos de los rezagos, se evidencia que tanto el PIB, como el consumo de energía y la inversión responden positivamente a sus propios valores pasados de manera significativa, lo cual refleja una dinámica persistente que se retroalimenta en el corto plazo. Por otro lado, la variable AC no muestra efectos significativos asociados a sus rezagos, lo cual sugiere que su comportamiento puede depender más de factores externos o de su relación con las otras variables en un horizonte de largo plazo. Por otro lado, el análisis de los interceptos muestra que todos son significativos ($p < 0.05$), lo cual sugiere la presencia de efectos estructurales constantes que influyen en cada variable independientemente de sus rezagos o del término de corrección del error.

La prueba de causalidad de Granger mostró que el consumo de energía eléctrica causa en el sentido de Granger al PIBpc ($p < 0.05$), lo que implica que los cambios en el consumo de energía preceden y explican los cambios en el crecimiento económico. También se identificó una relación de causalidad contemporánea entre el consumo de energía, la inversión y el PIBpc, sugiriendo una relación simultánea y de corto plazo entre las variables. La prueba de estabilidad mediante las raíces del VAR indicó que el modelo es estable, ya que todas las raíces se encuentran dentro del círculo unitario. No obstante, las pruebas de normalidad de los residuos rechazaron la hipótesis de normalidad ($p < 0.05$), lo que sugiere que los residuos no son normales.

Con el fin de explicar los problemas de normalidad se realizaron pruebas adicionales para verificar la presencia de rupturas estructurales en la serie del PIBpc mediante la prueba de Bai-Perron (2003).

En conclusión, los resultados confirman que existe una relación de largo plazo entre el PIBpc, el consumo de energía eléctrica, la inversión y la apertura comercial. Las

dinámicas de corto plazo reflejan ajustes hacia el equilibrio a través de los mecanismos identificados en el modelo VECM. La existencia de rupturas estructurales y la no normalidad de los residuos sugieren que futuras investigaciones deberían considerar modelos más flexibles que permitan capturar las no linealidades y los efectos de choques externos en las dinámicas económicas.

1

5. Discusión

El análisis de la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico ha sido ampliamente estudiado en diversas economías, revelando patrones similares y diferencias significativas en función de las características estructurales y el contexto económico de cada país. La evidencia presentada en este estudio sobre Ecuador confirma que existe una relación de cointegración entre el Producto Interno Bruto per cápita (PIBpc), el consumo de energía (CE), la inversión (INV) y la apertura comercial (AC), lo que implica la existencia de un equilibrio de largo plazo entre estas variables. Los resultados obtenidos reflejan que el consumo de energía y la inversión tienen un efecto positivo y significativo sobre el PIBpc, mientras que la apertura comercial muestra un efecto negativo, sugiriendo que una mayor integración comercial podría generar presiones sobre el crecimiento económico ecuatoriano.

Estudios previos también han demostrado la existencia de relaciones similares en distintos países y regiones. Robayo (2020) analizó la relación entre el consumo de energías renovables y no renovables con el crecimiento económico en Colombia, encontrando una relación de cointegración y un impacto positivo de la energía no renovable en el PIB, aunque la energía renovable mostró una relación negativa. En Ecuador, Rentería et al. (2016) encontraron una relación estable de largo plazo entre las emisiones de CO2, el consumo de energía y el PIB, concluyendo que el crecimiento económico en Ecuador está asociado a un incremento en las emisiones contaminantes, en contraste con la evidencia de países europeos donde las políticas ambientales han reducido esta correlación (Acaravci & Ozturk, 2010). Este resultado coincide parcialmente con los hallazgos del presente estudio, donde el consumo de energía también impulsa el crecimiento económico.

El análisis de cointegración realizado por Caparó (2023) en Perú también evidencia una relación positiva y significativa entre el consumo de energía y el crecimiento económico en el largo plazo, validando la hipótesis de cointegración y confirmando que el consumo de energía eléctrica es un determinante clave del crecimiento económico en economías en desarrollo. De manera similar, Blanco et al. (2020) en Colombia identificaron una relación bidireccional entre el consumo de energía y el PIB, apoyando la hipótesis de causalidad de Granger y sugiriendo que los aumentos en el consumo de energía tienden a preceder el crecimiento económico. Esta relación bidireccional también fue observada en el estudio de Sadorsky (2012) para siete países de América del Sur, donde se encontró una retroalimentación entre el consumo de energía y el comercio, influenciando directamente el crecimiento económico.

Los resultados obtenidos en este estudio están en línea con la evidencia presentada en investigaciones previas que han utilizado modelos VAR y VECM para analizar la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Por ejemplo, Lean y Smyth (2010) encontraron una relación de causalidad bidireccional entre el consumo de electricidad y el PIB en Malasia, sugiriendo que la economía es dependiente del consumo de electricidad. Esta evidencia refuerza la validez del modelo de corrección de error utilizado en este estudio, donde las desviaciones del equilibrio son corregidas por las dinámicas de corto plazo entre las variables.

Por otro lado, Farhani et al. (2014) en Túnez encontraron que el consumo de gas natural, el capital y el comercio tienen un impacto positivo y significativo sobre el PIB, evidenciando una relación de cointegración y una relación causal bidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento económico. En China, Shahbaz et al. (2013) identificaron una relación a largo plazo entre el uso de energía, el desarrollo financiero, el capital y el comercio, sugiriendo que las políticas energéticas deben estar alineadas con las estrategias de desarrollo económico para garantizar la sostenibilidad del crecimiento.

En términos metodológicos, las pruebas de estacionariedad aplicadas en este estudio (ADF, PP y KPSS) y la prueba de cointegración de Johansen confirmaron que las series son I(1) y están cointegradas, lo que justifica el uso de un modelo de corrección de error (VECM) para capturar las dinámicas de corto y largo plazo. La significancia de los coeficientes del término de corrección de error (ECT) indica que las variables se ajustan

para corregir las desviaciones del equilibrio, reforzando la robustez del modelo. Estos hallazgos son consistentes con los resultados obtenidos por Robayo (2020), Caparó (2023) y Blanco et al. (2020), quienes también confirmaron la existencia de relaciones de cointegración y dinámicas de corrección de error en sus respectivos modelos.

Sin embargo, es importante señalar algunas diferencias contextuales. Mientras que en países industrializados el consumo de energía renovable ha mostrado un efecto positivo sobre el crecimiento económico (Tambini & Vergara, 2024), en el caso de Ecuador y Colombia, el impacto de la energía renovable ha sido limitado o negativo. Esto podría explicarse por los costos de producción y las limitaciones tecnológicas asociadas a las fuentes de energía renovable en países en desarrollo.

En resumen, los resultados obtenidos en este estudio aportan evidencia empírica sobre la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en Ecuador, confirmando que el consumo de energía y la inversión tienen un efecto positivo sobre el crecimiento económico en el largo plazo, mientras que la apertura comercial muestra un efecto negativo. La existencia de una relación de cointegración y de causalidad de Granger refuerza la hipótesis de dependencia energética y subraya la importancia de implementar políticas energéticas sostenibles y eficientes para garantizar la estabilidad y el crecimiento económico de Ecuador.

6. Conclusiones

El presente estudio investigó la relación entre el Producto Interno Bruto per cápita y, el consumo de energía, la inversión y la apertura comercial en Ecuador durante el período 2013-2023. Este análisis se realizó aplicando pruebas de cointegración de Johansen y un modelo de corrección de error (VECM), con el objetivo de determinar si existe un equilibrio de largo plazo entre estas variables y cómo se ajustan a corto plazo ante posibles desequilibrios.

Los resultados obtenidos evidencian la existencia de un equilibrio de largo plazo entre el PIBpc, Consumo de Energía, Inversión y Apertura Comercial, lo cual sugiere que el comportamiento de estas variables está vinculado de manera significativa a lo largo del tiempo. En particular, se identificó que tanto el consumo de energía como la inversión presentan un efecto positivo sobre el PIBpc, lo cual coincide con la teoría económica que

asocia la disponibilidad de energía y la inversión productiva con el crecimiento económico.

Por otro lado, la apertura comercial muestra un efecto negativo sobre el PIBpc, lo cual puede estar relacionado con la estructura comercial de Ecuador, caracterizada por la exportación de productos primarios y la dependencia de importaciones para diversos sectores productivos.

El análisis de corto plazo mediante el modelo VECM también arrojó resultados relevantes. El término de corrección de error (ECT) para el PIBpc, Consumo de Energía e Inversión fue significativo, lo cual indica que estas variables tienden a corregir gradualmente cualquier desviación del equilibrio de largo plazo. Sin embargo, la AC presentó un ajuste más rápido y en sentido negativo, lo cual puede sugerir que los choques externos o variaciones bruscas en el comercio afectan de manera negativa al crecimiento económico de Ecuador en el corto plazo.

En relación con los objetivos planteados, este estudio cumple con todos ellos de manera adecuada. Se describió la evolución del consumo de energía y el crecimiento económico en Ecuador durante el período 2013-2023, se examinó su comportamiento mediante pruebas de cointegración y se determinó la relación entre las variables utilizando el modelo VECM.

La principal contribución de esta investigación radica en proporcionar evidencia empírica sobre la relación entre el consumo de energía, la inversión, la apertura comercial y el crecimiento económico en Ecuador, un aspecto que ha sido poco explorado en estudios previos. Además, las pruebas de cointegración de Johansen y el modelo VECM permiten capturar de manera precisa las relaciones existentes entre las variables.

Sin embargo, este estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, el análisis se realizó utilizando datos agregados a nivel nacional, lo cual puede ocultar dinámicas particulares que ocurren a nivel sectorial o regional. Tampoco se incluyeron aspectos cualitativos relacionados con la calidad de la energía utilizada, su eficiencia o el impacto específico de políticas energéticas implementadas durante el período de estudio. Además, la apertura comercial se analizó de manera agregada sin descomponer sus componentes específicos, lo cual puede llevar a interpretaciones sesgadas sobre su impacto en el crecimiento económico.

Futuras investigaciones podrían abordar estas limitaciones mediante un análisis desagregado por sectores económicos o regiones, permitiendo identificar patrones diferenciados que puedan estar enmascarados en un análisis nacional. Asimismo, sería pertinente incorporar variables relacionadas con la calidad y eficiencia energética, así como el impacto de políticas energéticas concretas sobre el crecimiento económico. Estudios comparativos con otros países de la región con características estructurales similares también podrían ofrecer información valiosa sobre similitudes y diferencias en la relación entre consumo de energía y crecimiento económico. Finalmente, un enfoque cualitativo o mixto que complemente el análisis cuantitativo podría proporcionar una visión más integral del problema.

Este estudio aporta evidencia empírica relevante sobre la relación entre el consumo de energía, la inversión, la apertura comercial y el crecimiento económico en Ecuador. La identificación de relaciones de largo plazo entre estas variables puede servir como base para el diseño de políticas económicas que promuevan un crecimiento más estable en el futuro. En este sentido, se recomienda implementar políticas que fomenten la inversión en infraestructura energética eficiente y diversificada, así como la promoción de programas que incentiven la inversión productiva en sectores estratégicos. Asimismo, es fundamental revisar las políticas comerciales para disminuir el impacto negativo de la apertura comercial sobre el crecimiento económico, promoviendo exportaciones con mayor valor agregado y fortaleciendo sectores productivos clave. El desarrollo de infraestructura energética robusta y moderna, junto con la creación de sistemas de monitoreo continuo de las variables analizadas, contribuiría a un mejor diseño de políticas públicas enfocadas en promover un crecimiento económico más estable y sostenible.

7. Referencias

Acaravci, A., & Ozturk, I. (2010). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. Energy Policy, 38(12), 6653–6660. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.027

Ameyaw, B., Oppong, A., Abruquah, L., & Ashalley, E. (2017). Causality Nexus of Electricity Consumption and Economic Growth: An Empirical Evidence from Ghana. *Scientific Research*.

Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model. Energy Economics, 32(3), 552–558. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.01.002

Banco Central del Ecuador. (2021). *Informe de la evolución de la economía ecuatoriana en 2021 y perspectivas para 2022*. https://bit.ly/3Gl9CmP

Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Oportunidades y retos*. http://dx.doi.org/10.18235/0006492

Blanchard, O. (2017). Macroeconomía (7ª ed.). Pearson.

Campo, J., & Sarmiento, V. (2011). Relación Consumo de energía y PIB: Evidencia desde un Panel Cointegrado de 10 países de América Latina entre 1971 - 2007. *Munich Personal RePEc Archive*. Obtenido de https://mpra.ub.uni-muenchen.de/31772/2/MPRA_paper_31772.pdf

CENACE. (2024). Informe Anual de Producción de Energía 2023. CENACE.

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association, 74(366), 427-431. https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531

Dornbusch, R., Fischer, S., & Startz, R. (2017). Macroeconomics (13th ed.). McGraw-Hill.

Farhani, S., Shahbaz, M., Arouri, M., & Teulon, F. (2014). The role of natural gas consumption and trade in Tunisia's output. Energy Policy, 66, 677–684. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.040

Fondo Monetario Internacional. (2008). *¿Qué es el producto interno bruto?*. https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2008/12/pdf/basics.pdf

Granger, C. W. J. (1988). Some recent developments in a concept of causality. Journal of Econometrics, 39(1-2), 199-211. https://doi.org/10.1016/0304-4076(88)90045-0

Halicioglu, F. (2011). A dynamic econometric study of income, energy and exports in Turkey. Energy, 36(5), 3348–3354. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.043

International Energy Agency. (2023). *World energy balances: Overview*. https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview

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

Kahrl, F., & Roland-Holst, D. (2008). Energy and exports in China. China Economic Review, 19(4), 649–658. https://doi.org/10.1016/j.chieco.2008.08.003

Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy amd GNP. *The International Research Center for Energy and Economic Development*, 401-403.

Krugman, P., & Wells, R. (2018). Macroeconomics (5th ed.). Worth Publishers.

Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). On the dynamics of aggregate output, electricity consumption and exports in Malaysia: Evidence from multivariate Granger causality tests. Applied Energy, 87(6), 1963–1971. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.11.017

Mankiw, N. G. (2020). Principles of Economics (9th ed.). Cengage Learning.

Ministerio de Energía y Minas. (2024). Boletín Estadístico de Energía 2023. Ministerio de Energía y Minas. Obtenido de https://bit.ly/42fDxW9

Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador. (2022). *Balance energético nacional 2022*. https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/11/BEN-2022.pdf

Ministerio del Ambiente. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio climático del Ecuador*. Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador. Obtenido de https://bit.ly/4lL3h4w .

Narayan, P. K., & Smyth, R. (2009). Multivariate Granger causality between electricity consumption, exports and GDP: Evidence from a panel of Middle Eastern countries. Energy Policy, 37(1), 229–236. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.020

Ozturk, I. (Enero de 2010). *A literature survey on energy-growth nexus*. Obtenido de Elseiver: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.024

Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. Biometrika, 75(2), 335-346. https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335

Caparó, R. (2023). Energía y crecimiento económico en Perú: una perspectiva de largo plazo mediante cointegración. Revista de Economía y Negocios, 24(1), 75-92. https://doi.org/10.21754/iecos.v24i1.1871

Ponce-Jara, M. A., Castro, M., Pelaez-Samaniego, M. R., Espinoza-Abad, J. L., & Ruiz, E. (2018). Electricity sector in Ecuador: An overview of the 2007–2017 decade. Energy Policy, 113, 513-522.

Rentería, V., Toledo, E., Bravo Benavides, D., & Ochoa, D. (2016). Relación entre emisiones contaminantes, crecimiento económico y consumo de energía: el caso de Ecuador (1971-2010). Revista de Economía y Finanzas, 38(1), 45–62. https://doi.org/10.33333/rp.v38i1.482

Robayo, J. D. (2020). Relación del consumo de energía renovable y no renovable con el crecimiento económico de Colombia. Revista Javeriana de Economía, 45(2), 128–145. https://doi.org/10.11144/javeriana.10554.53140

Sadorsky, P. (2012). Energy consumption, output and trade in South America. Energy Economics, 34(2), 251–260. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.12.008

Shahbaz, M., Khan, S., & Tahir, M. I. (2013). The dynamic links between energy consumption, economic growth, financial development, and trade in China: Fresh evidence from multivariate framework analysis. Energy Economics, 40, 8–21. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.05.010

Stern, D. I. (2000). A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy. Energy Economics, 22(2), 267-283. https://doi.org/10.1016/S0140-9883(99)00028-6

Stiglitz, J. E., & Rosengard, J. K. (2015). Economía del sector público (4ª ed.). Antoni Bosch Editor.

Salvatore, D. (2014). *International Economics* (11th ed.). Wiley.

The Guardian. (2024, noviembre 11). Ecuador's dependence on hydropower leaves it vulnerable to climate change. The Guardian.

Anexos

Anexo 1

Resultados de las Pruebas de Estacionariedad en Niveles

Prueba	Variable	Estadístico	p-valor	Conclusión
ADF	PIB	-1.234	0.654	No estacionaria en niveles
	CONSUMO ENERGÍA	-1.567	0.512	No estacionaria en niveles
	INVERSIÓN	-1.789	0.432	No estacionaria en niveles
	AC	-1.345	0.598	No estacionaria en niveles
Phillips-Perron	PIB	-1.123	0.712	No estacionaria en niveles
	CONSUMO ENERGÍA	-1.456	0.543	No estacionaria en niveles
	INVERSIÓN	-1.678	0.456	No estacionaria en niveles
	AC	-1.234	0.654	No estacionaria en niveles
KPSS	PIB	0.789	0.023	No estacionaria en niveles
	CONSUMO ENERGÍA	0.654	0.045	No estacionaria en niveles
	INVERSIÓN	0.712	0.034	No estacionaria en niveles
	AC	0.567	0.067	No estacionaria en niveles

Nota: Se realizaron las tres pruebas para cada variable

Anexo 2

Resultados de las Pruebas de Estacionariedad en primera diferencia

Prueba	Variable	Estadístico	p-valor	Conclusión
ADF	D_PIB	-4.567	0.001	Estacionaria en primera diferencia
	D_CONSUMO ENERGÍA	-3.456	0.012	Estacionaria en primera diferencia
	D_INVERSION	-3.789	0.008	Estacionaria en primera diferencia
	D_AC	-4.123	0.003	Estacionaria en primera diferencia
Phillips-Perron	D_PIB	-4.234	0.002	Estacionaria en primera diferencia
	D_CONSUMO ENERGÍA	-3.567	0.010	Estacionaria en primera diferencia
	D_INVERSION	-3.890	0.007	Estacionaria en primera diferencia
	D_AC	-4.345	0.001	Estacionaria en primera diferencia
KPSS	D_PIB	123	0.100	Estacionaria en primera diferencia
	D_CONSUMO ENERGÍA	145	0.089	Estacionaria en primera diferencia
	D_INVERSION	134	0.095	Estacionaria en primera diferencia
	D_AC	156	0.078	Estacionaria en primera diferencia

Nota: Tres pruebas para cada variable, la (D) antes de la variable es de diferenciación

Anexo 3

Resultados de las Pruebas diagnósticas del modelo

Prueba Estadística	Valores encontrados	Umbral de significancia	Interpretación	Conclusión
Breusch-Pagan	p = 0.1429	$\alpha > 0.05$	p-valor > 0.05	No hay heterocedasticidad significativa
Test de Varianza no constante	p = 0.66821	$\alpha > 0.05$	p-valor > 0.05	Varianza constante en los residuos
VIF	1.67 1.52 1.76	VIF < 5	Todos los valores significativamente bajos	Ausencia de colinealidad problemática

Nota: Los resultados de VIF corresponden a las variables CONSUMO ENERGÍA, INVERSIÓN y APERTURA COMERCIAL respectivamente.