

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
ESCUELA DE ECONOMÍA



Factores socioeconómicos y la emisión de CO2 en el Perú 1971-2021

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
ECONOMISTA**

AUTOR

Anyela Nayely Peltroche Liza

ASESOR

Luis Orlando Morante Adrianzen

<https://orcid.org/0000-0003-2702-3547>

Chiclayo, 2026

Factores socioeconómicos y la emisión de CO2 en el Perú 1971-2021

PRESENTADA POR
Anyela Nayely Peltroche Liza

A la Facultad de Ciencias Empresariales de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

ECONOMISTA

APROBADA POR

Milagros Gamarra Uceda
PRESIDENTE

Jimmy Ernesto Cueva Ruestas
SECRETARIO

Luis Orlando Morante Adrianzen
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, quienes me han enseñado valores los cuales me han ayudado a seguir adelante y a esforzarme siempre por cumplir mis objetivos y a mis hermanas quienes son mi fortaleza para seguir adelante.

Agradecimientos

A Dios, quien ha sido mi guía en este largo camino, me ha otorgado firmeza y fortaleza en todo momento. A mis padres, quienes han sido el motor principal en toda esta etapa, además de brindarme su apoyo incondicional.

Factores socioeconómicos y la emisión de CO2 en el Perú 1971-2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

18% INDICE DE SIMILITUD	17% FUENTES DE INTERNET	8% PUBLICACIONES	9% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	ouci.dntb.gov.ua Fuente de Internet	1%
2	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
4	www.uea.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Ajou University Graduate School Trabajo del estudiante	<1%
9	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1%
10	ojs.journalsdg.org Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	8
Abstract	9
Introducción.....	10
Materiales y métodos	28
Resultados y discusión	36
Conclusiones	48
Recomendaciones	50
Referencias.....	51
Anexos	54

Lista de Tablas

Tabla 1. Homocedasticidad.....	42
Tabla 2. Test de Normalidad.....	43

Lista de Figuras

Figura 1. Emisiones de CO2 durante los últimos 50 años.	36
Figura 2. CO2 per cápita durante los últimos 50 años.	38
Figura 3. Exportaciones durante los últimos 50 años.	39
Figura 4. Consumo de energía per cápita (KWh) durante los últimos 50 años.	40
Figura 5. Emisiones originadas por quema de combustible (%).	41
Figura 6. Normalidad de los residuos.	43
Figura 7. Test de Heterocedasticidad.	44
Figura 8. Test de multicolinealidad.	44
Figura 9. Modelo econométrico empleado.	45

Resumen

La presente investigación analiza y profundiza las complejas interrelaciones entre variables económicas, ambientales y demográficas, centrándose en las emisiones totales de CO₂. A través de un riguroso análisis de regresión lineal múltiple, se examinaron variables clave, como emisiones per cápita, consumo de energía per cápita, exportaciones, población, y emisiones generadas por el transporte, para comprender su impacto en las emisiones de CO₂.

Los resultados revelan asociaciones significativas entre diversas variables y las emisiones de CO₂, destacando que la eficiencia energética en el transporte emerge como un factor crucial, con implicaciones importantes para la formulación de políticas orientadas a reducir las emisiones. Además, la diversificación de las fuentes de energía y la gestión sostenible del crecimiento poblacional son recomendaciones clave para abordar el desafío ambiental.

El monitoreo continuo y la evaluación de políticas se destacan como elementos esenciales para ajustar estrategias según sea necesario, mientras que la educación y la concientización pública se presentan como herramientas poderosas para promover comportamientos sostenibles.

Esta investigación no solo proporciona una visión integral de las relaciones entre variables clave, sino que también sugiere un enfoque holístico para abordar la problemática ambiental. Se identifican áreas para futuras investigaciones, enfocándose en la dinámica temporal y las interacciones más detalladas entre las variables estudiadas.

Palabras clave: Evaluación de los efectos en el medioambiente, Comercio y Medio Ambiente, Crecimiento demográfico, Fuentes de energía alternativa y Contaminación del aire.

Abstract

This research analyzes and explores the complex interrelationships between economic, environmental and demographic variables, focusing on total CO₂ emissions. Through a rigorous multiple linear regression analysis, key variables such as per capita emissions, per capita energy consumption, exports, population, and transportation emissions were examined to understand their impact on CO₂ emissions.

The results reveal significant associations between several variables and CO₂ emissions, highlighting that energy efficiency in transportation emerges as a crucial factor, with important implications for the formulation of policies aimed at reducing emissions. In addition, diversification of energy sources and sustainable management of population growth are key recommendations to address the environmental challenge.

Continuous monitoring and policy evaluation are highlighted as essential elements to adjust strategies as needed, while education and public awareness are presented as powerful tools to promote sustainable behaviors.

This research not only provides a comprehensive view of the relationships between key variables, but also suggests a holistic approach to addressing environmental issues. Areas for future research are identified, focusing on the temporal dynamics and more detailed interactions between the variables studied.

Keywords: Environmental impact assessment, Trade and environment, Population growth, Alternative energy sources, and Air pollution.

Introducción

El dióxido de carbono o más conocido como sus siglas CO₂ es un gas que se encuentra en el medio ambiente por naturaleza, sin embargo, la actividad realizada por el ser humano ha generado una alteración en el ciclo del carbono, acrecentando los niveles normales de la presencia de este gas, siendo una de las principales causante de la combustión de combustibles fósiles (CCF) que sirven para generar energía o asociados al transporte, además de estar presente en procesos industriales (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2022).

En los últimos años, los principales países emisores de CO₂ como China, EE. UU; naciones de la Unión Europea, India y Reino Unido han generado el 55 % del total de las emisiones de CO₂ sin alterar el uso de la tierra, asimismo, países orientales (Japón y Rusia) y el comercio global genera más de 64% de las emisiones, además, el G20 (grupo de 19 países que conforman el 85% de la economía mundial) generan el 78 % de las emisiones totales (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020).

Por un lado, Raihan y Tuspekova (2022) resalta que, el nivel global del cambio climático (CC) y deterioro ambiental es causado por las emanaciones de gases de efecto invernadero (GEI), el cual es esta fuertemente vinculado con el CO₂. Igualmente, en Estados Unidos la emisión de CO₂ incrementaron en un 2.9% entre los años 1990 y 2017, ocasionado principalmente por la CCF ocasionados por el crecimiento poblacional, crecimiento económico, consumo de energía, innovación tecnológica, ente otros varios determinantes (EPA, 2022).

Asimismo, en Tailandia, la industrialización le ha permitido un mayor crecimiento económico pero el impacto entre las energías no renovables, PBI y las emanaciones de CO₂, es una bomba de tiempo frente a degradación ambiental (Abbasi et al., 2021). Además, Bui (2020) menciona que, el desarrollo del sistema financiero ha generado mayor demanda de energía, en consecuencia más emisiones contaminantes.

Por otro lado, En América Latina la eficiencia energética (EE) y el marco institucional influyen en los altos niveles de emisiones de CO₂ (Zilio, 2018). Puesto que, junto al Caribe emiten alrededor de 4 millones de tonales de CO₂ anualmente, que representan el 8% de las emisiones del mundo, siendo los factores principales la generación de energía y la contaminación vehicular (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2019).

En el caso de Perú, en 1190 generó 20,9 miles de toneladas métricas de CO₂, incrementándose a 56,3 para el año 2019, asimismo el PBI aumento en 261%, la población en un 46%, y las emisiones de CO₂ incrementaron en un 169%; por lo que, se con el crecimiento de la población (Chirinos, 2021). Es así que, en vista de su crecimiento acelerado de 60 000 millones desde 1990 al 2019 en el PBI, el nuevo desafío es el alto CCF que aumentan la dispersión de GEI (BID, 2019).

Según la ONU (2020), un elemento que origina emanaciones de CO₂ es el sector transporte, el 71% lo representa el transporte marítimo y el 65% es producido por transporte aéreo bajo el ámbito internacional, asimismo estos dos sectores generan el 5% de emisiones a nivel mundial; del mismo modo, los estilos de vida de las personas influyen desde sectores como el transporte, el ámbito residencial y alimentación generando de manera independiente el 20% de emisiones; es por ello que el estilo de vida se considera un importante factor en las emisiones, puesto que el 1% de la población mundial está representado por el sector más rico que resulta equivalente al doble de la suma de emisiones del 50% del sector de la población más pobre; asimismo, Chirinos (2021) menciona que, la mayor producción de CO₂ está vinculada con las naciones y su crecimiento poblacional y económico.

Finalmente, Diaz et al. (2023) expone que una forma de disminuir las propagación de GEI en el Perú, consiste en la implementación de políticas bajas en carbono, entre las que podemos destacar las energía renovable de uso cotidiano y en un transporte público eficiente. En ese sentido; la presente investigación pretende encontrar los factores socioeconómicos que determinen las emisiones de CO₂ en el Perú 1971 - 2021. Por consiguiente, se abordó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son factores socioeconómicos que determinan la emisión de CO₂ en el Perú, 1971-2021?

El objetivo general del estudio es determinar los factores socioeconómicos que se asocian a las emisiones de CO₂ en el Perú 1971 - 2021. Los objetivos específicos son: Realizar un análisis descriptivo del nivel de emisiones de CO₂ en el Perú en los años 1971 – 2021; Analizar las variables económicas del Perú en los años 1971 – 2021 que se relacionen a las emisiones de CO₂; Analizar las variables sociales del Perú en los años 1971 – 2021 que se relacionen a las emisiones de CO₂ y Demostrar mediante el modelo de regresión lineal múltiple los indicadores que influyan en las emisiones de CO₂ el Perú en los años 1971 – 2021.

Asimismo; su propósito es determinar cuáles son los principales factores socioeconómicos que determinan la incidencia en la emisión de CO₂ en el Perú; con ello,

se mostrará el impacto que representa y de esta manera servirá para generar e incentivar políticas públicas para reducir el CO₂ del ambiente, generado por las variables mencionadas anteriormente, lo que produce, enfermedades respiratorias y otras afectaciones en la salud de las personas; asimismo, sentará un precedente para futuras investigaciones sobre el tema, porque la postura de nuestra nación ante el cambio climático aborda las externalidades que las emisiones de CO₂ tienen en nuestra sociedad, además de nuestro deseo de mostrar solidaridad con el resto del mundo.

Revisión de literatura

Antecedentes Internacionales

La degradación ambiental, es indudablemente uno de los temas más relevantes actualmente, siendo uno de los problemas ambientales más grandes, el cambio climático, originado principalmente por emisiones de CO₂; por lo que, muchos investigadores se han centrado en estudiar a profundidad los factores que causan las emanaciones de CO₂.

Aller et al. (2021) en su estudio, presentaron un análisis de países desarrollados y sub desarrollados sobre la relación del PBI per cápita, proporción de combustibles fósiles (CF), urbanización, consumo de energía (CE), industrialización, democratización, efectos indirectos del comercio, polarización política y su influencia en la generación de CO₂ per cápita, para ello como método se aplicaron técnicas estadísticas como Bayesian Model Averaging (BMA), Cluster-LASSO, y Weighted Average Least Squares para analizar y cuantificar las relaciones entre diferentes variables y las emisiones de CO₂. Se concluyó, que todas las variables mencionadas anteriormente afectan negativamente a las emisiones de CO₂, por lo que se deberían adoptar políticas orientadas fortalecer a fortalecer el uso de energía renovable, reducir el impacto de la urbanización en el ambiente, así como aumentar la eficiencia del sector industrial, reduciendo así la emanación de CO₂ y mitigando la degradación ambiental producto de las actividades económicas.

Asimismo, Eko et al. (2022) presentaron un estudio, acerca de las principales actividades que contribuyen directamente a las altas tasas de CO₂, resaltando la silvicultura, energía (generación de electricidad) y transporte (uso de petróleo y carbón), tomando datos desde al año 1990, esta investigación fue cuantitativa y analítica; asimismo se utilizó un modelo de proyección, el GAINS energy planning system, para analizar y proyectar las emisiones CO₂ en Indonesia desde 1990 hasta 2050; además, se menciona el uso del modelo Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) para proyectar datos de CO₂ en una estación específica en West Sumatra. Concluyendo así que el sector energético es el más influyente en el incremento de CO₂.

Además, Hasan y Chongbo (2020) en su investigación hablan acerca de las emisiones de CO₂ asociadas con las energías en Bangladesh, se determina mediante el método de Kaya la relación entre las variables población, PBI, uso de CF, CE y emanaciones de CO₂ derivadas de la electricidad, tomando datos de 1979 a 2018. Esta investigación fue analítica, utilizando como método el Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) para llevar a cabo su análisis; asimismo, para analizar los efectos de la emisión

de CO₂ se hizo uso del método VECM, concluyendo que existe relación entre emanación de CO₂ y su uso en dicho lugar.

De la misma manera, Begum et al. (2015) en su estudio, analizaron el impacto dinámico entre el aumento del PBI, CE, aumento de la población y las emanaciones de CO₂, usando enfoques econométricos, específicamente el método de MCO y tomando como datos el periodo 1970-1980; además, es preciso mencionar que se utilizó técnicas como el enfoque de pruebas de límites ARDL (Autoregressive Distributed Lag) para analizar estas relaciones, deduciendo que existe un impacto positivo entre las variables de estudio, además se reveló que la tasa de crecimiento no presenta efectos grandes en las emisiones de CO₂ para Bangladesh.

En su investigación, Del Cioppo (2019) examinó el impacto medioambiental a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta el efecto causado por las acciones llevadas a cabo por una nación estableciendo tres factores: población, producción por individuo y contaminación generada por unidad de producción. La muestra está representada por datos de la población y el PBI de Ecuador entre los años 2000 a 2018. Este estudio fue mixto y se utilizó la ecuación IPAT (Impacto Ambiental = Población x Producción por Persona x Contaminación por Unidad de Producción) como marco teórico. Los resultados indicaron que la liberación de CO₂ son elevadas a causa del desarrollo económico de la sociedad; ya que, la ausencia de acciones inmediatas para rectificar esta situación, las generaciones futuras enfrentarán escenarios desfavorables. En conclusión, el crecimiento económico y poblacional están vinculados al aumento de emanaciones de CO₂; sin embargo, los impactos pueden ser mitigados y/o disminuidos a través de procesos tecnológicos.

Del mismo modo, Ochoa et al. (2019) en su investigación se propusieron conocer la relación entre la generación de CO₂ y la densidad poblacional. Este estudio fue de tipo cuantitativo y descriptivo; asimismo, la muestra fueron 12 países. Los resultados obtenidos mostraron que dado que la probabilidad, Chi-2, es poco significativa. En conclusión, cabe destacar que las políticas que promueven el desarrollo sostenible deben acompañar al crecimiento. Del mismo modo, los bienes y servicios medioambientales se emplean como productos de consumo e insumos en la etapa de producción; por lo tanto, la mejora de la calidad medioambiental debe considerarse una necesidad, ya que la contaminación sigue aumentando a pesar de la disminución de la población.

Muentes et al. (2022) en su investigación tuvieron como objetivo identificar los elementos clave que influyen en la producción de CO₂ en las empresas industriales y de

transporte en Ecuador. La metodología empleada en este estudio fue cuantitativa y se utilizó el método de descomposición media logarítmica (LMDI) para analizar las variaciones en las emisiones de CO₂. La muestra fueron datos entre los años 2000 al 2020. Los resultados mostraron que la intensidad energética del sector transporte entre el año 2019-2020 cayó en aproximadamente 5,0%; mientras que la industrial aumentó en 4,8%. Concluyendo que, a pesar de que la emisión de CO₂ de la industria y el transporte no son responsable de una cantidad sustancial de GEI a nivel global, está haciendo todo lo posible por contribuir a la reducción de las emisiones.

Juárez et al., (2019) tuvieron como objetivo determinar el CE, emisiones de CO₂ y partículas en impresión 3D. Este estudio fue de tipo aplicado-práctico y la muestra fue una muestra de datos desde el año 1990 hasta 2010. Los resultados indicaron que en los últimos 15 años ha predominado el factor de emisión con un valor p de 0,5, por lo que se empleó el índice de emisión de la red eléctrica. La diferencia de emisiones de CO₂ entre la impresora que utiliza ABS y la que utiliza PLA fue del 15%. Sin embargo, para identificar tendencias en el impacto medioambiental, es necesario llevar a cabo investigaciones adicionales sobre diversas marcas y materiales de impresoras.

Antecedentes Nacionales

En el caso de Perú, Ortiz y Gómez (2021) se propusieron examinar la conexión entre el progreso económico y la calidad del medio ambiente. Utilizaron datos de 19 países como muestra y llevaron a cabo una investigación de naturaleza teórica, empleando la Curva Ambiental de Kuznets (CAK) como metodología. Los resultados inicialmente mostraron que las variables estudiadas presentaban tendencias variables con el tiempo. No obstante, al aplicar un análisis estadístico conocido como "primera diferencia" se observaron que las variables se volvían más estables. Esto indica que, en términos generales, existía una relación entre el desarrollo económico (DE) y la generación de CO₂ en los países de América Latina. En resumen, se determinó que existe una significativa correlación entre las variables, lo que significa un cambio en la actividad económica afecta las emisiones de CO₂ y viceversa.

Saavedra (2020) en su investigación tuvo como objetivo establecer parcialmente la HC o por el uso de los Sistemas de Iluminación. Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado y la muestra fueron 52 observaciones; asimismo, se utilizó la Norma ISO 14064-1 como normativa para esta investigación. Los resultados muestran que se usó un valor específico (0.52144 tCO₂eq/MWh²²) para calcular las emisiones de carbono, basado en la electricidad utilizada en Perú en el año 2017. Este valor fue

recomendado por el MINAM y se obtuvo a través del proyecto 'Central Hidroeléctrica Poechos II'. En conclusión, se ha constatado que una facultad universitaria específica (FIA) está llevando a cabo eficazmente la sustitución de lámparas menos eficientes por lámparas LED, lo cual resulta en una disminución de las emisiones de carbono asociadas al consumo de electricidad. Esto indica que la FIA está desempeñando un papel significativo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Asencios (2022) se propuso examinar cómo el crecimiento económico, el desarrollo del sistema financiero y el ingreso per cápita influyen en la generación de CO₂, utilizando una metodología cuantitativa. Los resultados obtenidos indicaron la presencia de una relación a corto y largo plazo entre estas variables, lo que sugiere que el CE y generación de CO₂ están interconectados tanto a corto como a largo plazo. En resumen, el estudio concluye que existe una correlación positiva entre el consumo de energía y las emisiones de CO₂ en Perú, aunque no se observan indicios de que el desarrollo del sistema financiero haya tenido un impacto negativo en el medio ambiente del país.

Díaz et al. (2019) se propusieron analizar cómo varían las emanaciones de CO₂ en relación con la actividad económica en 147 países. Es relevante señalar que este estudio fue de naturaleza cuantitativa y empírica. Los resultados obtenidos indicaron que el estado de la tecnología utilizada para la producción de energía, evaluado a través de las emisiones pasadas de CO₂, y el estado de la tecnología empleada para la producción económica, medido por el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita en el pasado, son factores cruciales que influyen en las emisiones de CO₂. En resumen, el estudio concluyó que la mejora en la EE se observa principalmente en los sectores finales, con un enfoque considerable en el transporte. Por otro lado, la reducción de las emisiones de carbono está vinculada a la industria y también impacta en sectores como el transporte, aunque en menor medida.

Morales (2020) se propuso evaluar formas de reducir emanaciones de CO₂ producidos por combustión vehicular para combatir la contaminación del aire. La metodología empleada fue de tipo exploratoria y analítica y la muestra fue 38 producciones científicas. Los resultados del estudio indicaron que desde que se introdujeron los vehículos a motor que utilizan diésel, las emisiones de gases de combustión que liberan al aire han aumentado, aumentando las enfermedades en las personas. Esto ha llevado a que tanto las empresas como los consumidores estén cada vez más preocupados por este tema y busquen alternativas menos contaminantes. En conclusión, el estudio sugiere que el biodiesel es una alternativa más económica y

aplicable, especialmente en países en desarrollo, por su mínima contaminación. Asimismo, aunque la tecnología sostenible es una buena opción para reducir casi por completo las emisiones de gases contaminantes, su alto costo de inversión hace que no sean viables a corto plazo.

Tirado et al. (2021) tuvieron como objetivo determinar cómo el momento del día, el lugar donde se monitorea y la interacción entre estos factores afectan los niveles de CO y CO₂. El estudio fue básico y como muestra se emplearon 270 registros. Los resultados del estudio mostraron que, con un nivel de confianza del 95%, hubo anomalías en la cantidad de CO en los cinco lugares estudiados. La Institución Educativa Coronel Gregorio exhibió la concentración más elevada de CO, con un promedio de 4700.46 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en contraste con el valor más bajo registrado en el Mercado Miguel Grau, con un promedio de 1499.64 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Se llegó a la conclusión de que tanto el período del día como la ubicación del monitoreo, junto con su interacción, ejercen influencia en los niveles de CO y CO₂, sugiriendo que estos factores tienen efecto en la calidad del aire.

Bases teórico - científicas

Curva Ambiental de Kuznets (CKA): Simón Kuznets (1995)

La economía ambiental ha sido escenario de un extenso debate centrado en la conexión entre el crecimiento económico y el entorno natural; según Nahman y Antrobus (2005), es la curva ambiental de Kuznets (EKC). Esta teoría menciona que existe relación en forma de U invertida entre la degradación ambiental y el ingreso per cápita. La relación entre la renta per cápita y el estado del entorno natural es dinámica, tal y como representa la EKC, el crecimiento económico temprano se caracteriza por un deterioro de la calidad del medio ambiente debido al aumento de la producción agrícola y la explotación de los recursos, así como a la falta de tecnologías limpias y eficientes (Catalán, 2014).

Asimismo, llega un punto crítico en la relación entre renta per cápita y degradación medioambiental en el que los ingresos siguen aumentando y la degradación medioambiental se detiene. Según Kuznets, se produce un aumento de la desigualdad de la renta durante las primeras fases del crecimiento económico y el consiguiente aumento del PIB per cápita; sin embargo, los siguientes aumentos del PIB per cápita hacen que la desigualdad disminuya después de un punto crítico: el punto más alto de la curva en forma de U invertida (Catalán, 2014).

Según Parra (2016), la conexión a largo plazo entre las actividades económicas y la salud del medio ambiente no es estática. Esta relación varía de positiva a negativa en

relación al incremento en el nivel de ingresos, ya que a medida que las personas obtienen mayores ingresos, tienden a demandar una mayor eficiencia y un ambiente más limpio; en ese sentido, esta se basa en la interacción de tres efectos fundamentales y su combinación, que son:

Efecto composición

Una vez que los países alcanzan un nivel avanzado de industrialización, su tendencia es orientar sus economías hacia el sector de servicios y, como resultado, a adquirir productos manufacturados de naciones en desarrollo o en proceso de industrialización. Esta dinámica implica que la transición del sector manufacturero al de servicios en las economías desarrolladas se asocia con una disminución de la emisión de contaminantes, ya que las actividades industriales son conocidas por ser intensivas en consumo de energía y emisiones tóxicas (Parra, 2016).

Efecto desplazamiento

La globalización se relaciona con el aumento en el comercio internacional y se apoya en la creciente distribución de tareas a nivel global. Esta tendencia posibilita que las naciones de tercer grado incrementen el nivel de productos de exportación de elaboración propia hacia las naciones desarrolladas, que, a su vez, se enfocan en exportar servicios. Esto, a su vez, ayuda a reducir la emisión de contaminantes en las naciones desarrolladas (Parra, 2016).

Efecto Tecnológico

Este efecto puede aliviar la presión sobre el medio ambiente de varias maneras: mejorando la eficiencia en la producción, lo cual disminuye la cantidad de recursos requeridos para producir más bienes; avances tecnológicos que permiten reemplazar recursos altamente contaminantes o dañinos por opciones más sostenibles; y la transmisión de conocimientos tecnológicos desde países en desarrollo, que lleva a patrones de crecimiento con menos impactos ambientales negativos (Parra, 2016).

Un enfoque para comprender la relación entre el DE y las emanaciones de CO₂ en una sociedad es la aplicación de la Curva de Kuznets a las emisiones de CO₂. Simon Kuznets desarrolló la Curva de Kuznets en la década de 1950, y su propósito original era examinar la conexión entre las diferencias económicas y el DE; no obstante, a lo largo del tiempo se ha utilizado para otros indicadores, como las emisiones de CO₂ (Aceves et al., 2021).

La idea principal es que, cuando la economía de una nación está empezando, las emisiones de CO₂ suelen aumentar junto con la intensidad de la actividad industrial y el consumo de energía. La causa suele ser el excesivo uso de combustibles fósiles que contribuyen significativamente a las emisiones de CO₂; sin embargo, la hipótesis clave es que, a medida que una economía continúa desarrollándose y alcanza un cierto nivel de ingreso per cápita, las emisiones de CO₂ pueden comenzar a disminuir (Parra, 2016).

Desde la Revolución Industrial, la economía mundial ha crecido tanto que ha requerido la quema de enormes cantidades de petróleo, lo que ha aumentado la generación de CO₂. Es crucial recordar que no existe una regla fija a la hora de aplicar la Curva de Kuznets a las emisiones de CO₂; las derivaciones pueden cambiar según el país, la zona y otras variables; además, para que el cambio a una economía baja en carbono tenga éxito, pueden ser necesarias políticas específicas y esfuerzos concertados (Parra, 2016).

La EKC es una teoría que menciona que a mayor desarrollo económico, la desigualdad económica primero aumenta y luego disminuye con el tiempo. Sin embargo, esta teoría ha presentado y presenta varias críticas y limitaciones según distintos autores (Ochoa, 2003):

- Falta de evidencia empírica sólida: A pesar de ser una teoría ampliamente discutida, la evidencia empírica que respalda la EKC es mixta y a menudo insuficiente para respaldar sus afirmaciones. No todos los países han experimentado la misma relación entre desarrollo económico y desigualdad, lo que cuestiona la validez de la teoría (Sierra et al., 2022).
- Simplificación excesiva: La conexión entre desigualdad y desarrollo económico está simplificada en exceso en la teoría de la EKC. No se tiene en cuenta la variedad de factores sociales, políticos y económicos que afectan a la forma en que es percibida la renta y la riqueza.
- Diferencias regionales y sectoriales: La teoría no tiene en cuenta las diferencias significativas entre regiones y sectores dentro de un país. Puede haber áreas o industrias que experimenten un aumento constante en la desigualdad incluso cuando la economía en su conjunto se desarrolle (Ortiz, 2022).
- Ignora la distribución inicial de la riqueza: La EKS no aborda la desigualdad que puede existir desde el principio antes de iniciar la fase de desarrollo. Esto significa que no explica cómo se distribuyen los recursos iniciales y cómo eso afecta a la desigualdad a lo largo del tiempo.

- No considera otros factores importantes: La teoría no tiene en cuenta otros factores relevantes, como políticas gubernamentales, instituciones económicas, salud y educación, que pueden ser relevantes en la desigualdad económica.
- Poca atención a la sostenibilidad ambiental: La EKC se centra principalmente en la desigualdad económica y no aborda adecuadamente la relación entre desarrollo económico y sostenibilidad ambiental, lo que es una preocupación cada vez mayor en la actualidad (Guevara et al., 2023).

Teoría Microeconómica de las Externalidades Ambientales: Propuesta CEPAL (2008)

La teoría microeconómica de las externalidades se enfoca en analizar Los efectos de las acciones económicas en el entorno ambiental y cómo estas externalidades pueden afectar el bienestar de la sociedad. Las externalidades ambientales analizan los efectos secundarios no deseados o no planeados de las acciones individuales o empresariales sobre el medio ambiente. Particularmente, las externalidades negativas son situaciones en las que una actividad económica perjudica al medio ambiente sin tener en cuenta los costos asociados (González et al., 2023).

Frecuentemente se sostiene que el principal desafío al considerar estas externalidades en la evaluación económica de políticas gubernamentales o elecciones en el ámbito privado radica en la complicación que supone asignarles un valor en términos monetarios. De hecho, en muchas ocasiones se les describe como efectos difíciles de cuantificar. Nadie con mayor conocimiento sobre el manejo de las finanzas públicas comprende tan bien como un responsable de estas que las importaciones de productos derivados del petróleo representan una significativa salida de divisas, de manera análoga a cómo la atención médica primaria en hospitales debido a enfermedades respiratorias causadas por la mala calidad del aire en áreas urbanas también implica un gasto considerable de recursos públicos (CEPAL, 2008).

Los efectos externos que las emisiones de CO₂ y su papel como causantes del cambio climático tienen sobre el medio ambiente y la sociedad se conocen como externalidades del CO₂. Dado que a nivel global aumento la generación de CO₂ en la atmósfera, está fuertemente vinculado al calentamiento global y a toda una serie de efectos desfavorables, tanto a escala local como mundial, estas externalidades suelen ser negativas (CEPAL, 2008).

Empecemos hablando del cambio climático. El CO₂ es uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático. Dos emisiones de CO₂ causadas por el hombre, la quema de combustibles fósiles y la deforestación, elevan la temperatura global, lo que puede repercutir negativamente en los ecosistemas y provocar fenómenos meteorológicos extremos y la subida del nivel del mar (Avenaño et al., 2023).

En segundo lugar, impactos en la salud humana: Las externalidades del CO₂ también se extienden a la salud humana. El cambio climático puede aumentar la frecuencia y la intensidad de problemas de salud derivados del calor y la calidad del aire, lo que puede tener un costo económico y de salud significativo.

En tercer lugar, pérdida de biodiversidad: Los servicios de los ecosistemas naturales, como la polinización de los cultivos y la purificación del agua, son algunos de los que pueden verse afectados negativamente por la pérdida de hábitats naturales provocada por el cambio climático inducido por el CO₂.

En cuarto lugar, costos económicos: Las externalidades del CO₂ también incluyen costos económicos, como la pérdida de cosechas debido a modificaciones en las pautas climática, costos de adaptación a eventos climáticos extremos y la necesidad de inversiones en infraestructura para mitigar los daños causados por el crecimiento del nivel del mar.

Por último, migración forzada y conflictos: El cambio climático inducido por el CO₂ puede desencadenar la migración forzada a medida que las personas abandonan áreas afectadas por eventos climáticos extremos, la escasez de recursos o la degradación del entorno. Esto puede aumentar las tensiones y los conflictos a nivel global (Acum et al., 2022).

Después, el coste de generar energía a partir de combustibles fósiles es mayor para la sociedad que para los productores de energía cuando existe una externalidad negativa, como las emanaciones de GEI, principalmente CO₂. Se reconoce que los costes para la sociedad incluyen tanto los costes externos relacionados con el calentamiento global como los costes privados en los que incurren los productores de energía. El uso de combustibles fósiles para generar electricidad tiene una externalidad negativa en forma de emisiones de GEI, que agravan el calentamiento global (CEPAL, 2008).

La repercusión económica de las externalidades ambientales se refiere a los efectos que estas externalidades tienen en la economía en términos de costos y beneficios.

Estos efectos pueden ser significativos y a menudo no se reflejan adecuadamente en los precios de mercado internaciones que generan estas externalidades (CEPAL, 2008).

- **Costos directos para la sociedad:** Las externalidades ambientales negativas, como la contaminación del aire y el agua, pueden generar costos directos para la sociedad en términos de gastos en atención médica para tratar enfermedades relacionadas con la contaminación, costos de limpieza y restauración ambiental, y pérdida de productividad debido a problemas de salud.

- **Costos indirectos para las empresas:** Las empresas que generan externalidades ambientales pueden enfrentar costos adicionales en términos de cumplimiento de regulaciones ambientales, multas por incumplimiento y costos de litigios por daños causados a terceros.

- **Impacto en la inversión y la innovación:** Las repercusiones medioambientales pueden afectar las decisiones de inversión y la orientación de la innovación tecnológica. Por ejemplo, la creciente conciencia de los riesgos del cambio climático ha llevado a un aumento en la inversión en tecnologías limpias y renovables.

- **Valoración económica de los recursos naturales:** Los recursos naturales afectados por las externalidades ambientales, como la pérdida de biodiversidad o la degradación del suelo, tienen un valor económico que a menudo no se refleja en los mercados. La pérdida de estos recursos puede tener un impacto económico a largo plazo.

- **Reducción del bienestar social:** Las externalidades ambientales pueden reducir el bienestar general de la sociedad al afectar la calidad de vida, la salud y el acceso a recursos naturales. Esto puede llevar a una disminución en la calidad de vida y en la productividad económica.

- **Oportunidades económicas:** Por otro lado, la mitigación de las externalidades ambientales y la incorporación de prácticas más sostenibles puede generar empleos en sectores verdes, desarrollo de tecnologías limpias y acceso a nuevos mercados.

Teoría de las tres dimensiones del desarrollo sostenible: Propuesta ONU (1987)

La teoría que se aborda aquí se centra en la habilidad que el sector empresarial debe poseer para atender las demandas del mercado actual sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades de las futuras generaciones. Para alcanzar un desarrollo sostenible, los sectores productivos deben implementar estrategias que sean económicamente viables, respeten el entorno ambiental y fomenten la equidad social; es

decir, es esencial que integren estas tres dimensiones de manera conjunta para lograr un desarrollo eficaz.

En la actualidad, no se ha llegado a un acuerdo universal sobre la definición exacta de desarrollo sostenible, ya que existen numerosas interpretaciones diferentes, y tampoco hay consenso sobre qué aspectos específicos deben mantenerse a lo largo del tiempo. Según diversos autores, el desarrollo sostenible puede entenderse de la siguiente manera (citado en Miñón, 2002, pág. 02.):

- Preservar los recursos naturales (Carpenter, 1991).
- Sostener los niveles de consumo (Redclift, 1987).
- Alcanzar la sostenibilidad de todos los recursos, abarcando el capital humano, el capital físico, los recursos ambientales y los recursos agotables (Bojo et al., 1990).
- Buscar la integridad de los procesos, ciclos y ritmos naturales (Shiva, 1989).
- Mantener los niveles de producción (Naredo, 1990). Según este autor, una actividad sostenible implica el uso de productos renovables o la financiación de proyectos que aseguren la producción sostenible de un bien sustituto y la absorción de residuos sin perjudicar los ecosistemas.

Estas tres dimensiones del desarrollo sostenible están interconectadas y se refuerzan mutuamente. Cuando una dimensión se descuida o se sobreexplota en detrimento de las otras, puede surgir un desequilibrio que amenaza la sostenibilidad global (Miñón, 2002).

Dimensión Económica

Esta dimensión se refiere al desarrollo económico sostenible. Implica la capacidad de una sociedad para mantener un crecimiento económico saludable a lo largo del tiempo. Esto significa que las actividades económicas deben ser eficientes, productivas y capaces de generar ingresos y empleos de manera constante. Reducir la pobreza y garantizar una distribución justa de la riqueza son otros aspectos del desarrollo económico sostenible (Miñón, 2002).

Dimensión social

El bienestar y la equidad social son los temas principales de la dimensión social. Implica garantizar que todo el mundo tenga acceso a necesidades como la vivienda, el trabajo, la sanidad y la educación. Además, se abordan la justicia social, la igualdad de

género y la participación de la comunidad en la toma de decisiones, su objetivo elevar el nivel de vida de todos, pero especialmente el de los más vulnerables (Miñón, 2002).

Dimensión Ecológica / Ambiental

La protección y rehabilitación de los recursos naturales, así como la mitigación de los efectos medioambientales adversos, son los principales objetivos de la dimensión medioambiental, esto abarca la conservación del agua, la preservación de la biodiversidad, la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, la gestión sostenible de los recursos naturales y el fomento de comportamientos respetuosos con el medio ambiente, en beneficio de las generaciones futuras, es importante evitar que la actividad humana agote o deteriore los recursos naturales (Miñón, 2002).

La teoría que considera las tres dimensiones del desarrollo sostenible es ampliamente aceptada y utilizada por gobiernos, organismos internacionales, empresas y la sociedad en general como un enfoque fundamental para abordar los desafíos globales, que incluyen pobreza, desigualdad, cambio climático y degradación medioambiental. El propósito último de esta teoría es asegurar un futuro en el que las actuales y futuras generaciones puedan disfrutar de un mundo próspero y saludable (Miñón, 2002).

Identidad de Kaya

En el año 1993 Yoichi Kaya publicó el libro "*Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability*" en él, Kaya creó una fórmula básica y elemental que conectaba todos los factores medioambientales, energéticos y económicos que afectan a las emisiones de GEI en la atmósfera terrestre. Esta ecuación se conoce como la identidad de Kaya (De la Cruz, 2016).

$$C = C - EP * EP - PIB * PIB - POB * POB$$

Donde:

C se refiere a las emisiones totales de gases de efecto invernadero liberados en la atmósfera, expresadas en unidades de CO2 equivalente, mientras que EP indica la cantidad total de energía primaria, medida en unidades energéticas equivalentes como toneladas equivalentes de petróleo (toe), julios (J), kilovatios hora (kWh), entre otras. PIB representa el Producto Interno Bruto a precios constantes, calculado mediante volúmenes encadenados para la región en estudio, y POB corresponde a la población total de esa misma región.

En este contexto, los cuatro elementos situados en el lado derecho de la ecuación son los siguientes, en orden de izquierda a derecha: la intensidad de carbonización, que denota la cantidad de emisiones por cada unidad de energía primaria utilizada; la intensidad energética, que señala el consumo de energía primaria por unidad de Producto Interno Bruto (PIB); el PIB per cápita, que evalúa el nivel de prosperidad y los bienes disponibles para la sociedad; y, finalmente, el factor poblacional.

Debido a esto, la expresión de la Identidad de Kaya se formula de la siguiente manera (De la Cruz, 2016).

$$C = C - EFS * EFS - EP * EP - EF * EF - PIB * PIB - POB * POB$$

En esta ecuación revisada, se han añadido dos variables energéticas suplementarias: EFS, que simboliza la energía fósil, siendo última responsable de las emisiones de CO₂, y EF, que representa la energía final consumida.

Los nuevos elementos introducidos desempeñan funciones específicas. C/EFS actúa como un indicador preciso de la carbonización, revelando cómo las emisiones varían en relación con el consumo de energía fósil. EFS/EP destaca el impacto de las fuentes de energía fósil en el suministro total de energía primaria. La intensidad energética es un factor compuesto que depende de componentes cruciales como los patrones de consumo, la eficiencia en los procesos de transformación, la estructura de producción y el uso de energía final, entre otros.

EP/EF, representa la cantidad de energía primaria utilizada por unidad de energía final en toda la economía, funciona como un indicador global de la eficiencia en los avances tecnológicos del sector energético. Además, EF/PIB señala las necesidades de energía final por unidad de producto. Esta base teórica respalda el uso de las variables anteriormente mencionadas, entre estas tenemos (De la Cruz, 2016):

- Población: Representa la cantidad total de habitantes en la región o país en estudio. La población es un factor importante ya que puede influir en la demanda de energía y, por lo tanto, en las emanaciones de GEI.
- PIB per cápita: Una métrica que ilustra la relación entre el PIB y la población de una nación, esta medida se calcula dividiendo el PIB de una nación, o el total de bienes y servicios producidos en un año determinado, por la media estimada de la población de ese mismo año.
- Intensidad energética: Esta medida arroja luz sobre la relación entre la cantidad de actividad económica y el consumo de energía. Se calcula como el PIB

(producto interior bruto) dividido por el consumo de energía en la misma zona durante el mismo periodo de tiempo.

- **Intensidad de carbonización:** Este factor nos permite expresar la cantidad de CO₂ equivalente que liberamos a la atmósfera por cada unidad de energía generada (una vez contabilizados los sumideros). Por consiguiente, nos permite establecer un vínculo entre las variaciones de las emisiones de CO₂ equivalente y las variaciones de la producción y el consumo de energía.

Economía de la Energía y Recursos

El precio de los recursos energéticos en las emisiones de CO₂

La economía de la energía se centra en el análisis de la utilización de recursos y servicios vinculados a la energía. En el contexto económico, el término "energía" abarca todos los recursos y productos energéticos, así como las materias primas o insumos que contienen cantidades significativas de energía física, lo que les permite ser utilizados para realizar trabajos. Los productos energéticos, como los combustibles fósiles o la electricidad, tienen la capacidad de ofrecer servicios energéticos que satisfacen las necesidades humanas, como la iluminación, la calefacción, el suministro de agua caliente, la cocina, la fuerza motriz y las actividades electrónicas (Ezequiel, 2012).

En otras palabras, la economía de la energía analiza las influencias que guían a los actores económicos, como empresas, personas y gobiernos, en cuanto a la adquisición de recursos energéticos, su transformación en formas de energía utilizables, su transporte a los consumidores para su empleo y la gestión de los residuos resultantes. Además, se enfoca en examinar las distintas funciones que desempeñan en este contexto tanto las alternativas al mercado como las estructuras regulatorias, y evalúa los efectos económicos en términos de eficiencia y distribución.

No obstante, de acuerdo con Weyman (1987), no se puede considerar una disciplina denominada Economía de la Energía en sentido estricto, ya que la energía en sí misma no se comercializa en un mercado convencional. En lugar de ello, los distintos tipos de combustibles individuales, tales como la electricidad primaria y secundaria, los combustibles fósiles son los objetos de transacciones comerciales. Por lo tanto, lo que generalmente se denomina "economía de la energía" se refiere en realidad a la economía de los mercados de combustibles. Este término se emplea por razones de conveniencia para abordar todos los conceptos económicos pertinentes que surgen al estudiar estos diversos tipos de combustibles (citando en Ezequiel, 2012, pág.02).

Análisis costo-beneficio

Bajo este contexto, el análisis costo-beneficio (ACB) es utilizado para evaluar proyectos, políticas o inversiones relacionadas con el sector energético. El objetivo del ACB en este contexto es determinar si los beneficios derivados de una acción en el ámbito de la energía superan sus costos. Dado que los costos y beneficios energéticos pueden ocurrir en diferentes momentos en el tiempo, es necesario ajustarlos para que todos estén en términos de valor presente. Esto se hace exonerando el pago con un descuento específico para el análisis de energía.

La fórmula del valor presente en este contexto es similar a la fórmula general del valor presente, pero se aplica específicamente a los flujos de energía.

La relación costo-beneficio energética (BCR-E) se determina dividiendo el valor presente de los beneficios energéticos entre el valor presente de los costos energéticos (Ezequiel, 2012):

$$\text{BCR-E} = \text{VP Beneficios energéticos} - \text{VP Costos energéticos}.$$

Si el BCR-E es mayor que 1, significa que los beneficios energéticos superan los costos energéticos y que el proyecto es beneficioso desde una perspectiva de la economía de la energía.

El coste de los recursos energéticos está correlacionado con la cantidad de emisiones de CO₂ producidas durante su uso. En otras palabras, algunos recursos energéticos pueden ser más costosos en términos de emisiones de CO₂ que otros (Ezequiel, 2012).

- Carbón: En cuanto al coste de los recursos, quemar carbón para producir electricidad es relativamente barato, pero emite mucho CO₂ por cada unidad de energía producida. Por lo tanto, tiene un alto "precio" en términos de emisiones de CO₂.
- Energía solar: La generación de energía a partir de paneles solares puede tener un costo inicial más alto en términos de inversión en equipos, pero no produce emisiones de CO₂ durante su operación. Por lo tanto, tiene un "precio" bajo en términos de emisiones de CO₂.

Tomar decisiones sobre energía y medio ambiente exige comprender la relación entre el coste de los recursos energéticos y las emisiones de CO₂. Las políticas y estrategias energéticas a menudo buscan promover fuentes de energía más limpias y eficientes desde el punto de vista ambiental, lo que puede incluir la implementación de impuestos al carbono o incentivos para fuentes de energía renovable.

Materiales y métodos

Tipo de investigación

El enfoque es cuantitativo ya que se enfocó en la recolección de datos que serán evaluados posteriormente, estos datos se representarán de manera cuantitativa para medir directamente los resultados obtenidos. Según Hernández y Mendoza (2018) mencionan que un estudio cuantitativo se da cuando se emplea la recopilación de datos con el propósito de respaldar sus hipótesis, fundamentándose en cuantificación numéricas y desarrollos estadísticos, permitiendo identificar estándares de comportamiento y poner a prueba el conocimiento existente. Además, el nivel de investigación fue explicativo, puesto que permite comprender, explicar, predecir y a partir de ello producir o proponer un conocimiento.

Diseño de investigación

El enfoque es cuantitativo ya que se enfocó en la recolección de datos que serán evaluados posteriormente, estos datos se representarán de manera cuantitativa para medir directamente los resultados obtenidos. Según Hernández y Mendoza (2018) mencionan que un estudio cuantitativo se da cuando se emplea la recopilación de datos con el propósito de respaldar sus hipótesis, fundamentándose en cuantificación numéricas y desarrollos estadísticos, permitiendo identificar estándares de comportamiento y poner a prueba el conocimiento existente. Además, el nivel de investigación fue explicativo, puesto que permite comprender, explicar, predecir y a partir de ello producir o proponer un conocimiento.

Población, muestra y muestreo

Bajo el concepto de Hernández y Mendoza (2018) la población se refiere a la agregación de los elementos de investigación, ya sean personas u objetos, que engloban las características requeridas para su inclusión en el estudio. En este contexto, la población se encontró representada por las emisiones de CO₂.

Desde la perspectiva de Hernández y Mendoza (2018), la muestra corresponde a una porción o fragmento del conjunto total de la población que se pretende analizar. Por lo tanto, la población abarcó datos relacionados con el crecimiento poblacional, las emisiones de CO₂ generadas por el transporte y, por último, el consumo de energía en el período comprendido entre 1971 – 2021.

Asimismo, el muestreo es a conveniencia debido a que se usará un periodo de los cuales se evaluó anteriormente y se concluyó la disponibilidad de la data.

Criterios de selección

En cuanto a la búsqueda de información que permitió dar respuesta a la problemática de la investigación debe brindar solidez y confiabilidad de los datos aplicados para el proceso. Es por lo que resultó necesario hacer una revisión sistemática de fuentes bibliográficas, teorías y estudio sobre las emisiones de CO₂, así como los datos registrados en fuentes oficiales como: Banco Mundial y Datos Macro, Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). Posteriormente se clasificó la información agrupándola en función de las variables (independiente y dependiente) y dimensiones (ambiental, demográfica y económica).

Operacionalización de variables

Variables	Definición de la variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
V. DEPENDIENTE: Emisión de CO2	Es un gas que se encuentra de manera natural en el medio ambiente, sin embargo, la actividad realizada por el ser humano ha generado una alteración en el ciclo del carbono, acrecentando los niveles normales de la presencia de este gas, siendo una de las principales actividades la combustión de combustibles fósiles que sirven para generar energía o asociados al transporte, además de estar presente en procesos industriales (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2022)	Medioambiental	Cantidad de emisión de CO2 anual		
V. INDEPENDIENTE: Factores socioeconómicos		Económico	Exportaciones	Ficha de Registro Documental	Logarítmica
PBI		Social	Crecimiento poblacional		
Comercio internacional			Emisiones originadas por quema de combustible		
Población		Socioambiental	Consumo per cápita de energía		
Combustibles			Consumo per cápita de CO2		

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La presente investigación utilizó datos extraídos de series económicas del Banco Mundial y Datos Macro de los años 1971-2021 del Perú, de las variables de crecimiento económico, crecimiento poblacional, consumo energético de combustible en el transporte, consumo energético y el comercio internacional. Por lo cual se empleó la técnica denominada análisis documental, esta técnica permite realizar revisiones de series de tiempo, se analizó y organizó según los objetivos propuestos (Arias, 2020).

Así mismo, se empleará el instrumento denominado Ficha de registro documental, según Arias (2020) permite recolectar datos de fuentes que se consultan y se elaboran según los datos a obtener, estos datos pueden ser cuantitativos y cualitativos.

Procedimientos

Para el estudio se utilizaron datos socioeconómicos de la base de datos del BCRP, como el PIB, las exportaciones y el crecimiento demográfico; asimismo, se extrajeron datos de la base de datos DatosMacro, como el consumo de energía, las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible, todos ellos examinados anualmente. A efectos de este estudio, se empleó un modelo de análisis de regresión múltiple. Se trata de una técnica estadística que examina la relación entre variables en diversos contextos y realiza predicciones sobre varios tipos de fenómenos. Para hacer predicciones, el método examinó la relación entre una variable métrica dependiente y múltiples variables métricas independientes (Vila et al., 2019).

Modelo Regresión Lineal Múltiple

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \dots + \beta_nx_n + \mu_i$$

Plan de procesamiento y análisis de datos

Para homogeneizar la data de tasas en nuestro estudio, se realizó una modificación en las otras variables al aplicar la función logaritmo. Esta transformación logarítmica se llevó a cabo con el objetivo de igualar las escalas y las distribuciones de las variables, lo que facilita una comparación más adecuada y significativa entre ellas. Al utilizar el logaritmo, se logra una reducción en la magnitud de las variaciones en las variables, lo que puede ayudar a mitigar problemas potenciales de heterocedasticidad y asimetría en los datos, lo que, a su vez, mejora la validez de las estimaciones y resultados en nuestro análisis econométrico.

En primera instancia:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1CO_{2pc} + \beta_2Exp + \beta_3CE_{pc} + \beta_4EQC + \beta_5POB_{ln} + \mu$$

Dónde:

Emisión CO2: Es...

- CO2: Emisión total de dióxido de carbono
- CO2: CO2 per cápita
- Exp: Ln Exportaciones
- CEpc: Consumo de energía per cápita en KWh
- EQC: Emisiones originadas por quema de combustibles (%) transporte
- POB ln: Población en logaritmo natural

Siendo:

- Emisión CO2: Representa las emisiones de dióxido de carbono, un importante gas de efecto invernadero, que es el resultado de diversas actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la producción industrial y el uso de energía.

- ln Población: Representa la tasa de crecimiento de la población de un país, lo que podría influir en la demanda de recursos y en las emisiones de CO2.

- Exp: Está compuesta por las exportaciones Fob expresadas en logaritmo natural. Puede reflejar la influencia de las actividades comerciales en las emisiones.

- EQC: Representa el consumo de emisiones originadas por la quema de combustible como porcentaje de participación en las emisiones totales.

- CEpc: Indica el consumo de energía per cápita en kilovatios-hora (KWh). Refleja la demanda de energía de la población.

- β_0 : Es el intercepto del modelo, que representa el nivel de emisiones de CO2 cuando todas las demás variables independientes son iguales a cero.

- β_1, \dots, β_8 : Son los coeficientes de las variables independientes, que indican cómo cada variable contribuye o afecta las emisiones de CO2.

En este estudio se aplicarán los siguientes supuestos:

- **Linealidad:** El modelo supone que las variables independientes y las emisiones de CO2 tienen una relación lineal. Esto indica que se prevé que un cambio unitario en una variable independiente tendrá un impacto continuo en las emisiones de CO2.

- **Independencia de los errores:** Se supone que los errores o residuos del modelo no están correlacionados entre sí. Dicho de otro modo, no hay un patrón sistemático evidente en los valores residuales.

- **Homocedasticidad:** Se supone que todos los niveles de las variables independientes tienen una varianza constante de los errores. Esto indica que la dispersión de los errores es constante en todo el intervalo de valores de las variables independientes.

- **Normalidad de los errores:** Se supone que la distribución de los errores es normal. Para confirmarlo, se utilizan pruebas estadísticas o gráficos de probabilidad normal de los residuos.

- **No multicolinealidad:** El modelo presupone que las variables independientes tienen poca o ninguna correlación entre sí, lo que puede dificultar la determinación de las contribuciones relativas de cada variable.

Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema principal: ¿Cuáles son factores socioeconómicos que determinan la emisión de CO2 en el Perú, 1971-2021?	Objetivo principal: Determinar los factores socioeconómicos que se asocian a las emisiones de CO2 en el Perú 1971 - 2021	Hipótesis principal: Los factores socioeconómicos que se asocian a las emisiones de CO2 en el Perú 1971 - 2021 son: PBI, Comercio internacional, la población y el consumo de combustible.	Medioambiental	Cantidad de emisión de CO2 anual	Tipo: Básica
	Objetivos específicos: Realizar un análisis descriptivo del nivel de emisiones de CO2 en el Perú en los años 1971 - 2021		Económico	Exportaciones	Enfoque: Cuantitativo
	Analizar las variables económicas del Perú en los años 1971 - 2021 que se relacionen a las emisiones de CO2		Social	Crecimiento poblacional	Nivel: Explicativo
	Analizar las variables sociales del Perú en los años 1971 - 2021 que se relacionen a las emisiones de CO2		Socioambiental	Emisiones originadas por quema de combustible	Muestra: 1971 - 2021
	Demostrar mediante el modelo de regresión lineal múltiple los indicadores que influyan en las emisiones de CO2 el Perú en los años 1971 - 2021			Consumo per cápita de energía Consumo per cápita de CO2	Técnica: Revisión Documental Instrumento: Ficha de Registro Documental Método: Análisis de regresión lineal múltiple

Consideraciones éticas

La investigación se llevará a cabo con una selección cuidadosa de la información, seguido de un proceso de procesamiento y análisis que garantice la transparencia y la veracidad de los resultados. En ningún momento se manipulará ni se añadirá información de manera malintencionada que pueda comprometer la integridad de los hallazgos. Se mantendrá un absoluto respeto por la probidad académica en todo el proceso.

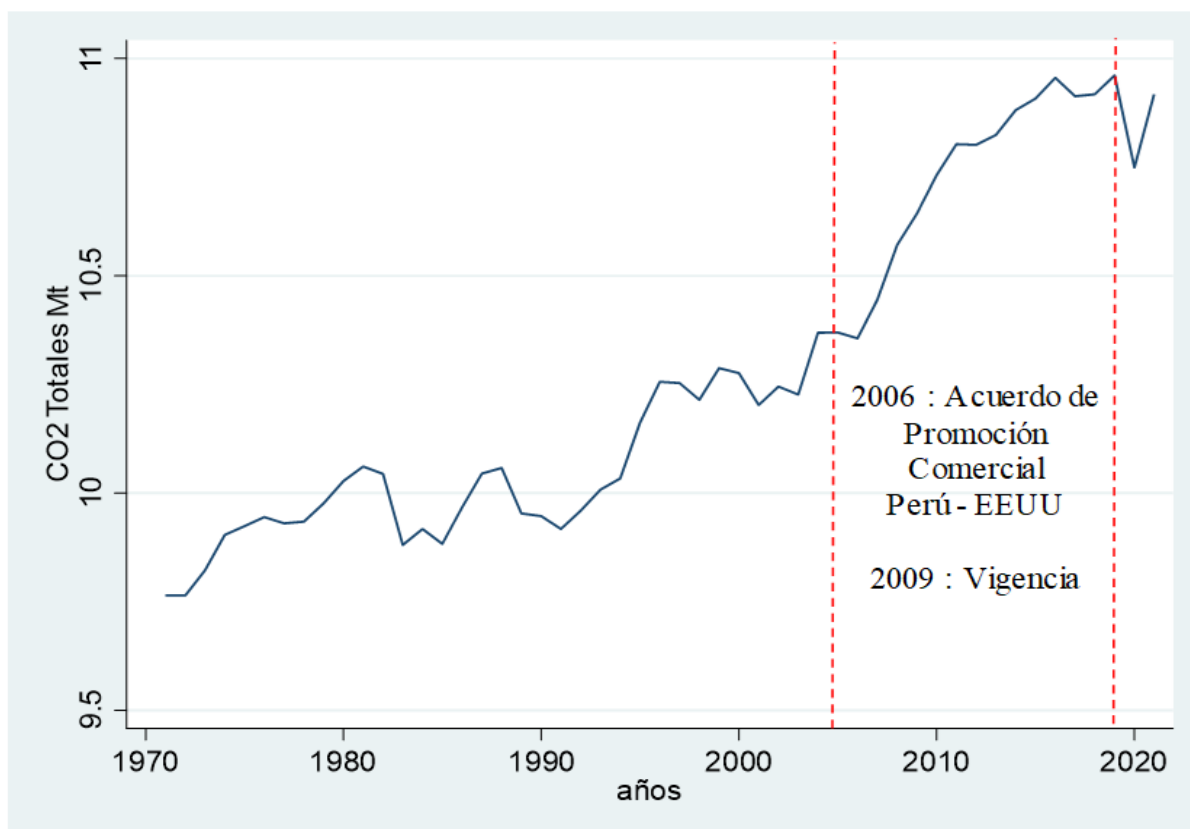
Resultados y discusión

Resultados

Se expondrán los resultados siguiendo el método inductivo. Esto es, se partirá desde los objetivos específicos hasta llegar al general.

Figura1.

Emisiones de CO2 durante los últimos 50 años.



Nota. El autor.

La Figura 1, muestra que durante los últimos 50 años, el comportamiento de las emisiones de CO2 en el Perú ha estado estrechamente vinculado con la evolución económica y comercial del país. Analizando esta relación, es evidente que las emisiones totales de CO2 han seguido un patrón ascendente, fluctuando en respuesta a diversos eventos económicos y comerciales que han marcado hitos en la historia reciente. En las décadas de 1970 y 1980, las emisiones de CO2 en el Perú aumentaron gradualmente, reflejando un período de crecimiento económico sostenido y desarrollo. Este incremento se alineó con la expansión del Producto Interno Bruto (PIB) y el aumento de la población. Durante estos años, se observó una correlación positiva entre el crecimiento económico y las emisiones de CO2, indicando una mayor actividad industrial y energética.

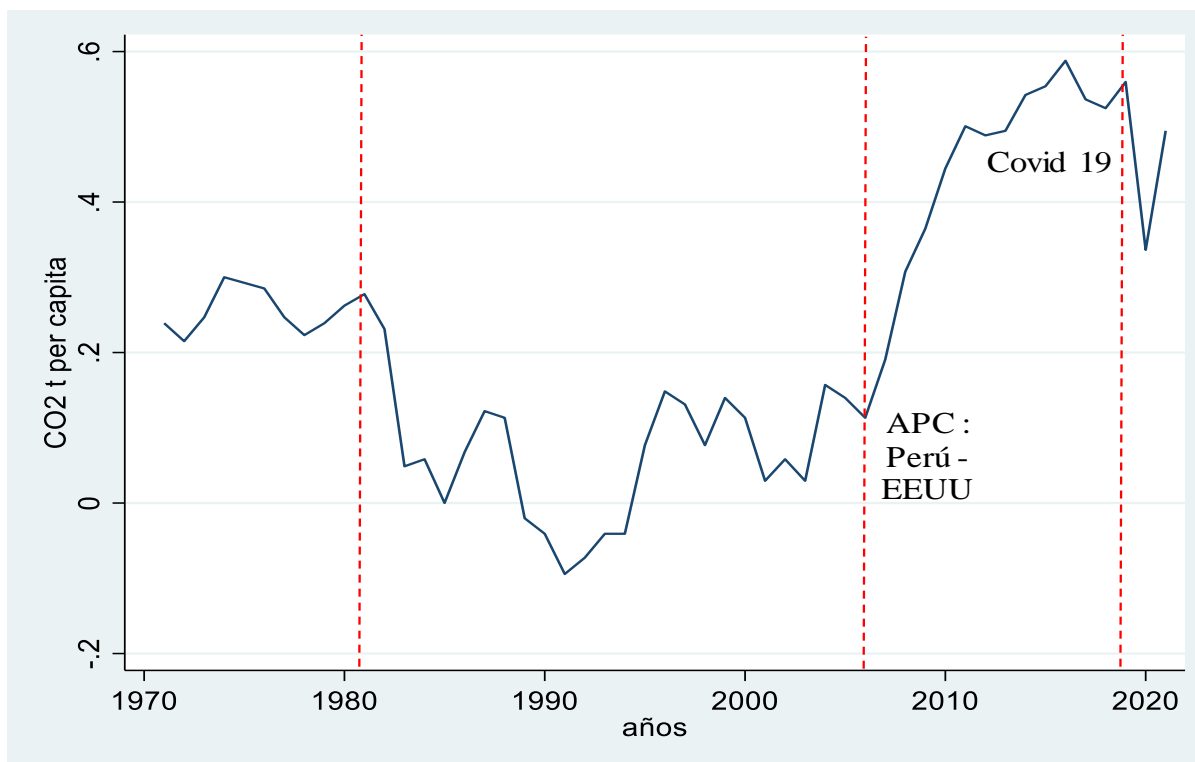
Un fenómeno notable ocurrió en el año 2010, caracterizado por un crecimiento exponencial en las emisiones de CO₂. Este fenómeno puede ser vinculado directamente con la entrada en vigencia del Acuerdo de Promoción Comercial entre el Perú y los Estados Unidos, firmado en el 2006 y activado en el 2009. Este acuerdo generó un impulso significativo en las exportaciones peruanas, especialmente en sectores intensivos en energía, lo que contribuyó a un aumento sustancial en las emisiones de CO₂. El año 2020 marcó un punto de inflexión en esta tendencia ascendente. La paralización económica resultante de la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto significativo en diversas actividades económicas, llevando a una disminución temporal de las emisiones de CO₂. Este descenso podría atribuirse a la interrupción de la producción industrial, las restricciones de movilidad y la menor demanda de energía durante el confinamiento.

La disminución puntual en el 2020, provocada por la pandemia, resalta la vulnerabilidad de las emisiones frente a eventos externos, al tiempo que subraya la importancia de considerar estrategias de desarrollo más sostenibles y resilientes.

La Figura 02, 03, 04 y 05 muestran el comportamiento de los factores socioeconómicos seleccionados para el estudio. A lo largo de las últimas cinco décadas, las emisiones de CO₂ per cápita en el Perú han experimentado fluctuaciones notables, reflejando una intrincada relación con variables económicas y ambientales clave. En la década de 1970, el país exhibió un crecimiento económico inicial, observándose un aumento de las emisiones per cápita. Este fenómeno se atribuye, en parte, al desarrollo industrial y al aumento del consumo de energía en consonancia con el ascenso del Producto Interno Bruto (PIB).

Figura2.

CO2 per cápita durante los últimos 50 años.

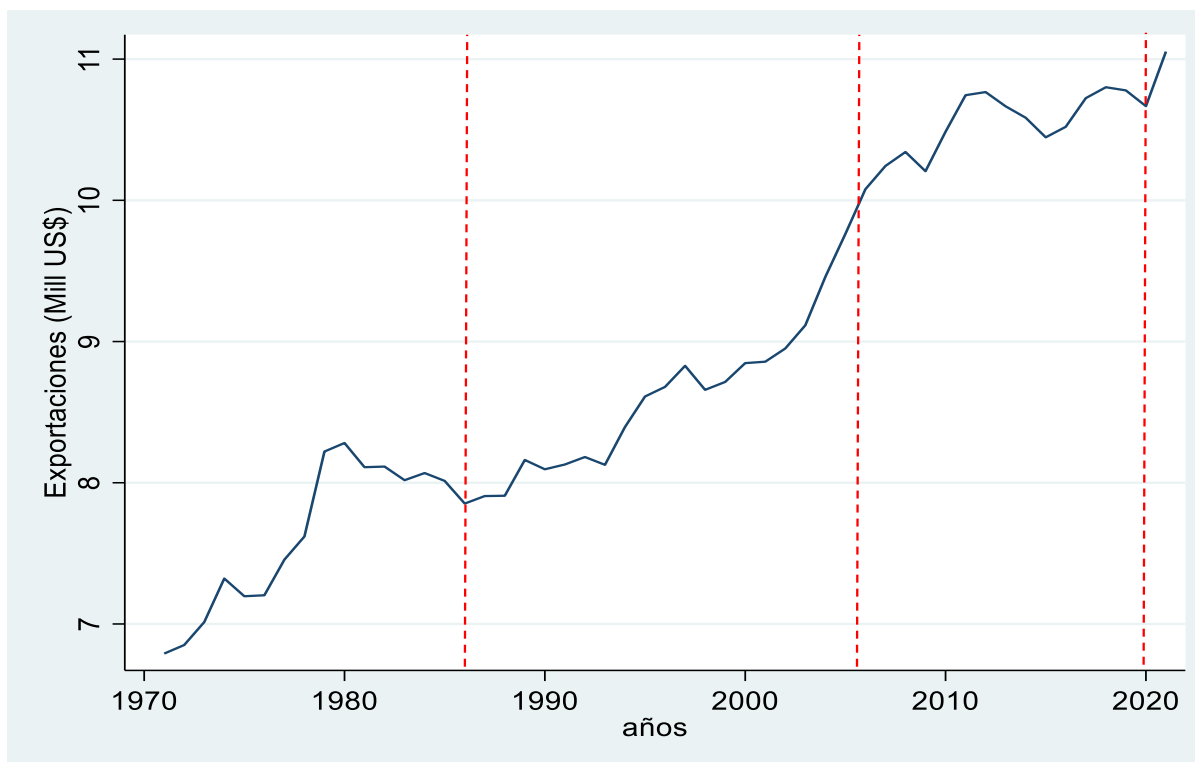


Nota. El autor.

En el período de estudio, se observa una tendencia creciente en las emisiones de CO2 per cápita, pasando de 1.27 en 1971 a 1.64 en 2021. Este aumento puede atribuirse en parte al incremento de la población, que ha pasado de alrededor de 13.8 millones en 1971 a más de 63.1 millones en 2021. A medida que la población ha crecido, la demanda de bienes y servicios ha aumentado, lo que ha llevado a un mayor consumo de energía y, por ende, a mayores emisiones de CO2. Las exportaciones también han experimentado un aumento significativo durante este período, lo que sugiere un mayor nivel de actividad económica y comercial. Sin embargo, este crecimiento económico ha venido acompañado de un aumento en las emisiones de CO2, lo que indica una posible asociación entre la expansión económica y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura3.

Exportaciones durante los últimos 50 años.

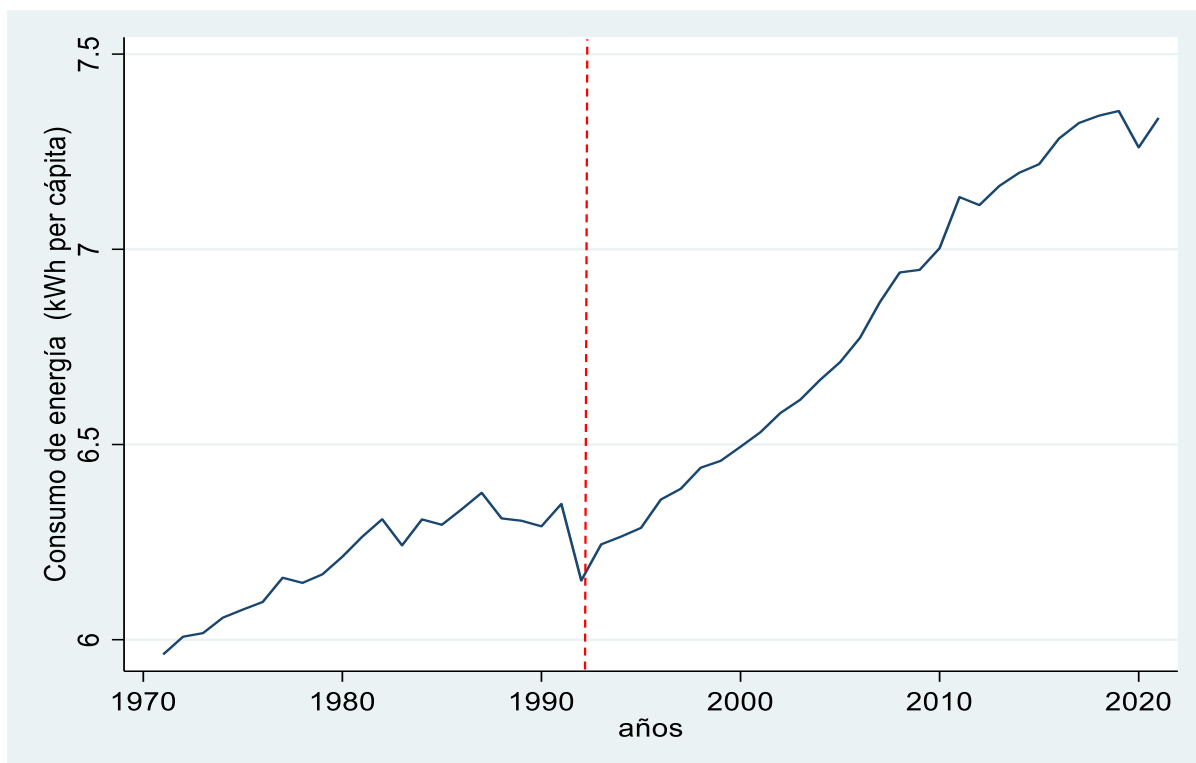


Nota. El autor.

Las exportaciones, reflejo directo de la actividad económica, han mostrado un aumento constante a lo largo de los años, pasando de 889 en 1971 a 63,151 miles de millones en 2021. Este aumento en las exportaciones sugiere una mayor producción y comercio, lo que contribuye al incremento en las emisiones de CO₂. En cuanto al sector del transporte, el porcentaje de emisiones originadas por la quema de combustible ha fluctuado, pero se ha mantenido en niveles considerables, indicando la necesidad de abordar eficazmente las emisiones en este sector. Este porcentaje ha pasado de 34.20% en 1971 a 40.69% en 2021.

Figura4.

Consumo de energía per cápita (KWh) durante los últimos 50 años.

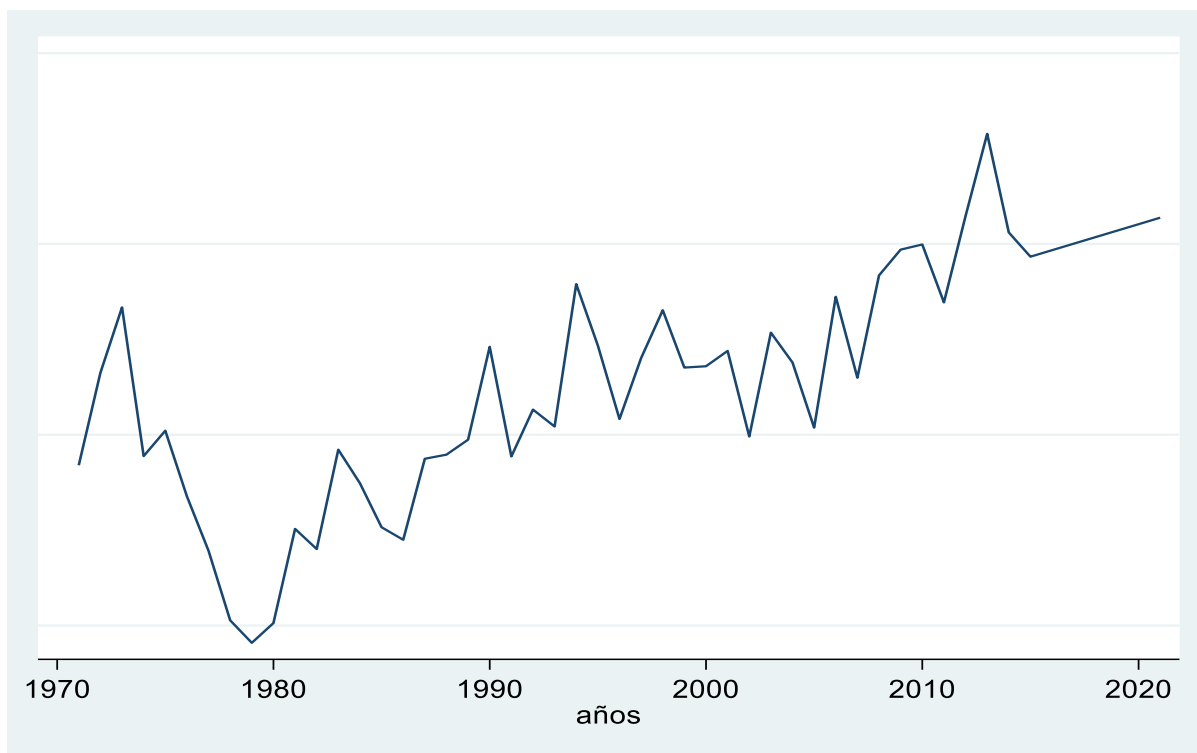


Nota. El autor

Por último, el consumo de energía per cápita también ha mostrado un aumento constante, pasando de 388.51 kWh en 1971 a 1535.3 kWh en 2021. Este incremento se relaciona directamente con el desarrollo económico y el aumento en el nivel de vida, pero también implica un mayor uso de fuentes de energía, muchas de las cuales contribuyen significativamente a las emisiones totales de CO₂.

Figura5.

Emisiones originadas por quema de combustible (%).



Nota. El autor.

El porcentaje de emisiones de CO₂ originadas por la quema de combustibles en el transporte ha variado a lo largo de los años, pero en general se ha mantenido en niveles considerables. Este dato sugiere que las políticas relacionadas con el transporte y la eficiencia energética podrían desempeñar un papel clave en la mitigación de las emisiones de CO₂ en el futuro. El consumo de energía per cápita también ha experimentado un aumento progresivo. Aunque esto puede estar relacionado con el desarrollo económico y el aumento en el nivel de vida, también implica un mayor uso de fuentes de energía, muchas de las cuales pueden contribuir significativamente a las emisiones totales de CO₂.

Para dar respuesta al objetivo 04, se identificó el siguiente modelo econométrico a emplear: Regresión Lineal Múltiple.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + u$$

Para el cumplimiento de la investigación:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 CO_{2pc} + \beta_2 Exp + \beta_3 CE_{pc} + \beta_4 EQC + \beta_5 POB_{ln} + \mu$$

Donde:

- CO_2 : Emisión total de dióxido de carbono

- CO_2 : CO_2 per cápita
- Exp : Ln Exportaciones
- $CEpc$: Consumo de energía per cápita en KWh
- EQC: Emisiones originadas por quema de combustibles (%) transporte
- POB ln : Población en logaritmo natural

Supuestos a cumplir antes de la estimación:

Linealidad en los parámetros: Este supuesto implica que la variable independiente tiene que ser una combinación lineal entre las variables independientes y los residuos. Todos los modelos propuestos, por default muestran linealidad en los parámetros. Por tanto, se cumple el supuesto de linealidad.

Independencia de los residuos: Este supuesto se refiere a la condición de que los errores o residuos del modelo deben ser independientes entre sí. En otras palabras, la ocurrencia o magnitud de un residuo no debe influir en la ocurrencia o magnitud de otro residuo. Por tanto, se cumple el supuesto de independencia.

Homocedasticidad: Para que exista homocedasticidad, la variable de los residuos debe ser constante. Para ello se aplicó el test de White.

Tabla1.

Homocedasticidad.

White's test for H_0 : homoskedasticity
against H_a : unrestricted heteroskedasticity

chi2(27) = 33.05
Prob > chi2 = 0.1954

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	33.05	27	0.1954
Skewness	4.52	6	0.6063
Kurtosis	0.33	1	0.5657
Total	37.90	34	0.2958

Nota. Extraído de Stata

Nos fijamos en Prob > chi2; si este valor es mayor a 0.05, no se debe rechazar la H_0 . Por lo tanto, el modelo cumple la homocedasticidad.

Normalidad: Para que exista normalidad en el modelo, los residuos deben distribuirse de manera normal, con media igual a 0. Para ello, utilizamos la prueba de Shapiro – Wilk.

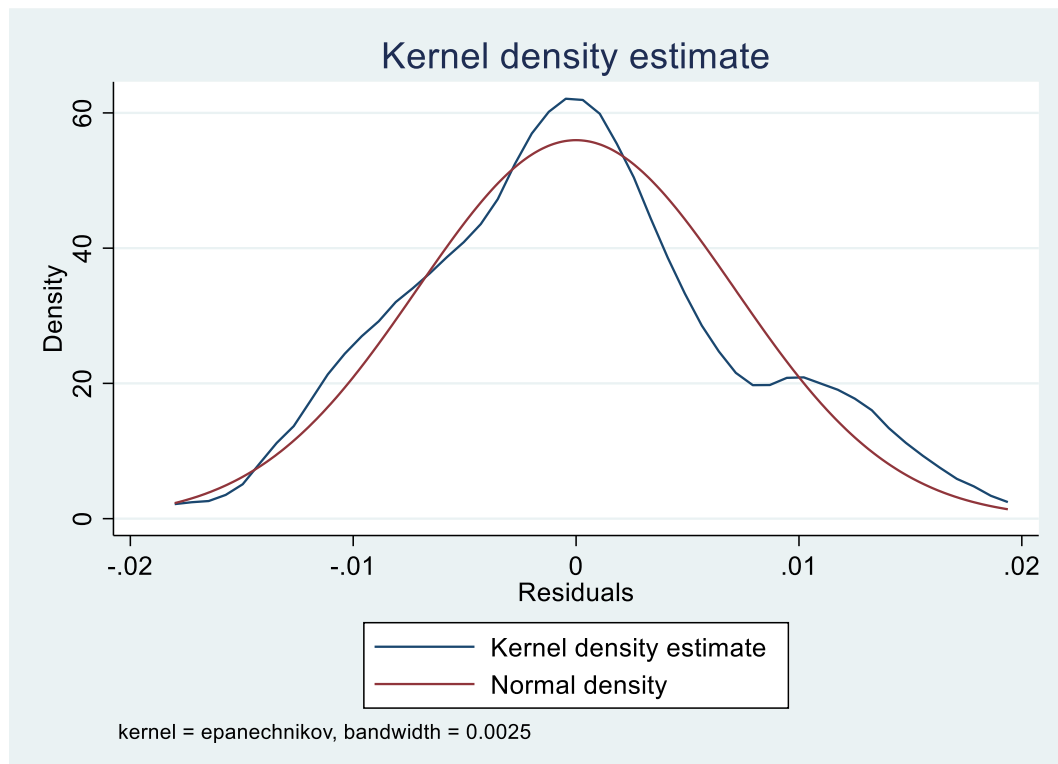
Tabla2.*Test de Normalidad.*

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
error	51	0.97866	1.020	0.041	0.48354

Nota. El autor.

En las pruebas de normalidad un p valor alto indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Es decir, que la variable sigue una distribución normal. En tal sentido, la prueba de Shapiro Wilk (0.48) indica que no se tiene evidencia suficiente para concluir que la variable "error" no sigue una distribución normal. Por tanto, los valores de W y el valor p asociado a la prueba sugieren que la distribución de "error" se asemeja a una distribución normal, se cumple con el supuesto.

Figura6.*Normalidad de los residuos.**Nota. El autor.*

Heterocedasticidad: Para validar este supuesto, se utilizó el test Breusch – Pagan (Figura 6). Se utiliza para evaluar si los errores en un modelo de regresión presentan

heterocedasticidad, es decir, si la varianza de los errores no es constante en todos los niveles de las variables independientes. Tenemos: H_0 : La hipótesis nula (H_0) en esta prueba establece que la varianza de los errores es constante, es decir, no hay heterocedasticidad en el modelo. Si el p-valor es menor al nivel de significancia (0.05) = rechazar la H_0 y aceptamos la H_1 = Hay heterocedasticidad en los errores del modelo.

Figura7.

Test de Heterocedasticidad.

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity	
Ho: Constant variance	
Variables: fitted values of C02TotalesMt	
chi2(1)	= 4.81
Prob > chi2	= 0.0282

Nota. El autor.

Como se detectó el problema de la heterocedasticidad, uno de los enfoques para abordar este problema en un modelo de regresión múltiple es utilizar estimadores robustos como los estimadores de mínimos cuadrados generalizados (GLS) o estimadores de regresión robusta (robust regression).

Multicolinealidad: A diferencia de otros modelos donde se prueba la Multicolinealidad a través de la prueba VIF, el presente estudio utilizó la prueba de multicolinealidad a través de la matriz de coeficientes, que generalmente implica examinar los valores de la matriz de varianza y covarianza de los coeficientes estimados. La interpretación es que si los valores de las variables son muy pequeños, indican que no hay presencia de multicolinealidad.

Figura8.

Test de multicolinealidad.

Covariance matrix of coefficients of regress model

e(V)	C02tperc~a	Exportac~S	Consumod~p	Transporte~a	Inpobmil~s	_cons
C02tperc~a	.00019705					
Exportacio~S	-.00002771	.00001539				
Consumodee~p	-.00006734	-.00002038	.0001392			
Transporte~a	-.00021129	.00009098	-.00014116	.00221534		
Inpobmillo~s	.00021729	-.00004949	-.00007379	-.00039849	.00035465	
_cons	.00004187	.00012348	-.00043272	.00061477	-.00008513	.00175765

Nota. El autor.

Por consiguiente, la estimación del modelo final con la corrección de la heterocedasticidad de los errores es:

Figura9.

Modelo econométrico empleado.

Linear regression	Number of obs	=	51
	F(5, 45)	=	28874.33
	Prob > F	=	0.0000
	R-squared	=	0.9997
	Root MSE	=	.00752

CO2TotalesMt	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
CO2tpercapita	1.016728	.0140375	72.43	0.000	.9884551 1.045001
ExportacionesMillUS	.0079424	.0039233	2.02	0.049	.0000405 .0158443
ConsumodeenergíakWhpercáp	.0287319	.0117982	2.44	0.019	.0049691 .0524947
Transporteemisionesoriginada	.1087567	.0470674	2.31	0.025	.0139581 .2035553
lnpobmillones	.9546869	.0188322	50.69	0.000	.9167568 .992617
_cons	6.748504	.0419244	160.97	0.000	6.664064 6.832944

Nota. Modelo final tras el cumplimiento de los supuestos.

Tal y como se observa en la Figura 09, el R-cuadrado indica que el 99.97% de la variabilidad en la variable dependiente puede explicarse por las variables independientes incluidas en el modelo. En primer lugar, por cada unidad de aumento en las exportaciones en millones de dólares, se espera un aumento de aproximadamente 0.0079 unidades en las emisiones totales de CO2. El coeficiente positivo indica que un aumento en las exportaciones está asociado con un aumento en las emisiones totales de CO2. Esto podría deberse a la intensidad de energía asociada con las actividades económicas relacionadas con las exportaciones.

Este coeficiente es significativo al nivel de significancia del 5% ($P>|t| = 0.049$). Asimismo, por cada unidad de aumento en el consumo de energía por cápita, se espera un aumento de aproximadamente 0.0287 unidades en las emisiones totales de CO2. Este coeficiente es significativo al nivel de significancia del 5% ($P>|t| = 0.019$). El coeficiente positivo sugiere que un mayor consumo de energía por cápita está asociado con mayores emisiones totales de CO2. Esto es coherente con la idea de que el uso de energía está directamente relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero.

De igual manera, por cada unidad de aumento en las emisiones de transporte originadas, se espera un aumento de aproximadamente 0.1088 unidades en las emisiones totales de CO2. Este coeficiente es significativo al nivel de significancia del 5% ($P>|t| = 0.025$). El coeficiente positivo indica que un aumento en las emisiones de transporte

originadas está asociado con un aumento en las emisiones totales de CO₂. Esto respalda la noción de que el sector del transporte es un contribuyente significativo a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por último, la variable población está en formato logarítmico. Esto significa que por cada aumento del logaritmo natural de la población en millones, se espera un aumento de aproximadamente 0.9547 unidades en las emisiones totales de CO₂. Este coeficiente también es altamente significativo ($P > |t| = 0.000$). El coeficiente positivo indica que un aumento en las emisiones de transporte originadas está asociado con un aumento en las emisiones totales de CO₂. Esto respalda la noción de que el sector del transporte es un contribuyente significativo a las emisiones de gases de efecto invernadero. El coeficiente positivo sugiere que un aumento en la población, después de ajustar por la escala logarítmica, está asociado con un aumento en las emisiones totales de CO₂. Esto indica que el crecimiento de la población puede contribuir al aumento de las emisiones.

Discusión

Tras la regresión, se observa que cada variable independiente tiene un impacto significativo en las emisiones totales de CO₂, según los coeficientes estimados y sus valores p. En particular, la variable población tiene un impacto considerablemente grande y significativo. Los resultados sugieren que los factores socioeconómicos están asociados con las emisiones totales de CO₂ en el Perú. El consumo de energía, las exportaciones, la población y las emisiones de transporte son factores clave que afectan las emisiones.

Coincidiendo con los hallazgos de Aller et al. (2021) la proporción de combustibles fósiles, urbanización, consumo de energía, industrialización, democratización afectan negativamente a las emisiones de CO₂. Del mismo modo, siguiendo la perspectiva de Eko et al. (2022) el sector energético es uno de los más influyentes en el incremento del CO₂. Siguiendo esta línea, Asencios (2022), resaltó que sus variables más influyentes resaltan el consumo de energía en relación a las emisiones de CO₂ en el Perú, los resultados obtenidos en esta investigación muestran un nivel de significancia de 0.009 del consumo de energía con respecto a las emisiones de CO₂, mientras que en el modelo presentado el consumo energético per cápita muestra un nivel de significancia de 0.019.

Igualmente, a tono con lo planteado por Del Cioppo (2019) el aumento del CO₂ en gran parte es atribuible a la demanda de expansión económica por parte de la población. En ese contexto, la falta de acciones inmediatas para abordar esta situación puede exponer a las generaciones posteriores a escenarios desfavorables. Esto significa

que desde una perspectiva retrospectiva, se reconoce que el crecimiento económico y demográfico desempeñó un papel crucial en el aumento de las emisiones de CO₂.

Conclusiones

La síntesis de los resultados revela que diversos factores inciden directamente en el comportamiento de las emisiones de CO₂. Entre estos factores destacan el movimiento de las exportaciones, el consumo de energía (medido en Kw/persona), las emisiones de gases derivadas del transporte y, como era de esperar, el crecimiento demográfico. En primer lugar, se observa que por cada unidad de aumento en las exportaciones en millones de dólares, se proyecta un incremento aproximado de 0.0079 unidades en las emisiones totales de CO₂. Adicionalmente, se evidencia que por cada unidad de aumento en el consumo de energía per cápita, se anticipa un aumento de alrededor de 0.0287 unidades en las emisiones totales de CO₂. De manera similar, por cada unidad de aumento en las emisiones de transporte, se prevé un incremento de aproximadamente 0.1088 unidades en las emisiones totales de CO₂. Además, se destaca que por cada incremento en el logaritmo natural de la población en millones, se espera un aumento de aproximadamente 0.9547 unidades en las emisiones totales de CO₂. Estos hallazgos proporcionan una comprensión más profunda de las relaciones entre las variables estudiadas y sus impactos en las emisiones de CO₂, siendo información que puede beneficiar para la formulación de políticas ambientales y estrategias de sostenibilidad.

Se observa un patrón ascendente en las emisiones, siendo asociado con eventos económicos y comerciales claves, durante las décadas de 1970 y 1980, las emisiones siguieron un aumento gradual, alineándose con el crecimiento del Producto Interno Bruto (PBI) y la expansión poblacional. Asimismo, el año 2010 marcó un hito con un crecimiento exponencial ligado al Acuerdo de Promoción Comercial con los Estados Unidos, que impulsó las exportaciones y las emisiones. No obstante, el año 2020, afectado por la pandemia de COVID-19, representó un quiebre en esta tendencia ascendente, evidenciando la vulnerabilidad de las emisiones ante eventos externos.

El aumento poblacional ha impulsado la demanda de bienes y servicios, generando un mayor consumo de energía y, consecuentemente, un aumento en las emisiones de CO₂. A su vez, el notable aumento en las exportaciones señala un nivel elevado de actividad económica y comercial. No obstante, este crecimiento económico ha estado acompañado por un incremento en las emisiones de CO₂, subrayando una posible conexión entre la expansión económica y las emisiones de gases de efecto invernadero.

El comportamiento de las exportaciones y el consumo de energía ha tenido una tendencia a la alza constante, esto sugiere una expansión significativa en la producción y

el comercio, factores que contribuyen directamente al incremento en las emisiones de CO₂. Asimismo, las emisiones vehiculares revelan una tendencia inquietante, con el porcentaje de emisiones derivadas de la quema de combustible aumentando de 34.20% en 1971 a 40.69% en 2021. Esto destaca la urgente necesidad de abordar de manera efectiva las emisiones en el sector del transporte para lograr una gestión sostenible de las emisiones de CO₂.

Recomendaciones

Tomando en cuenta la fuerte asociación entre las emisiones per cápita y las emisiones originadas por el transporte, se recomienda implementar políticas y tecnologías que promuevan la eficiencia energética en el sector del transporte, como la adopción de vehículos eléctricos, transporte público sostenible y el uso de combustibles menos contaminantes.

Incentivar la transición hacia fuentes de energía renovable para reducir la dependencia de combustibles fósiles. Esto podría incluir la promoción de parques solares, parques eólicos y otras tecnologías limpias.

Reforzar y actualizar las normativas ambientales relacionadas con las emisiones de CO₂, especialmente en sectores clave como el transporte y la industria, para garantizar estándares más estrictos y fomentar prácticas sostenibles.

Integrar criterios ambientales en las prácticas comerciales, incentivando la producción sostenible y la reducción de la huella de carbono en las exportaciones.

Destinar recursos a la investigación y desarrollo de tecnologías más limpias y sostenibles, con el objetivo de encontrar soluciones innovadoras para reducir las emisiones de CO₂.

Aumentar las campañas de concientización para la población, destacando la importancia de prácticas individuales sostenibles, como el uso responsable de la energía y la movilidad sostenible.

Referencias

- Abbasi, K., Adedoyin, F., Abbas, J., & Hussain, K. (2021). The impact of energy depletion and renewable energy on CO₂ emissions in Thailand: Fresh evidence from the novel dynamic ARDL simulation. *Renewable Energy*, *180*, 1439–1450. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.08.078>
- Aceves, H., Mercado, S., López, O., & Arévalo, J. (2021). Documento: Procesos de construcción, emisión de dióxido de carbono y resultados socioeconómicos durante la pandemia del covid-19 en México. *Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, *23*(2), 485-502. doi:10.36390/telos232.17
- Acum, F., Lufin, M., & Reyes, R. (2022). Responsabilidad ambiental regional y emisiones de CO₂ asociadas al comercio interregional en Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, *1*(82), 269-291. doi:10.4067/S0718-34022022000200269
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA]. (2022). Emisiones de dióxido de carbono. *La Energía y El Medioambiente*.
- Aller, C., Ductor, L., & Grechyna, D. (2021). Robust determinants of CO₂ emissions. *Energy Economics*, *96*, 105154. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105154>
- Asencios, F. (2022). El impacto del consumo de energía, el desarrollo del sistema financiero y el ingreso sobre las emisiones de CO₂ en el Perú. *Desafíos: Economía y Empresa*, *002*, 55–65. <https://doi.org/10.26439/ddee2022.n002.5720>
- Avenaño, E., Moreno, Z., & Mendoza, H. (2023). Estimación y análisis de la relación entre desarrollo económico y emisiones de CO₂. *ECONÓMICAS CUC*, *44*(2), 10-17. doi:10.17981/econcuc.44.2.2023.Org.1
- Banco Interamericano de desarrollo. (2019). *Getting to Net-Zero Emissions: Lessons from Latin America and the Caribbean*. <https://doi.org/10.18235/0002024>
- Begum, R., Sohag, K., Abdullah, S., & Jaafar, M. (2015). CO₂ emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *41*, 594–601. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.205>
- Bui, D. T. (2020). Transmission channels between financial development and CO₂ emissions: A global perspective. *Heliyon*, *6*(11), e05509. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05509>
- Chirinos, R. (2021). ¿Cuánto contamina el Perú y que hace al respecto? *Revista Moneda*, 60–65.

Del Cioppo, F. (2019). Inserción de Dióxido de Carbono (CO₂) con base al crecimiento económico y la población en Ecuador (2000 – 2050). *ECONÓMICAS CUC*, 40(2), 183–194. <https://doi.org/10.17981/econcuc.40.2.2019.11>

Díaz, A., Marrero, G., Puch, L., & Rodríguez, J. (2019). Economic growth, energy intensity and the energy mix. *Energy Economics*, 81, 1056–1077. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.05.022>

Díaz, R., Machaca, A., Belizario, G., & Lujano, E. (2023). Efectos del Cambio Climático Sobre los Ecosistemas de Montaña en la Cordillera Carabaya - Perú. *Revista Brasileira de meteorología*, 38. <https://doi.org/10.1590/0102-778638230088>

Eko Cahyono, W., Parikesit, Joy, B., Setyawati, W., & Mahdi, R. (2022). Projection of CO₂ emissions in Indonesia. *Materials Today: Proceedings*, 63, S438–S444. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.091>

González, M., Carvajal, J., Nuñez, J., & Marinero, J. (2023). Factores determinantes en las emisiones de CO₂ en Colombia originados por la explotación del carbón. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 9(17), 1-10. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943882007/html/>

Guevara, M., Calcina, D., Huarca, P., Marca, O., Ramirez, C., & Ancco, R. (2023). Los sectores económicos-sociales y la contaminación del aire en Perú, 1970-2020. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 7(19), 72-87. Obtenido de <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/238/604>

Hasan, M., & Chongbo, W. (2020). Estimating energy-related CO₂ emission growth in Bangladesh: The LMDI decomposition method approach. *Energy Strategy Reviews*, 32, 100565. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100565>

Hernández, S., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.

Juarez, M., Jiménez, A., Minquíz, G., Florez, J., & Pérez, F. (2019). Evaluación del consumo energético, emisiones de CO₂ y partículas ultrafinas durante la impresión 3D con ABS y PLA. *Manufactura Sustentable*.

Morales, V. (2020). *Alternativa para la reducción de gases de combustión en vehículos de transporte* [[Tesis de Pregrado]]. Universidad Científica del Sur.

Muentes, K., Pereira, J., Rivadeneira, R., & Moreira, C. (2022). Factores determinantes de las emisiones de CO₂ en los sectores industrial y transporte en Ecuador.

Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales, 16(2).
<https://doi.org/10.53591/cna.v16i2.1867>

Ochoa, W., Carrión, L., Massa, P., & Torres, G. (2019). CO2 emissions, economic growth and population density: an analysis of developing economies. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 8(1), 12–23.
https://www.researchgate.net/publication/338701898_CO2_emissions_economic_growth_and_population_density_an_analysis_of_developing_economies

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2020). Las emisiones de CO2 rompen otro récord: un calentamiento global catastrófico amenaza el planeta. *Cambio Climático y Medioambiente*.

Ortiz, C., & Gómez, M. (2021). Economic Growth and Environmental Quality in Latin America, Perspective from Kuznets, 1970-2016. *Economía Teoría y Práctica*, 29(55), 17–36. <https://doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/552021/Ortiz>

Ortiz, E. (2022). Crecimiento económico y emisiones de carbono. Foco Económico, 1-5. Obtenido de <https://dev.focoeconomico.org/2022/05/25/crecimiento-economico-y-emisiones-de-carbono/>

Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). The nexus between economic growth, renewable energy use, agricultural land expansion, and carbon emissions: New insights from Peru. *Energy Nexus*, 6, 100067. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100067>

Saavedra, B. (2020). Huella de carbono: emisiones de GEI por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. *TECNIA*, 30(1), 121–136.
<https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.827>

Sierra, E., Andrade, H., & Segura, M. (2022). Impacto de las características de los hogares urbanos en las emisiones de gases de efecto invernadero en Ibagué, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 12(2), 293-304. doi:10.19053/20278306.v12.n2.2022.15272

Tirado, L., Tirado, E., Tirado, I., Mena, F., & Montánchez, E. (2021). *Análisis y evaluación de los niveles de CO y CO2 en la ciudad de Tacna en relación con el parque automotor y los estándares de calidad ambiental del aire*.

Zilio, M. (2008). Emisiones de dióxido de carbono en América Latina. Un aporte al estudio del cambio climático. *Economía y Sociedad*, 14(22), 133–161.

Anexos

AÑOS	PBI In	CO2 TOTALES MT	CO2 T PER CAPITA	EXPORTACIONES (MILL US\$)	CONSUMO DE ENERGÍA (KWH PER CÁPITA)	LNPB	TRANSPORTE % EMISIONES ORIGINADAS POR QUEMA DE COMBUSTIBLE	CONSUMO DE ENERGÍA PROCEDENTE DE COMBUSTIBLES FÓSILES (% DEL TOTAL)
1971	8,813	9,7645	0,2390	6,7906	5,9623	2,60	0,3420	0,5820
1972	8,946	9,7643	0,2151	6,8512	6,0078	2,63	0,3662	0,5777
1973	9,142	9,8225	0,2469	7,0137	6,0169	2,65	0,3834	0,5880
1974	9,336	9,9038	0,3001	7,3220	6,0566	2,68	0,3444	0,6022
1975	9,509	9,9239	0,2927	7,1967	6,0771	2,71	0,3511	0,6207
1976	9,489	9,9447	0,2852	7,2034	6,0967	2,74	0,3339	0,6227
1977	9,426	9,9303	0,2469	7,4556	6,1588	2,76	0,3196	0,6306
1978	9,276	9,9343	0,2231	7,6197	6,1455	2,79	0,3014	0,6176
1979	9,560	9,9765	0,2390	8,2212	6,1675	2,81	0,2955	0,6144
1980	9,770	10,0277	0,2624	8,2816	6,2126	2,84	0,3006	0,6414
1981	9,953	10,0611	0,2776	8,1101	6,2639	2,86	0,3253	0,6334
1982	9,957	10,0441	0,2311	8,1148	6,3086	2,89	0,3200	0,6255
1983	9,722	9,8805	0,0488	8,0183	6,2416	2,91	0,3461	0,5916
1984	9,739	9,9173	0,0583	8,0688	6,3082	2,94	0,3373	0,5931
1985	9,583	9,8831	0,0001	8,0135	6,2944	2,96	0,3258	0,5909
1986	9,921	9,9671	0,0677	7,8527	6,3344	2,98	0,3225	0,6156
1987	10,222	10,0448	0,1222	7,9059	6,3763	3,01	0,3437	0,6373
1988	10,022	10,0578	0,1133	7,9083	6,3107	3,03	0,3448	0,6522
1989	10,139	9,9531	- 0,0202	8,1615	6,3047	3,05	0,3487	0,6355
1990	10,289	9,9470	- 0,0408	8,0955	6,2904	3,07	0,3730	0,6328
1991	10,419	9,9174	- 0,0943	8,1295	6,3479	3,09	0,3443	0,6265
1992	10,481	9,9595	- 0,0726	8,1826	6,1517	3,11	0,3566	0,6420
1993	10,439	10,0078	- 0,0408	8,1270	6,2443	3,13	0,3521	0,6557
1994	10,662	10,0337	- 0,0408	8,3948	6,2641	3,15	0,3895	0,6636
1995	10,848	10,1621	0,0770	8,6109	6,2864	3,17	0,3734	0,6862

1996	10,886	10,2560	0,1484	8,6789	6,3591	3,19	0,3541	0,6950
1997	10,938	10,2532	0,1310	8,8283	6,3867	3,21	0,3701	0,6862
1998	10,897	10,2146	0,0770	8,6581	6,4406	3,22	0,3826	0,6977
1999	10,794	10,2875	0,1398	8,7140	6,4582	3,24	0,3676	0,7120
2000	10,828	10,2761	0,1133	8,8472	6,4942	3,26	0,3679	0,6991
2001	10,841	10,2026	0,0296	8,8573	6,5314	3,27	0,3720	0,6755
2002	10,897	10,2449	0,0583	8,9508	6,5806	3,29	0,3495	0,6740
2003	10,978	10,2266	0,0296	9,1150	6,6147	3,30	0,3768	0,6655
2004	11,100	10,3690	0,1570	9,4579	6,6657	3,31	0,3689	0,6975
2005	11,215	10,3695	0,1398	9,7624	6,7109	3,31	0,3519	0,7156
2006	11,380	10,3560	0,1133	10,0787	6,7732	3,32	0,3862	0,6895
2007	11,537	10,4448	0,1906	10,2433	6,8645	3,33	0,3649	0,7036
2008	11,712	10,5706	0,3075	10,3423	6,9407	3,34	0,3918	0,7657
2009	11,712	10,6428	0,3646	10,2062	6,9473	3,34	0,3985	0,7341
2010	11,912	10,7316	0,4447	10,4858	7,0028	3,35	0,3999	0,6826
2011	12,050	10,8029	0,5008	10,7445	7,1337	3,36	0,3847	0,7387
2012	12,172	10,8013	0,4886	10,7666	7,1131	3,36	0,4073	0,7666
2013	12,219	10,8240	0,4947	10,6657	7,1623	3,37	0,4289	0,7624
2014	12,221	10,8811	0,5423	10,5849	7,1961	3,38	0,4030	0,7956
2015	12,165	10,9077	0,5539	10,4462	7,2180	3,39	0,3967	0,7196
2016	12,185	10,9555	0,5878	10,5209	7,2839	3,40	0,3984	0,7235
2017	12,283	10,9131	0,5365	10,7237	7,3235	3,42	0,4001	0,7273
2018	12,332	10,9176	0,5247	10,8009	7,3423	3,43	0,4018	0,7312
2019	12,356	10,9610	0,5596	10,7785	7,3542	3,45	0,4035	0,7351
2020	12,234	10,7491	0,3365	10,6668	7,2609	3,47	0,4052	0,7390
2021	12,328	10,9177	0,4947	11,0533	7,3365	3,49	0,4069	0,7429