



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA



**LAS EMISIONES DE CO₂, LA INTENSIDAD ENERGÉTICA Y EL
PBI EN PERÚ, 1990-2019: UN ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN Y**

CAUSALIDAD MULTIVARIANTE

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JEAN CARLOS LEÓN YANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ECONOMISTA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios, mi madre Flora, mi padre Carlos quien se encuentra en el cielo, para él este trabajo como ofrenda por sus enseñanzas y paciencia en la adversidad, A mi pareja e hijo Mayumi y Matthew por su apoyo y motivación diaria y mis hermanos que siempre están presentes en mi vida, finalmente a mis docentes de la Facultad de Ingeniería Económica, por todas sus enseñanzas, y por haber ayudado en la culminación de mi investigación, a todos ellos dedico este gran paso anhelado en mi vida.



AGRADECIMIENTO

Mi pareja e hijo por haber sido el motor que impulsa a continuar alcanzando mis objetivos, brindándome las fuerzas necesarias para terminar este proyecto.

A mis padres y hermanos quienes con su apoyo incondicional en los momentos buenos y difíciles me empujaron a convertirme en una persona de bien y un gran profesional al servicio de la sociedad.

A los docentes de Facultad de Ingeniería Económica, quienes gracias a su conocimiento y tiempo brindado hicieron posible la culminación de este, y de manera especial al D.Sc. Polan Franbalt Ferro Gonzales.

Jean Carlos Leon Yana



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 7

ABSTRACT..... 8

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA 16

1.2.1. Problema general..... 16

1.2.2. Problemas específicos 16

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17

1.3.1. Hipótesis General 17

1.3.2. Hipótesis específica..... 17

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 17

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 19



1.5.1. Objetivo general	19
1.5.2. Objetivos específicos	19

CAPITULO II

REVISIÒN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.....	20
2.1.1 Antecedentes Internacionales:.....	20
2.1.2 Antecedentes Nacionales:	27
2.1.3 Antecedentes Locales:.....	28
2.2 MARCO TEÓRICO.....	29
2.2.1 Historia de la Teoría Economía Ambiental.....	29
2.2.2 La teoría neoclásica.....	30
2.2.3. Economía del cambio climático	31
2.2.3.1. Causas del calentamiento Global	32
2.2.4 Economía de contaminación	33
2.2.5 Crecimiento económico y conservación ambiental:	34
2.2.5.1 El modelo IPAT:	36
2.2.5.2 La curva de Kusnets ambiental (CKA):	36
2.2.5 Economía de la Energía:	37
2.2.5.1 Intensidad Energética (IE):	38
2.2.6 Producto Bruto Interno (PBI):.....	40
2.2.6.1. El PBI nominal (PN):	40
2.2.6.2. El PBI real (PR):	40



2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	41
-----------------------------------	-----------

CAPITULO III

MATERIALES Y MÈTODOS

3.1 DATOS.....	44
3.2 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA	44
3.2.1 Identificación de las variables:.....	45
3.3 METODOLOGÍA.....	45
3.3.1 Tipo y diseño de investigación.....	45
3.3.2 Estrategia Metodológica	46
3.3.3 Modelo de estimación econométrica.....	46
3.3.3.1 Modelo Econométrico:.....	46
3.3.3.2 Metodología econométrica.....	47

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	53
4.2 ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	53
4.2.1 Prueba de independencia estadística	56
4.2.2 Prueba de estacionariedad	56
4.2.3 Prueba de cointegración	57
4.2.4 Prueba de causalidad de Granger	60
4.2.5 Descomposición de la varianza (VD) y Función de impulso respuesta (IRF).....	63



4.2.5.1	Descomposición de la varianza (VD)	63
4.2.5.2	Función de impulso respuesta (IRF)	65
4.3.	DISCUSIÓN	70
V.	CONCLUSIONES	75
VI.	RECOMENDACIONES	78
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS.....	79
ANEXOS.....		86

Área : Políticas Públicas

Tema : Políticas económicas y del medio ambiente

FECHA DE SUSTENTACION: 23 DE DICIEMBRE DEL 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Economía del cambio climático	32
Figura 2: Fases del desarrollo de la Curva de Kuznets.....	37
Figura 3: Series de tiempo de las variables PBI, IE Y ECO2.....	54
Figura 4: Respuesta de l_{IE} a un shock en l_{PBI}	65
Figura 5: Respuesta de l_{PBI} a un shock en l_{IE}	65
Figura 6: Respuesta de l_{ECO2} a un shock en l_{IE}	66
Figura 7: Respuesta de l_{IE} a un shock en l_{ECO2}	67
Figura 8: Respuesta de l_{PBI} a un shock en l_{ECO2}	68
Figura 9: Respuesta de l_{ECO2} a un shock en l_{PBI}	68
Figura 10: Participación en la emisión de gases de efecto invernadero, por sector, 2016	71
Figura 11: Flujo de energía para consumo final según fuentes primarias y sectores. ...	72
Figura 12: Relación de emisiones de GEI de la categoría Energía y PBI sectorial.....	73
Figura 13: Emisiones de la categoría Quema de Combustibles	74



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificación de variables	45
Tabla 2: Transformaciones logarítmicas.....	47
Tabla 3: Descripción de variables.....	53
Tabla 4: Análisis Estadístico Descriptivo	54
Tabla 5: Resultado prueba Ljung Box para la variable ECO2	86
Tabla 6: Resultado prueba Ljung Box para la variable PBI	87
Tabla 7: Resultado prueba Ljung Box para la variable IE.....	87
Tabla 8: Prueba ADF en nivel	88
Tabla 9: Prueba ADF en primeras diferencias.....	89
Tabla 10: Prueba ADG-GLS en nivel.....	90
Tabla 11: Prueba ADG-GLS en primeras diferencias	91
Tabla 12: Contrate de KPSS en nivel	92
Tabla 13: Contrate de KPSS en primeras diferencias.....	92
Tabla 14: Contrastes de raíz unitaria y estacionariedad de las series en nivel y diferencias con $\alpha=0.05$	57
Tabla 15: Requisito Cointegración	57
Tabla 16: Rezagos óptimos para la aplicación de la prueba de Johansen.....	58
Tabla 17: Contraste de Johansen	93
Tabla 18: Vectores de relación de cointegracion.....	59
Tabla 19: Resultados de la prueba causalidad de Granger para LIE – LPBI basadas en VECM.....	61
Tabla 20: Resultados de la prueba causalidad de Granger para LPBI – LCO2 basadas en VECM.....	61
Tabla 21: Resultados de la prueba causalidad de Granger para LCO2 – LIE basadas en VECM.....	62
Tabla 22: Resultados de la Descomposición de la varianza para las emisiones de CO2	63
Tabla 23: Resultados de la Descomposición de la varianza para PBI.....	63
Tabla 24: Resultados de la Descomposición de la varianza para IE	64



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CEPAL	:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
INEI	:	Instituto Nacional de Estadística e Informática
BM	:	Banco Mundial
IPC	:	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MINEM	:	Ministerio de Energía y Minas
PBI	:	Producto Bruto Interno
BCRP	:	Banco Central de Reserva del Perú
OCDE	:	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
GEI	:	Gas de Efecto Invernadero
ONU	:	Organización de las Naciones Unidas
UNFCCC	:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático



RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue determinar la existencia de relación causal a largo y/o corto plazo entre el Producto Bruto Interno (PBI), Intensidad Energética (IE) y las emisiones de CO₂ para Perú en el periodo 1990 al 2019. mediante pruebas de cointegración de Johansen y pruebas de causalidad de Granger basadas en un modelo de vector de corrección de error multivariante (MCVE). En base a datos consistentes y valores estimados de entidades y organismos nacionales e internacionales, como también de pocos antecedentes a nivel nacional sobre este tipo de investigaciones. Los resultados muestran que el PBI es causalidad Granger de las emisiones de CO₂ mientras que la intensidad energética no es causa Granger del PIB. Por otro lado, las emisiones de CO₂ no es causa Granger del PBI mientras que la intensidad energética no es causa Granger de las emisiones de CO₂ y viceversa pero el PIB es causa Granger de la intensidad energética, así mismo se realizó un análisis de la descomposición de varianza utilizando la técnica de Choleski. Estos resultados tienen implicancias políticas para Perú, debido a que nuestra evidencia empírica confirma que el PBI y las emisiones de CO₂ están cointegradas para una relación a corto y largo plazo. El estudio sugiere que se debería de impulsar y optar por políticas que coadyuven en la conservación de la energía y la utilización eficiente de la energía así ayudar a mitigar los efectos de las emisiones de CO₂ al medio ambiente.

Palabras Clave: Causalidad Granger, cambio climático, emisiones de CO₂, intensidad energética, PBI.



ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the existence of a long- and/or short-term causal relationship between Gross Domestic Product (GDP), Energy Intensity (EI) and CO₂ emissions for Peru in the period 1990 to 2019. using Johansen cointegration tests and Granger causality tests based on a multivariate error correction vector model (MCVE). Based on consistent data and estimated values of national and international entities and organizations, as well as little background at the national level on this type of research. The results show that GDP is Granger causality of CO₂ emissions while energy intensity is not Granger cause of GDP. On the other hand, CO₂ emissions are not Granger causes of GDP while energy intensity is not Granger cause of CO₂ emissions and vice versa but GDP is Granger cause of energy intensity, likewise an analysis of variance decomposition was carried out using the Choleski technique. These results have political implications for Peru because our empirical evidence confirms that GDP and CO₂ emissions are co-integrated for a short- and long-term relationship. The study suggests that policies that contribute to energy conservation and the efficient use of energy should be promoted and chosen, thus helping to mitigate the effects of CO₂ emissions on the environment.

Keywords: Granger causality, climate change, CO₂ emissions, energy intensity, GDP.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la creciente amenaza del calentamiento global ha centrado la atención en la relación entre crecimiento económico, eficiencia energética y la preservación del medio ambiente. El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) es la principal causa del calentamiento climático en todo el mundo, las consecuencias entre países van variando de acuerdo con sus características sociales y naturales. Según el quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la temperatura media global de la superficie de la Tierra se ha acelerado, incrementándose en 0,85°C respecto a niveles preindustriales (1880-2012)(CEPAL, 2014).

De acuerdo con el Informe de Stern relacionada a las implicancias a corto plazo sobre la economía del cambio climático, la misma que señala que la temperatura media mundial puede aumentar más de 2°C. Existiendo la probabilidad mayor al 50% que a largo plazo se dé un aumento de la temperatura superior a los 5 °C (Gass, 2006). El Banco Mundial (2014) advierte que un cambio radical de temperaturas afecta en mayor medida a las personas más pobres, siendo los más afectados los países en vías de desarrollo y con mayor pobreza, a pesar de que contribuyeron en menor medida a las emisiones de GEI. Tol (2006) concluye que para reducir los impactos del cambio climático deberán estabilizarse los altos niveles de las emisiones de GEI en la atmósfera a un nivel de 450 y 550 ppm de CO₂ equivalente.

Asimismo, América Latina y el Caribe (ALC), muestra un importante crecimiento económico en los últimos años, procedente de la mejora sustancial de las condiciones económicas y sociales. Sin embargo, pone en tela de juicio la relación existente entre crecimiento económico y preservación del medio ambiente, puesto que, a pesar de haber



mejorado en varios indicadores económicos, son mayores los efectos colaterales negativos que degradan el medio ambiente. Según CEPAL (2019) la región ALC tiene una estructura diferente al resto de los bloques mundiales debido a que sobresalen las emisiones provenientes del cambio de uso de suelo, consumo de energía del sector transportes. Por tanto, presentan una condición asimétrica dado que esta región representa el 10% del total de las emisiones mundiales a pesar de ello, es la región con mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático. Sin embargo, otros investigadores defienden que cuando la relación del progreso tecnológico es positiva con el crecimiento económico, aun los países pueden continuar progresando sin deteriorar y dañar la calidad del medio ambiente.

Son pocos los estudios a nivel latinoamericano que han examinado la relación entre estas tres variables; emisiones de CO₂, crecimiento del PBI y el consumo de energía y sus implicancias políticas. Estos tipos de estudios cobran relevancia por las crisis de petróleo y de los compromisos firmados en el acuerdo del Protocolo de Kioto.¹ Es necesario mencionar que las teorías económicas no establecen de forma clara una relación entre las variables de consumo de energía, emisiones de CO₂ y el crecimiento económico, por lo que en los últimos años se ha visto más atractiva su investigación empírica sobre la relación entre estas variables.

De acuerdo a Rothman y de Bruyn (1998), la teoría de crecimiento económico es una solución, más que un causante de una fuente de problemas. Esto suponiendo que a mayor crecimiento de las economías la demanda de calidad ambiental también debería incrementar, acompañado de un mayor grado de conciencia ambiental de las personas que dinamizan la economía. No obstante, la realidad demuestra que los países en vías de desarrollo que desean alcanzar mayores tasas de crecimiento económico solo consiguen

¹El Protocolo de Kyoto implementa la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que requiere que los países industrializados reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 5% en comparación con los niveles de 1990 durante un periodo de 5 años, de 2008 a 2012. Por tanto el “Protocolo de Kyoto” basado en el principio de “responsabilidad y capacidad de respuesta comunes pero diferenciadas”, reconociendo responsabilidades de los países industrializados.



este objetivo consumiendo cuantiosas cantidades de energía comercial, ignorando la eficiencia energética y la aplicación de nuevas tecnologías. En consecuencia, esto conlleva a discutir si es el consumo de energía un factor estimulante para lograr crecimiento económico o si por el contrario es un resultado de generar crecimiento económico. Sin embargo, de acuerdo con Robledo y Olivares (2013) el hecho de querer ignorar el aumento de la cantidad de CO₂ en la atmósfera, producto del uso de combustibles fósiles con implicancias en el cambio climático dañara eventualmente el crecimiento económico de los países, a pesar de no contribuir en la misma proporción a las emisiones de GEI.

En la misma línea, el protocolo de Kyoto (1997) estableció como objetivo central, el poder disminuir los gases de efecto invernadero, debido a las emisiones de CO₂ por ser consideradas como las responsables del calentamiento global, en consecuencia, su regulación es sumamente primordial para todos los países. Perú ha experimentado crecimientos económicos por encima del promedio dentro de los países de América Latina y el Caribe en los últimos 20 años, siendo considerada una de las economías con mayor dinamismo de esta región. El PBI de Perú tuvo un crecimiento promedio anual de 4.8% en el periodo de 1993 al 2019; y en los últimos diez años (2010 a 2019) presentó una tasa de crecimiento promedio de 4.5% (INEI, 2020). Por tanto, es importante investigar el efecto que tiene la variable crecimiento económico sobre las emisiones de CO₂, así como también estudiar la incidencia y la relación que tiene el crecimiento económico y el consumo de energía sobre las emisiones de CO₂. De tal forma, si se encontrara que existe relación positiva, se tendría que plantear políticas y buscar acciones que favorezcan y alienten el uso eficiente del consumo de energías. Es decir, la reducción y sustitución del consumo de energía fósiles (petróleo) por el uso de tecnologías de mayor eficiencia energética, acompañado de políticas que ayuden a la



resiliencia ambiental. Delacámara (2008) menciona que, si la innovación en tecnologías de consumo bajo en carbono es demasiado lenta o si los políticos implicados en la toma de decisiones no reducen las emisiones de CO₂ mediante el uso de los instrumentos económicos, el resultado implicara mayores costos en la degradación ambiental. Por tanto, los costos de degradación ambiental serán menores si se fomenta el uso de energías eficientes.

Sobre la base de lo anteriormente señalado, y por la poca evidencia empírica de carácter nacional sobre causalidad Granger entre las variables; emisiones de CO₂, intensidad energética y el PBI, el objetivo del presente trabajo es estudiar la dirección de la relación causal que existe entre el PBI, intensidad energética, y las emisiones de CO₂, para lo cual se tendrá que seguir cuatro pasos. En primer lugar, se prueba la independencia estadística y la estacionariedad de las series de tiempo aplicando la prueba de existencia de raíz unitaria a través de Dikey Fuller Aumentado (ADF) y Phillips Perron (PP). En segundo lugar, se emplea el análisis de cointegración utilizando el procedimiento de Johansen; tercero, se realiza pruebas de causalidad de Granger por pares basadas en un modelo de vector de corrección de error multivariante (VECM) y finalmente se presenta un análisis de descomposición de varianza (VDA) utilizando la técnica de Choleski, estas cuatro pruebas con el único fin de generar evidencia empírica de causalidad Granger las cuales tendrán implicaciones políticas significativas para Perú.

Por tanto, el presente trabajo se encuentra dividido 8 secciones, incluyendo como primer capítulo la introducción, seguido del capítulo 2 donde se proporciona la revisión de la literatura internacional, nacional y local existente respecto a los estudios relacionados al PIB, emisiones de CO₂ y la intensidad energética. En el capítulo 3 se expone la determinación de la muestra, identificación de las variables y la metodología,



en el capítulo 4 se presentan los resultados y discusiones. El capítulo 5 se orienta a las conclusiones, además en el capítulo 6 se exponen las recomendaciones y en el capítulo 7 las referencias. Finalmente, en la última sección se recopila todos los anexos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Equiparar la relación entre desarrollo económico, eficiencia energética y la preservación del medio ambiente, es el tema de mayor preocupación de las sociedades modernas. En efecto, a partir de los desastres ambientales de los que la humanidad fue testigo, la alarma por el cuidado de nuestro entorno ha ocupado y ha estado presente en las agendas políticas de los líderes mundiales, de acuerdo al informe del (IPCC, 2019) Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, señala que la tasa lineal de calentamiento promedio de los últimos 50 años es de $0,13^{\circ}\text{C}$ por década (siendo casi el doble al promedio de los últimos 100 años) y que el año 1998 ha sido el año más cálido con una temperatura media global de $14,54^{\circ}\text{C}$, así mismo indica que la temperatura media global en superficie observada en el decenio 2006-2015 fue $0,87^{\circ}\text{C}$ más alta que el promedio del período 1850-1900, siendo China, EE UU, la UE e India los países que acumulan casi el 60% de las emisiones de CO_2 del planeta. es así que, el calentamiento global toma gran relevancia como problemática económica, social y ambiental, por ello, es crucial estudiar el efecto de las emisiones de CO_2 , compuesto principal de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), la situación energética y el crecimiento económico a nivel mundial.

Según Callen (2008), el PBI representa la producción total de un país, lo que comprende la extracción y uso de recursos para posteriormente ser transformados en bienes y servicios que luego serán consumidos, siendo la energía primaria² el insumo

² Giampietro (2011) conceptualiza a la energía primaria como la energía tal cual es provista por la naturaleza y su obtención se da por tres (03) formas; de forma directa, como la hidráulica, eólica y solar; la segunda después de



que está presente en todos los sectores productivos de toda economía global y por otro lado, son el factor determinante que incrementan los Gases de Efecto Invernadero (GEI); es decir, las emisiones de CO₂ son las responsables directas del calentamiento global, por tal razón, su regulación es muy importante para los gobiernos. Según el estudio anual que realiza Global Carbón Project CGP (2018) las economías a nivel global se esfuerzan por mantener sus variables macroeconómicas estables y también mantener una estabilidad financiera óptima, descuidando las implicancias que tienen estas medidas políticas sobre el cambio climático.

Los países de la región de América Latina y el Caribe son parte de la degradación ambiental, se conoce que el 2018 arrojó a la atmósfera 371 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono por el consumo de madera y carbón, representando el 8% de las emisiones totales de GEI globales esto según datos de la (Organización de las Naciones Unidas - ONU, 2019). Además, el Instituto de Recursos Mundiales WRI (2016), indica que dentro de la región de América Latina, Argentina, Brasil, México y Venezuela generan el 75% de las emisiones de GEI, concentrando el 66% de la población y el 75% del PBI de la región, con intensidades de incremento de emisiones de 402,95 hasta 593,41 toneladas métricas de CO₂ por millón de dólares (USD) en Brasil, seguida de Venezuela debido a la alta participación de las plantas hidroeléctricas y los biocombustibles en la generación de energía en el primero y la alta dependencia de los productos del petróleo en el segundo. Entre otros aspectos relevantes, se indica que los países con mayores contribuciones de GEI en la región de América Latina, fue el país de Brasil que incrementó sus emisiones de CO₂ a mayor velocidad, mientras México lo hizo a un menor ritmo que Argentina, Brasil y Venezuela. También señala que las emisiones de CO₂ aumentaron en un 14,18% entre

atravesar un proceso minero como los hidrocarburos, el carbón mineral, los minerales fisionables y la geotermia. y por último a través de la fotosíntesis: como la leña, los residuos de biomasa y las plantaciones para energía.



2006 y 2011 por la fabricación de cemento y la quema de combustibles fósiles, por otro lado, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE (2019), señala que no se puede pasar por desapercibido las tasas de crecimiento de GEI anual de Perú, Bolivia, Chile y Ecuador que muestran crecimientos de emisiones de CO₂ de hasta 60% más altas en comparación a años anteriores.

Para el caso peruano este tema es de gran relevancia, debido a que no es ajeno a esta problemática del deterioro ambiental y pocos son los estudios que investigan la relación entre PBI, intensidad energética y emisiones de CO₂. Según estadísticas del Banco Mundial (2014) en el Perú las emisiones de CO₂ se aceleraron en los últimos 20 años y el PBI desde el año de 1991 a la actualidad, presenta un crecimiento continuo, que comenzó con la aplicación de reformas estructurales planteadas por el Consenso de Washington. Este ajuste estructural de corte neoliberal planteó la desintervención del Estado en todos los sectores para darle libertad al mercado. Si bien tuvo un efecto estabilizador macroeconómico, sustentado en las exportaciones del sector primario, siendo el insumo principal el uso de energía primaria, la inexistencia de regulación de la variable CO₂ en las políticas públicas y privadas adoptadas hizo que la contaminación y degradación del medio ambiente continuara (Dancourt, 1999).

De acuerdo con Tyndall Centre (2004), el Perú es uno de los países más vulnerables ante eventos climáticos, debido a lo complejo y diverso de nuestro ecosistema, que el 60% de la población vive en zonas áridas de la costa, que el 60% de nuestra agricultura es de secano y depende de los regímenes de lluvia, que nuestros glaciares tropicales son bastante sensibles al cambio de temperatura y que el 70% de la energía eléctrica es generada por fuentes hídricas. Por consiguiente, un incremento de la producción generará externalidades positivas y negativas a la economía peruana,



acompañadas de posibles excesos del uso de los recursos naturales por medio del consumo de energía (energía primaria y energía secundaria).

Con base en la discusión expuesta, el presente estudio se centrará en investigar la relación en base a la aplicación estadística de causalidad Granger entre las variables de crecimiento económico (medido por el PBI en millones de dólares), la degradación ambiental (medida por las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en Megatoneladas métricas) y el consumo de energía (medido por la intensidad energética en el Perú).

Las consideraciones expuestas nos llevan a plantear la siguiente interrogante:

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Existe relación causal estadística entre las emisiones del CO₂, el PBI y la Intensidad energética para determinar políticas públicas correctas en Perú periodo 1990-2019?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo ha venido dándose el comportamiento de las series de tiempo del PBI, intensidad energética y las emisiones de CO₂ durante los años 1990 – 2019 en el Perú?
- ¿Existe equilibrio de largo plazo de las series de tiempo PBI, emisiones de CO₂ e intensidad energética durante los años 1990 – 2019 en el Perú?
- ¿Cuál es la dirección de causalidad de Granger entre las variables PBI, emisiones de CO₂ e intensidad energética durante los años 1990 – 2019 en el Perú?



1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis General

Existe causalidad dinámica bidireccional entre PBI, la intensidad energética y las emisiones de CO₂ en Perú periodo 1990 – 2019.

1.3.2. Hipótesis específica

- El PBI, las emisiones de CO₂ y la intensidad energética han evolucionado positivamente durante los años 1990 – 2019 en el Perú.
- El PBI, las emisiones de CO₂ y la intensidad energética durante los años 1990 -2019 en el Perú mantienen una relación de equilibrio de largo plazo.
- Existe relación unidireccional entre el PBI y la intensidad energética, el PBI y emisiones de CO₂, la intensidad energética y emisiones de CO₂ en el Perú durante los años 1990 - 2019.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La importancia de esta investigación radica en dos dimensiones, la académica y la económica-ambiental. Por la parte académica, la relación teórica entre el PBI, las emisiones de CO₂ y la intensidad energética es compleja y los estudios actuales utilizan diferentes enfoques econométricos como técnicas para estimarlas. La discusión de estos temas en el contexto de la literatura reciente sugiere que existe un vacío en la literatura empírica sobre este tema y la mayor parte de la literatura hasta ahora ha ofrecido resultados contradictorios e inconsistentes sobre la relación causal entre la intensidad energética, el PBI y las emisiones de CO₂ en los países investigados. Esto podría atribuirse en primer lugar, a los diferentes marcos institucionales y estructurales y las políticas seguidas y, en segundo lugar, a las diferencias metodológicas, incluida la selección de variables, las especificaciones del modelo, los períodos de tiempo de los



estudios y los enfoques econométricos realizados. Dependiendo del caso del estudio examinado, emerge la causalidad unidireccional, bidireccional o nula entre la intensidad energética y el crecimiento económico nuestro estudio puede significativamente ayudar a saber, la existencia y la relación entre la intensidad energética, el PBI y las emisiones de CO₂, con el fin de ayudar a los responsables políticos a diseñar políticas públicas, promover instrumentos económicos que permitan reducir los impactos económicos del cambio climático y permitan adaptar la economía y la sociedad a dicho fenómeno.

Por la parte económica-ambiental, es relevante analizar la relación de estas tres variables (PBI, IE, ECO₂) en base a la metodología Granger, debido a que Perú tiene un compromiso de alcanzar las metas de Desarrollo Sostenible para el 2030 planteadas por las Naciones Unidas (2015) y de la Conferencia de París sobre el Clima (COP21, 2015), es así que para Perú es prioritario conocer el tipo de relación causal entre las variables del PBI, emisiones de CO₂ e intensidad energética apoyados en indicadores internacionales para diseñar los instrumentos económicos y financieros, que ayuden a mitigar los efectos negativos que conllevan los gases de efecto invernadero (cambio climático), así como poder gestionar y diseñar un marco normativo y regulatorio que permita reducir las emisiones del gas efecto invernadero (GEI), orientando a la economía peruana hacia un desarrollo sostenible, por lo tanto es necesario fomentar la investigación multidisciplinaria de estas tres variables, para tener una visualización más amplia de la relación que puedan tener estos indicadores y así lograr sostener el crecimiento a largo plazo sin degradar el medio ambiente en el cual nos desarrollamos, garantizando el bienestar de nuestras próximas generaciones venideras.



1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Analizar el tipo de relación causal entre las emisiones del CO₂, el PBI y la intensidad energética para determinar políticas públicas correctas en Perú periodo 1990 – 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- Describir el comportamiento de las series de tiempo del PBI, intensidad energética y las emisiones de CO₂ durante los años 1990 – 2019 en el Perú.
- Determinar la existencia de relación de equilibrio de largo plazo de las series de tiempo PBI, emisiones de CO₂ y la intensidad energética durante los años 1990 - 2019 en el Perú.
- Establecer cuál fue la dirección de causalidad de Granger entre las variables PBI, emisiones de CO₂ y la intensidad energética durante los años 1990 – 2019 en el Perú.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Los antecedentes que precede al presente estudio constituyen:

2.1.1 Antecedentes Internacionales:

Según Becker (2018), argumenta que el crecimiento verde significa promover el crecimiento económico y el desarrollo al mismo tiempo garantizando que los recursos naturales continúen brindando los recursos y los servicios ambientales de los que depende el bienestar de la humanidad. Para lograr este objetivo, se debe alentar la inversión y la innovación para respaldar el crecimiento continuo, creando nuevas oportunidades económicas. En otras palabras, una economía verde debe ser baja en carbono, socialmente inclusiva y eficiente en el uso de los recursos.

De acuerdo a Zhang et al. (2019), en su investigación estudiaron la relación de las series de tiempo, emisiones de CO₂ del sector agrícola en toneladas métricas, consumo de energía de la agricultura y valor de la producción bruta de la agricultura a precios constantes de 1996 para el periodo 1996 – 2015 del país de China, este estudio se planteó como objetivo investigar la relación entre las emisiones de CO₂, el consumo de energía y el crecimiento económico en el sector agrícola de China utilizando modelos autorregresivos basados en retardos distribuidos (ARDL, por sus siglas en ingles), causalidad de Granger basado en el modelo de vector de corrección de errores (VECM, por sus siglas en ingles) y descomposición de la varianza, concluyen los autores que el consumo de energía agrícola tiene un impacto negativo en las emisiones de carbono agrícolas a corto y largo plazo, por el contrario, el crecimiento económico agrícola tiene un impacto positivo frente a las emisiones de carbono agrícola, ya que



cada aumento del 1% en el crecimiento económico agrícola aumenta las emisiones de carbono agrícola en un 0.844%. Además, también se encuentra que existe una causalidad bidireccional entre las emisiones de carbono agrícola y el crecimiento económico agrícola a corto y largo plazo, y una causalidad unidireccional entre el consumo de energía agrícola hacia las emisiones de carbono agrícola y la economía de crecimiento agrícola.

Para Nepal y Paija (2019), quienes examinaron la causalidad a corto y largo plazo entre el crecimiento económico (PBI real), las emisiones contaminantes (KT CO₂), el consumo de energía (KT carbono equivalente), la población y el capital fijo en el país de Nepal a lo largo del tiempo, desde 1975 a 2013, en su investigación demuestran que a través del uso de modelos de vectores autorregresivos aumentados y causalidad de Granger. Se concluyó que existe una causalidad unidireccional a largo plazo donde la dirección del PIB va hacia el consumo de energía, y una causalidad unidireccional que va desde las emisiones de CO₂ hacia el crecimiento económico y del crecimiento económico hacia el consumo de energía.

Mirza y Kanwal (2017), investigaron si existe una relación causal dinámica entre el crecimiento económico, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en Pakistán durante el período de 1971 a 2009, lo que indica la necesidad de una prueba de raíz unitaria basada en un vector de corrección de errores. modelo (VECM) Prueba de cointegración de Johansen-Joselius y prueba de causalidad de Granger utilizando como base la renta per cápita, el consumo de energía (kg equivalente de petróleo) y las emisiones de dióxido de carbono (TM). El estudio resume y demuestra la existencia de causalidad bidireccional a corto y largo plazo entre el consumo de energía, el crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono en Pakistán



Por su parte Vera y Kristjanpoller (2017), investigaron la causalidad en el corto y largo plazo entre el crecimiento económico, la composición de las exportaciones y la producción de energía eléctrica de 14 países latinoamericanos, utilizando datos anuales tales como el PBI real, las exportaciones totales, la formación bruta de capital, y la producción de electricidad en KW/h. A diferencia de las anteriores investigaciones, esta investigación aplica cointegración de datos Panel (ECM) y causalidad Granger, arrojando resultados que muestran que el crecimiento económico de largo plazo de la región depende de las exportaciones no técnicas; De manera similar, la elasticidad del PIB real a largo plazo muestra que un cambio del 1 % en la producción de electricidad genera un aumento del PIB del 0,23 %, mientras que un aumento del 1 % en las exportaciones no técnicas genera un aumento del 0,044 %. Por otro lado, las exportaciones de baja tecnología reducen el PIB en un 0,07%. Finalmente, señaló que la política de aumento de exportaciones tendrá un impacto negativo en la generación eléctrica. Estas medidas no afectarán al PIB a corto plazo, sino a largo plazo, lo que también confirma su impacto positivo sobre la elasticidad a largo plazo del PIB, las exportaciones totales y los activos fijos totales. formación capital.

Gómez y Zarraga, Ainhoa; Ciarreta (2017), utilizó una metodología de relación de cointegración y causalidad Granger entre las variables de PIB, exportaciones en términos reales (X), capital (K) y consumo de energía (CE) medida por Kg de petróleo equivalente, aplicando la metodología de causalidad de Granger basado en (VECM), pudieron evidenciar con éxito una relación causal entre las variables K, M, CE y X y el PIB al 1% de significancia, mostrando que si el empleo, el consumo de energía, el capital o las exportaciones se verán afectados negativamente por una reducción del PIB. La causalidad a largo plazo también se muestra al nivel de significancia del 1% cuando consideramos (K) como la variable dependiente. También realizaron una prueba



adicional que incluyó importaciones (M), que en el corto plazo proporcionó evidencia de que la causalidad es unidireccional, de exportaciones a PIB, y bidireccional entre PIB y EC al nivel de significancia del 1%.

Por otra parte, en la investigación de Sanchez (2017), se examina la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental para 122 países clasificados por nivel de ingresos durante el periodo 1990-2013, el investigador consideró como sus indicadores clave a las emisiones de CO₂ (TM per cápita), PIB (PBI per cápita), superficie forestal (Km²), y mediante la aplicación del test de Dickey-Fuller, test de cointegración y un modelo de datos panel a través de la hipótesis de la Curva Medio Ambiental de Kuznets (CKA). Además, a un nivel de significancia de 0,001, pudieron demostrar que el coeficiente de variación del PIB per cápita en los países de ingresos bajos y medianos era negativo y concluyeron que si el PIB per cápita en los países de ingresos bajos y medianos aumentaba en 1 %, de otro lado, el área de bosques disminuiría en 0.016%; El estudio mostró que en los países de ingresos medios-altos y altos, las emisiones de CO₂ y el PIB per cápita no siguen la curva ambiental de Kuznets, pero la relación entre el área de la planta y el PIB per cápita sigue la curva ambiental. en los países de ingresos medios.

De modo similar ocurre en la investigación de Rosero, Christian; Bastidas (2016), cuyo objetivo fue determinar la relación entre las emisiones de CO₂ la cual incluye tanto las emisiones de CO₂ del consumo de combustible líquido y emisiones de CO₂ originadas por la producción de electricidad y calefacción (TM per cápita), consumo de energía per cápita (KWh) y el crecimiento económico (PBI per cápita) para el periodo 1981 a 2013, utilizando el método de coeficiente de determinación y la curva ambiental de Kuznets, utilizando series anuales de emisiones de CO₂, PIB per cápita y consumo de energía, su estudio encontró que todas las variables están correlacionadas



con la variable CO₂ porque los valores de 'p' fueron en todos los casos por debajo del nivel de significación aplicado según la ecuación de emisión de CO₂, el coeficiente del PIB per cápita (-0,07) y, por lo tanto, el PIB per cápita aumentado en un 1 % reducirá las emisiones de CO₂ en un 0,07 %, mientras que un aumento del 1 % en el consumo de energía, combustible el consumo, la producción de electricidad y calor harán que las emisiones de CO₂ aumenten un 0,9%, 0,13% y 0,84% respectivamente.

Campo Robledo y Olivares (2013), estimaron la relación existente entre las emisiones de Dióxido de carbono CO₂ y el consumo de energía para 6 países (Colombia, Indonesia, Vietnam, Egipto, Turquía y Sudáfrica) miembros de los mercados emergentes de (CIVETS) de 1985 al 2007, utilizando al PIB (PBI real per cápita precios constantes del año 2000), consumo de energía (KWh) por habitante y las emisiones de CO₂ (TM per cápita) como indicadores. La metodología utilizada son de datos panel no estacionarios combinados con pruebas de cointegración y raíz unitaria, que muestran que las emisiones de dióxido de carbono son inelásticas a los cambios en el consumo de energía, y por cada 1% de aumento en el consumo de energía, las emisiones de dióxido de carbono aumentarán en 0,42. % a largo plazo. El documento concluye que el crecimiento económico y el consumo de energía aceleran el calentamiento global a largo plazo al aumentar las emisiones de CO₂, lo que también muestra que un aumento en el PIB per cápita aumentará las emisiones de CO₂, pero disminuirá después de que el PIB alcance un cierto nivel.

En la investigación de Hatzigeorgiou et al. (2011), Los investigadores construyeron un modelo econométrico a partir de datos anuales obtenidos del Banco Mundial (BM), considerando las variables PIB real, consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂, aplicando la metodología de causalidad de Granger basado en (VECM), y descomposición de la varianza, planteándose como objetivo principal



investigar la causalidad entre el PIB, la intensidad energética (IE) y las emisiones de CO₂ de Grecia para el periodo de 1977 al 2007, concluyeron que las series de tiempo seleccionadas son estacionarias en primeras diferencias y están cointegradas. Además, los estudios muestran una relación a largo plazo entre las tres series de tiempo (IE, el PIB y las emisiones de CO₂). Asimismo, el análisis de causalidad de Granger basado en el Modelo Vectorial de Corrección de Errores (VECM) mostró una causalidad unidireccional que va desde el crecimiento económico a la intensidad energética y las emisiones de CO₂ y una relación bidireccional entre la intensidad energética y las emisiones de CO₂ y determinó que los resultados del impacto son del 45%. cambios en las futuras emisiones de CO₂, mientras que el impacto en el PIB podría aumentar las emisiones de CO₂ de Grecia hasta en un 28 %.

En comparación el estudio de Shahbaz et al. (2016), quienes investigaron la relación entre el crecimiento económico, la intensidad energética y las emisiones de dióxido de carbono en Portugal durante el período 1971-2011. Utiliza y estima una raíz unitaria utilizando un modelo de rezago autorregresivo distribuido (ARDL) y un método basado en la causalidad de Granger (VECM) utilizando las emisiones de dióxido de carbono (KT per cápita) como variable de estudio, el PIB real per cápita, el crédito interno real al sector privado per cápita y la intensidad energética per cápita, mientras que el desarrollo financiero lo comprime. El análisis de causalidad de Granger muestra que existe una relación de retroalimentación entre la intensidad energética y las emisiones de CO₂, con el crecimiento económico y el desarrollo financiero generando emisiones de CO₂.

Adicionalmente, Lin et al. (2015), ponen a prueba el método de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), método Tapio y el método de identidad de Kaya, con el objetivo de evaluar la ocurrencia de desacoplamiento de



emisiones de CO₂, Producto Interno Bruto (PIB) en Sudáfrica en el periodo de 1990 – 2012, utilizando como series históricas, las variables de emisiones de CO₂ (KT per cápita) y el PIB precios constantes del 2005, logrando obtener resultados que demuestran una fuerte disociación durante el período de 2010 a 2012, que se considera como la mejor situación de desarrollo para Sudáfrica. Además de esto, en la investigación se encontró que en 1994-2010 Sudáfrica tenía un desacoplamiento débil; mientras que durante el período 1990-1994, el desarrollo de país de Sudáfrica presentó estado de desacoplamiento expansiva negativa. Lograron concluir que el aumento de la población, PIB y el deterioro de la eficiencia energética fueron las principales fuerzas motrices para el incremento de las emisiones de CO₂ en el país de Sudáfrica.

Feng et al. (2009) investigaron las relaciones de equilibrio de largo plazo, relaciones dinámicas temporales y las relaciones causales entre la estructura de consumo de energía, la estructura económica y la intensidad energética en China periodo 1980 – 2006, teniendo como variables de estudio al consumo de energía (consumo de carbón en KT), consumo de energía por cada unidad de producción nacional china y el PIB real, los datos fueron compilados del anuario estadístico de China, aplicando para ello en su metodología, el análisis de cointegración y causalidad de Granger basado en modelo de vector de corrección de errores (VECM). Los resultados muestran que existe una relación causal unidireccional entre el consumo de energía y el PBI, que va desde el CE hacia el PIB. De manera similar, para el término de error del modelo VECM, el coeficiente encontrado es de 0.006, el cual está por debajo de “0” lo que indica que el término de error correcto regulará la intensidad de energía del próximo período en un 0.597%, lo que significa que un cambio en la intensidad energética esta influenciado por muchos otros factores, y finalmente la prueba de cointegración muestra que las tres variables tienden a moverse juntas en el largo plazo.



Climent y Pardo (2007), investigan la relación entre el producto interno bruto (PIB) y el consumo de energía (CE) para España en el periodo 1984 – 2003, trabajando con las variables; CE primaria (Miles de equivalente de Petróleo), PIB, IPC Y EMP (Miles de empleados), aplicando una metodología de cointegración multivariante y el test de Kwiatkowski. La investigación revela que mediante un análisis de cointegración multivariante una relación entre CE y PIB en el largo plazo. Por otra parte, logran demostrar la existencia de causalidad unidireccional de corto plazo del CE hacia el crecimiento económico.

Por su parte, Cuadros Ramos (2000), analiza el impacto del proceso de apertura comercial iniciado en México en el periodo de 1983 – 1997, en la investigación se utiliza como variables de estudio al PBI (Datos trimestrales en pesos mexicanos), importaciones, exportaciones (Datos trimestrales en miles de pesos mexicanos con año base 1990), utilizando un método de análisis de cointegración y contraste de causalidad Granger. Lograron demostrar que no existe una relación de causalidad Granger entre las diversas categorías de exportacion consideradas y el aumento de la producción neta de exportaciones durante el periodo 1983-1997. Sin embargo, ha sido posible encontrar una relación de causalidad positiva entre las variables de crecimiento económico (PBI) y las importaciones de país de Mexico.

2.1.2 Antecedentes Nacionales:

En la Tesis de Minaya (2018), el autor pretende corroborar la evidencia empírica de la curva de Kuznets ambiental (CKA) para la economía peruana, tomando como series de tiempo al ingreso y el consumo de material doméstico (CDM en sus siglas en ingles), variable considerada como un indicador de presión ambiental que aproxima la cantidad de uso de recursos naturales que son transformados en una economía, la investigación toma como base de tiempo el período de 1970-2015, con la finalidad de



ampliar la base empírica de estudios en este ámbito, los datos de variable PBI per cápita fueron obtenidas del Banco Central de Reserva, y de la variable CDM a través de la página oficial de la Organización de las Naciones Unidas, aplicando el Modelo de Van Alstine y Neumayer (2009). La investigación concluye que la cantidad de residuos agregados y/o desechados al medio ambiente guardan relación positiva con los ingresos de la estructura productiva de la economía peruana.

2.1.3 Antecedentes Locales:

En las tesis de Borda (2017), plantea probar que la degradación ambiental en el sector eléctrico está relacionada con el crecimiento económico en Perú, en el periodo 2005 - 2016. Para tal fin, utiliza un modelo de cointegración y el modelo de corrección de errores (MCE) Engle – Granger, así como las estimaciones Johansen y el de Pesaran, Shin y Smith, mediante el uso de las variables; Emisiones de CO₂ (TM), demanda de Energía Eléctrica (MWh), la investigación logra evidenciar un alto grado de correlación de la demanda agregada de energía y existencia de relación de largo plazo con la variable de PBI, lo que hace que los cambios en el PBI sean proporcionales a los cambios en la demanda agregada de energía eléctrica y estrechamente relacionados con la degradación ambiental.

Finalmente, en la tesis de Cuevas (2019), se determina el efecto del empleo sobre el crecimiento económico del Perú, durante el periodo 2003-1 al 2018-12, desarrolló esta investigación con un método descriptivo y correlacional aplicando la estimación de causalidad Engle Granger y cointegración multivariada de Johansen, utilizando el PIB real y los índices de empleo como series de tiempo del estudio, encuentra evidencia de una relación directa entre el empleo y el crecimiento económico en Perú de 2003-2018-2012, además de algunas variables elásticas del índice de empleo. El PIB está por encima del 0,22%, y la conclusión de esto está directamente



relacionada, que si el índice de empleo aumenta un punto porcentual, el PIB aumentará un 0,22%, lo cual es inelástico. En por tal razón, que se puede confirmar la existencia de relaciones de largo plazo entre variables como el PIB, el índice de precios, la coinversión interna, el nivel educativo promedio, el índice de consumo, los precios y los términos de intercambio.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Historia de la Teoría Economía Ambiental

David Ricardo (1772-1823) era pesimista sobre las perspectivas al largo plazo del crecimiento económico. su opinión sobre “restricciones ambientales” como una oferta limitada de tierras agrícolas de alta calidad y una producción agrícola en declive. El crecimiento económico a largo plazo desapareció porque los recursos naturales eran limitados; además, este debate socavó indirectamente la armonía de los intereses sociales que Adam Smith había trabajado tan duro para establecer. La disminución de la producción no se debió a la pura escasez sino a las fluctuaciones en la calidad de la tierra disponible, lo que obligó a las comunidades a mudarse a tierras cada vez menos productivas. Recuérdese que la ausencia de progreso tecnológico en el modelo significa que la curva de producción total (con rendimientos decrecientes) permanece constante. La innovación tecnológica desplazará hacia arriba la curva de producción agregada, aumentando la producción por unidad de insumo, revirtiendo lentamente, pero no revirtiendo, la tendencia de rendimientos decrecientes.

David Ricardo en su libro titulado: “Principios de economía política y tributación” hace mención a “aspectos ambientales” y añade indicando que: “con una cantidad dada de materiales, y con la asistencia de la presión atmosférica y la elasticidad del vapor, las máquinas pueden trabajar, y abreviar el trabajo humano en gran medida;



pero ningún pago se hace por el uso de estas ayudas naturales, porque ellas son inagotables y están a disposición de cualquier persona.”

Por su parte Karl Marx (1883) argumentó que el progreso es un proceso natural característico de la humanidad y su historia. El progreso mismo debe definirse como el progreso material y tecnológico a través de la explotación de la naturaleza. Creía que el entorno social se eliminó de la naturaleza y se creó como un sustituto del entorno y el medio ambiente "naturales". La naturaleza debe ser humanizada con la ayuda de la ciencia, para que su verdadero valor se convierta en valor de uso.

Según el análisis marxista, el sistema económico capitalista actual aún no ha superado la prueba de la sustentabilidad, es decir, el sistema capitalista no es sustentable y una de las razones es el daño progresivo del medio ambiente. Por lo tanto, podemos concluir que en el modelo económico marxista, los capitalistas altamente competitivos buscan innovaciones ahorradoras de mano de obra que aumenten la productividad laboral y el valor total de la plusvalía a corto plazo, aumentando así la velocidad de acumulación de capital. Sin embargo, a la larga, las nuevas tecnologías crean una pesada carga. El medio ambiente puede aumentar la toxicidad y la estabilidad de los residuos del producto. Las pérdidas causadas por la contaminación, incluida la morbilidad y mortalidad humanas, se denominan "pérdidas sociales".

2.2.2 La teoría neoclásica

Los neoclásicos consideran que para entender los problemas ambientales más apremiantes se deben tener en cuenta dos factores, ya que, reflejando la continua degradación ambiental y agotamiento de los recursos ambientales, no es del todo atribuible a la influencia de factores externos. Es probable que la calidad de vida pueda verse comprometida porque las acciones y actividades aumentan los costos externos y reducen la eficacia de las medidas públicas destinadas a mejorar la calidad de vida. En



resumen, la calidad del medio ambiente depende tanto de las decisiones individuales y privadas como de las acciones colectivas del sector público (prestación de servicios públicos). Se espera tal resultado, porque la calidad del medio ambiente es un bien público que es consumido por todos los miembros de la sociedad (Facultad de Contabilidad P. Gómez, 2003).

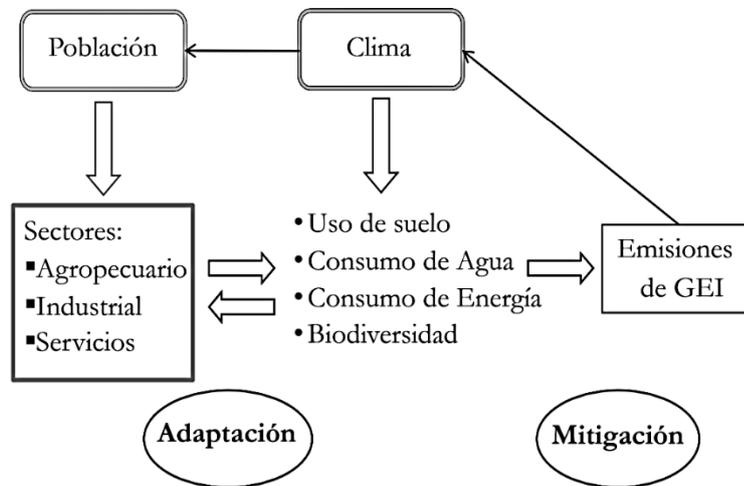
Para Apergis y Payne (2010), argumenta que en teoría hay dos escuelas de pensamiento opuesto sobre la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Los economistas neoclásicos creen que la entrada de energía al proceso de producción no es tan importante como otros factores de producción y que no existe una relación causal entre el cambio en el consumo de energía y el crecimiento económico. Por lo tanto, las políticas de conservación se pueden adoptar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sin obstaculizar la tasa de crecimiento económico. La segunda escuela de pensamiento asume que la energía es un insumo importante para el proceso de producción. Las políticas que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la reducción del consumo de energía reducirán el crecimiento económico y conducirán a la no neutralidad energética.

2.2.3. Economía del cambio climático

La economía del cambio climático se centra en las amenazas que plantea el cambio climático y proporciona el contenido teórico y empírico pertinente para formular implementar políticas para reducir, prevenir o adaptarse al cambio climático, considerando a esta como una externalidad global con efectos negativos ya que diversas actividades económicas liberan gases de efecto invernadero a la atmósfera sin causar costos económicos a quienes lo provocan. En este sentido, el cambio climático expresa y exagera las consecuencias y presiones económicas, sociales y ambientales del actual modelo de desarrollo, por lo que sólo una transición hacia un desarrollo sostenible

puede resolver los problemas de este cambio. Esta forma de desarrollo se basa en una mayor igualdad y cohesión social. (Bárcena et al., 2018)

Figura 1: Economía del cambio climático



Fuente: Elaboración Propia (Adaptación de CEPAL)

2.2.3.1. Causas del calentamiento Global

Según las Naciones Unidas (2019), existen tres causas que determinan el calentamiento Global:

a) Emisión de gases de efecto invernadero (GEI):

Básicamente, estamos hablando de las emisiones de dióxido de carbono, que actualmente son el elemento más desestabilizador del entorno terrestre. Este componente se crea luego de la quema y combustión de combustibles fósiles como la gasolina que los automóviles consumen todos los días, y la producción de electricidad utilizada en la industria también contribuye a este gas CO₂. El dióxido de carbono, junto con otros gases industriales producidos por la industria, puede causar el agotamiento del ozono, el agotamiento y la radiación ultravioleta directa a la tierra.

b) Deforestación:

El conjunto de árboles juega un papel importante en el equilibrio del medio ambiente porque convierten el dióxido de carbono (CO₂) en oxígeno. Debido a que lugares como el Amazonas tienen menos árboles, la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera de la región aumenta, lo que provoca el agotamiento de la capa de ozono. Además, la calidad del aire que respiramos se está deteriorando, especialmente en los grandes centros urbanos y áreas industriales.

c) Uso de fertilizantes en el campo:

La sobrepoblación en la Tierra crea nuevos desafíos y problemas, incluida la producción de alimentos. Para satisfacer la creciente demanda, la mayoría de las empresas de la industria alimentaria utilizan fertilizantes químicos para aumentar los niveles de producción. Estos fertilizantes, elaborados a partir de óxidos de nitrógeno, provocan más daños en los propios campos productivos, desertificando y esterilizando las tierras de cultivo a largo plazo.

2.2.4 Economía de contaminación

Según Labandeira et al. (2007), la presencia de daños físicos conocidos en el medio ambiente mediante los residuos y el impacto de estos daños en los seres humanos se conoce como contaminación. Desde un punto de vista económico, los residuos vertidos a la atmósfera y al agua provocan costos externos o pérdidas de bienestar no compensadas (por ejemplo, aumento de la mortalidad o morbilidad, reducción del disfrute y placer recreativo, etc.)

Por otro lado, la economía real en la que vivimos y trabajamos como un sistema abierto viene siendo representada por la economía ambiental. Esto significa que para que el sistema funcione, debe extraer materias primas y energía del medio ambiente y transformarlas en productos finales para el consumo, y a su vez emitir grandes



cantidades de desechos, gases, líquidos y sólidos que son reemitidos en el entorno. En este sentido, el análisis económico es necesario para lograr un equilibrio entre la economía y el medio ambiente. Cuantos más recursos se extraen del medio ambiente, más residuos se devuelven inevitablemente al medio ambiente, llevando estos espacios al límite, incluso más allá de su limitada capacidad para absorber estos residuos. Si esta contaminación daña el bienestar humano a través de la pérdida de calidad de vida, beneficios recreativos u otros beneficios similares, entonces es contaminación económica. Esta visión antropocéntrica no sorprende ya que la economía es por definición una ciencia social y por lo tanto analiza el comportamiento variable que afecta el bienestar humano (utilidad).

Las emisiones de CO₂ están calculadas a nivel de país, utilizando la fórmula:

$$Emisiones\ CO_2 =$$

Donde:

A = Combustible consumido en Kt (1,000 toneladas métricas) año⁻¹, TJ (terajulios) año⁻¹, o Ktoe (kilotoneladas equivalentes de petróleo) año⁻¹ para combustibles y GWh año⁻¹ para electricidad.

EF = factor de emisión del nivel 1 del IPCC, (kg de gas emitido por TJ para combustibles o gramos por kilowatt hora para electricidad) de la energía por año.

2.2.5 Crecimiento económico y conservación ambiental:

El crecimiento económico ha tenido un efecto paradójico en el entorno natural. Primero, un aumento en el ingreso per cápita implica un mayor consumo de materias primas y energía, lo que genera más desechos y exacerba los problemas ambientales. Por otro lado, el progreso tecnológico y las preferencias cambiantes que acompañan al crecimiento económico pueden hacer que el crecimiento sea cada vez menos relevante



para el medio ambiente (Labandeira Villot et al., 2007). Así, dependiendo de qué conjunto de efectos se considere dominante, existen diferentes enfoques que conducen a tendencias pesimistas. Los defensores del informe Meadows argumentan que los impactos negativos prevalecerán y pronosticarán el colapso ecológico. Si las tendencias actuales continúan, la economía colapsará. Después de todo, es la cantidad de actividad económica (escasez absoluta). Alternativamente, una versión más optimista de la economía ambiental asume que el crecimiento económico puede eliminar los problemas ambientales que crea. El problema es cómo resolver el conflicto entre las distintas necesidades que puede satisfacer el medio natural, es decir, el crecimiento económico continuo (escasez relativa).

Según Labandeira et al. (2007) argumenta que la escasez relativa sostiene que los recursos son relativamente escasos porque dependen de las preferencias sociales, que pueden expresarse en comportamientos y consumos más amigables con el medio ambiente; porque en muchos casos hay otros bienes que pueden servir como sustitutos de las mismas necesidades; y porque la capacidad de satisfacer la demanda con los recursos disponibles cambia a medida que avanza la tecnología. En otras palabras, no podemos decir que existen límites absolutos para el crecimiento económico, o que dicho crecimiento es incompatible con la preservación de la base de recursos, si no conocemos la sustituibilidad, el potencial para el progreso tecnológico o los cambios en las preferencias sociales.

Como resultado, las discusiones se han dirigido gradualmente a la relación entre la población, la tasa y el tipo de crecimiento y la calidad ambiental. El crecimiento económico es necesario para satisfacer las necesidades básicas de la población y superar los desafíos asociados con las demandas de la creciente población, que a su vez es la principal causa de la degradación ambiental en los países en desarrollo. Sin embargo, a

medida que aumenta la actividad económica, suele haber una necesidad de un mayor consumo de recursos y, por lo tanto, de más residuos. Sin embargo, el deterioro de la calidad ambiental depende en gran medida del tipo de crecimiento económico (Labandeira et al., 2007).

2.2.5.1 El modelo IPAT:

Ehrlich y Holdren (1971) Por primera vez, se introduce un enfoque simple pero ilustrativo para explicar la relación entre la actividad económica y la degradación ambiental, explicada por la interacción de tres (03) componentes:

Entre ellos:

I “impacto ambiental”, P “la población”, A “el ingreso (renta) o consumo per cápita en unidades monetarias” y T “tecnología”, es decir, la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de residuos generados por unidad de producción.

2.2.5.2 La curva de Kusnets ambiental (CKA):

El enfoque CKA se originó cuando el premio Nobel Simon Kuznets (1966) vinculó el crecimiento económico con los cambios en la distribución del ingreso, específicamente para mostrar cómo la distribución del ingreso empeoró durante el primer período de crecimiento del ingreso, pero luego la relación se invirtió. En algunos casos, la relación entre el crecimiento económico y la calidad ambiental sigue el mismo patrón, que sigue una curva en forma de U invertida.

Donde:

I = índice de calidad medio ambiental, Y = renta per cápita, T = tendencia temporal, y F = otro tipo de características o efectos fijos, como la disponibilidad de recursos o el tipo de políticas públicas.

Los modelos más utilizados para representar la relación entre renta per cápita y indicadores de contaminación son:

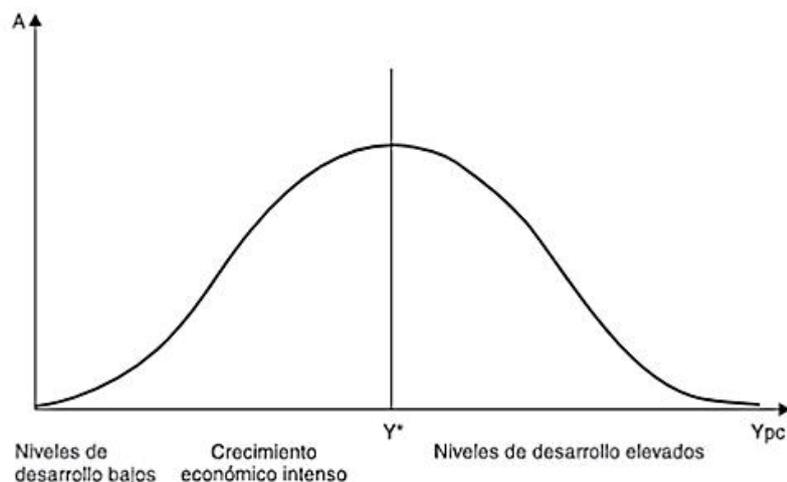
$$I_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_{it} + \alpha_2 T_i + \alpha_3 F_i + e_{it}$$

$$I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_{it} + \beta_2 (\ln Y_{it})^2 + \beta_3 T_i + \beta_4 F_i + e_{it}$$

$$I_{it} = \phi_0 + \phi_1 \ln Y_{it} + \phi_2 (\ln Y_{it})^2 + \phi_3 (\ln Y_{it})^3 + \phi_4 T_i + \phi_5 F_i + e_{it}$$

La etapa de desarrollo de la curva de Kuznets, donde Y^* es el punto de inflexión, o el nivel de ingreso per cápita, donde cambia la relación entre el crecimiento y la calidad ambiental. La importancia de la toma de decisiones de la sociedad es que si nos enfrentamos a un problema ambiental que sigue la curva de Kuznets, la inversión en un crecimiento económico acelerado será una estrategia más efectiva para resolver el problema ambiental que aplicar políticas ambientales o ajustes específicos.

Figura 2: Fases del desarrollo de la Curva de Kuznets



Fuente: Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES)

2.2.5 Economía de la Energía:

Las fuentes de energía pertenecen a la categoría de bienes escasos, incluso si son físicamente abundantes como en otros mercados, los precios coordinan decisiones individuales en el lado de la oferta y demanda. A primera vista, el modelo de un mercado ideal parece aplicarse a muchos mercados energéticos, por ello pueden ser claramente definidos, de tal forma que los productos comercializados en ellos son

altamente homogéneos al menos desde un punto de vista físico y muchos precios son transparentes. Si es grande el número de proveedores independientes, el mercado de energía correspondiente se ajusta al modelo de competencia perfecta atomista. Es decir que los proveedores individuales solo pueden elegir una determinada cantidad de energía “Q” que les gustaría ofrecer (actuando como los llamados tomadores de precios), pudiendo ser expresado mediante el siguiente formula:

$$\pi(Q) = p \times Q - C(Q)$$

Dónde:

Q = Cantidad energía

p = Ingresos

C = Costo total.

2.2.5.1 Intensidad Energética (IE):

Según CEPAL (2016) la relación entre el consumo de energía y la capacidad de producción de la economía está representada por la intensidad energética. Es decir, una relación más baja indica que se usa menos energía para producir una unidad de producción, y una relación más alta aumenta la cantidad de energía requerida para producir una unidad monetaria de producción económica. Es un modelo del nivel de eficiencia en el uso de los recursos energéticos porque existen otros factores que no necesariamente están relacionados con la eficiencia, como factores como el clima o cambios en la composición de los sectores del PIB. Este indicador ayuda a monitorear el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 7: "Garantizar energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos", en particular 7.3. Medidas relacionadas con la eficiencia energética.

Por lo tanto, podría definirse a la Intensidad Energética como un indicador que evalúa el rendimiento energético general de un país, es decir, la energía necesaria para



producir un punto del PBI. Además, que es el único indicador con el que se pueden comparar indicadores de eficiencia energética en diferentes países.

La fórmula para medir la Intensidad Energética es la siguiente:

$$IE = \frac{CE}{PBI}$$

Dónde:

IE = Intensidad energética

CE = Consumo de los recursos energéticos

PBI = Producto Bruto Interno

Si buscamos una definición simple y breve, podemos pensar en la Intensidad energética como la cantidad de energía que consume un país por unidad de PIB. Es decir, si aumenta es una buena noticia, si disminuye es una mala noticia, aunque los resultados variarán según el nivel del entorno.

Primero, desde un punto de vista ambiental, el sentido común sugiere que reducir el consumo de energía significa no solo ahorros económicos, sino también beneficios ecológicos. No es sorprendente que el consumo de energía sea una preocupación importante en la búsqueda de la sostenibilidad que tanto se necesita. Además, la emisión de gases de efecto invernadero es obligatoria hoy en día. Por lo tanto, el uso de otras fuentes de energía contaminantes y combustibles fósiles como el petróleo es un factor que considerar al momento de evaluar la eficiencia como valor reportado para este indicador. Por otra parte, la interpretación de los resultados de la IE tiene en cuenta otras variables que a su vez influyen en su desarrollo, como es el caso de la estructura industrial, el nivel de equipamiento, el desarrollo económico y de precios, el clima o la ubicación geográfica, etc.

De entre ellos, algunos también están relacionados con una política energética que persiga la sostenibilidad, como la disponibilidad de recursos autóctonos y materias



primas o la diversificación energética, ambos elementos clave para el logro de un desarrollo económico sostenible (González Guillot, 2017).

2.2.6 Producto Bruto Interno (PBI):

El producto bruto interno (PBI) sirve para muchos propósitos, pero lo más importante es que mide el desempeño general de la economía y permite a los formuladores de políticas determinar si la economía se está contrayendo, expandiendo o enfrentando una recesión severa o inflación. Por lo tanto, es un indicador de la producción total de bienes y servicios del país. En pocas palabras, es la suma de los valores monetarios del consumo (C), la inversión bruta (I), el gasto público (G) y las exportaciones netas (X) que produce un país en un año determinado.

2.2.6.1. El PBI nominal (PN):

El PN denota el valor monetario total de los bienes y servicios finales producidos en un año determinado, donde el valor se expresa en precios de mercado (precios corrientes) para cada año.

2.2.6.2. El PBI real (PR):

El PR excluye los cambios de precios del PBI nominal y calcula el PBI en función de la cantidad de bienes y servicios. Por tanto, se refiere al valor total de los bienes y servicios producidos por un país durante un período de tiempo, sin tener en cuenta la inflación. La fórmula para calcular PR es la relación entre el PBI nominal y el índice de precios del PBI:

$$PR = PIB \text{ real} = \frac{PIB \text{ nominal}}{\text{índice de precios del PIB}} = \frac{PN}{IPBI}$$



2.3. MARCO CONCEPTUAL

Crecimiento Económico

Por crecimiento económico se entiende que es el incremento del PBI. Por tanto, es el crecimiento de ciertos indicadores, como la producción de bienes y servicios, mayor consumo de energía, ahorros, inversiones, balanza comercial favorable, mayor consumo per cápita (por persona), etc. los indicadores económicos deben conducir al nivel de vida de la población. La reducción de la anemia y la desnutrición se debe a; y reducir el analfabetismo y la mortalidad infantil. En cambio, se debe mejorar la infraestructura y aumentar el acceso a la educación, la atención médica, los servicios básicos y la esperanza de vida, por ejemplo.

Calentamiento Global

Cambio climático significa un cambio en el estado del clima de manera natural o por la actividad de la mano del hombre que puede detectarse mediante test estadísticos en cambios en su media o cambios en sus características, y que dura mucho tiempo, generalmente décadas o más. El cambio climático puede ser causado por procesos internos naturales o forzamientos externos, como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropogénicos persistentes en la composición atmosférica o el uso de la tierra.

Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero y la razón principal del aumento de la temperatura media de la tierra desde mediados del siglo XX. Este gas absorbe y emite radiación infrarroja en sus dos frecuencias vibratorias infrarrojas activas, la actividad de radiación del dióxido de carbono calienta la superficie y la atmósfera inferior, enfriando la atmósfera superior.



Eficiencia Energética

Son ratios o intensidades energéticas que relacionan el consumo de energía de las unidades de análisis con sus niveles de actividad, medidos económicamente (unidades de valor), físicamente (unidades de producción o consumo físico), según sea el caso, o sociodemográficos.

De acuerdo a CEPAL (2014) señala que eficiencia energética es la cantidad de energía suficiente para poder producir una unidad de producto siendo una medida exacta para consumo de energía y para comparar con otros países.

Energía Primaria

Energía primaria significa todas las fuentes de energía natural que no han sido alteradas en su forma original. Es decir, todo lo que existe en la naturaleza antes de que su energía sea transformada o convertida en energía final y consumida, algunas de las fuentes primarias que conocemos son:

- Combustibles Fósiles
- Biomasa
- Sol
- Agua
- Minerales Radiactivos

Degradación Ambiental

La degradación ambiental es el deterioro progresivo del medio ambiente debido al agotamiento de recursos como el agua, el aire y el suelo. Consumando la destrucción de ecosistemas y extinción de la vida silvestre. Por tanto, se define como un cambio o perturbación ambiental percibido como dañino o indeseable.





CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Datos

Los datos estadísticos requeridos para el presente trabajo fueron extraídos de tres organismos internacionales (portal web y publicaciones) y dos entidades nacionales, los cuales son:

- Banco Mundial (BM).
- Agencia internacional de energía (IEA)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).
- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

3.2 Determinación de la muestra

Este estudio ha considerado el tamaño del periodo desde el año de 1990 hasta el 2019 debido a que en las páginas web de los organismos internacionales solo se cuenta con estadísticas actualizadas hasta dicho año y la información de estadísticas y datos de consumo de energía y emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el ámbito nacional son nulas, así mismo, el estudio emplea datos de series de tiempo anuales para Perú, tomando como fuente principal la base de datos extraídos de la página web del Banco Mundial, y la agencia internacional de energía e Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) .

3.2.1 Identificación de las variables:

Para un mejor tratamiento académico, las variables económicas (emisiones de CO₂, intensidad energética y PBI), serán representadas en logaritmos naturales, y se estructuran de la siguiente manera:

Tabla 1: Especificación de variables

Variabes	Indicador
Degradación Ambiental	Emisiones de CO ₂ (Mte)
Intensidad Energética	Consumo de Energía (KWh)/PBI
Producto Bruto Interno (PBI)	PBI (precios constantes 2010)

FUENTE: Elaboración propia

3.3 Metodología

3.3.1 Tipo y diseño de investigación

El método de investigación es no experimental, y el tipo de investigación que será utilizado en el presente estudio es el Descriptivo – Correlacional, descriptivo porque intentará explicar cómo se comporta una variable en función de otras (buscar describir el comportamiento de las variables en el tiempo y explicar su comportamiento), correlacional porque se conocerá el comportamiento de dos variables y si están o no relacionadas con el mismo (Vara Horna, 2012). De método hipotético deductivo, porque se formularán hipótesis a partir de las inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. Para Hernández (2008), el método hipotético deductivo es la primera vía de inferencias lógico deductivo para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente.

El diseño de investigación es investigación no experimental cuantitativa, dado que no se realizará manipulación deliberadamente de las variables. Es decir, se trata de

estudios en los que no haremos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, de tipo longitudinal porque se recolectaran datos a través del tiempo en puntos y periodos especificados (Hernandez, 2014).

3.3.2 Estrategia Metodológica

Para el procesamiento y análisis de datos, se realizó el uso de estadística y modelos econométricos especializados por la relevancia del estudio, haciendo uso del paquete de análisis estadístico y econométrico GRETL.

3.3.3 Modelo de estimación econométrica

3.3.3.1 Modelo Econométrico:

La gran parte de estudios revisados sobre relación del PBI, Intensidad Energética y emisiones de CO₂, representan el modelo econométrico siguiente:

Para asegurar la estabilidad de los datos, se utiliza la forma logarítmica, el modelo usado para emisiones de CO₂, puede ser especificado de la siguiente forma:

$$\ln ECO2_t = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 \ln IE_t + \beta_3 \ln PBI_t + U_t$$

Donde:

ECO₂ = Emisiones de CO₂

PBI = PBI Real

IE = Intensidad Energética

β_0 = Termino de intercepción

T = Tendencia de tiempo

U_t = Termino de error

β_1 , β_2 and β_3 indican los coeficientes de $\ln IE_t$, $\ln PBI_t$ y T, respectivamente.

Los modelos a menudo requieren la transformación logarítmica de ciertas variables para dar cuenta de ciertos problemas que pueden ocurrir. Si utilizamos este

tipo de transformación, la interpretación de los datos es diferente (Wooldridge et al., 2006), lo cual podemos resumir en la siguiente tabla:

Tabla 2: Transformaciones logarítmicas

Modelo	Variable dependiente	Variable independiente	Interpretación del parámetro
Nivel-nivel	Y	x	$\Delta y = \beta_i \Delta x$
Nivel-log	Y	Log(x)	$\Delta y = (\beta_i / 100) \% \Delta x$
Log-nivel	Log(y)	x	$\Delta \% y = 100 \beta_i \Delta x$
Log-log	Log(y)	Log(x)	$\Delta \% y = \beta_i \% \Delta x$

Fuente: Wooldridge, J. Introducción a la econometría: un enfoque moderno. 2006. Ed. Thomson. Pg. 49

3.3.3.2 Metodología econométrica

Para garantizar la fiabilidad de este estudio acerca de la relación entre las emisiones de carbono CO₂, intensidad energética y el PBI, empleamos cuatro procedimientos de estimación:

a) Pruebas de raíz unitaria:

Las raíces unitarias son necesarias para obtener el orden de integración máxima.

- Dickey Fuller Aumentado (ADF):

Esta es una prueba para investigar la existencia de raíces unitarias. A diferencia de la Dickey Fuller tradicional, en la ADF el término de error sí está correlacionado.

$$y_t - y_{t-1} = \phi y_{t-1} - y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + u_t$$

Donde:

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$$



$\phi=1$ Con una raíz unitaria y el parámetro $\gamma=0$ se puede fijar el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) al modelo en primeras inferencias y sin constante.

Planteamiento de Hipótesis:

$H_0 : \gamma=0$ por consiguiente $\phi=1$ La serie Y_t no es estacionaria tiene una raíz unitaria

$H_A : \gamma<1$ por consiguiente $\phi<1$ La serie Y_t es estacionaria no tiene raíz unitaria

Estadísticos para la prueba:

$t^* = \text{Tau} = \text{ADF}$ y los valores críticos de Mackinnon

Regla de decisión: Comparar el valor de tau con los valores críticos de Mackinnon

Si $t^* \leq | \text{valor crítico DF} \rightarrow$ Rechace a H_0 . Serie estacionaria

Si $t^* > | \text{valor crítico DF} \rightarrow$ Acepte a H_0 . Serie No Estacionaria

- Phillips Perron (PP):

Hipótesis nula: Existencia de al menos una raíz unitaria (serie no estacionaria en media). Se corrigieron las inconsistencias en las matrices de varianza y covarianza estimadas usando ADF alternativo. A veces es el caso que cuando una raíz unitaria y media móvil están presentes simultáneamente en el proceso y la raíz es cercano a la unidad, por tanto se acepta la hipótesis nula de la existencia de una raíz unitaria con excesiva frecuencia de la prueba de PP.

b) Metodología de cointegración Johansen:

El concepto de cointegración puede definirse como un comovimiento sistemático entre las series de tiempo seleccionadas a largo plazo. Si las series X_t e Y_t son no estacionarias, pero ambas están integradas en el mismo orden, la relación de cointegración puede realizarse como:

$$Y_t = a_0 + a_1 X_t + \epsilon_t \quad (1)$$

donde a_0, a_1 son parámetros a estimar y ϵ_t es una serie estacionaria. Utilizamos el enfoque de Vector Auto Regresivo (VAR) para investigar las relaciones de

cointegración entre las variables seleccionadas. El procedimiento de cointegración de Johansen se realizará para determinar si existe cointegración entre las series temporales LPBI, LEI y LCO₂. El primer paso en el procedimiento de Johansen es determinar el orden de retraso. En este estudio elegiremos un retraso de tres (3) usando el criterio de información de Akaike y luego usaremos el estadístico de la traza y el estadístico de máximo valor propio.

Las hipótesis que contrastaría Johansen serían las siguientes:

Ho: rango de $\Pi = 0$, o lo que es lo mismo, las variables del modelo no están cointegradas

Ha: rango de $\Pi > 0$, o lo que es lo mismo, al menos existe una relación de cointegración

Donde:

Π i: Término de corrección del error.

c) Causalidad de Granger basado en el MVCE

Una serie temporal X_t se dice que Granger causa otra serie temporal Y_t si el error de predicción de Y actual disminuye al usar valores pasados de X además de valores pasados de Y . El VECM para esta prueba se puede especificar en consecuencia como:

$$\Delta Y_t = \beta_{10} + \sum_{i=1}^p \beta_{11i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^p \beta_{12j} X_{t-j} + \beta_{13} \varepsilon_{t-1} + u_{1t} \quad (2)$$

Donde:

Δ = Operador de diferencia, p son los números de retrasos, β = son parámetros a estimar, u_{1t} = es el término de error no correlacionado en serie, y ε_{t-1} = es el término de corrección de error (ECT).

En nuestro estudio, el Análisis de la relación causal de Granger implica tres (3) pasos:

- Realizamos una prueba F para examinar la causalidad a corto plazo de X_t a Y_t .

En la ecuación [2] la hipótesis nula de no causalidad de Granger es $\beta_{12} = 0$.

- Realizamos una prueba t para examinar la causalidad a largo plazo de X_t a Y_t .

En la ecuación [2] la hipótesis nula de no causalidad de Granger es $\beta_{13} = 0$.

- Llevamos a cabo una prueba F conjunta para examinar la fuerte causalidad (a corto / largo plazo) de X_t a Y_t . En la ecuación [2] la hipótesis nula de no causalidad de Granger es $\beta_{12} = 0$ y $\beta_{13} = 0$

De acuerdo a Tiwari (2011) se desarrollan cuatro conjuntos de hipótesis comprobables para demostrar la causalidad de Granger entre las variables de consumo de energía y el crecimiento económico. El primer supuesto se denomina "supuesto de crecimiento". La evidencia de la causalidad unidireccional de Granger desde el consumo de energía hasta el crecimiento económico respalda la "hipótesis del crecimiento". Según la "Hipótesis de Crecimiento", el consumo de energía contribuye directamente al crecimiento económico en el proceso productivo, por lo que en este caso, si se adopta una política de ahorro energético, se afectará negativamente el crecimiento económico de los respectivos países. Sin embargo, existen grandes oportunidades para introducir nuevas tecnologías que utilicen la energía de manera más eficiente y políticas que allanan el camino para las tecnologías renovables.

La segunda hipótesis probada por Tiwari (2011) es la "hipótesis de conservación". La evidencia de la causalidad de Granger unidireccional que va desde el crecimiento económico hasta el consumo de energía valida la "hipótesis de la conservación". Si se respalda esta hipótesis, implica que las políticas de conservación de energía diseñadas para reducir el consumo y el desperdicio de energía pueden no reducir

el crecimiento económico. En tal caso, no solo podemos centrarnos en el desarrollo de proyectos ambientales que pueden reducir significativamente el cambio climático y proyectos dentro de los sectores de eficiencia energética y energía renovable, sino que también se puede disminuir el consumo de energía a mediante políticas como el impuesto al carbono, etc.

La tercera hipótesis es la “retroalimentación hipótesis” que afirma que el consumo de energía y la producción real son interdependientes y actúan como complementos entre sí. La existencia de causalidad Granger bidireccional entre el consumo de energía y la producción real corrobora la hipótesis de la retroalimentación.

Finalmente, la cuarta hipótesis es la "hipótesis neutral". En otras palabras, se confirma que no existe una causalidad de Granger entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Si tenemos evidencia para aceptar esta suposición, significa que las políticas de conservación de energía pueden no tener un impacto negativo en el crecimiento económico porque el consumo de energía es un factor relativamente pequeño en los factores reales de producción. Por lo tanto, en este caso, se pueden tomar todas las medidas posibles para prevenir el consumo de energía, proyectos de eficiencia energética y avanzar gradualmente hacia el consumo de energía limpia (Tiwari, 2011).

d) Descomposición de la varianza (VD) y Función de impulso respuesta (IRF):

La descomposición de la varianza mide la proporción del pronóstico del error de la varianza en una variable, que se explica por los impulsos en ella y por las otras variables en el sistema. Por ejemplo, explica qué proporciones de los cambios en una variable en particular se pueden atribuir a los cambios en las otras variables explicativas rezagadas.

Con respecto a la función de impulso respuesta, este ayuda a rastrear la capacidad de respuesta de una variable dependiente en modelos “VAR” frente a los



choques de cada una de las otras variables explicativas durante un período de tiempo. Para el análisis utilizaremos la técnica de descomposición de Cholesky para proporcionar una indicación sobre la importancia del impacto causal (impulso) de una variable seleccionada en otra.

En este sentido, el análisis de impulso respuesta para la presente investigación rastreara la respuesta de las emisiones de CO₂ a un impacto causal de desviación estándar en el PIB y la intensidad energética del Perú para el periodo comprendido entre los años de 1990 – 2019 (T=30).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta parte de la presenta investigación, se muestran los resultados obtenidos a partir del uso de los datos recopilados de las fuentes mencionas en la sección 3.1. apoyado con el uso de herramientas como Microsoft Excel y Gretl, el primer apartado se detalla la descripción de las variables, seguido por la caracterización de las variables de estudio; y en el apartado segundo se presentan los resultados econométricos en términos de causalidad Granger basada en modelo de vector de corrección de error multivariante (VECM) y finalizamos con el análisis e interpretación de los resultados de la tabla de la descomposición de la varianza (VD) y la función de impulso respuesta (IRF).

4.1 Estadísticas descriptivas

En la tabla N° 3 se presenta la abreviación y etiqueta de cada una de las variables, así como los resultados de algunos estadísticos principales.

Tabla 3: Descripción de variables

Variable	Etiqueta	Obs.	Media	Desv. Est.	Min	Max
Producto Bruto Interno	PBI	30	120.2	50.04	58.09	211.1
Intensidad Energética	IE	30	4.184	0.7204	2.879	5.501
Emisiones de Dióxido de Carbono	ECO ₂	30	36.01	11.93	10.89	55.84

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a datos del INEI, EIA, BM.

4.2 Análisis de datos e interpretación de resultados

La transformación logarítmica del Producto Interno Bruto (PBI), la Intensidad Energética (IE) y las emisiones totales de CO₂, conduce a una variación más estable de los datos. La tabla proporciona el resumen estadístico de cada una de las variables utilizadas en el análisis de distribución de normalidad

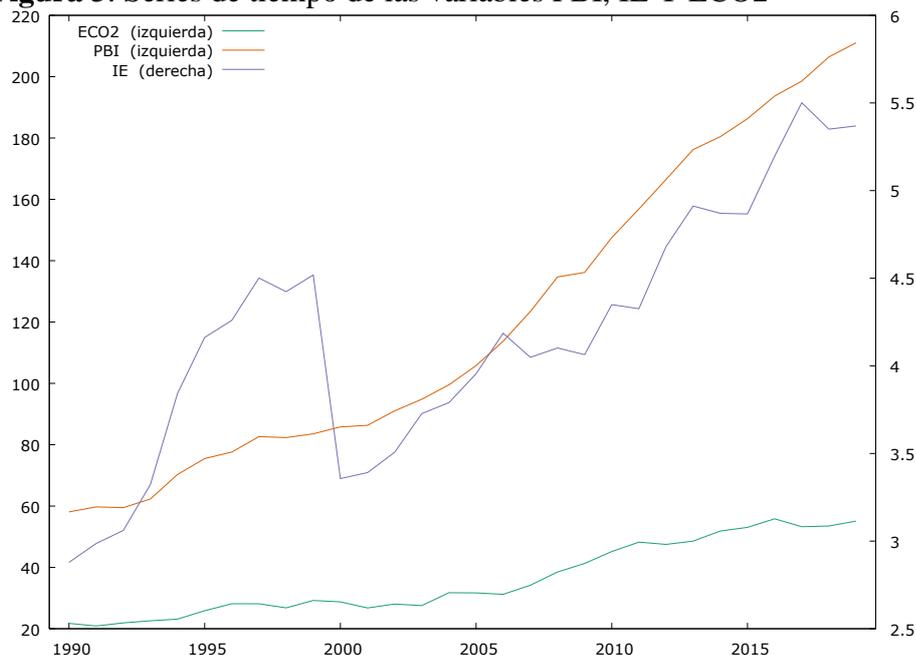
Tabla 4: Análisis Estadístico Descriptivo

Variables	Ln(PBI)	Ln(IE)	Ln(ECO₂)
Media	4.7049	1.4164	3.5315
Mediana	4.6309	1.4289	3.4485
Mínimo	4.0620	1.0573	3.0393
Máximo	5.3521	1.7050	4.0225
Desv. Est.	0.41919	0.17652	0.32755
Asimetría	0.084999	-0.30074	0.18824
Curtosis	-1.3165	-0.65706	-1.3924
Jarque-Bera	2.202	0.998	2.600
(p-valor)	(0.33)	(0.60)	(0.27)

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a resultados Gretl.

Es evidente que a partir de la Tabla 4 que la desviación estándar de la variable del PBI es el más alto y de la variable Intensidad Energética es el más bajo. El resultado del valor medio para las tres variables es positivo. Por otro lado, el estadístico de Jarque Bera tiene como hipótesis nula, contrastar que la variable continua una distribución normal, frente a la alternativa de que no la siga. El p-valor nos indica si existe evidencia muestral de que la variable siga una distribución normal o no. Tanto para las variables PBI, ECO₂ e IE al mostrar un p-valor mayor a 0.05 diremos que las variables continúan una distribución normal con un valor de significancia del 5%.

Figura 3: Series de tiempo de las variables PBI, IE Y ECO₂





Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

De acuerdo al análisis del gráfico, se puede señalar que las operaciones de los sectores económicos peruanos en gran parte se encuentran fortalecidos económicamente por el impulso positivo del sector minero y energético; de acuerdo a datos del INEI estas series muestran fluctuaciones favorables desde el año 2000, lo cual le permite alcanzar crecimientos de por encima del 5%. Por otro lado, acorde a la teoría económica, se infiere que una vez que aumenta el nivel de riqueza de un país se requiere incrementar el uso de energía para el mejor desempeño de la industria nacional, así poder garantizar el transporte para la movilidad de sus factores de producción, el consumo interno y también asegurar el incremento de la demanda de consumo de la población. Perú no es ajeno a esta problemática. Por tanto, Perú ha mantenido un crecimiento simultáneo entre lo económico y energético, como se visualiza en la figura 3. De lo que podemos deducir que gran parte del progreso de nuestra economía depende de la disponibilidad de fuentes de suministro de energía.

la representación gráfica (Figura 3) muestra a las series de tiempo seleccionadas, con el fin de rastrear tendencias comunes entre las tres variables; producto bruto interno, emisiones de CO₂ y la Intensidad Energética. Así mismo se puede apreciar que las tres variables muestran una tendencia creciente, lo que indica que exhiben un comportamiento característico de series no estacionarias. Entonces, al fijarnos en cada serie de forma individual permitirá hacernos una idea de cómo son las estructuras y comportamiento del PBI, las emisiones de CO₂ y la Intensidad energética, y una vez que entendamos estas estructuras, pasaremos al interés principal de este trabajo, el cual es el comprender la relación causalidad entre estas variables.



4.2.1 Prueba de independencia estadística

Conforme a los resultados del estadístico Ljung-Box aplicado a las tres variables PBI, IE y CO₂ (Ver Anexos: tabla 5,6 y 7) con diez (10) retardos, la hipótesis nula de distribución independiente se rechaza, por lo que los valores pasados de cada serie en estudio se pueden utilizar para predecir los valores actuales. Por lo que podemos intuir que estamos ante procesos no estacionarios, debido al comportamiento y la dinámica de los correlogramas así como las mínimas intersecciones en la media de las series.

4.2.2 Prueba de estacionariedad

Una serie temporal es estacionaria si mantiene constante en todo momento tanto su media como su varianza. La prueba de raíces unitarias es la forma más rigurosa de probar si una serie es o no estacionaria, las series son estacionarias cuando están “ordenadas”, es decir, se mueven hacia arriba o hacia abajo en el tiempo entorno a una tendencia. Por el contrario, las series no estacionarias serán aquellas que estén “desordenadas”. La solución ante esta problemática fue propuesta por Granger y generaliza el concepto de cointegración, donde las series “no estacionarias” se combinan para poder tener un comportamiento como series “estacionarias”.

En esta sección, las propiedades de estacionariedad de los datos se prueban usando las pruebas de contraste de Dickey Fuller Aumentado (ADF), contraste Dickey Fuller utilizando mínimos cuadros generalizados (ADF-GLS), y contraste de KPSS. Las dos primeras pruebas comparten la hipótesis nula de que la serie analizada tiene al menos una raíz unitaria, mientras que por lo contrario, la prueba KPSS se plantea como hipótesis nula, que la serie es estacionaria.

La tabla 14 muestra los resultados de las pruebas de estacionariedad ADF, ADF-GLS y KPSS en niveles y en primeras diferencias para las tres (03) variables de estudio

Tabla 5: Contrastes de raíz unitaria y estacionariedad de las series en nivel y diferenciascon $\alpha=0.05$

Variables	ADF test		ADF-GLS test		KPSS test	
	Nivel	Dif.	Nivel	Dif.	Nivel	Dif.
ECO₂	0.9203	0.0002	0.938	0.000	<0.01	>0,10
PBI	0.9431	0.0015	0.941	0.066	<0.01	>0,10
IE	0.4699	0.0001	0.731	0.006	<0.01	>0,10

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

De la comparación obtenida de la tabla 14 sobre el contraste de raíces unitarias y estacionariedad de las series en nivel y diferencias con $\alpha=0.05$, podemos concluir que las tres (03) variables; Intensidad energética, emisiones de CO₂ y PBI en Perú son estacionarias en primeras diferencias e integradas de orden 1 (I (1)). Dado que las tres series de tiempo poseen una raíz unitaria, lo cual satisface el primer requisito para la aplicación de la prueba de cointegración. En resumen, las tres variables tienen la probabilidad de cointegración como se muestra en la tabla 15.

Tabla 6: Requisito Cointegración

	Orden de integración	Probabilidad de cointegración
CO₂	I(1)	SI
IE	I(1)	SI
PBI	I(1)	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

4.2.3 Prueba de cointegración

Desde el Angulo económico, dos o más series están cointegradas, si estas se mueven en el tiempo, y la diferencias entre ellas es estable. Es decir, estacionarias. Por lo tanto, si dos o más series de tiempo de orden I(1) que no son estacionarias están



cointegradas solo si existe una combinación lineal de las series que sean estacionarias o de orden $I(0)$.

El presente estudio empleo el contraste de cointegración de Johansen. como primer paso se determino si existe cointegración entre las series tiempo seleccionadas mediante el orden de retraso. Debido a que la prueba de cointegración de Johansen es sensible a la longitud de retraso elegida para el análisis. Cuando la longitud del retraso del orden de VAR es demasiado corta, surge el problema de la correlación serial entre los residuos y la estadística de prueba se vuelve poco confiable. Por el contrario, si la longitud del retraso es demasiado alta, habrá un sesgo al alza en las estadísticas de la prueba, lo que generará nuevamente dudas sobre la confiabilidad de las estimaciones de los parámetros. Por lo tanto, es muy importante elegir la longitud de retardo óptima para la prueba de cointegración. Para este propósito, realizamos una prueba de selección de longitud de retraso, basada en el análisis VAR.

Existen tres (03) criterios de selección de longitud de retardo: Criterios de información de Akaike (AIC), Criterios Bayesiano de Schwarz (BIC) y Criterios de información de Hannan-Quinn (HQC). No obstante, para este estudio se decidió utilizar como test de selección del número de retardos óptimos, el criterio de selección de Akaike (AIC).

Para nuestro caso en base a los resultados del criterio de selección de AIC recabados del software Gretl y considerando que el orden de integración es $I(1)$ se procede a elegir el retardo óptimo de (1). ver la tabla 16 para más detalle:

Tabla 7: Rezagos óptimos para la aplicación de la prueba de Johansen

Sistema VAR, máximo orden de retardos 5

Sistema VAR, máximo orden de retardos 5

retardos	log.veros	p(RV)	AIC	BIC	HQC
1	135.68099		-9.894479*	-9.309419*	-9.732208*
2	142.19510	0.16133	-9.695608	-8.671752	-9.411634
3	151.25324	0.03385	-9.700259	-8.237608	-9.294582
4	155.74833	0.43818	-9.339866	-7.438420	-8.812486
5	169.64214	0.00103	-9.731372	-7.391130	-9.082288

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

Tabla 8: Vectores de relación de cointegración

	Rango 0	Rango 1	Rango 2	Resultado	Conclusión
	p-valor	p-valor	p-valor		
	0.000	0.1881	0.3819	Aceptación Rango=1	Cointegradas

FUENTE: Elaboración propia a partir del Software estadístico GRETL

De acuerdo con los resultados obtenidos de la aplicación de cointegración de Johansen para las series de tiempo LPBI, LEI y LCO2 mediante la evaluación del p-valor se descarta la hipótesis nula de rango de cointegración “0” tanto con el estadístico de la traza como el del mayor valor propio y se acepta que al menos exista un vector de cointegración “1”, por lo que hay evidencia de que las 3 series están cointegradas. Por lo que evidencia la existencia de relación de equilibrio a largo plazo y una tendencia estocástica común entre las variables emisiones de CO₂, intensidad energética y PBI al nivel de significancia del 5%.

Por otra parte, como solo tenemos la existencia de un vector de cointegración, se elige la primera columna de beta y la primera columna de alfa de la matriz de largo plazo. Por tanto, la ecuación de cointegración normalizada de Johansen es:

Tabla 98: Vectores de relación de cointegración

Matriz de largo plazo (alfa * beta')				
	l_ECO2Mte	l_PBI	l_IE	const
l_ECO2Mte	-0.63751	0.47642	0.062899	-0.046509
l_PBI	-0.074884	0.071600	-0.044435	0.034962
l_IE	0.10647	0.013680	-0.31760	0.030153

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.



La ecuación muestra la presencia de al menos una relación de equilibrio a largo plazo entre las series de tiempo. De acuerdo con los resultados de la ecuación LCO_2 , manteniendo otras variables fijas, un aumento porcentual del 1% en el PBI puede dar lugar a una disminución del 0.08% al nivel de emisiones de CO_2 en el período actual. Además, si la intensidad energética se redujera en un 1%, las emisiones de CO_2 disminuirían en un 0,11%.

4.2.4 Prueba de causalidad de Granger

Después de confirmar la relación de cointegración entre las variables de prueba, procedemos a realizar las pruebas de causalidad de Granger multivariadas basadas en el análisis de VEC. Esto nos permitirá comprender la dirección de la causalidad entre el mismo conjunto de variables que se utilizan para probar el número de vectores de cointegración, ya que la cointegración por sí sola no habla sobre la dirección de la causalidad y solo muestra si las variables de prueba a largo plazo están en equilibrio. Sin embargo, el modelo corrección del error (VECM) no solo brinda la dirección de la causalidad entre un conjunto de variables, sino que también explica la causalidad de Granger a corto y largo plazo. La relación causal a largo plazo se explica mediante el término de corrección de error retrasado (usando la prueba t) y la relación causal a corto plazo se explica a través de la primera diferencia de las variables explicativas. El enfoque de Granger (1969) a la cuestión de si X causa Y consiste en determinar qué parte de la Y actual puede explicarse mediante valores pasados de Y, y luego ver si la adición de valores rezagados de X puede mejorar la explicación. En resumen, Y es causa Granger de X si X apoya en la predicción de Y, o si los coeficientes rezagados de X son estadísticamente significativos.

La Tabla 19 muestra los resultados de las pruebas de causalidad de Granger para series de tiempo LPBI-LIE.

Tabla 10: Resultados de la prueba causalidad de Granger para LIE – LPBI

basadas en VECM

Hipótesis nula	Obs.	F-Statistic	Prob.
IE no es causa Granger de PBI	29	1.4046	0.3026
PBI no es causa Granger de IE		6.3940	0.0176

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

Según los datos observados en la tabla 19, solo de evidencia una causalidad Granger unidireccional entre las dos series. El valor de la probabilidad de la ecuación de la intensidad energética es menor al 5%, lo que indica la existencia de una causalidad de Granger a largo plazo. Por tanto, podemos evidenciar la existencia de causalidad unidireccional que va del PIB hacia la intensidad energética.

Los resultados del test de causalidad de Granger para las dos series; LPBI y LCO₂ (ver tabla 20) muestran que de acuerdo al “p valor” los valores rezagados del PIB son estadísticamente significativos a un nivel del 5%, lo que indica la presencia de causalidad Granger del PIB a las emisiones de CO₂. En consecuencia, los resultados mostrados en la tabla evidencian la existencia de causalidad unidireccional que va del PBI hacia la variable CO₂.

Tabla 11: Resultados de la prueba causalidad de Granger para LPBI – LCO2

basadas en VECM

Hipótesis nula	Obs.	F-Statistic	Prob.
PBI no es causa Granger de CO2	29	12.350	0.0016
CO2 no es causa Granger de PBI		0.66661	0.4217

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

Por otro lado, la Tabla 21 muestra los resultados de la relación causal entre IE y emisiones de CO₂.

Tabla 12: Resultados de la prueba causalidad de Granger para LCO2 – LIE

basadas en VECM

Hipótesis nula	Obs.	F-Statistic	Prob.
CO ₂ no es causa Granger de IE	29	2.8833	0.1014
IE no es causa Granger de CO ₂		0.49364	0.4886

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

Según los datos obtenidos de la tabla 21 se puede evidenciar que las variables intensidad energética y emisiones de CO₂ no son estadísticamente significativas. Por ende, se puede concluir a un nivel de significancia del 5% y con datos del p-valor de 0,1014 y 0.4886 la no existencia de causalidad Granger entre las series de tiempo emisiones de CO₂ y IE.

Finalmente, los resultados de aplicar del test de causalidad Granger a las series de tiempo PBI, CO₂ y IE (ver tabla 19) sugieren que mejoras en la intensidad energética no deberían suponer impedimentos para el crecimiento económico. Por lo tanto, se pueden adoptar políticas para el uso eficiente de energías y el cambio hacia fuentes de consumo de energías renovables. Por otro lado, los resultados de la Tabla 20 muestran que el crecimiento económico conlleva a un aumento de las emisiones de CO₂. Además, las emisiones de CO₂ no son el factor limitante para la economía peruana, tal y como se muestra y detalla en los datos de la tabla 21. Asimismo, la relación causal que va desde la intensidad energética hacia las emisiones de CO₂ es débil o casi nula, lo que sugiere que aplicar mejoras en la intensidad energética no provocará incrementos en los niveles de emisiones de CO₂.

Estos resultados de causalidad conllevan a plantearse una gran pregunta a todos los tomadores de decisiones de políticas para decidir si el país debe mantener una política de uso eficiente de la energía o consumir más energía para lograr mayores tasas de crecimiento de nuestra economía.

4.2.5 Descomposición de la varianza (VD) y Función de impulso respuesta (IRF)

4.2.5.1 Descomposición de la varianza (VD)

En esta sección nos centramos en evidenciar la respuesta de las emisiones de CO₂ frente a un impulso de desviación estándar en el PIB y la IE. Así mismo, la Tabla 22 muestra detalladamente los resultados de la VD de las emisiones de CO₂ dentro de un horizonte de 10 períodos.

Tabla 13: Resultados de la Descomposición de la varianza para las emisiones de CO₂

Periodo	Desv. típica	1_ECO2	1_PBI	1_IE
1	0.0438854	100.0000	0.0000	0.0000
2	0.0506014	91.7782	7.6550	0.5668
3	0.0552281	80.8174	18.4681	0.7145
4	0.0594186	70.9217	28.4566	0.6216
5	0.0633833	62.7226	36.6436	0.6338
6	0.0671839	55.9923	43.1307	0.8770
7	0.0708525	50.4209	48.2466	1.3324
8	0.0744056	45.7587	52.3079	1.9334
9	0.0778516	41.8176	55.5692	2.6132
10	0.0811953	38.4553	58.2242	3.3205

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

Analizando los resultados de la tabla 22, se puede concluir que aproximadamente el 58% de los cambios futuros en las emisiones de CO₂ se deberán a cambios en la variable del PBI. Además, los resultados mostrados, evidencian que frente a un eventual cambio en la IE el aumento futuro de las emisiones de CO₂ en el Perú es débil. Por otro lado, también se puede apreciar el crecimiento gradual significativo de un choque del PBI en las emisiones de CO₂. En particular, después del tercer período, una pequeña variación en el PBI generara como resultado una alteración del 18% en el cambio futuro de las emisiones de CO₂.

Tabla 14: Resultados de la Descomposición de la varianza para PBI

Periodo	Desv. típica	1_ECO2	1_PBI	1_IE
1	0.0279737	9.0302	90.9698	0.0000

2	0.0397926	6.1978	93.3448	0.4574
3	0.0490273	4.6027	94.0535	1.3438
4	0.0569402	3.6074	93.9550	2.4376
5	0.0640099	2.9386	93.4792	3.5823
6	0.0704742	2.4639	92.8487	4.6874
7	0.0764703	2.1127	92.1787	5.7085
8	0.0820863	1.8444	91.5267	6.6290
9	0.0873835	1.6337	90.9189	7.4473
10	0.0924075	1.4647	90.3656	8.1697

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 23, se concluye que aproximadamente el 8% de los cambios futuros en la serie PBI se deberían a cambios en la IE. Asimismo, se puede evidenciar que el nivel de emisiones de CO₂ tiene un impacto débil en el aumento futuro del PBI en el Perú (1.46%). Por otro lado, también se puede apreciar cuan rápido un impacto en el primer periodo afecta al PBI, una pequeña variación en las emisiones de CO₂ generara como resultado una alteración del 9% en el cambio futuro del PBI.

Tabla 15: Resultados de la Descomposición de la varianza para IE

Periodo	Desv. típica	l_ECO2Mte	l_PBI	l_IE
1	0.0648471	2.7753	9.9887	87.2360
2	0.0791656	4.2213	9.9882	85.7905
3	0.0856222	5.1302	10.3938	84.4760
4	0.088872	5.6547	11.0121	83.3332
5	0.0906277	5.9410	11.7361	82.3229
6	0.0916593	6.0865	12.5045	81.4090
7	0.0923401	6.1500	13.2820	80.5680
8	0.0928555	6.1657	14.0496	79.7847
9	0.0932978	6.1534	14.7981	79.0485
10	0.0937118	6.1245	15.5239	78.3517

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Gretl.

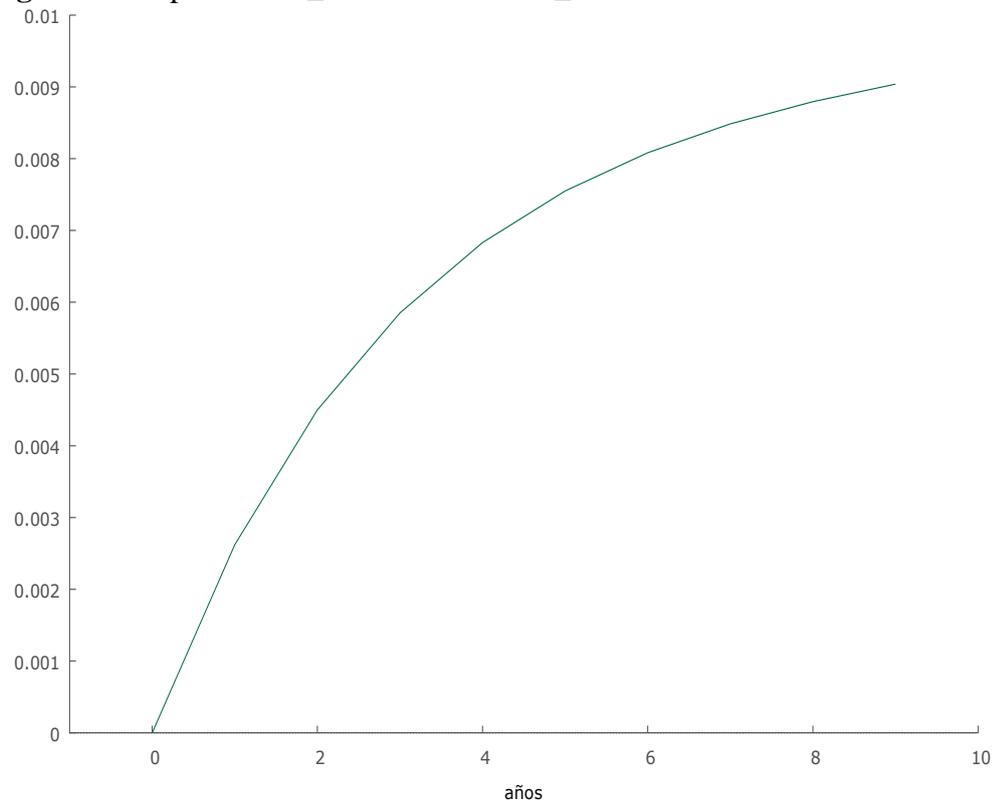
En resumen, los resultados de la tabla 24, muestran que aproximadamente el 15% de los cambios futuros en la IE se deberán a cambios en el PBI. Además, los resultados que obtenemos de la descomposición de la varianza muestran que las emisiones de CO₂ tienen un impacto débil en el aumento del IE en el Perú (6%). Sin embargo, se puede apreciar en el primer periodo que un pequeño impacto en el PBI

afecta rápidamente a cambios en la IE. Por tanto, una pequeña variación en el PBI generara como resultado una alteración del 10% en el cambio futuro de la IE.

4.2.5.2 Función de impulso respuesta (IRF)

La función de impulso respuesta es un enfoque alternativo al de descomposición de la varianza y nos permite observar la reacción de una variable frente a impulsos derivados de otras variables.

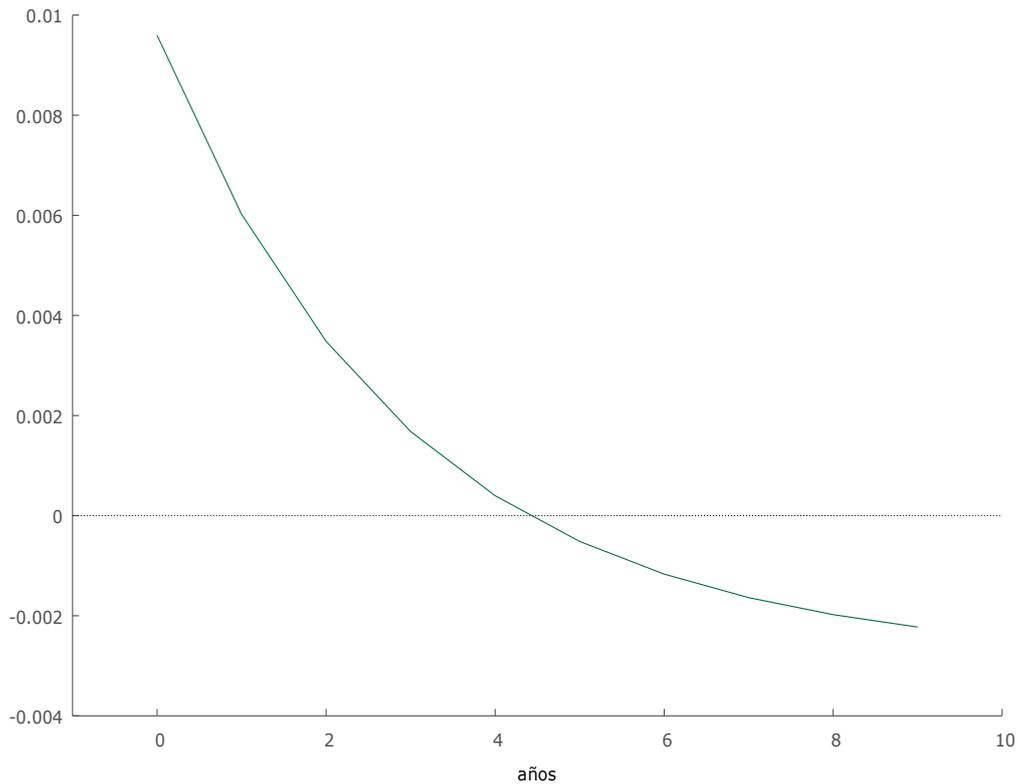
Figura 4: Respuesta de l_{IE} a un shock en l_{PBI}



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en Software Gretl.

La figura número 4 nos permite interpretar, que frente a un choque impulso del PBI peruano, la reacción de la intensidad energética será de forma positiva, lo cual demuestra que, ante un eventual incremento de la economía del Perú, esta variable estimulará el incremento del consumo de energía. Por tanto, se puede deducir que el crecimiento de la Intensidad energética responde positivamente a cambios de origen económico.

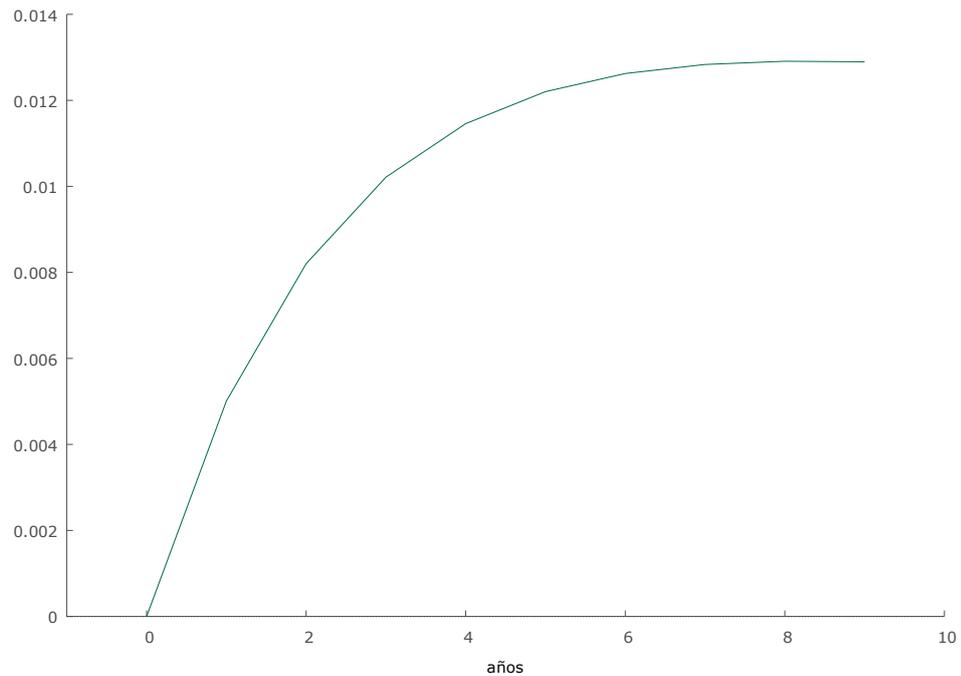
Figura 5: Respuesta de l_{PBI} a un shock en l_{IE}



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Software Gretl.

La grafica 5 muestra que frente a un impulso derivado de la intensidad energética la respuesta del PBI es positiva en los 4 primeros años. Lo cual muestra que frente a variaciones en los niveles de intensidad energético (IE), el PBI peruano se verá positivamente afectado en el corto plazo, pero esta situación varía pasado el cuarto periodo donde un shock en la variable IE, generará disminuciones al PBI del Perú.

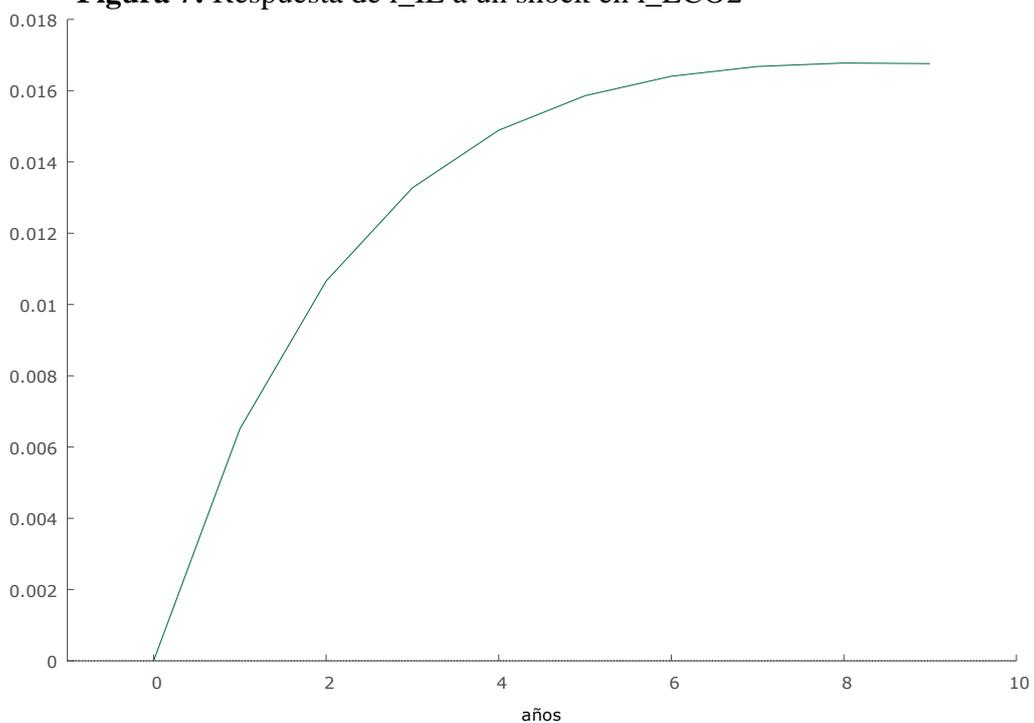
Figura 6: Respuesta de l_ECO2 a un shock en l_IE



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Software Gretl.

De acuerdo a la figura 6, se puede apreciar que la variable emisiones de CO₂ responden positivamente frente impulsos en la IE, conllevando a interpretar que un impulso positivo de la intensidad energética (IE), no contribuirá a reducir las emisiones de CO₂ para el caso de Perú.

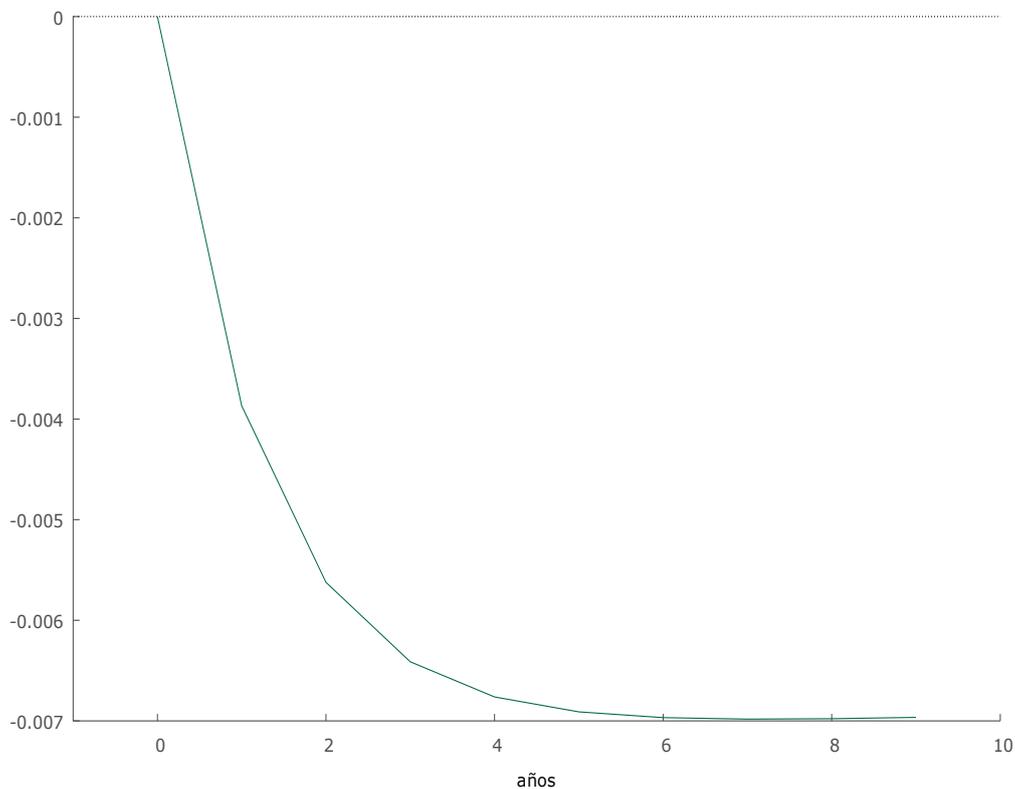
Figura 7: Respuesta de l_IE a un shock en l_ECO2



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Software Gretl.

La figura 7 muestra la respuesta de la IE frente a un impulso derivado de las emisiones de CO₂ es positiva. Esto muestra que las emisiones de CO₂ no contribuyen a reducir los niveles de intensidad energética en el caso peruano.

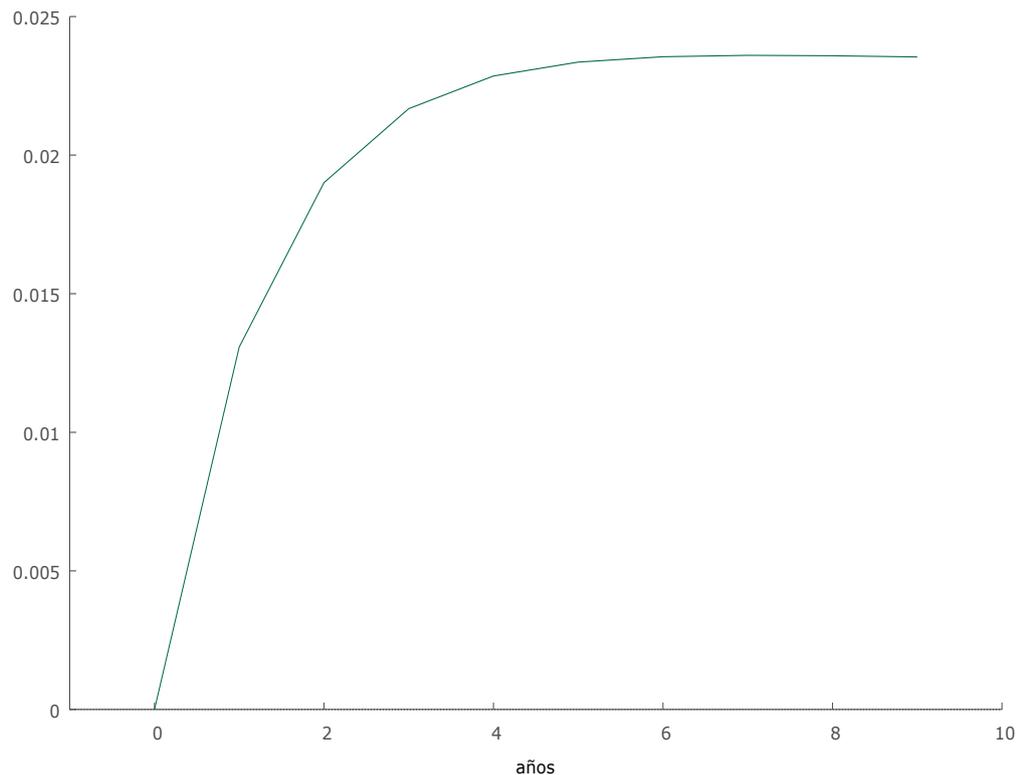
Figura 8: Respuesta de l_PBI a un shock en l_ECO2



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Software Gretl.

De acuerdo con lo mostrado en la figura 8, frente a un impulso causado por la variable emisiones de CO₂ la respuesta de PBI será negativo. Por tanto, se puede concluir que ante un incremento de las emisiones de CO₂ el crecimiento económico peruano se verá afectado negativamente.

Figura 9: Respuesta de l_ECO2 a un shock en l_PBI



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del Software Gretl.

De acuerdo a la figura 9, se observa que la variable de emisiones de CO₂ responden positivamente frente cambios en el Producto Bruto Interno (PBI). Dicho de otro modo, el desarrollo de la variable PBI no contribuirá a reducir los niveles de emisiones de CO₂ en los cuatro (4) primeros periodos. Sin embargo, se mantendrá constante a partir del quinto (5) periodo con una ligera caída para el décimo (10) periodo. Frente a estos dos análisis, tanto de la descomposición de la varianza y el análisis de impulso respuesta, se podría presumir que para el caso de Perú las variables de crecimiento económico y emisiones de CO₂ cumplirían con la hipótesis de la existencia de la curva de U invertida propuesta por Simón Kusnets. Además de confirmar que al buscar el aceleramiento del crecimiento económico de Perú incrementara los niveles de emisiones de CO₂ en los primeros periodos.



4.3. Discusión

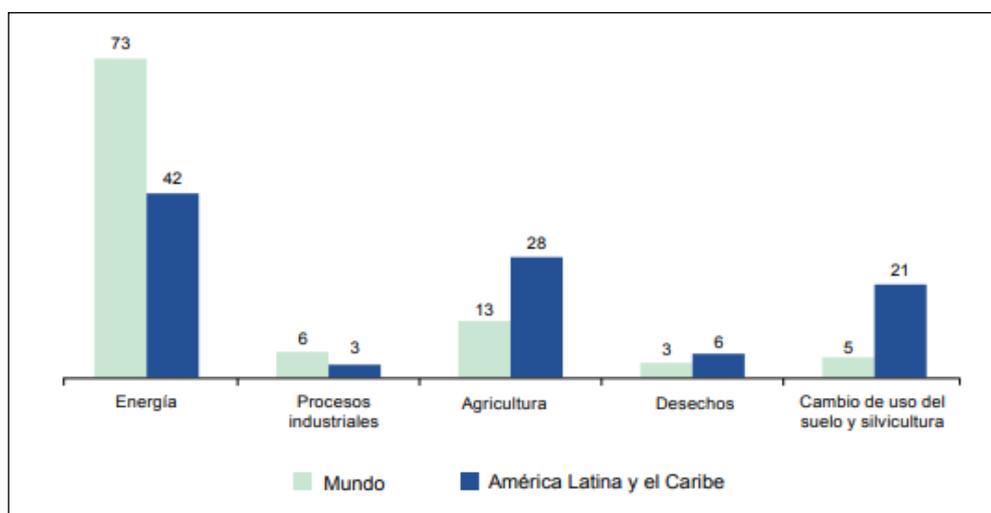
Si bien se conoce por reportes y conferencias internacionales que el aumento inusual de la temperatura promedio de la Tierra se debe a las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) particularmente el dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera causadas por manipulación del hombre, determinando que la principal razón estos incrementos son los recursos fósiles de la matriz energética tales como; el carbón, gas natural y petróleo, siendo la base del sector industrial. Sin embargo, este uso intensivo de los recursos fósiles para la producción de energía para dinamizar las economías de los países primer mundistas ha permitido que grupos reducido de personas en el Mundo concentren porcentajes desequilibrantes de capital en relación al resto del mundo, logrando con ello que su población alcance un nivel de vida alto (nivel de riqueza y desarrollo) siendo estos los países con el mayor consumo anual de energía per cápita y, por lo tanto, con el mayor grado de emisión de dióxido de carbono a la atmósfera. Lo cual permitirá evidenciar teóricamente la relación directa con el calentamiento global.

Por otro lado, los países en vías de desarrollo aun tratan de llevar el nivel de vida de su población al nivel y calidad de vida de los países del primer mundo, y para ello, confían imitar el proceso y camino que los países desarrollados ya han caminado, con ello también se aumentaría la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Lo cual deteriora los esfuerzos de los acuerdos mundiales en relación a la mitigación y disminución de los GEI y el cambio de la matriz energética global, reforzando aun la alta dependencia a los recursos fósiles, especialmente del petróleo, donde los antecedentes que del presente estudio sugieren que la actualidad global aun es una “civilización del petróleo”.

En tal sentido, el desarrollo y el crecimiento económico mundial aun tienen afinidad a la matriz de energía fósil, sustentadas en altas necesidades de demanda del petróleo y sus derivados para afrontar la pobreza y el subdesarrollo, con ello buscar aumentar los niveles de vida, asumiendo con ello las consecuencias de este modelo global, que conduce irreversiblemente al calentamiento global, obligando al mundo a actuar de forma urgente frente a esta problemática. El acuerdo de París apunta en ese sentido y se propone a evitar el aumento de la temperatura promedio de la tierra, para lo cual buscaría reducir a la mitad las emisiones de dióxido de carbono en los próximos cincuenta años.

Por ello, la relación energía y medio ambiente posee variables muy complejas para llegar a un uso equilibrado de los recursos fósiles y por tanto su solución más que depender de una acción humana requiere de acciones políticas conjuntas, para no generalizar y ahondar aún más la crisis ambiental actual, asegurando con ellos la supervivencia humana de las próximas generaciones. Por otro lado, la teoría y voluntad de algunos países dista de la realidad global, donde conocemos las asimetrías de cada país y las realidades socio económicas distintas del resto de países, lo cual dificulta y retrasa un consenso mundial para afrontar esta crisis medioambiental.

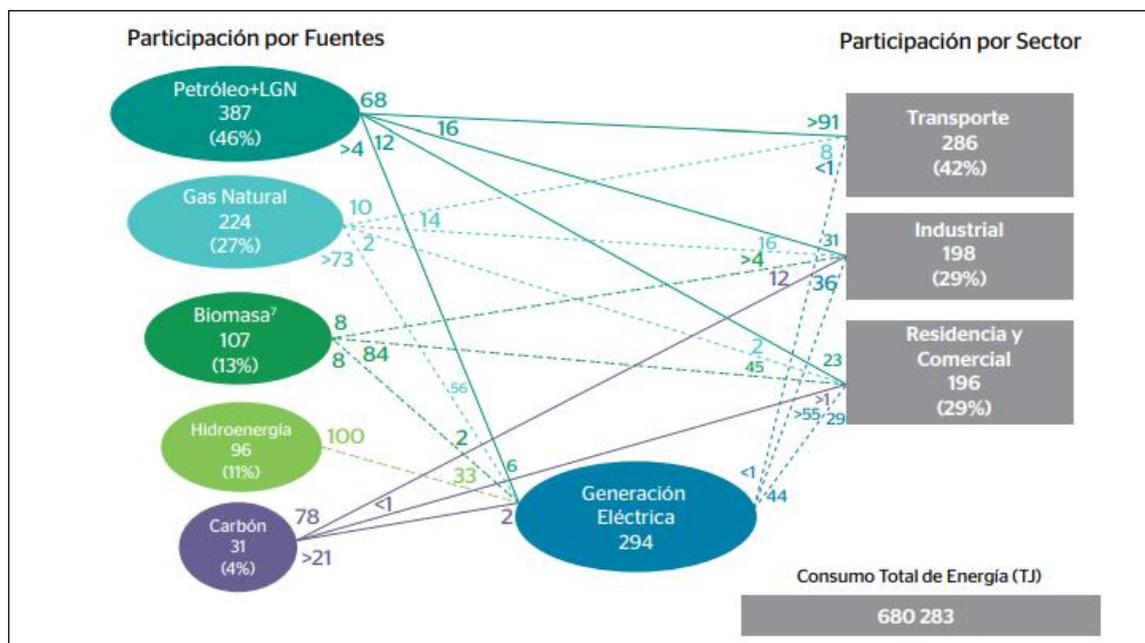
Figura 10: Participación en la emisión de gases de efecto invernadero, por sector, 2016



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Instituto de Recursos Mundiales (WRI).

Asimismo, las emisiones de los países latinoamericanos están en un gradual aumento, es debido a la relación entre el crecimiento económico, la industrialización, lo que explicaría en parte que los países con mayor nivel de industrialización sean los más contaminantes. Sin embargo, de acuerdo a CEPAL (2014), la tendencia en la actualidad viene cambiando y estiman que los sub desarrollados serán los que generen la mayor proporción del volumen de las emisiones de GEI en las próximas décadas, siendo los países desarrollados los encargados de desligar el vínculo existente en el PBI Y emisiones de CO₂, dado que sus políticas actuales buscan mejorar la eficiencia energética. En efecto, se evidencia una tendencia que liga a la variable PBI con la variable energética conjuntamente a los niveles de emisión de CO₂.

Figura 11: Flujo de energía para consumo final según fuentes primarias y sectores.

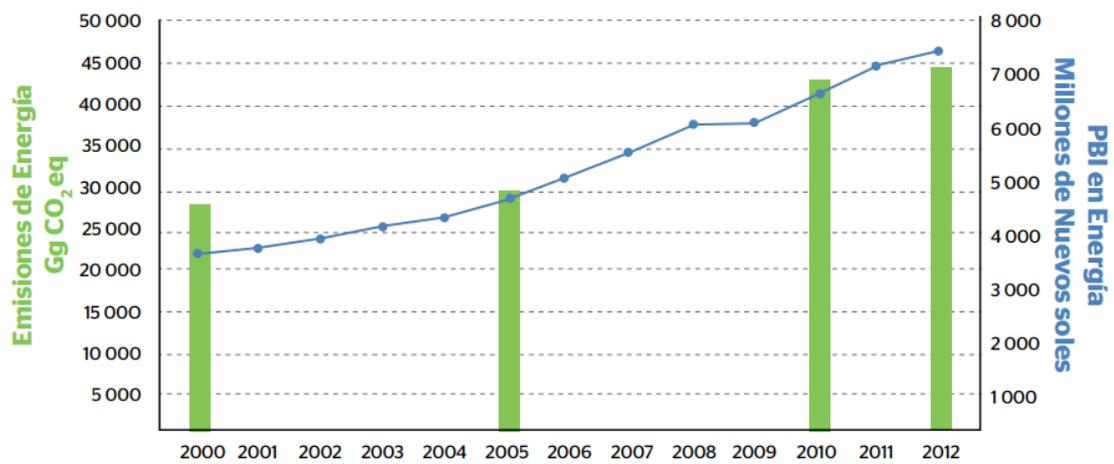


Fuente: MINEN (2012)

De eso se desprende, que la relación entre la variable crecimiento del PBI y Consumo energético es el resultado de la dinámica comercial actual, pero debemos ser

optimistas para el futuro y creer que el crecimiento económico del PBI de los países dependerá de otros combustibles ajenos al petróleo, marcando un antes y un después de la dependencia del Petróleo. De acuerdo a los reportes del Banco Mundial (2014) la producción para el 2030 alcanzara el pico global y entrara en decrecimiento lo cual coadyuvara a frenar los volúmenes de emisiones de “GEI”.

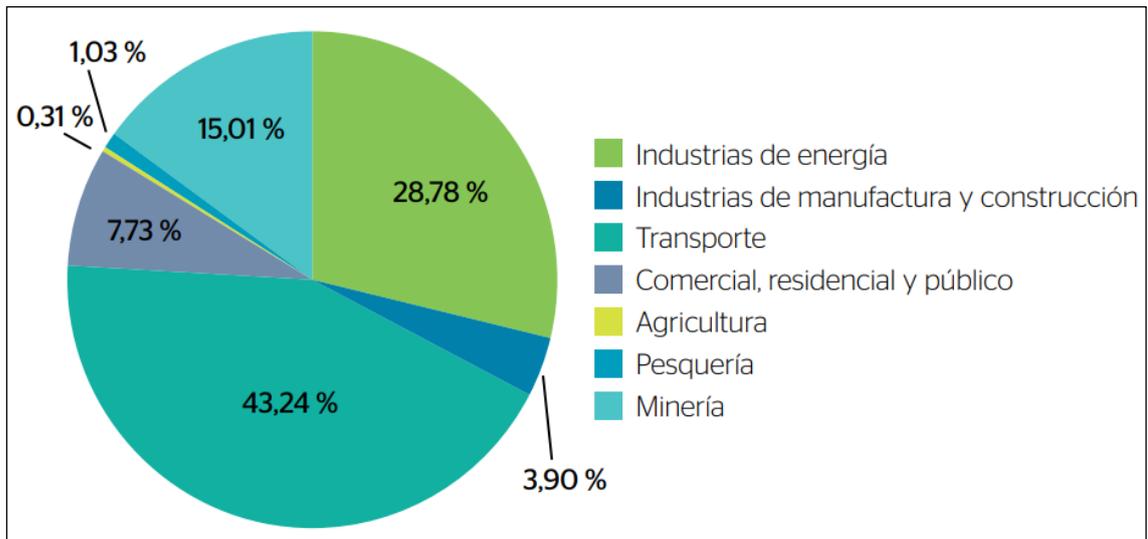
Figura 12: Relación de emisiones de GEI de la categoría Energía y PBI sectorial



Fuente: Infocarbono-MINAM (2015)

Son varios los autores que señalan que el sector energético es el principal impulsor de crecimiento del PBI. Sin embargo, el sector agrícola, agropecuario, minero, construcción, comercio y servicio van en relación con el volumen de emisiones de CO₂ vertidos a la atmósfera. En tal sentido, para el caso de Perú, se desprendería que IE guarda relación con el crecimiento futuro del PBI y el incremento de la producción de petróleo, sugiriendo que cualquier reducción en el uso intensificado del petróleo resultara en el futuro la disminución similar o semejante en la variable PBI, debido a que el petróleo dejara de ayudar la continuidad e impulso de las actividades del sector industrial.

Figura 13: Emisiones de la categoría Quema de Combustibles



Fuente: Infocarbono-MINAM (2015)

V. CONCLUSIONES

Según el análisis de causalidad realizado a las series de tiempo emisiones de CO₂, intensidad energética y el PBI de Perú durante el periodo 1990 – 2019, se puede concluir que:

El análisis del comportamiento de las series de tiempo (CO₂, IE y PBI) sometidas a evaluación para el periodo 1990-2019, muestran que las emisiones de CO₂ han disminuido a partir del año 2015, lo cual se enmarca al acuerdo mundial sobre el cambio climático (COP 21) celebrada en Paris en el 2015 y adoptada por Perú, además de compatibilizar con los requisitos que establece la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) para ser miembro pleno de esta organización. Así, por ejemplo, tenemos que el programa huella de carbono del Ministerio del Ambiente (MINAN) de Perú, promueve un mercado nacional voluntario de carbono que no solo compensa y neutraliza las emisiones, sino que también moviliza la inversión privada adoptando medidas de mitigación que contribuyen al desarrollo sostenible del país.

A través de la metodología aplicada de cointegración de Johansen se determinó la presencia de parámetros cointegrantes de tipo I(1) (ajuste a largo plazo). Al utilizar los coeficientes de las variables cointegradas se asegura una eventual convergencia a una situación de equilibrio de largo plazo. En relación con el segundo objetivo, se puede determinar la existencia de una relación estable de largo plazo entre las series de tiempo de las emisiones de CO₂, IE y el PBI en Perú para el periodo 1990-2019.

Los resultados encontrados de la aplicación de la prueba de causalidad Granger implican que existe una relación directa desde el PBI hacia la intensidad energética, y el PBI hacia las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el resultado de la prueba de causalidad de Granger coincide con otros estudios analizados en la parte de



antecedentes, en los que se determina que ante una variación del crecimiento económico este tendrá un efecto directo sobre la Intensidad energética, es decir, el crecimiento económico causa mejoras en la eficiencia energética. Estos resultados nos permiten argumentar que el crecimiento económico es un determinante a largo plazo de la eficiencia energética y su impacto en el cambio climático a través de los niveles de emisiones de CO₂. Por tanto, se concluye que para el caso de Perú los resultados sugieren que la intensidad energética y el crecimiento económico están relacionados unidireccionalmente (PBI hacia IE) y tienen una relación de dependencia, es así que las políticas ambientales diseñadas para desalentar el uso de energía no afectarían negativamente al crecimiento económico. Contrariamente a esto, el diseño de políticas ambientales para el uso eficiente de la energía (conservar el consumo de energía) no debilitara el crecimiento económico y el desarrollo en el corto plazo. Por lo tanto, es un tema discutible en la economía de la energía peruana.

Dado que el PIB es causa de IE se puede promover el desarrollo de un sistema económico energético más eficiente para Perú. se pueden recomendar políticas de endeudamiento (préstamos, subsidios, etc.) donde los fondos se apliquen a la mejora del sistema energético y proyectos de ecoinnovación tanto para propiciar el uso eficiente de energías (eficiencia energética) y mejoras de la industria energética, como tecnologías sostenibles y seguras (bajas en carbono), energías renovables y la eficiencia de uso de recursos.

La carencia de causalidad entre las dos variables IE y PBI no significa necesariamente que la regulación energética no afecte el crecimiento económico, de hecho, el aumento de la eficiencia energética a través de mejoras tecnológicas o la difusión de nuevas fuentes de energía puede conducir a una reducción en el consumo de energía. productividad y, a su vez, estimularía el crecimiento económico del país. Por



tal razón, es importante el estimular el uso de fuentes de energía de mayor eficiencia, compensado el uso de energías menos eficientes y de mayor grado de contaminación. De tal manera, que los usos de energías eficientes y renovables no sean una opción y por el contrario sean un estímulo propio de nuestra sociedad para el desarrollo económico y ambiental. Por otro lado, el resultado empírico de la no causalidad significativa de la intensidad energética con respecto al PBI podría señalar que las políticas energéticas dedicadas a disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero deberían hacer hincapié en el uso de fuentes de energía renovables alternativas así tratar de mejorar la eficiencia energética para posibilitar la compensación entre el consumo de energía y el crecimiento económico.

Se estableció la existencia de causalidad para la variable PBI y emisiones de CO₂ la misma que va en dirección del PBI hacia CO₂. Es decir que a medida que aumenta la tasa de crecimiento económico de Perú las emisiones de CO₂ también lo harán. Si bien es cierto que el crecimiento económico es el factor principal que explica el aumento de las emisiones de CO₂, lo cual se corrobora mediante la prueba de causalidad Granger. Es importante que Perú cambie su modelo extractivista por un modelo conservacionista, optando por formas de creación de riqueza que tomen en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) ayudando de esta forma a reducir la degradación ambiental de nuestro país.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para posteriores investigaciones se realice un análisis a nivel de datos desagregados del sector energético. Dado que las diferentes industrias tienen diferentes intensidades de energía, así poder obtener mayor información que permita tomar mejores decisiones políticas.

La variable CO₂ podría ser reemplazada por una variable que recoja en mayor grado la realidad ambiental del Perú, teniendo como opción la variable de deforestación la misma que refleja las consecuencias de la actividad primaria extractivista del sector industrial. O de forma desagregada por tipos de emisión de consumo de energía (energía primaria y energía secundaria) así como de acuerdo con los sectores que más influencia tengan en el aumento paulatino de las emisiones de CO₂. Así para futuro se pueda brindar mayor información del vínculo existente entre las variables; degradación ambiental, la intensidad energética y el PBI.

Por último, tomando en consideración la diversidad de bioclimas y pisos ecológicos que maneja Perú, es imprescindible continuar fortaleciendo las políticas y regulaciones en materia ambiental, mejora continua de tecnologías amigables con el medio ambiente, uso de recursos renovables como recurso de energía limpia para la industria, además de incentivar a la industria a buscar la eficiencia energética dentro de sus procesos. De tal modo, que se deje de trabajar con combustibles fósiles para mitigar los daños ambientales para las próximas generaciones.



VII. REFERENCIAS

- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), 656–660.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>
- Banco Mundial. (2014). El cambio climático afecta a los más pobres de los países en desarrollo. *Una Alianza Internacional Para Reducir Las Emisiones Del Planeta*.
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/03/03/climate-change-affects-poorest-developing-countries>
- Bárcena, A., Samaniego, J., Miguel Galindo, L., Ferrer Carbonell, J., Eduardo Alatorre, J., Stockins, P., Reyes, O., Sánchez, L., & Mostacedo, J. (2018). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Una visión gráfica*.
- Becker, R. (2018). Definición de Economía Verde. *2015 Time for Global Action for People and Planet*. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/2018-01_1.1_metodologia-indicadores-economia-verde.pdf
- Borda, J. (2017). La demanda agregada de energía eléctrica y el medio ambiente en el Perú. In *Tesis*. Universidad Nacional Del Altiplano Puno.
- Callen, T. (2008). ¿Qué es el producto Interno Bruto? *Finanzas & Desarrollo*, 48, 48–49.
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39732011/finanzasydesarrollo_diciembre_2008_basico_pib.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1510341219&Signature=tnfLOovQ18qO%252BSmWoEaFq8vFqTo%253D&response-content-disposition=inline%253B%2520f



- Campo Robledo, J., & Olivares, W. (2013). Relación entre las emisiones de co2, el consumo de energía y el pib: el caso de los civets. *Semestre Económico*, 16(33), 45–65.
<https://doi.org/10.22395/seec.v16n33a2>
- CEPAL. (2014). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible SÍNTESIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO*.
- CEPAL. (2016). *Monitoreando la eficiencia energética en América Latina Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*.
- CEPAL. (2019). *Perspectivas del comercio internacional de América Latina y el Caribe: el adverso contexto mundial profundiza el rezago de la región*.
- CGP. (2018). *Global CO2 emissions rise again in 2018 according to latest data*.
- Climent, F., & Pardo, A. (2007). Decoupling factors on the energy-output linkage: The Spanish case. *Energy Policy*, 35(1), 522–528.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.12.022>
- Conferencia de París sobre el Clima (COP21). (2015). *Conferencia de París sobre el Clima*. Web Oficial de La Unión Europea.
https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es
- Cuadros Ramos, A. (2000). Exportaciones y crecimiento económico: un análisis de causalidad para México. *Estudios Económicos*, 15(1), 37–64.
- Cuevas, M. (2019). EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y SU RELACION CON EL EMPLEO EN EL PERÚ. PERIODO 2003.1-2018.12. In *Tesis*.
- Dancourt, O. (1999). Reforma neoliberal y política macroeconómica en el Perú. *Revista de La CEPAL*, 1999(67), 49–70. <https://doi.org/10.18356/c032e6a2-es>



- Delacámara, G. (2008). *Guía para decisores Análisis económico de externalidades ambientales*.
- Ehrlich, P. R., & Holdren, J. P. (1971). Impact of Population Growth on JSTOR. *Science*, 171(3977), 1212–1217.
https://www.jstor.org/stable/1731166?seq=3#metadata_info_tab_contents
- Feng, T., Sun, L., & Zhang, Y. (2009). The relationship between energy consumption structure, economic structure and energy intensity in China. *Energy Policy*, 37(12), 5475–5483. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.008>
- Gass, A. C. (2006). *El informe Stern sobre la Economía del Cambio Climático*.
<http://nordhaus.econ.yale.edu/SternReviewD2.pdf>.
- Gómez, J. (Facultad de contaduría P. (2003). Economía ambiental una retrospectiva teórica. *Apuntes Contables*, 5.
- Gómez, M., & Zarraga, Ainhoa; Ciarreta, A. (2017). Consumo de energía, crecimiento económico y comercio: Un análisis de causalidad para México. *EconoQuantum*, 15(1).
- González Guillot, Y. (2017). *No Title*. <https://www.monografias.com/docs114/intensidad-energetica/intensidad-energetica.shtml>
- Hatzigeorgiou, E., Polatidis, H., & Haralambopoulos, D. (2011). CO2 emissions, GDP and energy intensity: A multivariate cointegration and causality analysis for Greece, 1977–2007. *Applied Energy*, 88(4), 1377–1385.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.008>
- Hernández, A. (2008). El método hipotético-deductivo como legado del positivismo lógico y el racionalismo crítico: su influencia en la economía. *Ciencias Económicas*, 26(2), 183–195. <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/4018>



- Hernandez, R. (MC G. H. E. (2014). *Metodologia de la investigacion*.
- INEI. (2020). *Panorama de la Economía Peruana 1950-2019*.
- IPCC. (2019). Informe especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5°C y las sendas de emisión relacionadas. español. In *Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Karl Marx. (1883). *LA PRODUCCION TEORICA DE MARX UN COMENTARIO A LOS GRUNDRISSE Enrique Dussel Textos completos*.
- Labandeira Villot, Xavier., León, C. J., & Vázquez, M. X. (2007). *Economía ambiental*. Pearson/Prentice Hall.
- Labandeira, X., León, C., & Vázquez, M. X. (2007). *Economía Ambiental*. In *Pearson Educación*.
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo62.htm>
- Lin, S. J., Beidari, M., & Lewis, C. (2015). Energy consumption trends and decoupling effects between carbon dioxide and gross domestic product in South Africa. *Aerosol and Air Quality Research*, 15(7), 2676–2687. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2015.04.0258>
- Minaya, G. (2018). La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) basada en el Indicador de Consumo Material Doméstico (CDM): Perú, 1970-2015. In *Tesis* (Issue Cdm).
- MINEN. (2015). *El gas natural en el mercado eléctrico y sus perspectivas*. Informativo DGE. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- Mirza, F. M., & Kanwal, A. (2017). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72(May 2011), 1233–1240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.081>



- Naciones Unidas. (2019). *Cambio climático*. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Nepal, R., & Paija, N. (2019). A multivariate time series analysis of energy consumption, real output and pollutant emissions in a developing economy: New evidence from Nepal. *Economic Modelling*, 77(May 2018), 164–173.
<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.05.023>
- Organización de las Naciones Unidas - ONU. (2019). *CAMBIO CLIMATICO Y MEDIO AMBIENTE*. La Organización Meteorológica Mundial.
<https://news.un.org/es/story/2019/09/1462482>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OCDE-. (2019). Perspectivas Económicas de América Latina 2019: Desarrollo en transición. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1787/g2g9ff1a-es>. ISBN
- Robledo, J. C., & Olivares, W. (2013). *RELACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE CO₂, EL CONSUMO DE ENERGÍA Y EL PIB: EL CASO DE LOS CIVETS **.
- Rosero, Christian; Bastidas, V. (2016). Emisiones de CO₂, PIB per cápita y consumo de energía: Caso ecuatoriano. *Estudios Economicos*.
<http://sigloxxi.espam.edu.ec/Ponencias/V/ponencias/55.pdf>
- Rothman, D., & de Bruyn, S. (1998). Probing into the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics*, 143–145.
- Sanchez, V. (2017). Relación entre crecimiento económico y degradación ambiental, un análisis a nivel global por niveles de ingresos Relationship between economic growth



and environmental degradation , a. *Carrera de Economía Universidad Nacional de Loja*, 2(ISSN: 2602), 96–109.

Shahbaz, M., Jam, F. A., Bibi, S., & Loganathan, N. (2016). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy intensity and economic growth in Portugal: evidence from cointegration and causality analysis. *Technological and Economic Development of Economy*, 22(1), 47–74. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.989932>

Tol, R. S. J. (2006). The Stern Review of the Economics of Climate Change: A Comment. *Energy & Environment*, 17(6), 977–981. <https://doi.org/10.1260/095830506779398911>

Tyndall Centre. (2004). *INFORME*. Universidad de Manchester (Inglaterra).

<https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/peru-es-tercer-pais-mas-vulnerable-del-mundo-al-cambio-climatico/>

Vara Horna, A. A. (UNIVERSIDAD S. M. D. P. (2012). *7 pasos para una tesis exitosa* (TERCERA ED). Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Lima.

Vera, J., & Kristjanpoller, W. (2017). Causalidad de Granger entre composición de las exportaciones, crecimiento económico y producción de energía eléctrica: evidencia empírica para Latinoamérica. *Lecturas de Economía*, 86, 25–62.

<https://doi.org/10.17533/udea.le.n86a02>

Wooldridge, J. M., Enfoque Moderno, U., del Carmen, M., Hano, E., Érika, R., Jasso, M., D'borneville, H., Profesionales, T., Pacheco, R. P., & Benavides, D. R. (2006). *Introducción a la econometría Traducción Revisión técnica*.



WRI (World Resources Institute). (2016). *4 gráficos explican las emisiones de gases de efecto invernadero por países y sectores.*

<https://www.wri.org/blog/2020/02/greenhouse-gas-emissions-by-country-sector>

Zhang, L., Pang, J., Chen, X., & Lu, Z. (2019). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: Evidence from the agricultural sector of China's main grain-producing areas. *Science of the Total Environment*, 665(222), 1017–1025.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.162>

ANEXOS

Tabla A.1. Base de datos

Year	ECO2 (Mt)	PBI (Billion USD)	CEP (Mill de barriles)	IE (CEP/PBI)
1990	22	58	20	2,88
1991	21	60	20	2,99
1992	22	59	19	3,06
1993	23	62	19	3,32
1994	23	70	18	3,84
1995	26	75	18	4,16
1996	28	78	18	4,26
1997	28	83	18	4,50
1998	27	82	19	4,42
1999	29	84	18	4,52
2000	29	86	26	3,36
2001	27	86	25	3,39
2002	28	91	26	3,51
2003	28	95	25	3,73
2004	32	100	26	3,79
2005	32	106	27	3,95
2006	31	114	27	4,19
2007	34	123	30	4,05
2008	39	135	33	4,10
2009	41	136	34	4,06
2010	45	148	34	4,35
2011	48	157	36	4,33
2012	48	166	36	4,68
2013	49	176	36	4,91
2014	52	180	37	4,87
2015	53	186	38	4,87
2016	56	194	37	5,20
2017	53	199	36	5,50
2018	53	206	39	5,35
2019	55	211	39	5,37

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del BM, EIA y CEPAL.

Resultados de la prueba de independencia estadística de Ljung-Box

Tabla 16: Resultado prueba Ljung Box para la variable ECO2

Función de autocorrelación para l_ECO2

***, ** y * indica significatividad a los niveles del 1%, 5% y 10% utilizando la desviación típica $1/T^{0.5}$

RETARDO	FAC	FACP	Estad-Q. [valor p]
1	0.9123 ***	0.9123 ***	27.5494 [0.000]
2	0.8132 ***	-0.1136	50.2197 [0.000]
3	0.7148 ***	-0.0464	68.3841 [0.000]
4	0.6011 ***	-0.1506	81.7246 [0.000]
5	0.4904 ***	-0.0423	90.9602 [0.000]
6	0.3903 **	-0.0138	97.0551 [0.000]
7	0.3084 *	0.0414	101.0243 [0.000]
8	0.2250	-0.0874	103.2337 [0.000]
9	0.1280	-0.1609	103.9829 [0.000]
10	0.0471	0.0065	104.0893 [0.000]

Tabla 17: Resultado prueba Ljung Box para la variable PBI

Función de autocorrelación para l_PBI

***, ** y * indica significatividad a los niveles del 1%, 5% y 10% utilizando la desviación típica $1/T^{0.5}$

RETARDO	FAC	FACP	Estad-Q. [valor p]
1	0.9104 ***	0.9104 ***	27.4358 [0.000]
2	0.8148 ***	-0.0819	50.1961 [0.000]
3	0.7122 ***	-0.0928	68.2286 [0.000]
4	0.6073 ***	-0.0710	81.8465 [0.000]
5	0.5135 ***	0.0024	91.9708 [0.000]
6	0.4235 **	-0.0419	99.1441 [0.000]
7	0.3310 *	-0.0841	103.7175 [0.000]
8	0.2461	-0.0269	106.3601 [0.000]
9	0.1596	-0.0760	107.5248 [0.000]
10	0.0751	-0.0634	107.7955 [0.000]

Tabla 18: Resultado prueba Ljung Box para la variable IE

Función de autocorrelación para l_IE

***, ** y * indica significatividad a los niveles del 1%, 5% y 10% utilizando la desviación típica $1/T^{0.5}$

RETARDO	FAC	FACP	Estad-Q. [valor p]
1	0.8003 ***	0.8003 ***	21.2025 [0.000]
2	0.5863 ***	-0.1507	32.9887 [0.000]
3	0.3468 *	-0.2064	37.2654 [0.000]
4	0.1677	0.0037	38.3043 [0.000]
5	0.0557	0.0379	38.4236 [0.000]
6	0.0058	0.0261	38.4249 [0.000]
7	0.0134	0.0639	38.4323 [0.000]
8	0.0500	0.0452	38.5413 [0.000]
9	0.0979	0.0388	38.9792 [0.000]
10	0.1363	0.0247	39.8704 [0.000]

Resultados de las pruebas de estacionariedad

- a) **Prueba Dickey Fuller Aumentado (ADF)** Donde H_0 es que nuestra serie tiene raíz unitaria y H_a es que la serie es estacionaria. Por tanto, para aceptar H_a la probabilidad debe ser inferior al 0.05 (5%) y para aceptar H_0 la probabilidad debe ser mayor a 0.05 o en su defecto, el valor crítico absoluto del 5% (términos absolutos), si no pasa al 5% podemos probar al 10%

Tabla 19: Prueba ADF en nivel

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para l_ECO2

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 29

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

contraste con constante

incluyendo 0 retardos de $(1-L)l_ECO2$

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.0103834

estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -0.315912$

valor p asintótico 0.9203

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.002

con constante y tendencia

incluyendo 0 retardos de $(1-L)l_ECO2$

modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.268654

estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -2.05686$

valor p asintótico 0.5694

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.125

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para l_IE

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 29

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

contraste con constante

incluyendo 0 retardos de $(1-L)l_IE$

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.12622

estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -1.62463$

valor p asintótico 0.4699

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.120

con constante y tendencia

incluyendo 2 retardos de $(1-L)l_IE$

modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.460607

estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -3.02629$

valor p asintótico 0.1249

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.045

diferencias retardadas: $F(2, 22) = 2.130 [0.1427]$

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para l_PBI

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 29

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

contraste con constante

incluyendo 0 retardos de $(1-L)l_PBI$
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0.00195063
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -0.141888$
valor p asintótico 0.9431
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.239

con constante y tendencia
incluyendo un retardo de $(1-L)l_PBIBillonUSD$
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0.239398
estadístico de contraste: $\tau_ct(1) = -2.05016$
valor p asintótico 0.5731
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.061

Tabla 20: Prueba ADF en primeras diferencias

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_1_ECO2

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 28
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 0 retardos de $(1-L)d_1_ECO2$
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -1.00038
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -5.27353$
valor p asintótico 5.443e-06
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.012

con constante y tendencia
incluyendo 0 retardos de $(1-L)d_1_ECO2$
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0.998551
estadístico de contraste: $\tau_ct(1) = -5.16668$
valor p asintótico 8.438e-05
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.008

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_1_IE

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 28
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 0 retardos de $(1-L)d_1_IE$
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$
valor estimado de $(a - 1)$: -0.905558
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -4.63663$
valor p asintótico 0.0001
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.007



con constante y tendencia
incluyendo 0 retardos de (1-L)d_1_IE
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$
valor estimado de (a - 1): -0.910254
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -4.56901$
valor p asintótico 0.001112
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.006

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_1_PBI
contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC
tamaño muestral 28
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo 0 retardos de (1-L)d_1_PBIB
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$
valor estimado de (a - 1): -0.762118
estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -3.9805$
valor p asintótico 0.00152
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.027

con constante y tendencia
incluyendo 0 retardos de (1-L)d_1_PBI
modelo: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$
valor estimado de (a - 1): -0.759639
estadístico de contraste: $\tau_{ct}(1) = -3.88721$
valor p asintótico 0.01255
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.034

b) Prueba ADG-GLS (contraste Dickey Fuller utilizando mínimos cuadrados generalizados)

Tabla 21: Prueba ADG-GLS en nivel

Contraste aumentado de Dickey-Fuller (GLS) para l_ECO2
contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC modificado, Perron-Qu
tamaño muestral 28
la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante
incluyendo un retardo de (1-L)l_ECO2Mte
modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
valor estimado de (a - 1): -0.00194845
estadístico de contraste: $\tau = -0.051361$
valor p aproximado 0.938
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.012

Contraste aumentado de Dickey-Fuller (GLS) para l_IE
contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC modificado, Perron-Qu
tamaño muestral 29

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

contraste con constante

incluyendo 0 retardos de $(1-L)l_{IE}$

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.054753

estadístico de contraste: $\tau = -0.731351$

valor p aproximado 0.731

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.197

Contraste aumentado de Dickey-Fuller (GLS) para l_{PBI}

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC modificado, Perron-Qu
tamaño muestral 28

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

contraste con constante

incluyendo un retardo de $(1-L)l_{PBI}$

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.000468494

estadístico de contraste: $\tau = -0.0277889$

valor p aproximado 0.941

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.225

Tabla 22: Prueba ADG-GLS en primeras diferencias

Contraste aumentado de Dickey-Fuller (GLS) para d_{1_ECO2}

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC modificado, Perron-Qu
tamaño muestral 28

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

contraste con constante

incluyendo 0 retardos de $(1-L)d_{1_ECO2}$

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.855501

estadístico de contraste: $\tau = -4.54801$

valor p aproximado 0.000

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.020

Contraste aumentado de Dickey-Fuller (GLS) para d_{1_IE}

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC modificado, Perron-Qu
tamaño muestral 27

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

contraste con constante

incluyendo un retardo de $(1-L)d_{1_IE}$

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.84176

estadístico de contraste: $\tau = -3.10929$

valor p aproximado 0.006

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.011



Contraste aumentado de Dickey-Fuller (GLS) para d_1_PBI

contrastar hacia abajo desde 3 retardos, con el criterio AIC modificado, Perron-Qu
tamaño muestral 26

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

contraste con constante

incluyendo 2 retardos de $(1-L)d_1_PBI$

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.621625

estadístico de contraste: $\tau = -2.198$

valor p aproximado 0.066

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.059

diferencias retardadas: $F(2, 23) = 0.116 [0.8911]$

c) **Contraste de KPSS**

Tabla 23: Contrate de KPSS en nivel

Contraste KPSS para l_ECO2

T = 30

Parámetro de truncamiento de los retardos = 3

Estadístico de contraste = 1.04832

10% 5% 1%

Valores críticos: 0.354 0.462 0.711

Valor p < .01

Contraste KPSS para l_IE

T = 30

Parámetro de truncamiento de los retardos = 3

Estadístico de contraste = 1.02929

10% 5% 1%

Valores críticos: 0.354 0.462 0.711

Valor p < .01

Contraste KPSS para l_PBI

T = 30

Parámetro de truncamiento de los retardos = 3

Estadístico de contraste = 1.08551

10% 5% 1%

Valores críticos: 0.354 0.462 0.711

Valor p < .01

Tabla 24: Contrate de KPSS en primeras diferencias



Contraste KPSS para d_1_ECO2

T = 29

Parámetro de truncamiento de los retardos = 3

Estadístico de contraste = 0.0861248

10% 5% 1%

Valores críticos: 0.354 0.462 0.710

Valor p > .10

Contraste KPSS para d_1_IE

T = 29

Parámetro de truncamiento de los retardos = 3

Estadístico de contraste = 0.107145

10% 5% 1%

Valores críticos: 0.354 0.462 0.710

Valor p > .10

Contraste KPSS para d_1_PBI

T = 29

Parámetro de truncamiento de los retardos = 3

Estadístico de contraste = 0.0924525

10% 5% 1%

Valores críticos: 0.354 0.462 0.710

Valor p > .10

Un valor $p < 0.05$ causaría que la hipótesis nula sea rechazada a un nivel alfa de (5%), es decir, la serie no es estacionaria.

Tabla 25: Contraste de Johansen

Contraste de Johansen:

Número de ecuaciones = 3

Orden del retardo = 1

Periodo de estimación: 1991 - 2019 (T = 29)

Caso 2: Constante restringida

Log-verosimilitud = 235.916 (Incluyendo un término constante: 153.618)

Rango Valor propio Estad. traza valor p Estad. Lmáx valor p

0 0.73428 54.785 [0.0001] 38.434 [0.0000]

1 0.34029 16.352 [0.1610] 12.063 [0.1881]

2 0.13748 4.2889 [0.3827] 4.2889 [0.3819]

Corregido por el tamaño muestral (gl = 25)

Rango Estad. traza valor p

0 54.785 [0.0004]



```

1 16.352 [0.1962]
2 4.2889 [0.3867]

Valor propio 0.73428 0.34029 0.13748

Beta (vectores cointegrantes)
l_ECO2 -3.9514 -18.445 -7.7556
l_PBI 3.1192 12.581 8.6737
l_IE -0.16445 5.7866 -8.7009
const 0.49398 -2.3821 -1.2336

Alfa (vectores de ajuste)
l_ECO2 0.037425 0.023352 0.0075944
l_PBI 0.044554 -0.0056875 0.00048229
l_IE 0.021600 -0.019987 0.022801

beta renormalizado
l_ECO2 1.0000 -1.4660 0.89136
l_PBI -0.78941 1.0000 -0.99687
l_IE 0.041619 0.45993 1.0000
const 0.12501 -0.18933 0.14178

Alfa renormalizado
l_ECO2 -0.14788 0.29381 -0.066078
l_PBI -0.17605 -0.071557 -0.0041964
l_IE -0.085348 -0.25146 -0.19839

Matriz de largo plazo (alfa * beta)
l_ECO2 l_PBI l_IE const
l_ECO2Mte -0.63751 0.47642 0.062899 -0.046509
l_PBI -0.074884 0.071600 -0.044435 0.034962
l_IE 0.10647 0.013680 -0.31760 0.030153

```

Resultados de la prueba causalidad de Granger para LIE – LPBI basadas en VECM.

Sistema VAR, orden del retardo 1
Estimaciones de MCO, observaciones 1991-2019 (T = 29)
Log-verosimilitud = 101.93581
Determinante de la matriz de covarianzas = 3.0334509e-006
AIC = -6.7542
BIC = -6.5656
HQC = -6.6951
Contraste Portmanteau: LB(7) = 25.7555, gl = 24 [0.3657]

Ecuación 1: l_IE

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
l_IE_1	0.689335	0.128405	5.368	1.13e-05 ***
l_PBIBillonUSD_1	0.0979237	0.0387260	2.529	0.0176 **

Media de la vble. dep. 1.428756 D.T. de la vble. dep. 0.165861
Suma de cuad. residuos 0.122820 D.T. de la regresión 0.067445
R-cuadrado 0.997952 R-cuadrado corregido 0.997876
F(2, 27) 6578.158 Valor p (de F) 5.05e-37
rho 0.174964 Durbin-Watson 1.641386

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de l_IE F(1, 27) = 28.820 [0.0000]
Todos los retardos de l_PBIBillonUSD F(1, 27) = 6.3940 [0.0176]
Todas las variables, retardo 1 F(2, 27) = 6578.2 [0.0000]

Ecuación 2: l_PBIBillonUSD



coeficiente Desv. típica Estadístico t valor p

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
l_IE_1	-0.0589584	0.0560972	-1.051	0.3026
l_PBIBillonUSD_1	1.02716	0.0169184	60.71	2.07e-030 ***

Media de la vble. dep. 4.727116 D.T. de la vble. dep. 0.408319
 Suma de cuad. residuos 0.023441 D.T. de la regresión 0.029465
 R-cuadrado 0.999964 R-cuadrado corregido 0.999963
 F(2, 27) 375875.5 Valor p (de F) 9.91e-61
 rho 0.201830 Durbin-Watson 1.564595

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de l_IE F(1, 27) = 1.1046 [0.3026]
 Todos los retardos de l_PBIBillonUSD F(1, 27) = 3686.0 [0.0000]
 Todas las variables, retardo 1 F(2, 27) = 3.7588e+005 [0.0000]

Resultados de la prueba causalidad de Granger para LCO2 – LIE basadas en VECM.

Sistema VAR, orden del retardo 1
 Estimaciones de MCO, observaciones 1991-2019 (T = 29)
 Log-verosimilitud = 82.377695
 Determinante de la matriz de covarianzas = 1.1687689e-005
 AIC = -5.2674
 BIC = -4.9845
 HQC = -5.1788
 Contraste Portmanteau: LB(7) = 31.3363, gl = 24 [0.1443]

Ecuación 1: l_ECO2Mte

coeficiente Desv. típica Estadístico t valor p

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.0813686	0.118512	0.6866	0.4984
l_ECO2Mte_1	0.954717	0.0597349	15.98	5.79e-015 ***
l_IE_1	0.0780533	0.111093	0.7026	0.4886

Media de la vble. dep. 3.547053 D.T. de la vble. dep. 0.321830
 Suma de cuad. residuos 0.082313 D.T. de la regresión 0.056266
 R-cuadrado 0.971617 R-cuadrado corregido 0.969434
 F(2, 26) 445.0188 Valor p (de F) 7.76e-21
 rho 0.050883 Durbin-Watson 1.847162

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de l_ECO2Mte F(1, 26) = 255.44 [0.0000]
 Todos los retardos de l_IE F(1, 26) = 0.49364 [0.4886]
 Todas las variables, retardo 1 F(2, 26) = 445.02 [0.0000]

Ecuación 2: l_IE

coeficiente Desv. típica Estadístico t valor p

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.0338246	0.144264	0.2345	0.8165
l_ECO2Mte_1	0.123471	0.0727145	1.698	0.1014
l_IE_1	0.682835	0.135232	5.049	2.95e-05 ***

Media de la vble. dep. 1.428756 D.T. de la vble. dep. 0.165861
 Suma de cuad. residuos 0.121971 D.T. de la regresión 0.068492
 R-cuadrado 0.841652 R-cuadrado corregido 0.829472
 F(2, 26) 69.09785 Valor p (de F) 3.94e-11
 rho 0.158594 Durbin-Watson 1.667749

Contrastes F de restricciones cero:



Todos los retardos de $l_ECO2Mte$ $F(1, 26) = 2.8833 [0.1014]$
 Todos los retardos de l_IE $F(1, 26) = 25.496 [0.0000]$
 Todas las variables, retardo 1 $F(2, 26) = 69.098 [0.0000]$

Resultados de la prueba causalidad de Granger para LPBI - LCO2 basadas en VECM.

Sistema VAR, orden del retardo 1
 Estimaciones de MCO, observaciones 1991-2019 (T = 29)
 Log-verosimilitud = 112.63796
 Determinante de la matriz de covarianzas = 1.4500841e-006
 AIC = -7.3543
 BIC = -7.0715
 HQC = -7.2657
 Contraste Portmanteau: $LB(7) = 33.0124, gl = 24 [0.1038]$

Ecuación 1: $l_PBIBillonUSD$

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.0430826	0.0662824	0.6500	0.5214
$l_PBIBillonUSD_1$	1.06850	0.0873857	12.23	2.76e-012 ***
$l_ECO2Mte_1$	-0.0908505	0.111274	-0.8165	0.4217

Media de la vble. dep. 4.727116 D.T. de la vble. dep. 0.408319
 Suma de cuad. residuos 0.023199 D.T. de la regresión 0.029871
 R-cuadrado 0.995031 R-cuadrado corregido 0.994648
 $F(2, 26) = 2603.005$ Valor p (de F) 1.13e-30
 rho 0.174146 Durbin-Watson 1.626691

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de $l_PBIBillonUSD$ $F(1, 26) = 149.51 [0.0000]$
 Todos los retardos de $l_ECO2Mte$ $F(1, 26) = 0.66661 [0.4217]$
 Todas las variables, retardo 1 $F(2, 26) = 2603.0 [0.0000]$

Ecuación 2: $l_ECO2Mte$

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-0.0580041	0.103774	-0.5589	0.5810
$l_PBIBillonUSD_1$	0.480808	0.136814	3.514	0.0016 ***
$l_ECO2Mte_1$	0.385095	0.174214	2.210	0.0361 **

Media de la vble. dep. 3.547053 D.T. de la vble. dep. 0.321830
 Suma de cuad. residuos 0.056865 D.T. de la regresión 0.046766
 R-cuadrado 0.980392 R-cuadrado corregido 0.978884
 $F(2, 26) = 649.9975$ Valor p (de F) 6.33e-23
 rho 0.176705 Durbin-Watson 1.606849

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de $l_PBIBillonUSD$ $F(1, 26) = 12.350 [0.0016]$
 Todos los retardos de $l_ECO2Mte$ $F(1, 26) = 4.8862 [0.0361]$
 Todas las variables, retardo 1 $F(2, 26) = 650.00 [0.0000]$

Respuestas a un shock de tamaño una desviación típica en $l_ECO2Mte$

periodo	$l_ECO2Mte$	$l_PBIBillonUSD$	l_IE
1	0.043885	0.0084062	0.010803
2	0.020593	0.0052417	0.012159
3	0.010727	0.0035346	0.010562
4	0.0062366	0.0025152	0.0083976
5	0.0039872	0.0018551	0.0064290



6	0.0027335	0.0014036	0.0048370
7	0.0019638	0.0010845	0.0036110
8	0.0014557	0.00085466	0.0026881
9	0.0011039	0.00068740	0.0020010
10	0.00085352	0.00056504	0.0014924

Respuestas a un shock de tamaño una desviación típica en l_PBIBillonUSD

periodo l_ECO2Mte l_PBIBillonUSD l_IE

1	0.00000	0.026681	0.020495
2	0.014000	0.027680	0.014351
3	0.019165	0.027976	0.011662
4	0.021009	0.028026	0.010381
5	0.021621	0.027998	0.0097044
6	0.021786	0.027953	0.0093071
7	0.021800	0.027909	0.0090531
8	0.021768	0.027872	0.0088806
9	0.021728	0.027843	0.0087589
10	0.021692	0.027821	0.0086713

Respuestas a un shock de tamaño una desviación típica en l_IE

periodo l_ECO2Mte l_PBIBillonUSD l_IE

1	0.00000	0.00000	0.060567
2	0.0038096	-0.0026913	0.041331
3	0.0026985	-0.0050058	0.028573
4	0.00039054	-0.0068359	0.019717
5	-0.0018750	-0.0082307	0.013403
6	-0.0037579	-0.0092752	0.0088340
7	-0.0052254	-0.010050	0.0055014
8	-0.0063363	-0.010623	0.0030603
9	-0.0071655	-0.011045	0.0012684
10	-0.0077798	-0.011356	-4.8404e-005