

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS
Y CONTABLES**

ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA



TESIS:

**Producción y contaminación ambiental per cápita en el Perú bajo
la curva de Kuznets ambiental: 1970 - 2019**

Para optar Título Profesional de:
ECONOMISTA

PRESENTADO POR:

Bach. Gean Paul RAYMUNDES ALTAMIRANO

Bach. Rosmery RONDINEL MORA

ASESOR:

Econ. Tony Oswaldo HINOJOSA VIVANCO

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A:

Dios por estar siempre presente; a mis padres, Victoria y Remigio, por mi ser fortaleza y el motivo de deseo de superación; a mi querida hermana, Vanessa; quien me reconforta y me motiva a seguir adelante; a la vida por mostrarme que hay cosas que parecen impasables, pero no imposible; a todos ellos cada uno de mis logros.

Rosmery

A:

Dedico esta tesis con todo mi cariño y gratitud a mis padres, Gladys y Adrián, quienes han sido mi mayor fuente de apoyo y amor incondicional a lo largo de este camino. A mi hermano Gean Carlo, por ser una inspiración constante y un apoyo inquebrantable. Y a mis amigos, por su ánimo y compañía en los momentos más desafiantes. Sin cada uno de ustedes, este logro no habría sido posible. Gracias por estar siempre a mi lado.

Gean Paul

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) por albergarnos en sus aulas universitarias y darnos la oportunidad de crecer profesionalmente y como personas.
- A la escuela profesional de Economía de la UNSCH por permitirnos vivir numerosas experiencias.
- A nuestro asesor Econ. Tony Oswaldo Hinojosa Vivanco, por su gran apoyo académico con sus comentarios y sugerencias, así como por el apoyo anímico durante todo el proceso.
- A nuestros evaluadores de tesis Econ. Hermes Bermúdez, Econ. Paul Villar y Econ. Jesús Huamán, quienes dedicaron su tiempo en la evaluación de nuestro trabajo brindándonos valiosas sugerencias y comentarios para lograr este trabajo.

Rosmery & Gean Paul

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo explicar la incidencia de la producción sobre contaminación ambiental per cápita en el Perú bajo la curva de Kuznets ambiental (CKA) entre 1970 y 2019, para ello se presenta dos modelos; el primero considera la producción medida por producto bruto interno (PBI) per cápita, como única variable explicativa de la contaminación ambiental que tiene como indicador a las emisiones de CO₂; el segundo contempla la variable educación, medida por la tasa de matrícula en el nivel secundario (TMS), como variable de control adicional a explicar el comportamiento de la variable dependiente. Además de ello, se analiza la estabilidad de estructura de los modelos frente a la reforma neoliberal iniciada en el año 1990. La investigación emplea el método hipotético deductivo con un diseño no experimental-longitudinal, enfoque cuantitativo, tipología aplicada y nivel descriptivo-explicativo. Los resultados obtenidos mediante el uso del método de mínimos cuadrados ordinario (MCO) muestran que la contaminación ambiental tiene una relación directa con la producción, es decir, a medida que un peruano produce un bien o servicio adicional, ésta desemboca en mayores emisiones de CO₂; contrario a lo que ocurre con la variable educación, pues el incremento de estudiantes matriculados en el nivel secundario contribuye a la reducción de la contaminación. Por otro lado, la reforma neoliberal no tuvo ningún efecto sobre el comportamiento de los coeficientes entre las variables. Finalmente, se concluye que una mayor producción derivada de un mayor crecimiento económico por sí sola no reducirá la contaminación, sino que debe ser acompañada por cambios tecnológicos con industrias menos nocivas e instituciones capaces de implementar políticas y planes estratégicos que permitan reducir los daños ambientales.

Palabras claves: Producción, PBI per cápita, contaminación, emisiones de CO₂ y curva de Kuznets ambiental (CKA).

ABSTRACT

The aim of this study is to explain the impact of production on per capita environmental pollution in Peru under the environmental Kuznets curve (EKC) between 1970 and 2019, for this two models are presented; first model considers production measured by gross domestic product (GDP) per capita, as the only explanatory variable for environmental pollution, which has CO₂ emissions as an indicator. The second model includes education measured by the secondary school enrollment rate as an additional control variable to explain the behavior of the dependent variable. In addition, the structure stability of the models is analyzed in response to the neoliberal reform initiated in 1990. The research employs a hypothetical-deductive method with a non-experimental longitudinal design, a quantitative approach, applied typology, and a descriptive-explanatory level. The results obtained using the ordinary least squares (OLS) method show that environmental pollution has a direct relationship with production; that is, as a Peruvian produces an additional good or service, it results in higher CO₂ emissions, the opposite occurs with the education variable which indicates that an increase in secondary school enrollment contributes to the reduction of pollution. On another hand, the neoliberal reform had no effect on the structure of the coefficients between the variables. Finally, it is concluded that greater production resulting from higher economic growth alone will not reduce pollution; it must be accompanied by technological changes with less harmful industries and institutions capable of implementing policies, a better educated population and strategic plans to reduce environmental damage.

Keywords: Production, GDP per capita, pollution, CO₂ emissions and Environmental Kuznets Curve (CKA).

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	10
INTRODUCCIÓN	11
I. REVISIÓN DE LITERATURA	16
1.1 MARCO HISTÓRICO.....	16
1.2 SISTEMA TEÓRICO.....	20
1.2.1 <i>La Hipótesis de CKA: relación contaminación ambiental y crecimiento económico.</i>	20
1.3 MARCO CONCEPTUAL.....	28
1.3.1 <i>Contaminación ambiental</i>	28
1.3.2 <i>Gases de efecto invernadero (GEI)</i>	28
1.3.3 <i>Dióxido de Carbono (CO2)</i>	28
1.3.4 <i>Producción</i>	29
1.3.5 <i>Crecimiento Económico</i>	29
1.3.6 <i>Producto bruto interno</i>	29
1.3.7 <i>Producto bruto interno per cápita</i>	30
1.3.8 <i>Educación</i>	30
1.3.9 <i>Tasa de matrícula escolar</i>	30

1.4 MARCO LEGAL	30
II. METODOLOGÍA	43
2.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	43
2.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	43
2.2.1 Tipo	43
2.2.2 Nivel	43
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
2.4 FUENTES DE INFORMACIÓN	44
2.5 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	44
2.6 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	44
2.7 TÉCNICAS	44
2.8 PROCESAMIENTO DE DATOS Y MODELO TEÓRICO	45
III. RESULTADOS.....	47
3.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO	47
3.1.1 Contaminación ambiental: Emisiones de CO2 en el Perú periodo 1970-2019	47
3.1.2 Producción: PBI per cápita en el Perú periodo de 1970-2019	50
3.1.3 La reforma neoliberal de los años 90.....	53
3.1.3 Educación: Evolución de la tasa de matrícula en el nivel secundario en el Perú durante 1970-2019	54
3.2 ANÁLISIS INFERENCIAL	55
3.2.1 Confiabilidad de la información	55
3.2.2 Análisis conjunto de las variables, estimación e interpretación de los modelos.....	58
3.2.3 Análisis de estabilidad estructural de los modelos.	61
3.2.4 Validación de la hipótesis planteada por la investigación	65
3.2.3 Validación de la hipótesis general planteada por la investigación	66

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	67
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	75
ANEXOS.....	82
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	82
ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	83
ANEXO 3. BASE DE DATOS.....	84
ANEXO 4. SUPUESTO DE NORMALIDAD DE ERRORES (MODELO 1).....	85
ANEXO 5. SUPUESTO DE NORMALIDAD DE ERRORES (MODELO 2).....	86
ANEXO 6. SUPUESTO DE NO AUTOCORRELACIÓN (MODELO 1).....	87
ANEXO 7. SUPUESTO DE NO AUTOCORRELACIÓN (MODELO 2).....	87
ANEXO 8. SUPUESTO DE NO HETEROCEDASTICIDAD (MODELO 1).....	87
ANEXO 9. SUPUESTO DE NO HETEROCEDASTICIDAD (MODELO 2).....	87
ANEXO 10. PRUEBA DE MULTICOLINEALIDAD (MODELO 1).....	88
ANEXO 11. PRUEBA DE MULTICOLINEALIDAD (MODELO 2).....	88
ANEXO 12. PRUEBA DE ESTACIONARIEDAD DEL INDICADOR DE LA VARIABLE DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (CO2) EN NIVELES	89
ANEXO 13. PRUEBA DE ESTACIONARIEDAD DEL INDICADOR DE LA VARIABLE DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (CO2) EN PRIMERA DIFERENCIA.....	90
ANEXO 14. PRUEBA DE ESTACIONARIEDAD DEL INDICADOR DE LA VARIABLE PRODUCCIÓN (PBI PER CÁPITA) EN NIVELES ..	91
ANEXO 15. PRUEBA DE ESTACIONARIEDAD DEL INDICADOR DE LA VARIABLE PRODUCCIÓN (PBI PER CÁPITA) EN PRIMERA DIFERENCIA	92
ANEXO 16. PRUEBA DE ESTACIONARIEDAD DEL INDICADOR DE LA VARIABLE EDUCACIÓN (TASA DE MATRÍCULA DE NIVEL SECUNDARIO) EN NIVELES.....	93

ANEXO 17. PRUEBA DE ESTACIONARIEDAD DEL INDICADOR DE LA VARIABLE EDUCACIÓN (TASA DE MATRÍCULA DE NIVEL SECUNDARIO) EN PRIMERA DIFERENCIA	94
ANEXO 18. PRUEBA DE ESTACIONARIEDAD DE LOS RESIDUOS DEL MODELO 1. SUPUESTO DE COINTEGRACIÓN	95
ANEXO 19. PRUEBA DE ESTACIONARIEDAD DE LOS RESIDUOS DEL MODELO 2. SUPUESTO DE COINTEGRACIÓN	96
ANEXO 20. PRUEBA DE ESTABILIDAD DEL MODELO 1. PRUEBA DE CHOW	97
ANEXO 21. PRUEBA DE ESTABILIDAD DEL MODELO 2. PRUEBA DE CHOW	97
ANEXO 22. PRUEBA GRÁFICA DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL MODELO 1	97
ANEXO 23. PRUEBA GRÁFICA DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL MODELO 2	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de variables de estudio.....	45
Tabla 2. Modelo1. Estimación de las emisiones de CO2 per cápita (Tm/hab/año) y el PBI per cápita (S/. por hab.).....	59
Tabla 3. Modelo 2. Estimación de las emisiones de CO2 per cápita (Tm/hab/año), el PBI per cápita (S/. por hab.) y la Tasa de Matrícula (%) en el Perú	60
Tabla 4. Prueba de estabilidad de modelo 1 mediante la inclusión de variables dummies	62
Tabla 5. Prueba de estabilidad de modelo 1 mediante la inclusión de variables dummies	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de Kuznets Ambiental	21
Figura 2. Descomposición del efecto ingreso sobre el medio ambiente.....	22
Figura 3. Curva de Kuznets Ambiental: Una relación entre el desarrollo económico y degradación ambiental	23
Figura 4. Muestra gráfica de las posibles relaciones entre el indicador ambiental y el crecimiento económico	27
Figura 5. Emisiones de CO2 per cápita del Perú, 1970 - 2019	47
Figura 6. Emisiones de CO2 per cápita respecto a los países de la Alianza del Pacífico .	48
Figura 7. PBI per cápita (Soles) en el Perú, 1970 - 2019	50
Figura 8. Tasa de matrícula en el nivel secundario en el Perú, 1970 - 2019	54
Figura 9. Relación de la Emisión de CO2 y el PBI per cápita en el Perú, 1970 - 2019 ...	58

INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental, las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) y el calentamiento global son problemas colaterales que actualmente no pueden pasar desapercibidos. A modo de explicación, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases generan el llamado efecto invernadero que produce el calentamiento global de la tierra. Actualmente y desde años pasados, esta situación ha sido una creciente preocupación, ya que, de no tomarse medidas correctivas a tiempo, esto afectaría a la sostenibilidad de nuestro planeta

El notable y continuo crecimiento económico ha generado avances sociales sustanciales tales como el incremento de esperanza de vida en muchos países, mejores dietas alimenticias, mayores niveles de alfabetización entre otros; sin embargo, estos resultados derivados en indicadores positivos y continuos de la producción e inversión, a su vez resultaron en indicadores ambientales negativos, que implican una mayor contaminación, deterioro del ecosistema y amenaza de la biodiversidad, condicionando la misma supervivencia de la especie humana. (Vilches, Gil, Toscano y Macías, 2014).

Los GEI son una externalidad asociada generalmente al mayor nivel de actividad económica y al crecimiento poblacional. De ahí que, en los últimos años, el crecimiento poblacional y el mayor nivel de actividad económica han generado una mayor emisión de CO₂, dando como resultado mayores temperaturas y cambios en las condiciones ambientales (Chirinos, 2021); entonces, si los índices de emisiones de CO₂ no disminuyen, estos derivarían en múltiples riesgos e impactos considerables sobre la biodiversidad y ecosistemas como la pérdida y extinción de especies; incremento de temperatura, acidez y descenso de nivel de oxígeno de los océanos que afectando el ecosistema marino, pesca, funciones y actividades que estos prestan al ser humano; riesgo sobre la seguridad alimentaria (desabastecimiento por colapso de cosechas); disminución

de suministro de agua; aumento de sequías; huracanes, migraciones masivas derivados de los problemas climáticos y geopolíticas asociadas, entre otros. (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria [BBVA], 2024).

El 78% de las emisiones de GEI durante el periodo 1970-2010 fueron compuestas por las emisiones de CO₂ provenientes de la combustión de los combustibles fósiles y los procesos industriales, este porcentaje de participación es parecido al que se obtuvo en el periodo 2000-2011. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2014). Las emisiones de CO₂ ha ido en aumento constante, por ejemplo, en el año 1971 se registró un aproximado de 13 961 toneladas métricas de emisiones a nivel mundial, el mismo que fue incrementándose hasta casi triplicar su valor en el 2019 con una emisión de 33 667 toneladas métricas; dicho de otra manera, las emisiones en términos per cápita a nivel mundial durante los últimos años, especialmente desde el inicio del nuevo siglo, 2000 al 2019 registró un incremento abrupto de 14.7% respecto al 2.4% de crecimiento correspondientes al periodo de 1971-2000. En paralelo, la producción mundial iba en continuo crecimiento, el ingreso per cápita aumentó de manera sustancial, pasando de un valor de 4 943.1 USD en 1970 a 10 976,6 USD en el 2019.

Para Stern (2006), el calentamiento de la atmósfera, vinculado a las emisiones de CO₂, es una externalidad negativa causada por la industrialización, siendo los países desarrollados los principales responsables. Ello es evidenciado por el aumento de las emisiones de estas desde inicios de la Revolución Industrial.

Las principales economías del mundo pertenecientes al G20 son indicadas como los responsables del 80% de la emisión de GEI, pues representan el 85% del PIB mundial. Durante el año 2018, las emisiones de CO₂ provenientes del uso de energías relacionados a la quema de combustibles fósiles crecieron en 1.8%, mostrando un valor por encima de su promedio de 1.4%

registrado en años anteriores (2005-2016); este incremento es explicado principalmente por elevado crecimiento económico de 3.7% en ese año, por ello se afirma que el crecimiento económico y las emisiones no han sido indistintas (Transparency Climate, 2019).

En términos de emisiones totales, el Perú ocupa la posición 54 a nivel mundial, con un nivel de emisiones similar al de Singapur y Hungría. En términos porcentuales, el Perú solo representa el 0.15% de emisiones del total mundial, pero a pesar de su baja representación, su creciente variación años tras año ha ido en aumento, adoptando una serie de compromisos con los que pretende reducir entre 30 y 40 por ciento el nivel de emisiones hacia el año 2030. (Chirinos, 2021). El 75.76% de emisiones de GEI en el Perú están representado por las emisiones de CO₂, el mismo que de acuerdo con la categoría de actividades, tiene como mayor contribuyente a las emisiones derivados del uso de la tierra, cambio de uso de tierra y silvicultura (UTCTS) con un 47.9% de total; seguido por el sector energético con 30.1%, agricultura con 13.5%; generación de desechos con 5% y finalmente el sector de procesos industriales y uso de productos con 3,6% del total. (Inventario Nacional de gases de Efecto Invernadero [INGEI], 2019, p.24)

La data muestra que durante 1970-2019, el Perú registró un incremento del 61% de emisiones de CO₂, pasando de 1,0 a 1,61 Toneladas métricas de emisión per cápita; ello frente aún crecimiento económico peruano de 1.5% durante el mismo periodo, el cual incluye sus cambios considerables derivados de los cambios de modelo económico ocasionado en los años 1990s; así como su evolución respecto la coyuntura de la época.

Dicho lo anterior, este trabajo de investigación está basado en la hipótesis de la CKA, el cual postula una relación positiva, en una primera etapa, entre el ingreso per cápita y la contaminación ambiental en economías incipientes caracterizadas por actividades agrícolas con industrias poco sofisticadas; es decir que a mayor ingreso per cápita habrá una mayor degradación

ambiental; y una relación negativa, en el largo plazo, en economías de servicios y tecnología, donde a mayor ingreso per cápita habrá una mayor degradación ambiental (Mendoza, 2015).

Ante este postulado nace el interés por saber cómo el crecimiento de la producción incide en el comportamiento de la contaminación ambiental en el Perú durante el periodo de 1970 al 2019 bajo la CKA y, además, considerar el impacto de la reforma neoliberal iniciada en el año de 1990.

Dada la importancia de esta investigación, se identificaron como problemas específicos: ¿Cuál es la incidencia del PBI per cápita sobre las emisiones de CO₂ por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019? ¿Cuál es la incidencia de la TMS sobre las emisiones de CO₂ por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019? Y, ¿existe cambio estructural en el comportamiento del PBI per cápita sobre las emisiones de CO₂ por habitante provocado por la reforma económica de los años 90 en el Perú?

Esta investigación presenta una justificación teórica, ya que el desarrollo de este estudio permite observar y analizar la relación entre la variable medio ambiental y económico bajo la CKA para el Perú a fin de poder contrastar resultados con trabajos predecesores a los nuestros; una justificación práctica, ya que tiene por finalidad encontrar resultados con información útil y confiable para instituciones públicas o privadas, actores del desarrollo de planes y políticas con acciones que ayuden a mitigar el problema de deterioro ambiental; y una justificación académica, que tiene como fin ejecutar conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante los años de estudio.

En el desarrollo se incorpora una serie de variables que permiten una mejor especificación del modelo, en este caso se consideran como variables independientes a la producción, medido por el PBI per cápita; y la educación, medido por la tasa de matrícula en el nivel secundario, y como

variable dependiente tenemos a la contaminación ambiental, la cual está medido por las emisiones de CO₂.

Específicamente, la investigación propone dos modelos para explicar la incidencia de la producción sobre la contaminación ambiental en el Perú, donde el primer modelo considera las emisiones de CO₂ y el PBI per cápita; y el segundo usa las mismas variables, pero agregando la variable educación medida por la tasa de matrícula en el nivel secundario. Además, se realiza un análisis de estabilidad sobre la estructura de nuestros modelos, para así tomar el impacto que pueda generar la reforma neoliberal dada en los años 90.

El método de investigación por el que opta este modelo es el hipotético deductivo en un nivel descriptivo y explicativo, con un diseño no experimental longitudinal para un periodo de 50 años. Para su desarrollo, se emplearon las técnicas de investigación de fuentes secundarias y análisis documental. Para la estimación de los modelos se usa el MCO.

La estructura de la investigación está dividida en cuatro capítulos. En el capítulo I (revisión literaria), se profundiza el tema de investigación con el desarrollo del marco histórico, las bases teóricas de la CKA, el marco conceptual, el marco legal y el marco referencial con la descripción de los diversos trabajos de investigación, tanto nacional como internacional.

En el capítulo II (metodología) define el enfoque, el nivel y el diseño de investigación; así como los métodos, las técnicas de investigación, el procesamiento de datos y el modelo teórico.

En el capítulo III (resultados) expone los resultados de la investigación.

Finalmente, en el capítulo IV conformado por las conclusiones y recomendaciones que responden a la determinación del problema de investigación.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco histórico

Actualmente, la literatura sobre la relación entre la contaminación ambiental y la actividad económica es amplia. Los estudios entre ambas variables están cimentados sobre la teoría de la CKA, la cual es análoga a la teoría de la curva de Kuznets dada por el ganador del premio nobel de economía de 1971, Simón Kuznets, quien sostuvo que la relación entre el ingreso per cápita y la desigualdad de ingresos de los países sigue la forma de una U invertida, es decir, que un país en desarrollo tiende a sufrir mayor desigualdad de distribución de ingresos en un primer momento, pero al pasar de los años llega a un punto de declive donde estas desigualdades empiezan a disminuir a medida que el país logre el desarrollo (Kuznets, 1955).

Esta lógica de Kuznets años más tarde sería llevada a otros campos de manera análoga. Shafik (citado en Paraskevopoulos, 2009), por ejemplo, afirma que entre el crecimiento económico y el daño ambiental las disyuntivas son múltiples, pues algunos consideran que en una situación extrema un mayor crecimiento económico desemboca en un desastre ambiental y con ello el desplome de este; por otro lado, la opinión señala que en un primer momento el daño ambiental valdría la pena, ya que con el pasar del tiempo este tendería a reducirse casi automáticamente en respuesta al crecimiento económico, el cual se traduciría en desarrollo. Estas premisas han sido tomadas por muchos investigadores, pues si bien algunos tenían la certeza de que esta lógica era funcional, todavía era difícil de ser demostrado debido a falta de datos que en su momento sirvieron como indicadores para medir el daño ambiental; pese a estas limitaciones, los primeros trabajos empíricos cercanos no tardaron en llegar y fue que en los años de 1970s algunos países desarrollados mostraron que el uso de algunos metales iba reduciéndose en el ambiente a medida

que los ingresos eran mayores, denotando una curva de U invertida, la cual fue denominada como la hipótesis de la intensidad de uso. (Paraskevopoulos, 2009)

Para la década de 1990, se podría decir que llegaron formalmente los pioneros en el tema, Grossman y Krueger (1991), tal como ellos lo mencionan en su trabajo impacto ambiental de acuerdos de libre comercio de Norte América:

Investigation of this issue has been hampered by the paucity of data on air pollution that is available on a comparable basis for a representative sample of countries (...) The goal of this project has been to monitor closely the concentrations of several pollutants in a cross-section of urban areas using standardized methods of measurement. This data set, which to our knowledge has not previously been analyzed by economists, provides us with an opportunity to examine how air quality varies with economic growth. [La investigación de esta cuestión se ha visto obstaculizada por la escasez de datos sobre la contaminación del aire que están disponibles sobre una base comparable para una muestra representativa de países. (...) El objetivo de este proyecto ha sido monitorear de cerca las concentraciones de varios contaminantes en una sección transversal de áreas urbanas utilizando métodos estandarizados de medición. Este conjunto de datos, que hasta donde sabemos no ha sido analizado previamente por economistas, nos brinda la oportunidad de examinar cómo varía la calidad del aire con el crecimiento económico] (p.7)

Ellos analizaron datos de corte transversal de distintas áreas urbanas de 42 países, considerando la calidad de aire como variable proxy de la contaminación. Los resultados mostraron un incremento en la contaminación del aire urbano, traducido en mayores emisiones de dióxido de azufre y partículas en suspensión, ante ingresos per cápita bajos, pero estos problemas propenden a mitigarse a partir de que un país logra ingresos per cápita entre los 4000 y 5000 dólares. Bajo este hallazgo, los autores denotan que México al encontrarse con PBI per cápita de 5000 dólares

se sitúa en una etapa de cambio clave de desarrollo económico, ya que un mayor crecimiento tendería a generar mayores presiones políticas para la protección ambiental e incluso cambios en el comportamiento de consumo privado.

Años más tarde, Grossman y Krueger (1995), nuevamente en otros de sus trabajos denominado crecimiento económico y el medio ambiente, mostraron que la degradación ambiental, medida por el dióxido de sulfuro y partículas suspendidas en 42 y 29 países respectivamente, aumenta en una primera etapa ante el crecimiento económico, pero subsiguiente a ello el daño ambiental se inclina a reducirse ante mayores ingresos. La forma de u invertida mostrada entre la degradación ambiental y el crecimiento económico muestra el punto de inflexión en la mayoría de los países estudiados cuando sus ingresos están por debajo de los 8000 dólares.

Panayotou (1993) también fue uno de los primeros en analizar el tema; su trabajo buscó testear la relación entre el desarrollo económico y la degradación ambiental (evaluado por la deforestación, dióxido de azufre y óxido de nitrógeno) tanto en países en desarrollo y desarrollados a través de un análisis de datos transversales. Los resultados respaldaron la hipótesis de la u invertida de Kuznets con cambios estructurales drásticos de la economía y de la contaminación entre los ingresos de 1000 y 3000 dólares, tramo en donde según Panayotou existe la tendencia de cambio de lo rural a lo urbano y de lo agrícola a lo industrial, en tanto los países que superen ingresos por encima de los 10,000 dólares empezarán el desplazamiento de la industria pesada intensiva en el uso de energía a una industria intensiva en servicios e información tecnológica.

Otro estudio importante durante la época fue realizado por Selden y Song (1994), quienes probaron la forma de u invertida entre la contaminación ambiental y el PBI per cápita; cabe mencionar que los efectos explicativos de la distribución de ingresos sobre la contaminación en el modelo fueron reforzados por la densidad poblacional. Sus hallazgos denotan que el punto de

inflexión para el dióxido de azufre y las partículas suspendidas en el aire está por encima de los 8000 dólares de ingreso per cápita y de manera genérica sostienen que los puntos de inflexión se encontrarán sustancialmente más altos debido al uso de una data con emisiones agregadas y no con datos de concentraciones urbanas. Adicionalmente, pronosticaron incrementos drásticos de las emisiones globales, las mismas que solo podrían volver a niveles actuales, en mejor de los casos a finales del próximo siglo, si se toman acciones concertadas que permitan alejarse de las relaciones históricas de emisiones y el PBI. Esta situación se debería básicamente a que muchos de los países aún no lograron alcanzar el punto de inflexión.

La preocupación por una ruptura entre el aumento en la actividad económica y el cuidado ambiental ha sido un tema desde siempre importante para todos, sean estos de manera individual, gobiernos de cada país o de manera global con instituciones de alcance mundial conformadas por los distintos países del mundo. El informe dado por el Banco Mundial (1992) expone razones de tal forma que el desarrollo de los países podría ser coherente con la mejora de las condiciones ambientales. Obviamente consideraron que el término desarrollo debería implicar cambios sustanciales en las instituciones, programas y aspectos políticos. En este trabajo se muestra como ejemplo la experiencia de algunos países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), quienes lograron mejoras en la calidad ambiental ante su continuo aumento en sus niveles de producción, pues las emisiones de partículas y óxido habrían decrecido en hasta 60% y 38% respectivamente, así como las emisiones de plomo en 85% en América del Norte y en 50% en muchos países europeos. Del mismo modo, el diclorodifeniltricloroetano (DTT), bifenilos policlorinados y compuestos de mercurio también se redujeron; además, accidentes como derrames de petróleo se suscitaron en menor proporción y las protecciones de tierras y áreas protegidas aumentaron en casi todos los países miembros.

Estos trabajos fueron precursores claves de la amplia literatura sobre el tema, el cual ha ido evolucionando en base a las técnicas econométricas y la disposición de datos útiles como indicadores de la calidad ambiental.

1.2 Sistema teórico

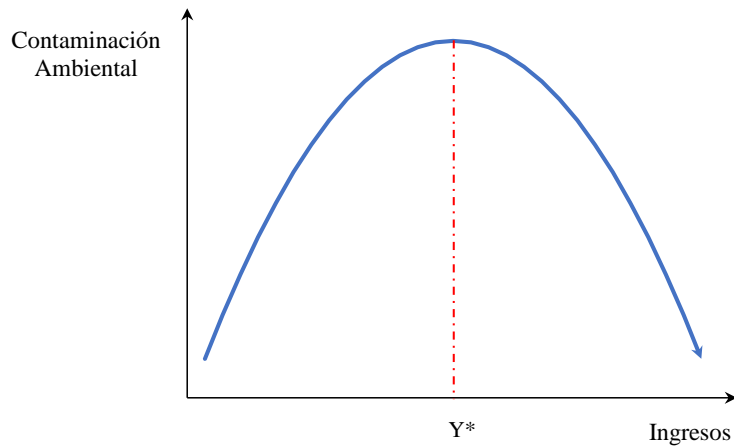
1.2.1 La Hipótesis de CKA: relación contaminación ambiental y crecimiento económico.

Explicación de la CKA. La CKA nace en base a la hipótesis de la curva de u invertida entre el crecimiento económico y la desigualdad propuesta por el famoso economista Simón Kuznets, quien planteó que en una primera etapa de desarrollo de un país las desigualdades serían mayores debido a los bajos ingresos, pero a medida que su economía llegue a etapas superiores de desarrollo, este lograría cambios estructurales estableciendo un punto de cambio en donde las brechas de desigualdad se reducen estableciendo una sociedad más igualitaria. Dicha teoría fue tomada por los investigadores, quienes de manera análoga establecieron una relación en forma de u invertida entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental, a la cual denominaron la curva de Kuznets ambiental.

La hipótesis de la CKA supone que la contaminación ambiental de un país tendrá niveles elevados durante las primeras etapas de crecimiento, el mismo que en el largo plazo llegaría a un punto de cambio en el que la contaminación del ambiente empezaría a disminuir por el mismo hecho de lograr un crecimiento económico mayor, estableciéndose de esa manera una relación en forma de u invertida tal y como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 1

Curva de Kuznets Ambiental



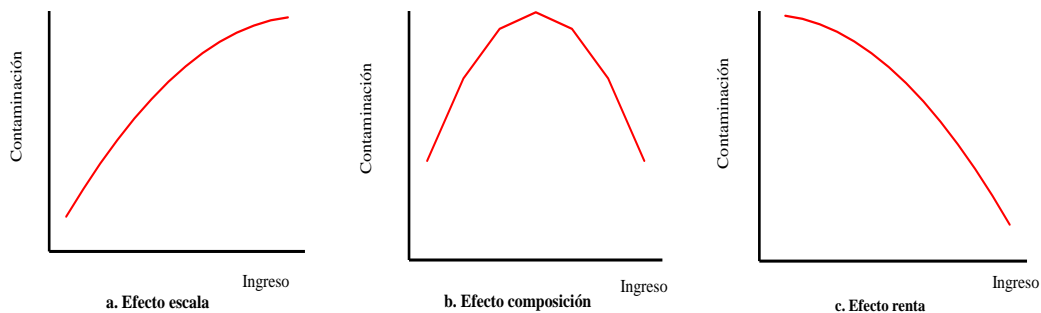
Nota: Adaptado al español de *An Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis Over Two Centuries: Evidence from the UK and US*, por D. Paraskevopoulos, 2009.

Panayotou (2000) dio a conocer los tres efectos del ingreso derivado del crecimiento económico sobre la contaminación para un mejor entendimiento del comportamiento de la CKA, siendo estas el efecto escala, efecto composición y el efecto puro de la renta. El efecto escala muestra una relación monótonamente creciente respecto al ingreso, dado que este sugiere que la producción en escala conduce a la mayor contaminación ambiental. El efecto composición hace referencia al cambio que sufre la estructura económica paralelo al crecimiento económico y con ello la calidad medioambiental; pues ante ingresos bajos el sentido de cambio va desde una economía basada en la agricultura hacia una industrializada y consecuentemente hacia una contaminación intensiva; el escenario antagónico a lo anterior se da frente a ingresos altos, donde el cambio de la composición económica se dirige hacia una industria de servicios y tecnología con una disminución de la intensidad de la contaminación; en conclusión se afirma que la calidad ambiental tiene una relación no monótona en forma de u invertida, es decir en un primer momento

la degradación ambiental es creciente, después se estabiliza hasta empezar a disminuir respecto al crecimiento de los ingresos. Por último, tenemos el efecto ingreso puro sobre la oferta y demanda de calidad ambiental; por el lado de la demanda se entiende que ante mayores ingresos las personas demandarán una mayor calidad ambiental; en tanto, por el lado de la oferta, mayores ingresos permiten la disposición de mayores recursos destinados a incrementar gastos públicos y privados en temas ambientales, así como una mayor presión en la implementación y cumplimiento estricto de materia regulatoria ambiental (ver figura 2).

Figura 2

Descomposición del efecto ingreso sobre el medio ambiente



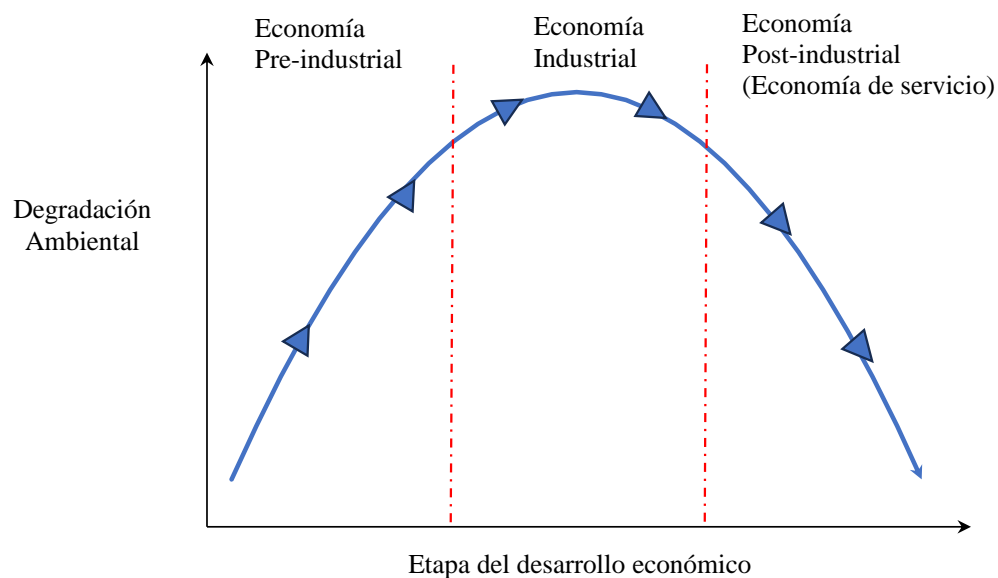
Nota: Adaptado al español de *Economic Growth and the Environment* (p.49), por T. Panayotou, 2000.

El sentido del estudio de la CKA es que este en el largo plazo pueda tener la forma de un invertido resultado del crecimiento económico traducido en economías desarrolladas que les permitan tener una mejor calidad ambiental. Entonces nos ubicamos en el efecto composición, el cual según Panayotou (1993) explica la forma de CKA en tres etapas. La primera etapa denominada preindustrial es la fase en donde un país comprende un nivel incipiente de desarrollo con predominio de actividad agrícola y una industria extractiva e intensiva en el uso de recursos, así como una mayor generación de desechos contaminantes. La etapa industrial, contemplada por una industria acrecentada en producción y la emisión de contaminantes ambientales, pero a la vez

con una tendencia a su estabilización y posterior inicio de su descenso. Finalmente, la etapa de la post-industrialización donde la economía está predominada por una producción basada en la información, servicios y tecnología generadora de mayores ingresos y conductora a la disminución constante de la degradación ambiental (ver figura 3).

Figura 3

Curva de Kuznets Ambiental: Una relación entre el desarrollo económico y degradación ambiental



Nota: Adaptado al español de *Economic Growth and the Environment* (p.49), por T. Panayotou, 2000.

En consecuencia, es claro que la forma de la CKA está dada por la relación existente entre el nivel de desarrollo de un país, el cual implica el nivel de participación del sector industrial en el PBI, y su estructura. Un país con ingresos bajos está dominado en gran parte por el sector agrícola y un pequeño sector industrial basado en actividades simples como el ensamblaje liviano. En tanto, los países de medianos ingresos pasan a ser dominados en mayor proporción por una industria química y pesada, por la cual la contaminación y/o degradación ambiental tienden a incrementarse;

sin embargo, esta relación no sería monótona. En países con ingresos altos, el sector industrial adquiere una industria menos nociva, puesto que la industria pesada y química logra establecerse y descender, dando lugar al acrecentamiento de un sector industrial especializado en servicios y tecnologías sofisticadas, el mismo que es menos perjudicial para el ambiente. Por otro lado, la participación de una mayor industria en la economía significa el mayor uso de recursos naturales, mayores emisiones y desechos dañinos al ambiente, pero también la inclusión de introducción de capital de cosecha posterior, reemplazo de capitales obsoletos por nuevos y tecnologías más eficientes con el cual se alcanza a reducir la contaminación. (Panayotou, 1993).

Otros puntos explicativos de la CKA van por el lado de la proporción de presupuestos gubernamentales destinados en gastos ambientales y la industria en diferentes niveles de desarrollo y la demanda poblacional respecto a los servicios ambientales ante los diferentes niveles de ingresos. Durante la primera etapa de desarrollo, los niveles bajos de ingresos son predominantes en la población; por tanto, la recaudación de impuestos y la conciencia ambiental es baja y, por ende, la asignación presupuestal ambiental es mínima e incluso nula. Un país que va iniciando en la senda del desarrollo tiende a agotar los recursos y a acumular contaminación, y en medida que el país se acerque a un estado reciente de industrialización, la calidad ambiental llega a alcanzar el punto más bajo consecuencia del efecto acumulativo del rápido crecimiento, en tanto los gastos en cuidado ambiental todavía son limitados. En contraste a lo anterior, una vez que el país logre consolidarse económicamente con mayores ingresos y riqueza, la demanda de calidad ambiental se vuelve elástica respecto al ingreso; por consiguiente, los habitantes pueden darse el lujo de ser más conscientes sobre el cuidado ambiental, además de exigir reglamentaciones más estrictas, aplicaciones de estas de manera rigurosa y aumentar asignaciones presupuestarias para la

protección y limpieza ambiental. (Panayotou, 1994). Este último es una explicación ampliada del efecto renta.

Correa, Vazco y Pérez (2005) se basan en tres puntos para comprender la CKA. El primero es que el medio ambiente puede ser pensado como un bien de lujo, es decir que en la primera etapa del desarrollo los individuos no estarían dispuestos a cambiar consumo por gastos en regulación ambiental, por tanto la calidad ambiental empeora; posterior a ello cuando los ingresos de un país mejoren, llegando a un punto en donde los ciudadanos destinan parte de estos a exigir una mejor calidad ambiental con la implementación de aspectos regulatorios y sus estrictos cumplimientos en temas ambientales. En un segundo punto, considera el ciclo de vida tecnológico por los que pasa un país, desde una etapa basada en la agricultura hasta un sistema basado en servicios, el cual implica el paso desde tecnologías altamente contaminantes hasta tecnologías más limpias con menores presiones ambientales, con lo que se esperan menores niveles de contaminación en el largo plazo. Por último, hace referencia a la relocalización internacional de industrias, el mismo que está asociado al cambio estructural entre la producción con el consumo y el comercio internacional; esto explicado en que si el cambio de estructura de producción de una economía desarrollada no va acompañado con el cambio estructural de consumo, simplemente las industrias sucias son desplazadas hacia economías menos desarrolladas dando lugar a la forma de u invertida entre la contaminación y los ingresos en países desarrollados, pero a su vez el empeoramiento ambiental en países en desarrollo. Este efecto es denominado la hipótesis del desplazamiento.

Otra manera de explicar el efecto del comercio internacional es mediante el efecto escala y efecto composición y/o técnica. El primero señala que el aumento del volumen del comercio conduce al aumento del tamaño de la economía y con ello el aumento de la contaminación; en tanto el efecto composición y/o técnica podría generar un efecto contrario a lo anterior, ello

justificado en que el comercio internacional provoca mayores ingresos y por ende una mayor demanda de regulación ambiental que estimule la innovación para la reducción de la contaminación (Dinda, 2004).

Dinda (2004) muestra muchos otros factores explicativos de la CKA adicionales a los explicados tales como: difusión tecnológica, desigualdad económica, ayuda internacional, la globalización, accesibilidad de la información y las regulaciones.

Modelo de la CKA. Muchos trabajos en la búsqueda de explicar la relación empíricamente entre la contaminación ambiental y el crecimiento económico se basaron en un modelo reducido, tal y como se muestra a continuación.

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_t + \beta_2 X_t^2 + \beta_3 X_t^3 + \beta_4 Z_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde Y es el indicador ambiental, X es el ingreso per cápita y Z incluye otras variables explícitas mostradas en el modelo no consideradas en el término error o variable de control. Además, t indica el tiempo, α es la constante, β_k es el coeficiente de la k -ésima variable explicativa y ε_t es el término de error.

La ecuación (1) permite visualizar distintas formas de la curva que relaciona el indicador ambiental y el crecimiento económico

i) $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$; indica una relación creciente o lineal positiva entre X y Y .
ii) $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$; indica una relación decreciente o lineal negativa entre X y Y .
iii) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$; indica una relación en forma de U invertida en este caso se cumple la hipótesis de CKA.

iv) $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ y $\beta_3 = 0$; indica una relación en forma de U.

v) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$; indica una relación cúbica polinomial o forma de N.

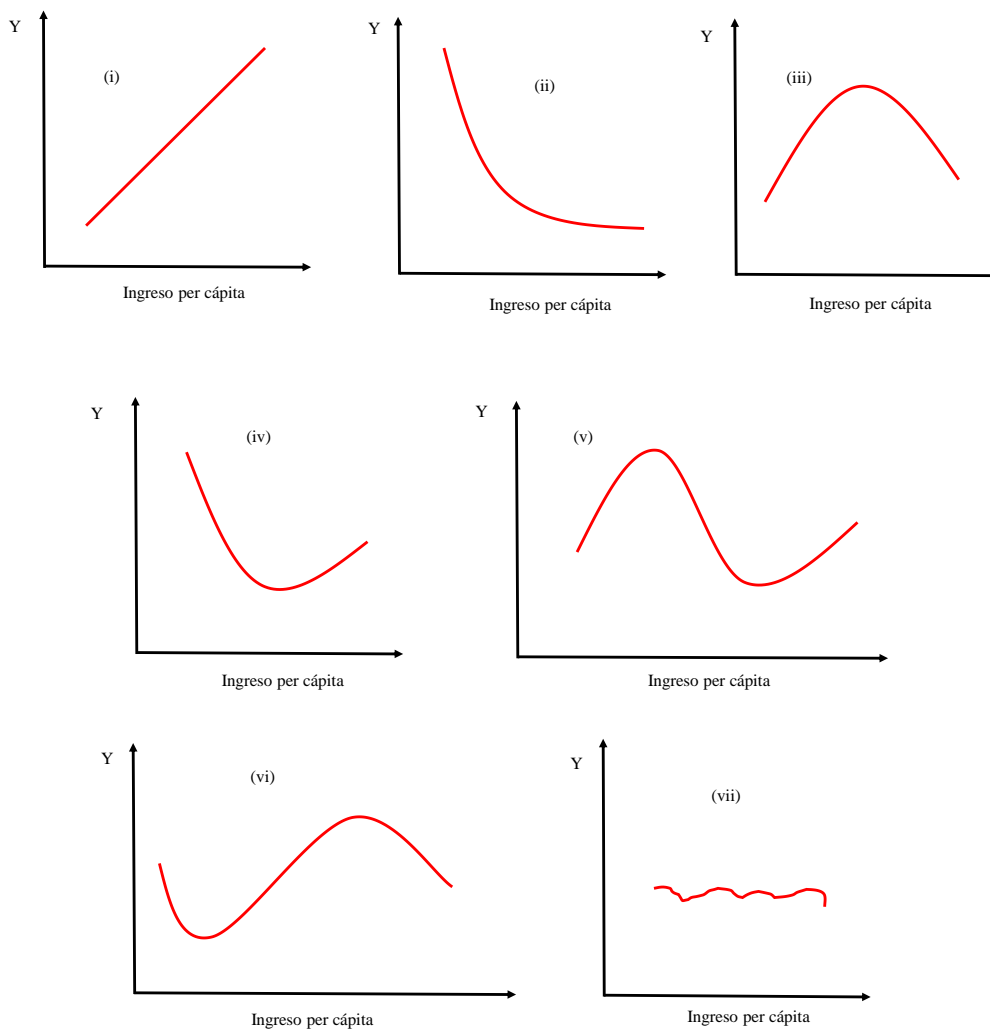
vi) $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ y $\beta_3 < 0$; indica una relación cúbica polinomial o forma de N invertida.

vii) $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$; indica que no existe ninguna relación entre X y Y.

Estas situaciones pueden ser visualizadas en la figura 4.

Figura 4

Muestra gráfica de las posibles relaciones entre el indicador



Nota. Tomado de *Crecimiento Económico y Ambiente: Una Revisión Analítica de la Curva Ambiental de Kuznet* (p. 73 - 104), por Correa, 2004, Semestre Económico.

De todas las situaciones posibles de la ecuación (1) podemos observar que solo ante las condiciones del ítem (iv) se cumple la CKA. Además, el punto máximo o “*turning point*” entre

contaminación y crecimiento económico se obtiene al derivar nuestro modelo e igualando a cero ($\beta_3 = 0$) de donde resulta que $X^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$.

1.3 Marco Conceptual

1.3.1 Contaminación ambiental

La contaminación se puede definir como la alteración física, química y biológica de nuestro medio. Estas alteraciones son derivadas principalmente de las actividades humanas, tales como las emisiones de gases de efecto invernadero o la explotación descontrolada de los recursos naturales (De la orden, 2007).

Las concentraciones de los agentes contaminantes pueden llegar a ser peligrosas para el bienestar de la población, vida animal y vegetal. Dependiendo de donde estos componentes nocivos se acumulen, la contaminación puede dividirse en una contaminación hídrica, del suelo y atmosférica (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016).

1.3.2 Gases de efecto invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero son aquellos gases acumulables en la atmósfera, generando el denominado efecto invernadero, el mismo que conduce al incremento de la temperatura mundial. Los principales gases de efecto invernadero son: El dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), óxido de nitroso (N_2O), clorofluorocarbonos (CFC) y ozono troposférico (O_3) los cuales serían provenientes primordialmente de cinco actividades humanas, tales como: La industria, la agricultura, los residuos, los hogares y el transporte (AQUAE, 2023).

1.3.3 Dióxido de Carbono (CO_2)

El CO_2 es el principal gas de efecto invernadero antropógeno en afectar el equilibrio atmosférico de la tierra. El dióxido de carbono es catalogado como un gas de origen natural, pero también es un producto derivado de la combustión de residuos fósiles procedentes de depósitos de

carbón fósiles como el petróleo, gas o el carbón, de la quema de biomasa, cambios de los usos del suelo y otros procesos industriales (IPCC, 2013).

1.3.4 Producción

La producción es la fase del proceso económico, en donde los factores productivos son transformados con la finalidad de obtener bienes y servicios para satisfacer las múltiples necesidades de la sociedad. La producción como actividad considera la fabricación y elaboración de bienes; como también la prestación de servicios, por consiguiente, la producción es una actividad netamente social y como tal se convierte en la actividad más importante para la subsistencia del hombre. Usualmente la producción de un país es medida por el PBI (Asociación Fondo de Investigadores y Editores, 2012).

1.3.5 Crecimiento Económico

El crecimiento económico se define como la variación positiva del producto bruto interno de un país en un determinado periodo y en donde el crecimiento está determinado primordialmente por la productividad de los factores, es decir por el desarrollo de procesos de producción más eficientes de bienes y servicios, y la acumulación de capital tanto físico como humano (Instituto Peruano de Economía [IPE], 2013).

1.3.6 Producto bruto interno

El producto bruto interno, según Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2010), es definido como el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por la economía de un país en plazo de tiempo determinado. De manera desagregada, hace referencia al producto como el valor agregado interno a la producción realizada dentro de las fronteras de la economía de un país y, finalmente, en bruto hace referencia a que no se contabilizan la variación de inventarios ni a la depreciación o apreciación de capital.

Por otro lado, el MEF hace la diferenciación entre el PBI nominal y PBI real, puesto que el PBI nominal presenta un aumento continuo año tras año pese a que no haya una variación real del PBI, ello influenciado por la inflación; es por ello que recomienda la solución a este problema deflactando el PBI nominal a través de un índice de precios.

El presente trabajo hará uso del PBI real, ya que este mide la real variación en la producción de los bienes y servicios de un año a otro de una economía.

1.3.7 Producto bruto interno per cápita

El PBI per cápita es el promedio de PBI por cada individuo de una economía; en términos de cálculo, el PBI per cápita es igual al PBI sobre el número de habitantes de la economía de un país (MEF, 2010).

1.3.8 Educación

La educación es un proceso que proporciona a un individuo capacidades, habilidades y mejorara sus destrezas.

La educación es considerada como el motor más importante del desarrollo, fuente principal de la reducción de la pobreza y el logro de bienestar, pues genera rendimientos elevados y constantes en términos de ingreso. Es considerado como el factor más importante para el logro de la igualdad e inclusión. (Banco Mundial, 2023).

1.3.9 Tasa de matrícula escolar

Corresponde al total de estudiantes matriculados en cierto nivel de educación expresado como porcentaje de la población total en edad de cursar el nivel de educación evaluado.

1.4 Marco Legal

El ambiente, entorno del ser humano, ha venido siendo materia de cuidado por las naciones y organizaciones a nivel mundial, dado a que esta se ha visto afectada por el cambio climático

desencadenado por las actividades del crecimiento económico. La Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de la secretaría de la Convención de Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático CMNUCC, es la entidad encargada de colaborar en la respuesta de las naciones respecto al cambio climático, al cual el Perú pertenece desde el 1993, año en donde se inicia la construcción del marco institucional y legal para la gestión del cambio climático del país. La constitución política del Perú contempla dentro del capítulo I: Derechos fundamentales de las personas, artículo 2 e inciso 22, que toda persona tiene derecho a "gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida" (p.14). Adicionalmente, la constitución especifica en el capítulo II: Del ambiente y los recursos naturales, el artículo 67 "El estado determina la política nacional del ambiente". Promueve el uso sostenible de los recursos naturales (p.39).

El marco legal ambiental en el Perú se desagrega desde el acuerdo nacional, documento donde se establece el compromiso del Estado mediante la política 19: Desarrollo sostenible y gestión ambiental, política 32: Gestión de riesgo de desastre y política 33: Recursos hídricos. Como nivel subsiguiente se tiene el Plan estratégico de desarrollo nacional (PEDN) al 2021, siendo este el primer plan en incluir al cambio climático como variable fundamental para el desarrollo; casi en paralelo, el marco macroeconómico multianual también empezó a considerarlo como variable climática condicionante de desarrollo económico. Dentro del plan nacional al 2021, el eje 6: Recursos naturales y ambiente contempla la política nacional del ambiente "Mitigación y adaptación al cambio climático", el cual fue creado el año 2009 mediante D.S 012-2009-MINAM. Esta política establece acciones de adaptación y medidas de mitigación del cambio climático, y de gestión de los GEI (MINAM, 2016). En el 2021, mediante decreto supremo 023-2021-MINAM, se aprueba la política nacional del ambiente al 2030 a fin de ampliar su ámbito de aplicación en todas las entidades de administración pública.

Cabe resaltar que la ley general del ambiente 28611, publicada el 15 de octubre del 2005, es la ley matriz en la cual se enmarcan todos los accionares referidos al medio ambiente. Esta es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Instaura los principios y normas básicas, el cumplimiento del deber de contribuir con una adecuada gestión y la protección ambientales y sus componentes, el uso efectivo y el ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de vida que permita mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible.

Años después, mediante el D.S 014-2011-MINAM, entra en vigor el plan nacional de acción ambiental 2011-2021 (PLANAA) con el propósito de lograr el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y contribuir al desarrollo de ser humano en armonía con su entorno, estableciendo metas prioritarias al 2021 e hitos quinquenales para monitorear su cumplimiento.

Uno de los instrumentos de planificación más importantes es la estrategia nacional ante el cambio climático (ENCC) aprobada mediante el D.S. 011-2015-MINAM. Este instrumento de gestión está encargado de guiar la gestión del cambio climático en el Perú de manera integrada, así como del cumplimiento de los compromisos internacionales hechos por el Perú ante CMNUCC. Esta estrategia presenta una visión al 2021 donde el país se adapte a los efectos adversos, así como de aprovechar las oportunidades del cambio climático creando una base para el desarrollo sostenible bajo las emisiones de carbón (MINAM, 2016).

El ente rector máximo en materia ambiental en el Perú es el ministerio de ambiente, creado el 13 de mayo de 2008 mediante el decreto legislativo 1013, que tiene por objetivo la conservación ambiental, a fin de propiciar y asegurar el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta, que permita contribuir al desarrollo integral social,

económico y cultural de la persona humana, en permanente armonía con su entorno, y así asegurar a las presentes y futuras generaciones el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida (MINAM,2019). Este ministerio es el encargado de formular, planificar, dirigir, ejecutar y evaluar la política nacional del ambiente (PNA) aplicable a todos los niveles de gobierno, así como de coordinar su implementación con los otros sectores, gobiernos regionales y locales. Vela por garantizar el cumplimiento de las normas ambientales, mediante funciones de fiscalización, supervisión, evaluación y control, ejerce la potestad sancionadora dentro de su competencia, dirige el régimen de fiscalización y control ambiental y el régimen de incentivos previsto por la ley general del ambiente. Y finalmente, presta apoyo técnico a los gobiernos regionales y locales para el adecuado cumplimiento de las funciones transferidas en el marco de la descentralización.

1.5 Marco referencial

Existen múltiples estudios que buscaron mostrar empíricamente la hipótesis de la CKA. Muchos autores en sus estudios tomaron como indicador de la calidad ambiental distintos tipos de gases, por mencionar algunos de ellos tenemos al dióxido de carbono, dióxido de Azufre, metano, humo negro, etc., así como también existen trabajos realizados a base de materiales de consumo doméstico.

A continuación, haremos una revisión de algunos de los tantos estudios realizados a nivel mundial, latinoamericano y nacional.

Akbostanci, Türüt-Aşık y Tunc (2009) buscaron examinar de dos maneras la relación existente entre los ingresos y la calidad ambiental para Turquía. La primera forma analizó la relación entre el ingreso y la emisión de CO_2 para el periodo de 1968-2003, ello mediante un

análisis de cointegración de serie de tiempo. La segunda parte del estudio relaciona la contaminación del aire (medida por SO_2 y PM_{10}) y los ingresos en las provincias del país durante el periodo de 1992-2001, usando un modelo de datos panel. En ambos casos los resultados mostraron la inexistencia de la u invertida de la curva de Kuznets, ya que en el primer caso el modelo muestra una relación creciente entre ambas variables; y, por otro lado, el segundo caso expuso una relación en forma de n entre la contaminación del aire y el ingreso.

Fodha y Zaghoud (2010) investigaron la relación entre crecimiento económico y la emisión de contaminantes, buscando probar la existencia de la curva de Kuznets Ambiental para un país pequeño, abierto y en desarrollo como Túnez. La investigación fue llevada a cabo mediante el uso de series de tiempo y análisis de cointegración durante el periodo de 1961-2004. Los resultados mostraron que existe una relación sólida y lineal creciente en el largo plazo entre el per cápita y el PBI per cápita, pero, por otro lado, el SO_2 , el otro indicador ambiental mostró tener una relación de U-invertida con el PBI per cápita, el mismo que prueba la existencia de la CKA para este caso.

Cantos y Balsalobre (2011) en su búsqueda de la verificación del cumplimiento de la relación en forma de u invertida entre el crecimiento económico y deterioro ambiental para España, ellos usaron como variables independiente al crecimiento per cápita como una variable habitual, y otros dos variables adicionales: la desigualdad medida por el índice de Gini, y el patrón de consumo energético definido como el cociente entre el consumo de energía renovable sobre el consumo de energía no renovable; esta última tuvo un importante papel ya que su validez reforzaría a la hipótesis de que la contaminación ambiental no es explicada exclusivamente por el crecimiento económico, respaldando así al argumento de que una adecuada política regulatoria

contribuiría a la reducción del deterioro ambiental. El método utilizado fue el de mínimos cuadrados ordinarios. Los resultados confirmaron el cumplimiento de la hipótesis de la CKA para España entre los años de 1990-2008, de modo que, a partir de cierto nivel de renta, el crecimiento es compatible con la disminución de la emisión de GEI per cápita (indicador de la contaminación ambiental); además de esto, se mostró que a mayores niveles de desigualdad y patrones de consumo de energía los niveles de contaminación son menores.

Catalán (2014) buscó probar la existencia de la curva de Kuznets para un grupo de 144 países durante el periodo 1990-2010, donde consideró como variable de deterioro ambiental al nivel de emisiones de CO₂ per cápita (medido por toneladas métricas / persona) y como variables exógenas al ingreso per cápita y algunas variables de control, las cuales fueron: la participación porcentual de servicios en el PIB, el porcentaje de consumo de energía fósil respecto al total de uso de energía, la eficiencia energética y el porcentaje de áreas protegidas respecto al total de territorio. La investigación se desarrolló mediante diversas técnicas de estimación de datos panel con la propuesta de un modelo cúbico basado en la variable de ingreso per cápita. Los resultados mostraron que los coeficientes de ingreso per cápita fueron estadísticamente significativos y por tanto se obtuvo una curva en forma de n, el cual muestra que en un primer momento los países de bajos ingresos per cápita mantienen una relación creciente con el deterioro ambiental hasta llegar al punto de inflexión donde la relación cambia a decreciente, pero esta es insostenible debido a que a cierto nivel de ingreso la relación de ambas variables vuelve a ser positiva para mantenerse constante posteriormente.

Tan, Lean y Khan (2014) en su estudio buscaron testear la existencia de la CKA para Singapur y para ello relacionaron las emisiones de CO₂ con el consumo de energía (medido por

dos variables proxies: consumo de energía y la producción de electricidad), el PBI real per cápita y el PBI real per cápita al cuadrado para los años de 1975-2011 haciendo uso de las técnicas econométricas de cointegración y causalidad. Los resultados denotan una relación positiva y significativa entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico, evidenciando que un incremento en el 1% en el PBI podría llevar a un aumento de 1,2% en las emisiones de ; del mismo modo con el consumo de energía; además los autores señalan que Singapur aún se encontraría en la parte izquierda de la CKA, pero al mismo tiempo muestran indicios de que el punto de inflexión de la curva se habría logrado en los años del 2011 y 2010 dejando así la posibilidad del pronto inicio de las reducciones de CO₂; cabe recalcar que los autores resaltaron la aplicación de la ley del control de la contaminación ambiental dada en 1999 ya que fue de suma importancia para consolidar a todas las leyes ambientales del país los cuales fueron claves para que Singapur llegará a mostrar dichos resultados.

Gill, Viswanathan y Hassan (2018) tuvieron como objetivo comprobar la existencia de la curva de Kuznets ambiental para las emisiones de carbono para Malasia entre el periodo de 1970 y 2011 a través del método de cointegración. Los resultados de este estudio mostraron que la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets no se cumple para este país tanto para el corto y largo plazo, es decir que el crecimiento económico y las emisiones de carbono presentaron una relación creciente, lo que sugiere que el crecimiento económico vaya acompañado por medidas proactivas para la reducción de contaminación y así revertir el proceso de degradación ambiental.

El Alaoui y Nekrache (2019) tuvieron como objetivo buscar la relación entre crecimiento económico y la contaminación en los países de Marruecos, Túnez, Egipto y Argelia sobre el periodo de 1970 y 2010. Su estudio fue planteado en dos pasos. En el primer caso se planteó la ecuación básica de la CKA, donde se observó el cumplimiento de esta para los cuatro países. El

segundo paso se llevó a cabo introduciendo las variables de urbanización, índice de matrículas y el índice de apertura comercial al modelo básico; donde para el caso de Egipto la relación entre el cuadrado del crecimiento económico y contaminación ambiental no tuvo el signo negativo esperado, ello contrario a los casos de Argelia, Marruecos y Túnez, los mismos que sí mostraron validez de la existencia de la CKA; sin embargo, respecto a las nuevas variables introducidas los resultados fueron diversos, por mencionar que el índice de apertura comercial contribuye al daño ambiental en los países de Egipto, Marruecos y Túnez, situación que no se replica en Argelia; por otro lado, se observó que el índice de urbanización también contribuye al daño ambiental; y finalmente, el índice de matrícula tiene un comportamiento distinto en cada país tanto en lo que respecta al signo y significancia de sus coeficientes.

Koc y Bulus (2020) investigaron la relación existente entre PBI per cápita, uso de energía, uso de energía renovable, apertura comercial y emisiones per cápita de dióxido de carbono, buscando probar validez de la CKA para Corea del Sur durante el periodo 1971-2017 mediante el método de modelos ADRL. Los hallazgos mostraron que la CKA para Corea del Sur tiene forma de n, es decir, en un primer tramo el crecimiento económico contribuye a una disminución de dióxido de carbono, sin embargo, esta tendencia no es sostenida ya que a partir de un segundo tramo la degradación ambiental comienza a repuntar nuevamente pese al incremento del PBI per cápita. En cuanto al uso de la energía, esta mostró una influencia positiva sobre las emisiones de dióxido de carbono, situación contraria al hallazgo del uso de energía renovable y la apertura comercial coreana, quienes contribuyeron a su reducción. De acuerdo con el punto de vista de los autores, esta situación podría ser explicada en que la economía coreana habría descuidado implementar medidas ambientales que acompañaran al tan rápido crecimiento económico.

En cuanto a estudios más cercanos a la realidad de nuestro país tenemos los siguientes estudios realizados a nivel de América latina y el Caribe.

Correa et al., (2005) buscaron probar la validez de la hipótesis de la CKA en Colombia y para ello consideraron como variables dependientes dos indicadores que miden la contaminación del aire, siendo estos: las emisiones de CO_2 medido en toneladas métricas, desde 1975 hasta el año 2000; y SO_2 (*Dióxido de Sulfuro*) medido por kilotoneladas per cápita, desde 1975 hasta 1990; adicional a estos incluyeron la demanda biológica de oxígeno (DBO) medido en kilogramos diarios, desde 1980 hasta 1998. En cuanto a las variables independientes, consideraron al ingreso per cápita de la población, la distribución del ingreso per cápita, la tasa de alfabetización y la variable de las libertades políticas. Este último indica qué tanto pueden contribuir a mejorar el medio ambiente los sistemas políticos de un país. El método utilizado para los modelos planteados fueron los mínimos cuadrados ordinarios. Los resultados mostraron que todos los indicadores de la variable dependiente, CO_2 , SO_2 , y DBO, tienen una relación positiva con el crecimiento económico, es decir todo crecimiento económico se traduce en mayores niveles de contaminación y por tanto afirmaron que la CKA en Colombia se encuentra en la fase creciente.

Pinilla Rivera, Diaz y Sánchez (2018) su trabajo consistió en determinar la relación existente entre el crecimiento económico y las emisiones de CO_2 en los países americanos de Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, México, Paraguay, Perú y Uruguay durante el periodo de 1990-2015. La metodología utilizada fue la cointegración, con la que se probó que el 70% de los países puestos en estudio tienen una relación positiva y creciente entre ambas variables, exceptuándose de estos resultados a Colombia y Uruguay. De acuerdo con los autores, señalan que la búsqueda del comportamiento de las emisiones debería agregar relevancia a otros

indicadores como el grado de apertura comercial, la voluntad política, los avances de introducción de tecnologías limpias y la estabilidad democrática.

Vergara, Maza y Quesada (2018) buscaron la relación entre el crecimiento económico y el deterioro ambiental en los países sudamericanos de Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Uruguay y Perú para el periodo 2000-2012, haciendo uso de la curva de Kuznets ambiental mediante la metodología de mínimos cuadrados ordinarios. Sus resultados concluyen en que la polución del medio ambiente se incrementa ante mayores ingresos, afirmando la inherencia entre la destrucción ambiental y el sistema económico actual.

Mullo (2020) buscó verificar la relación existente entre el crecimiento económico, medido por el PBI per cápita, y la degradación ambiental, teniendo como indicador a las emisiones de CO_2 per cápita, en Ecuador durante el periodo de 1970 y 2015. El método utilizado fue el de mínimos cuadrados ordinarios mediante un modelo de regresión múltiple. Los resultados demostraron que el crecimiento económico habría contribuido a una mayor degradación ambiental hasta el año de 2014, pero posterior a ello logró aportar a un mayor cuidado ambiental, por lo tanto, concluyó que Ecuador se encontraría en la fase decreciente de la CKA. Dichos resultados fueron atribuidos a la implementación de políticas ambientales a la par de su crecimiento económico.

En el caso peruano tenemos a algunos autores como Litano (2012), quien analizó la relación de la actividad económica peruana y el medio ambiente para el periodo de 1970-2010 haciendo uso de la curva de Kuznets ambiental. Las emisiones per cápita de CO_2 fueron usadas como proxy para la medición del daño ambiental, en tanto la actividad económica fue medida por el PBI per cápita, las exportaciones industriales y la intensidad del uso energético. Plantearon tres modelos que se diferenciaron por la naturaleza en la cual estuvieron expresadas las variables, es

decir, se expresaron en condiciones de niveles, logarítmicas y de tasa de crecimiento. Los resultados indicaron que el Perú se encontraría en la primera etapa de la curva de Kuznets ambiental, por lo que recomienda que el estado a través de los gobiernos debería implementar planes estratégicos de largo plazo que contemplen políticas de cuidado ambiental que permitan acompañar al crecimiento económico para lograr un desarrollo sostenible.

Huanchi y Calsin (2015) buscaron probar la existencia de la relación entre el deterioro ambiental y el crecimiento económico para el Perú durante el periodo de 1970 y 2010. El método utilizado fue el de cointegración. Las pruebas fueron realizadas bajo un modelo establecido por la hipótesis de CKA, relacionando el CO_2 y SO_2 como indicadores del deterioro ambiental con el PBI per cápita como variable proxy del crecimiento económico. Además utilizaron otros indicadores explicativos como la apertura comercial, porcentaje de la población urbana y el consumo de combustibles fósiles. Los resultados mostraron una relación significativa y creciente tanto para las emisiones como respecto al crecimiento económico, rechazando la forma de u invertida entre las variables. En cuanto a la apertura comercial, se muestra que esta tiene una influencia directa y significativa respecto a las emisiones de CO_2 , situación contraria respecto a las emisiones del SO_2 con el que no se halla ningún tipo de relación significativa. El porcentaje de población urbana también contribuyó de manera significativa al comportamiento de las emisiones de CO_2 . Finalmente, el consumo de los combustibles fósiles no fue significativo sobre ninguno de los contaminantes.

Minaya (2018) testeó la hipótesis de la CKA para el caso Perú probados dentro del periodo de 1970 al 2014, tomando como variable dependiente el consumo doméstico de material (CDM), el cual mide el deterioro del medio ambiente; por otro lado, consideró como variable independiente el ingreso per cápita como variable proxy del crecimiento económico, además su modelo consideró

la inclusión de una variable dummy con el fin de ver la implicancia de la reforma neoliberal del 1991. La estimación del modelo se hizo mediante la técnica de los Mínimos Cuadrados ajustados por errores robustos con el cual los resultados mostraron que el crecimiento económico influye positivamente en deterioro ambiental, es decir el Perú se encontraría en la primera etapa creciente de la CKA donde su la estructura básica de la economía está forjada en actividades de extracción; además los resultados muestran que la reforma Nnoliberal de 1992 es estadísticamente significativo por lo mismo que el estudio concluye que cierto modo esta reforma habría capturado al estado y con ello debilitó sus capacidades fiscalizadora y forjadora de leyes y políticas ambientales que acompañen la economía creciente durante el periodo evaluado, los cuales no pudieron ser plasmados como desarrollo para los peruanos.

Asencios (2020) analizó la relación causal entre la degradación ambiental, consumo de energía, sistema financiero, apertura comercial e ingreso real para el Perú durante el periodo de 1971-2014. La primera parte del desarrollo de su estudio fue realizada mediante la regresión lineal múltiple con el MCO, obteniendo una relación creciente y significativa entre el ingreso real y la degradación ambiental; por otro lado, el ingreso real al cuadrado resultó tener el signo negativo esperado, pero no significativo, demostrando una relación monóticamente creciente entre dichas variables. En cuanto a la variable proxy del sistema financiero, resultó influir de manera inversa y significativa sobre la degradación ambiental; la apertura comercial, por su parte, dedujo una relación positiva pero no significativa. Adicionalmente, mediante un análisis de cointegración, concluyeron que el uso de energía y el ingreso real mantienen una relación directa con la degradación ambiental en el largo plazo, al mismo tiempo en que la relación con la apertura comercial y el sistema financiero mostraron una relación inversa no significativa. Como conclusión respecto al cumplimiento de la hipótesis de la curva de Kuznets, esta es rechazada por

el autor, pues se evidencia una relación directa significativa en el corto y largo plazo entre el ingreso real y la degradación.

Durand y Koc (2021), por su lado, analizaron el impacto del crecimiento económico sobre la contaminación para el periodo 1980-2019 haciendo uso del modelo de vectores autorregresivos. El estudio contempló como variables explicativas al PBI per cápita y las exportaciones nacionales, así como variable explicada al CO_2 . Los resultados demostraron una relación creciente y positiva entre el PBI per cápita y emisiones de CO_2 . Por ello concluyen que la curva de Kuznets ambiental en el Perú está en ascenso y que todavía no se llega al denominado turning point de la curva de u invertida de Kuznets.

Abarca (2022) en su trabajo de investigación buscó analizar el impacto del turismo en la generación de residuos sólidos en el distrito de Machupicchu bajo la perspectiva de la curva medioambiental de Kuznets durante el periodo 2002 - 2019. Se plantearon dos modelos para este trabajo, donde el método utilizado fue los mínimos cuadrados ordinarios. Los resultados del primer modelo confirman la forma de "u" invertida planteada del modelo inicial de Kuznets. El segundo modelo ampliado mantiene la forma de "u" invertida entre la generación de residuos sólidos municipales y el ingreso familiar. Sin embargo, respecto a los arribos internacionales se observa una relación positiva en el corto plazo y negativa en el largo plazo; es decir, a mayor llegada de turistas extranjeros, mejora la calidad ambiental del distrito. De igual manera, existe una relación positiva con las variables de densidad poblacional y la tasa de alfabetización.

II. METODOLOGÍA

2.1 Enfoque de Investigación

El enfoque de esta investigación es de carácter cuantitativo, dado a que los hechos de estudio nos brindan datos exactos capaces de ser medidos e imposibilitados de manipulación por el investigador en base a su perspectiva, por ello este tipo de estudios tiene como característica primordial la objetividad. La finalidad de los estudios cuantitativos es formular y demostrar teorías. (Hernández Sampieri, 2014).

2.2 Tipo y nivel de Investigación

2.2.1 Tipo

El tipo de investigación es aplicado, ya que su objetivo primordial es dar soluciones a problemas a través de su aplicación y la comprobación de teoría; teniendo como características aportar hechos nuevos, probar teorías, ayudar a aclarar conceptos y ayudar a integrar teorías existentes (Camacho, 2008). Esta investigación busca ver mediante la asociación de variables propuestas en qué situación se encuentra Perú en base a la teoría de la CKA.

2.2.2 Nivel

El nivel de estudio es de tipo descriptivo y explicativo. Descriptivo porque va a permitir recolectar información y describir datos. Explicativo porque pretende observar los fenómenos más allá de describir su comportamiento. Busca las causas de los hechos, es decir, intenta explicar por qué la ocurrencia de eventos o como dos o más variables se relacionan. (Hernández Sampieri, 2014). El presente trabajo tiene como propósito medir el impacto de la producción (variable independiente o causal) y como esta causa sobre la contaminación ambiental (variable causada o dependiente); por tanto, se considera el nivel de investigación explicativo.

2.3 Población y muestra

La población para considerar está basada en series macroeconómicas a través del tiempo de los indicadores de las variables. La muestra toma la serie de tiempo que comprende una data de 50 años durante el periodo de evaluación de 1970-2019.

2.4 Fuentes de información

La data utilizada fue obtenida de fuentes secundarias, en caso del PBI per cápita real, la información proviene del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), las emisiones de CO2 de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y finalmente la tasa de matrícula en el nivel secundario del Banco Mundial (BM).

2.5 Método de Investigación

El método de investigación es hipotético deductivo, dado a que “contiene una hipótesis derivada de un modelo y datos apropiados derivados de un fenómeno para someter dichas hipótesis a las pruebas estadísticas” (Mendoza, 2014, pág.84).

2.6 Diseño de investigación

El diseño de investigación de este trabajo se clasifica como no experimental, puesto a que el estudio se basa en la observación de los hechos tal cual bajo la recopilación de una data en el tiempo sin ningún tipo de alteración sobre estos. Por otro lado, considerando el comportamiento de las variables observadas a través del tiempo, la investigación se clasifica como longitudinal en tendencia.

2.7 Técnicas

La técnica usada en esta investigación es la de análisis documental, ya que la información obtenida proviene de fuentes secundarias. Los análisis fueron realizados sobre artículos científicos, informes técnicos de organizaciones implicadas, libros y análisis de los datos.

2.8 Procesamiento de datos y modelo teórico

La organización y estructuración de los datos fueron realizados en el programa de Microsoft Excel para después ser llevados y procesados en los programas estadísticos Stata 15 y Eviews 8.

El resumen de las variables de la investigación se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

Resumen de variables de estudio

Variables	Nomenclatura	Descripción	Unidad de medida	Fuente
Contaminación ambiental	CO2	Toneladas métricas de emisiones de CO2 por persona en el Perú	Tm/ hab/año	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)
Producción	PBIper	Total de bienes y servicios producidos por una persona a precios constantes del 2007	Soles por habitante/año	Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
Educación	TMS	Estudiantes matriculados en el nivel secundario independiente de que su edad corresponda al periodo de estudio	Porcentaje	Banco Mundial (BM)

Una vez sistematizada e ingresada la base de datos en el programa estadístico primero se procede a realizar el análisis descriptivo, observando la evolución y el comportamiento de las variables durante el periodo de 1970-2019. Posteriormente se da inicio al análisis econométrico mediante la estimación de los modelos planteados en base a lo desarrollado por Cantos y Balsalobre (2011) y Abarca (2022). Estos modelos son sujetos de estudio del cumplimiento de los

supuestos del teorema de Gauss-Márkov, lo cual implica que los estimadores de los coeficientes de correlación parcial cumplan con el supuesto de ser lineal respecto a la variable dependiente, insesgado respecto a su valor promedio esperado y tener la varianza mínima (Gujarati & Porter, 2010), para ello se realizan pruebas de no autocorrelación, ni heteroscedasticidad y normalidad de errores; además, al tratarse de una data de series de tiempo, se busca descartar estimaciones espurias mediante las pruebas de raíz unitaria y de cointegración.

A continuación, se presenta los modelos planteados a estimar:

Modelo 1: Plantea el modelo básico de la curva de Kuznets ambiental con lo que se busca ver la relación existente entre emisiones de CO2 y el PBI per cápita.

$$CO2_t = \gamma_0 + \gamma_1 PBIper_t + \gamma_2 PBIper_t^2 + \gamma_3 L1.CO2_t + \varepsilon_t$$

Modelo 2: Plantea un modelo ampliado de la Ccrva de Kuznets ambiental, el cual busca ver la relación entre las emisiones de CO2, PBI per cápita y la Tasa de Matrícula en el nivel Secundario.

$$CO2_t = \gamma_0 + \gamma_1 PBIper_t + \gamma_2 PBIper_t^2 + \gamma_3 TMS_t + \gamma_4 L1.CO2_t + \varepsilon_t$$

Denotamos que en ambos modelos se presenta como una de sus variables independiente a la variable dependiente rezagada en un periodo, ello con fines funcionales, pues los modelos deben cumplir los supuestos anteriormente mencionados.

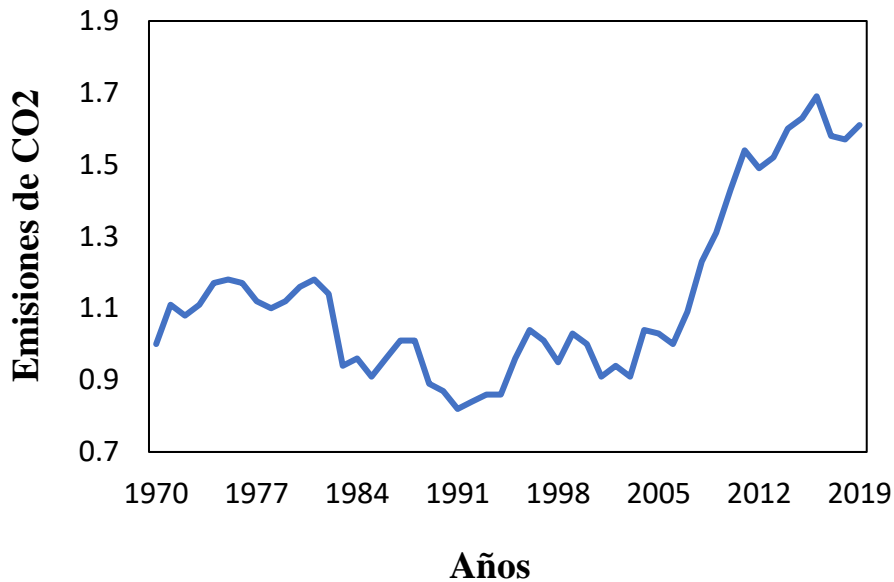
III. RESULTADOS

3.1 Análisis descriptivo

3.1.1 Contaminación ambiental: Emisiones de CO₂ en el Perú periodo 1970-2019

Figura 5

Emisiones de CO₂ per cápita del Perú, 1970 - 2019



Nota. Las emisiones de CO₂ esta expresado en toneladas métricas per cápita.

En la figura 5 se puede apreciar el comportamiento a lo largo del tiempo del nivel de las emisiones de CO₂ en toneladas métricas por habitante al año. Se destaca que Perú registra un incremento del 61% entre 1970 y 2019, pasando de 1,0 a 1,61 Tm. En el año 2019, se muestra una disminución del 4.7 % respecto al nivel máximo que se alcanzó en 2016 con 1,69 Tm por habitante. Cabe destacar que durante los primeros 20 años se puede apreciar una disminución paulatina del 18 % de las emisiones de CO₂ entre 1970 y 1991 con valores de 1,0 y 0.82 Tm respectivamente. Esa situación en parte podría ser explicada por el declive económico producido en la década de los 80 e inicios de los 90, agravados por del terrorismo en el país y un contexto mundial desfavorable, lo que conlleva a menores tasas de producción durante estos años.

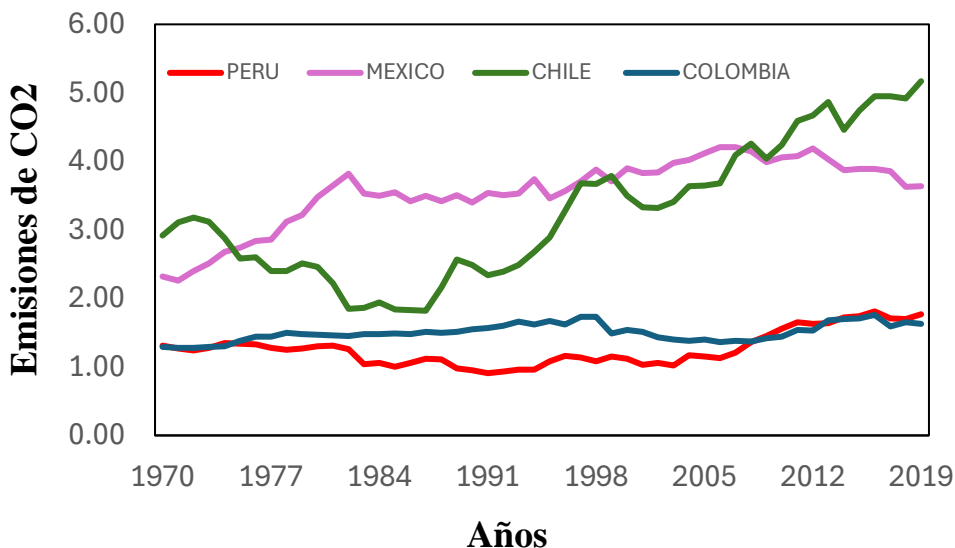
Por otro lado, a partir de los años 90 se observa un incremento significativo de 82% entre 1991 y 2019, al pasar de 0.82 a 1.61 Tm, respectivamente. Este incremento, al igual que el caso anterior, también podría ser explicado de manera alguna por la liberación de la economía, pues en este periodo se da el cambio de modelo económico de industrialización por sustitución de importaciones (ISI) hacia el primario exportador, el cual mostró mejoras del crecimiento económico y por ende mayor producción, el cual es caracterizada por ser extractiva y con presencia de industrias poco sofisticadas para mitigar la degradación ambiental.

De acuerdo a INGEI (2019) la procedencia de las emisiones de CO₂ en el Perú está distribuida en 5 grandes categorías, los cuales son: El uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) con un 47,9% de participación en la emisiones de CO₂, esta categoría implica actividades cambios en la biomasa y stocks leñoso (ocasionados por la tala, generación de leña e incendios), conversión de bosques y praderas (cambios de tierra forestal a praderas, tierras agrícolas, asentamientos y otros) y abandono por tierras cultivadas. El segundo componente importante es el de energía con un 30,1% de participación; esta categoría contempla actividades de quema de combustibles fósiles derivadas de industrias de energía como la producción de electricidad, refinación de petróleo; industrias manufactureras de la construcción; y transporte, siendo este última la actividad que mayor emisión genera en esta categoría; además incluye emisiones fugitivas derivadas de la fabricación de combustibles como petróleo y gas natural. La categoría de agricultura con 13,5% del total, se refiere a las actividades relacionadas al uso de la tierra (cultivos y pastizales, por ejemplo) y crianza de ganados u otros animales. La generación de residuos con una participación de 5% del total de las emisiones, corresponden principalmente a la generación de desechos sólidos y tratamiento de eliminación de aguas residuales. Finalmente, los procesos industriales y uso de productos con el 3,6%; engloba industrias de minerales como la

producción de cemento, cal, ladrillos u otros usos del carbonato de sodio; y la industria de metales con la producción de hierro, acero y zinc.

Figura 6

Emisiones de CO₂ per cápita respecto a los países de la Alianza del Pacífico



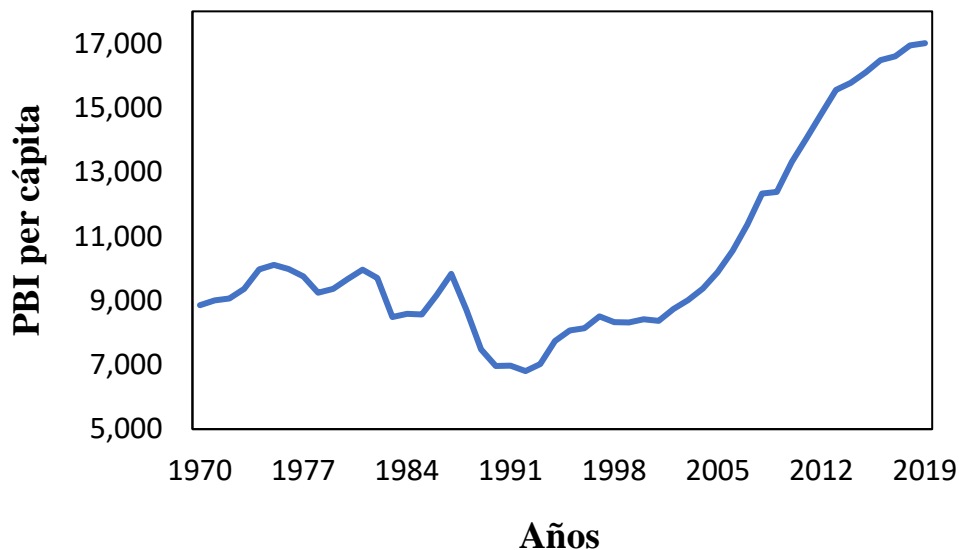
Nota. Las emisiones de CO₂ esta expresado en toneladas métricas per cápita.

Un análisis de comparación respecto a los países de la Alianza del Pacífico se muestra en la gráfica N° 6, donde se destaca que tanto Perú y Colombia son los países que menos contaminan dentro del conjunto de países que conforman la Alianza del Pacífico. Para el 2019, las emisiones de CO₂ en toneladas por habitante para el Perú son mucho más bajas en comparación con el resto de los países de la Alianza del Pacífico al representar el 47% de lo que en promedio cada persona emite en México, el 35% en el caso que la comparación se haga con Chile y ligeramente inferior al de Colombia (Chirinos, 2021).

3.1.2 Producción: PBI per cápita en el Perú periodo de 1970-2019

Figura 7

PBI per cápita (Soles) en el Perú, 1970 - 2019



Nota. El PBI per cápita esta expresado en soles a precios constantes a 2007.

El crecimiento económico del Perú de acuerdo con la figura 7 muestra un incremento promedio de 1.5% durante el periodo de 1970 - 2019; sin embargo, este crecimiento no fue del todo sostenido y podría ser explicado por aspectos de decisiones de cambio de modelo económico, turbulencias sociales como el ocasionado por sendero luminoso, golpes ocasionados por el comportamiento económico mundial derivados de distintas crisis, entre otras decisiones de los gobiernos de turno durante el periodo de análisis.

La evolución del PIB per cápita atravesó tres etapas. La primera etapa comprendida entre los años 1950-1975 se caracteriza por una tendencia creciente bajo un modelo primario-exportador. La segunda etapa (1976-1990) denota un estancamiento prolongado de la economía, coexistente con una elevada inflación creciente bajo el modelo de industrialización por sustitución de importaciones, el cual se caracterizó por la predominancia de la empresa pública y

la firme protección a la industria manufacturera. Finalmente, se presenta una tercera etapa iniciada con el gobierno de Alberto Fujimori, quien optó por retomar el modelo primario exportador como estrategia de crecimiento económico, dejando de lado la importancia de la industria manufacturera, minimizando la participación del estado con las privatizaciones masivas de las empresas públicas, cierre de la banca estatal de fomento y apertura comercial unilateral con capitales extranjeros dirigidos al sector extractivo exportador y a los servicios públicos. (Dancourt, 1999). Estas tres fases son visualizadas en la figura 7, pues la primera fase muestra una ligera tendencia creciente del PBI per cápita en 2.8 % promedio; la segunda fase presenta un claro comportamiento a la baja con una disminución promedio de -2.2% del PIB per cápita, remarcados por los años 1988, 1989 y 1990, donde se observan los hitos más bajos de hasta -11.4%, -14.6% y -6.9% respectivamente; por último, la tercera fase, prácticamente iniciada con la reforma neoliberal de los 90s, muestra una evidente tendencia positiva que continúa con una tasa de crecimiento promedio de PIB per cápita de 3.2 %.

El comportamiento de la economía peruana tiene como uno de sus aspectos principales para su comprensión el efecto del contexto internacional que ejerce sobre él, ello explicado históricamente. El Perú comercialmente frente al resto del mundo convivió con un contexto desfavorable durante los años de 1980 con cero ingresos de capitales privados, fuga de capitales de corto plazo, deterioró de los términos de intercambio agravado por un contexto social delicado por la irrupción violenta de sendero luminoso durante 1981 hasta su captura en el año 1992; en este periodo el Perú registró la peor caída del PBI de su historia económica, ya que para el año de 1990 el Perú registró un PBI per cápita muy parecido al año de 1960, entendiéndose que el país se habría quedado prácticamente congelado por treinta años, por ello la década de 1980 es considerada como la peor del siglo XX siendo denominada como la década pérdida. Durante 1990

y 1997 la situación externa fue regular con ingresos importantes de capitales, pues en 1997 el PBI per cápita ya era 26% más al del 1990; sin embargo, el contexto internacional se vio deteriorado durante 1998 al 2002, donde el ingreso de capitales fue interrumpido y los términos de intercambio vuelven a deteriorarse causada por la crisis rusa. En su sucesivo, en el 2002 el contexto externo fue bastante favorable en el cual los ingresos de capitales incrementaron como nunca antes había sucedido, solo siendo interrumpido por un pequeño quiebre por la crisis financiera del 2009. (Mendoza, 2013)

Adicionalmente, Dancourt (1999) atribuye tres posibles interpretaciones sobre el comportamiento económico del Perú. La primera premisa se basa en la estrategia de crecimiento adoptada en cada periodo, ya que según el desempeño macroeconómico se obtuvo mejores resultados bajo un modelo primario exportador en comparación al modelo de ISI con una fuerte intervención estatal optado en la segunda etapa. Su segunda interpretación es dada por la dependencia de la economía peruana respecto a las fluctuaciones de la economía internacional, ello debido a que el desempeño de la primera etapa coincide con un contexto externo bastante favorable, el mismo que se vio interrumpido a mediados de los años setenta por el shock externo agudizado por la crisis de la deuda externa latinoamericana donde se produjo un estancamiento económico y una elevada inflación, además de atribuir a la afluencia de capitales frente a las bajas tasas de interés externa como claves para la estabilización de precios y expansión del producto agregado durante los primeros años de los noventa en toda América Latina. Por último, las políticas macroeconómicas tomadas históricamente son también adjudicadas al comportamiento económico peruano.

En general, la historia económica del Perú se debe a las políticas económicas internas tomadas por cada uno de los gobiernos de turno condicionados por el comportamiento de la

economía mundial, pues nuestra participación sobre esta es tan pequeña que no tenemos ningún poder de influenciar, si no de lo contrario, somos influenciados y obligados a adaptarnos a las situaciones del mundo exterior.

3.1.3 La reforma neoliberal de los años 90

Antes de los años 90, la economía peruana se regía bajo el modelo de ISI, donde existió la predominancia de la empresa pública para brindar bienes y servicios claves, así como la protección de la industria manufacturera nacional. De acuerdo a la historia del Perú, el modelo ISI impuesto condujo al país a una pésima situación económica, ya que esta etapa se caracterizó por presentar tasas de crecimiento negativo por años consecutivos, niveles de inflación exorbitantes, problemas sociales internos (terrorismo) acompañados de un entorno externo negativo. Por ello, estas razones fueron suficientes para llevar a cabo cambios profundos por el entonces presidente electo Alberto Fujimori, quien inició su primera acción en agosto de 1990. Dichas acciones se conocen como la reforma neoliberal de 1990.

El primer acto de la reforma fue la estabilización monetaria a fin de reducir los niveles de inflación; para ello se instauró el Banco Central de Reserva con una completa autonomía sobre las decisiones de política monetaria; posteriormente se inició con el proceso de liberalización financiera, apertura comercial, privatización de múltiples empresas, la creación de entes reguladores y la fijación de una política fiscal disciplinada a fin de que la economía creciera. (Parodi,2022).

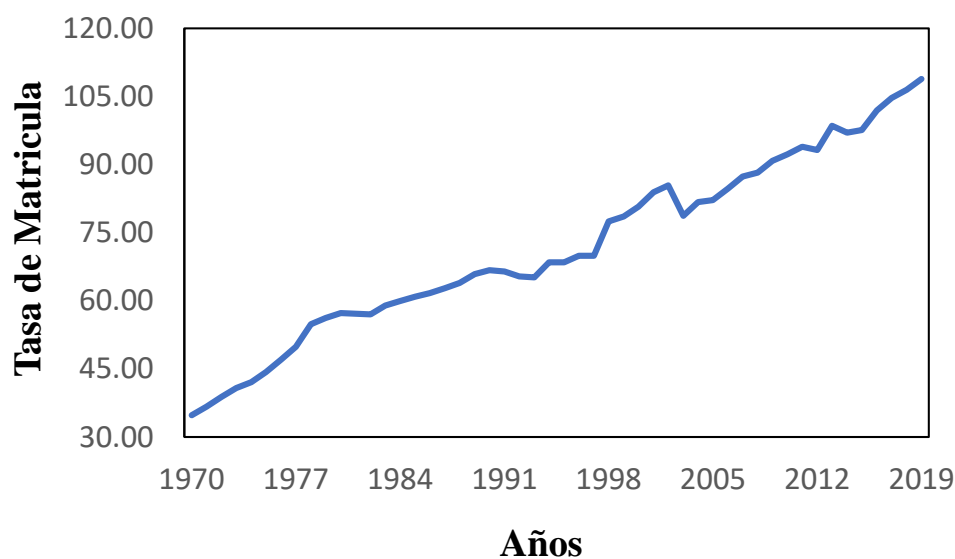
Los resultados económicos derivados del cambio de modelo puede ser visualizada en la figura 7, donde a partir del año 1990 se muestra una clara tendencia creciente del PBI per cápita; sin embargo las cifras no fueron suficientes para poder ser reflejados en desarrollo que mejoren la calidad de vida de los peruanos; por ello Parodi (2022) considera que la estabilidad

macroeconómica es una condición necesaria, pero no suficiente para que una economía crezca y sea plasmada en calidad de vida, por esta razón él considera que la reforma llevada a cabo se quedó en una primera etapa, teniendo pendiente una reforma de segunda generación que implica el fortalecimiento de las instituciones capaces de redistribuir adecuadamente las ganancias del crecimiento.

3.1.3 Educación: Evolución de la tasa de matrícula en el nivel secundario en el Perú durante 1970-2019

Figura 8

Tasa de matrícula en el nivel secundario en el Perú, 1970 - 2019



Nota. La tasa de matrícula en el nivel secundario corresponde al número total de estudiantes matriculados en educación secundaria, independiente de su edad, expresado como porcentaje de la población total en edad oficial de cursar la secundaria.

La tasa bruta de matrícula del nivel secundario considera estudiantes mayores o menores a la edad oficial de este grado; por tanto, se deduce claramente que todos hayan cursado el nivel primario completo. Este indicador en el Perú muestra una tendencia clara de crecimiento con

aumento de hasta el 71% más de alumnos matriculados entre 1970 al 2019, tal y como muestra la figura 8, asimismo se puede observar que la interrupción de mayor claridad ocurrió en el año 2003, teniendo una recuperación inmediata al año siguiente.

3.2 Análisis Inferencial

3.2.1 Confiabilidad de la información

Para la confiabilidad de la estimación de los modelos, estos deben cumplir con los supuestos de Gauss Markov, los cuales son probados mediante las distintas pruebas explicadas a continuación.

La normalidad de los errores que muestran sus resultados de los cálculos en los anexos 4 y 5 gráficamente mediante la estimación de densidad de Kernel que denota un comportamiento acampanado simétrico; por otro lado, las pruebas Shapiro-Wilk y Skewness/ kurtosis presentan probabilidades superiores al 1%, 5% y 10%; por tanto no podemos rechazar la *Ho=Normalidad de errores*, es decir, los residuos presentan media cero, varianza constante y covarianza nula, por ende el modelo es útil para obtener inferencia.

El supuesto de no autocorrelación del primer y segundo orden es verificado mediante la prueba de Breusch-Godfrey mostrada en los anexos 6 y 7, donde se observa que para el nivel de significancia de 1%, 5% y 10% las probabilidades calculadas son mayores en el modelo 1, por tanto la *Ho=No autocorrelación* no es rechazada; en tanto el modelo 2 muestra que la probabilidad calculada es mayor para un nivel de significancia de 1%, por tanto la *Ho=No autocorrelación* es aceptada únicamente a este nivel. Cabe recalcar que el cumplimiento del supuesto de la no autocorrelación en ambos modelos se debe a la inclusión de la variable dependiente rezagada en un periodo como variable explicativa.

El test de Breusch-Pagan muestra valores probabilísticos mayores al 10% (ver anexo 8 y 9) de manera que la $H_0 = \text{No heterocedasticidad}$ no es rechazada, con lo que se corrobora que el término de perturbación de los modelos posee varianza constante.

La multicolinealidad de los modelos es verificada a través del factor de inflación de la varianza (FIV), el cual muestra un valor superior a 10 (Ver anexo 10 y 11), por tanto se afirma que las variables son muy colineales; sin embargo, esta particularidad suele presentarse en el modelo propuesto debido a la forma en que esta fue especificada, en consecuencia estos resultados no deberían causar preocupación, ya que estudios antecesores recolectados en el marco referencial soportan los modelos planteados de este trabajo.

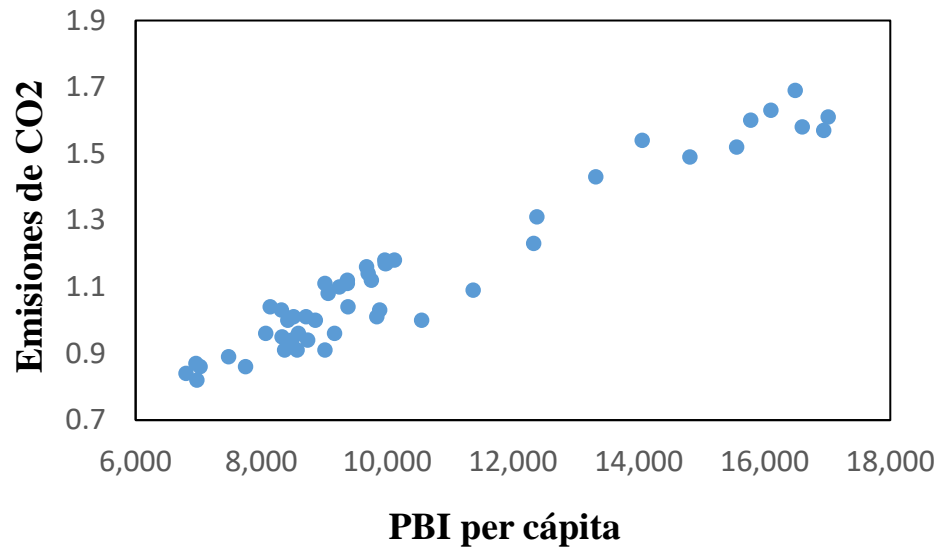
Por otro lado, al tratarse de datos de serie de tiempo se analiza la estacionariedad de las series, es decir, se busca probar que su media y varianza sean constantes en el tiempo y su autocovarianza solo dependa del rezago entre los dos periodos; ello implica que estas medidas sean invariantes respecto al tiempo. La estacionariedad de las series es probada mediante la prueba de Dickey-Fuller Aumentado (DFA) y corroborado en la prueba de Phillips & Perron (anexo 12, 14 y 16). Este estadístico muestra valores por debajo de los valores críticos al nivel de significancia de 1%, 5% y 10%, por tanto, no se rechaza la $H_0 = \text{la serie presenta raíz unitaria o no es estacionaria}$. Ante ello pasamos a probar la estacionariedad de las series en sus primeras diferencias (anexo 13, 15 y 17). Los resultados muestran que los valores del estadístico de DFA y Phillips & Perron son mayores a los valores críticos en los tres niveles de significancia, concluyendo que las series no presentan raíces unitarias o son estacionarias en sus primeras diferencias. Finalmente, estos últimos resultados de la prueba de DFA y Phillips & Perron de cada variable nos ayudan a verificar el cumplimiento del supuesto de cointegración a fin de descartar que los modelos resulten en regresiones espurias. La cointegración implica la combinación lineal

de dos o más series que individualmente no sean estacionarias en niveles, pero sí en sus primeras diferencias; además debe cumplirse que los residuos de la estimación entre dichas series sean estacionarios; entonces las variables cointegran y se obtendrá una relación de largo plazo o de equilibrio entre ellas; por tanto, la metodología tradicional, tal es el uso de las pruebas F y t, son aplicables a las series de tiempo. Los anexos 18 y 19 presentan los resultados de prueba de estacionariedad de los residuos de los modelos. Los valores estadísticos de DFA y Phillips & Perron son mayores a los valores críticos al 1%, 5% y 10% de nivel de significancia, rechazando la *H₀=la serie presenta raíz unitaria o no es estacionaria*, por lo que descartamos que nuestros modelos resulten en regresiones espurias, en otras palabras, las variables están cointegradas o presentan una relación a largo plazo entre variables.

3.2.2 Análisis conjunto de las variables, estimación e interpretación de los modelos

Figura 9

Relación de la emisión de CO2 y el PBI per cápita en el Perú, 1970 - 2019



Como se puede observar en la figura 9, la relación entre las emisiones de CO2 y el PBI per cápita es directa con pendiente positiva; esto nos indica a priori que un incremento en el PBI per cápita sería perjudicial para el medio ambiente reflejado en el aumento de las emisiones de CO2. Esta relación es verificada mediante los modelos propuestos de la siguiente manera.

Modelo 1. A continuación se muestra los resultados de la estimación.

$$CO2_t = -0.1228118 + 0.0000899PBIper_t \pm 0.000000195PBIper_t^2 + 0.4908948L1.CO2_t$$

Tabla 2.

Modelo 1. Estimación entre las emisiones de CO2 per cápita (Ton/hab/año) y el PBI per cápita (S/.por hab) en el Perú

Número de observaciones							49
Prob > F							0.000
R cuadrado							0.9580
R cuadrado ajustado							0.9552
CO2	Coefficientes	Error estándar	t	P> /t/	[Intervalos de confianza 95%]		
PBIper	0.0000899	0.0000245	3.67	0.001	0.0000406	0.0001393	
PBIper2	-1.95E-09	1.10E-09	-1.93	0.060	-3.99E-09	8.74E-11	
CO2 L1.	0.4908948	0.961573	5.11	0.000	0.2972241	0.6845656	
_cons	-0.1228118	0.1456086	-0.84	0.403	-0.4160825	0.1704589	

Los resultados muestran que el PBI per cápita no contribuye a la reducción de las emisiones de CO2, ello bajo un nivel de significancia de 5 % y 1 %; por lo contrario, el incremento progresivo del PBI per cápita provoca el aumento de las emisiones CO2; es decir, a medida que el PBI per cápita aumente en 1 sol en promedio, conduce al incremento de alrededor de 0.0000899 de toneladas métricas de emisiones per cápita de CO2 al año. El aumento sucesivo del nivel de ingresos de las personas en gran medida se debe a los altos niveles de producción de bienes y servicios que pueda presentar una nación, que en el caso peruano al ser una economía en crecimiento se caracteriza por ser una producción intensiva, extractiva y con una industria poco sofisticada, lo que conlleva a que se generen más emisiones de gases que contribuyen a la degradación ambiental, siendo las emisiones de CO2 la más representativa.

Por otro lado, se observa que el CO2 depende de sí mismo rezagado en un periodo, en otras palabras, nos referimos a que, si en el pasado hubo un incremento de 1 tonelada métrica de emisiones de CO2, en el presente se incrementa en promedio en 0.49 toneladas métricas de emisiones per cápita de CO2.

Modelo 2. La estimación del modelo se muestra en la siguiente ecuación y la tabla 3.

$$CO2_t = 0.783944 + 0.0000802PBIper_t + 0.0000000962PBIper_t^2 - 0.0013207TMS_t + 0.3841414L1.CO2_t$$

Tabla 3

Modelo 2. Estimación entre las emisiones de CO2 per cápita (Ton/hab/año), el PBI per cápita (\$/por hab) y tasa de matrícula en el nivel secundario (%) en el Perú

Número de observaciones								49
Prob > F								0.000
R cuadrado								0.9616
R cuadrado ajustado								0.9581
CO2	Coefficientes	Error estándar	t	P> /t/	[Intervalos de confianza 95%]			
CO2 L1.	0.3841414	0.961573	3.59	0.001	0.1685157	0.5997671		
PBIper	0.0000802	0.0000245	3.31	0.002	0.0000314	0.0001289		
PBIper2	-9.62E-10	1.10E-09	-0.88	0.385	-3.17E-09	1.25E-09		
TMS	-0.0013207	0.0006538	-2.02	0.050	-0.0026385	-2.98E-06		
_cons	0.0783944	0.1725279	0.45	0.652	-0.2693127	0.4261015		

De acuerdo a la regresión estimada del modelo 2 y al igual que el modelo anterior, se evidencia que el PBI per cápita no contribuye a la reducción de las emisiones de CO2, pues el p-valor del coeficiente de la variable producción es menor a los niveles de significancia de 10%, 5% y 1%, concluyendo que el coeficiente es estadísticamente significativo; por consiguiente, el incremento progresivo del PBI per cápita presenta una relación directa y significativa respecto a las emisiones de CO2, haciendo que este último incremente en 0.0000802 toneladas métricas por año. Esta situación se explica en el sentido de que el Perú se caracteriza por ser una economía en desarrollo, que en términos de la hipótesis de la CKA el país aún se encuentra en la primera etapa de desarrollo, el cual es determinada por la producción intensiva en uso de recursos con uso de tecnologías no eficientes, acumulación de desperdicios y concentración de contaminantes que derivan únicamente en pérdidas en términos de calidad ambiental.

Por otro lado, existe una relación negativa entre las emisiones de CO₂ y la tasa de matrícula de inscripción escolar en nivel secundario ante un nivel de significancia de 1% y 5%, es decir, un incremento de 1% en la tasa de matrícula escolar en el nivel secundario genera una reducción promedio de 0.0013 de toneladas métricas per cápita de emisiones de CO₂ por año, por lo que se deduce que una mayor población con un nivel de educación secundario permite una mejor calidad ambiental y una reducción de la degradación ambiental, puesto a que la población más educada suele ser más consciente y controlada en su consumo.

Finalmente, se tiene que CO₂ depende de sí misma en el pasado; vale decir que, si en el pasado hubo un incremento de 1 tonelada métrica per cápita de emisiones de CO₂, en el presente se incrementa en promedio en 0.38 toneladas per cápita de emisiones de CO₂.

3.2.3 Análisis de estabilidad estructural de los modelos.

Durante el periodo de análisis, la economía peruana tuvo un cambio sustancial el año 1990, fecha en la cual se da inicio al cambio de modelo económico pasando de un modelo ISI hacia un modelo neoliberal; es por ello por lo que se considera importante analizar la existencia de cambio estructural tanto del modelo 1 y 2 a fin de corroborar la estabilidad de los parámetros que acompañan al PBI_{per}, es decir se, busca ver si estos sufrieron algún cambio en su comportamiento en el tiempo.

Primero, optamos por la inclusión de una variable dummy (Dum), el cual toma valores igual a cero durante 1970-1989 (subperiodo 1) y valores igual a uno entre 1990-2019 (subperiodo 2). Esta variable es incluida de manera aditiva para poder detectar la existencia de una variación de intercepto; además, se incluye de forma interactiva o multiplicativa al PBI per cápita a fin de diferenciar la variación de coeficiente de la pendiente entre ambos subperíodos

La prueba de estabilidad del modelo 1 se plantea de la siguiente manera:

$$CO2_t = \gamma_0 + \gamma_1 PBIper_t + \gamma_2 PBIper_t^2 + \alpha_2 (Dum_t * PBIper_t + \gamma_3 L1.CO2_t + \alpha_1 Dum_t + \varepsilon_t$$

$$CO2_t = -0.194221 + 0.000097 PBIper_t - 0.000000105 PBIper_t^2 \pm 0.0000227 (Dum_t$$

$$* PBIper_t) + 0.4638117 L1.CO2_t + 0.2012799 Dum_t$$

El resultado de la estimación se muestra en la Tabla 4. Aquí denotamos que el coeficiente de Dum y Dum*PBIper presentan probabilidades muy por encima de valores del nivel de significancia al 1%, 5% y 10%, por tanto, no son significancia estadística, concluyendo que no existe un cambio estructural en el modelo 1.

Tabla 4

Prueba de estabilidad de modelo 1 mediante la inclusión de variables dummies

Número de observaciones						49
Prob > F						0.0000
R cuadrado						0.9598
R cuadrado ajustado						0.9551
CO2					[Intervalos de confianza 95%]	
	Coeficientes	Error estándar	t	P> /t/		
PBIper	0.0000927	0.000252	3.68	0.001	0.0000419	0.0001434
PBIper2	-1.05E-09	1.26E-09	-0.84	0.408	-3.59E-09	1.49E-09
Dum*PBIper	-0.0000227	0.0000167	-1.36	0.180	-0.0000563	0.0001090
CO2 L1.	0.4638117	0.1107353	4.19	0.000	0.2404927	0.6871306
Dum	0.2012799	0.1511514	1.33	0.190	-10%35459	0.5061057
_cons	-0.194221	0.174186	-1.12	0.271	-0.5444007	0.1570586

Nota: Los resultados fueron obtenidos mediante el programa Stata 15.

Por otro lado, la prueba de estabilidad del modelo 2 se muestra como:

$$CO2_t = \gamma_0 + \gamma_1 PBIper_t + \gamma_2 PBIper_t^2 + \alpha_2 (Dum_t * PBIper_t) + \gamma_3 TMS_t + \gamma_4 L1.CO2_t$$

$$+ \alpha_1 Dum_t + \varepsilon_t$$

$$CO2_t = 0.1412061 + 0.000821PBIper_t - 0.000000129PBIper_t^2 + 0.000811(Dum_t * PBIper_t) + 0.00311581TMS_t + 0.4198345L1.CO2_t - 0.0082131Dum_t + \varepsilon_t$$

Los resultados de la estimación son mostrados en la Tabla 4, que al igual que el modelo 1, las variables Dum y Dum*PBIper presentan probabilidades mayores al nivel de significancia del 1%, 5% y 10%; por tanto, no son estadísticamente significativas, llegando a la conclusión de que el modelo 2 tampoco sufre un cambio estructural en el tiempo de evaluación.

Tabla 5.

Prueba de estabilidad de modelo 2 mediante la inclusión de variables dummies

Número de observaciones						49
Prob > F						0.0000
R cuadrado						0.9654
R cuadrado ajustado						0.9605
CO2					[Intervalos de confianza 95%]	
	Coeficientes	Error estándar	t	P> /t/		
PBIper	0.000821	0.0000239	3.43	0.001	0.0000337	0.0001304
PBIper2	-1.29E-09	1.18E-09	-1.09	0.281	-3.68E-09	1.10E-09
Dum*PBIper	8.11E-06	0.0000196	0.41	0.680	-0.0000313	0.0000476
TMS	0.0031581	0.0012043	-2.62	1%2	-0.0055885	-0.0007277
CO2 L1.	0.4198345	10%52104	3.99	0.000	0.2075112	0.6321578
Dum	-0.0082131	0.1627332	-5%	0.960	-0.3366220	0.3201858
_cons	0.14120606	0.207509	0.68	0.500	-0.2775096	0.5600307

Nota: Los resultados fueron obtenidos mediante el programa Stata 15.

Los resultados mostrados son corroborados mediante la prueba de quiebre estructural de Chow (Anexo 20 y 21), ya que este estadístico indica probabilidades mayores al nivel de confianza del 5% en ambos casos por lo que no se puede rechazar la *Ho: La serie no presenta cambio estructural*. Adicionalmente, se realizan las pruebas gráficas de Cusum y Cusum cuadrado (Anexo 22 y 23), los mismos que se encaminan dentro de los parámetros establecidos (líneas punteadas de

color azul), por tanto, apoyan la conclusión de que ambos modelos son estables durante el tiempo de análisis, descartando la existencia de cambio estructural en los parámetros de los coeficientes.

La estabilidad de los modelos nos conduce a afirmar que, pese a que la economía peruana haya sufrido un cambio significativo en el modelo económico en el año de 1990, esto no se vio reflejado en el comportamiento de la relación entre las variables, tanto a nivel de intercepto y pendiente.

En general, ambos modelos, así como en sus análisis de estabilidad, presentan una relación directa y creciente entre las emisiones de CO₂ y el PBI per cápita y la no significancia estadística del PBI per cápita elevado al cuadrado, con lo que se verifica la ausencia de la existencia de la curva de u invertida de Kuznet para el caso peruano, a pesar de los buenos resultados económicos mostrados a partir de la reforma neoliberal. Esta situación en cierto modo se explica en el sentido de que la reforma fue únicamente enfocada sobre el cambio de modelo económico, política económica fiscal y monetaria, más no en una reforma institucional, pues tal y como Parodi (2022) afirma, la reforma no fue un fracaso si no que esta faltó ser complementada por una reforma institucional, ya que la reforma económica no es sostenible sin un cambio profundo en las instituciones encargadas de plasmar los buenos resultados económicos, debido a que esta última brinda las leyes y reglamentos en el cual opera y rigen los agentes económicos del país; además hace mención que la estabilidad macroeconómica es una condición necesaria para el crecimiento económico, pero no suficiente para elevar la calidad de vida de los ciudadanos. En ese sentido, el aspecto ambiental es una situación implícita de calidad de vida derivada del desarrollo económico, el cual probablemente se verá reflejado en el caso peruano cuando se obtengan instituciones fortalecidas capaces de plasmar una mayor producción (crecimiento económico) en mejores condiciones educacionales, salubridad, social y tal es nuestro caso el aspecto ambiental, como por

ejemplo mayores regulaciones ambientales con fines de disminuir externalidades negativas en nuestro medio. Dicho ello, volvemos a remarcar que la relación del PBI per cápita sobre las emisiones de CO₂ durante el periodo de análisis son derivados únicamente de aspectos macroeconómicos ausentes de instituciones fortalecidas; por ende, es claro que de acuerdo a la teoría de la CKA el Perú se encuentra en una etapa de crecimiento caracterizada por una producción intensiva y extractiva, desembocando únicamente en daños sobre el medio ambiente.

3.2.4 Validación de la hipótesis planteada por la investigación

H1: El PBI per cápita incide de manera directa sobre las emisiones de CO₂ por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019.

Esta afirmación es válida para los resultados del primer y segundo modelo, donde efectivamente la variable PBI per cápita es desfavorable para reducir la contaminación ambiental, medido por las emisiones de CO₂. El p-valor de los coeficientes de la variable PBI per cápita son estadísticamente significativos, ya que sus valores se encuentran bajo los niveles de significancia de 10%, 5% y 1%, por lo que se concluye en que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternante, lo que significa que a medida que el nivel de ingresos de las personas, medido por el PBI per cápita, aumente, va a generar que la contaminación ambiental, medida por las emisiones de CO₂ por habitante, también aumente. En resumen, se muestra una relación directa y significativa a lo largo del periodo: 1970-2019.

H2: La tasa de matrícula en el nivel secundario incide de manera inversa sobre las emisiones de CO₂ por habitante en el Perú durante el periodo 1970 – 2019.

Esta afirmación es válida para el resultado del segundo modelo en donde, efectivamente, la variable tasa de matrícula en el nivel secundario genera una menor producción de emisiones de

CO₂, permitiendo reducir la degradación ambiental. El p-valor del coeficiente de tasa de matrícula en el nivel secundario es estadísticamente significativo, ya que su valor se encuentra bajo los niveles de significancia de 10% y 5%, concluyendo en que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternante, lo que significa que a medida que la variable educación, medido por la tasa de matrícula, aumente, va a generar que la contaminación ambiental, medido por las emisiones de CO₂ por habitante, disminuya. En resumen, se muestra una relación inversa y significativa a lo largo del periodo: 1970-2019.

H3: La reforma económica de los años 90s provocó un cambio estructural en el comportamiento del PBI per cápita sobre las emisiones de CO₂ por habitante en el Perú.

Esta afirmación es falsa para el resultado de ambos modelos, pues las variables dicótomas añadidas de manera aditiva y multiplicativa muestran ser no significativas. El p-valor obtenido es mayor a los niveles de significancia de 10%, 5% y 1%, concluyendo en que hay suficiente evidencia para no aceptar la hipótesis alternante, lo que significa que a medida que la reforma neoliberal de 1990 no generó ningún cambio en el intercepto y pendiente de los parámetros que acompañan al PBI per cápita. En resumen, se muestra estabilidad la de los parámetros de los modelos durante 1970-2019.

3.2.3 Validación de la hipótesis general planteada por la investigación

Respecto a la hipótesis general planteada: “La producción incide de manera directa sobre la contaminación ambiental per cápita en el Perú durante el periodo 1970-2019”. Este enunciado es verdadero, corroborados mediante la única influencia del PBI per cápita (modelo 1), así como de está acompañada la variable educación (modelo 2). Ambos estables en tiempo de análisis.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con las estimaciones del primer y segundo modelo, los resultados muestran la existencia de una relación significativa y creciente para las emisiones de CO₂ respecto al PBI per cápita, por lo que se concluye que una mayor producción conlleva a mayores niveles de contaminación; en otras palabras, el Perú se encontraría en la primera etapa de la CKA, rechazando así la forma de u invertida de la CKA.

Los resultados muestran que este hallazgo coincide con los estudios realizados por Akbostanci, Türüt-Asik y Tunc (2009) para el caso de Turquía; Fodha y Zaghdoud (2010), Túnez; Tan, Lean y Khan (2014), Singapur; Gill, Viswanathan y Hassan (2018), Malasia; quienes llegan a una conclusión común y compartido con este trabajo de investigación, que es una relación directa y creciente entre las emisiones de CO₂ y el PBI per cápita, por tanto una clara ausencia de la forma de u invertida para cada país en estudio, dándose el caso en que cada nación todavía se encuentra en la primera fase de la CKA con una curva monótonamente creciente; sin embargo, ha de resaltarse que los resultados derivados del caso de Singapur, el cual añade como variable independiente adicional a su modelo el consumo de energía, muestra un posible punto de inflexión en el año 2010, al cual los autores atribuyen a la puesta en marcha de la ley de control de contaminación dada en 1990. Este último punto análogamente es sugerido por Gill, Viswanathan y Hassan (2018, quienes consideran que acciones dirigidas a impulsar mayores ingresos per cápita deben ir acompañadas de medidas proactivas ambientales.

A nivel de América Latina y el Caribe también se encontraron resultados acordes con lo concluido, tal es el caso de Correa (2005) en Colombia; Pinilla Rivera, Diaz y Sánchez (2018) para

los países de Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Ecuador, México, Paraguay y Perú; pero resultados distintos en Uruguay y Colombia al tratarse de un análisis de panel data. Vergara, Maza y Quesada (2018) también analizaron la situación en los países sudamericanos concluyendo que mayores ingresos conducen a una mayor polución ambiental, el cual asocian al sistema económico actual en el que se rigen dichos países.

Para el caso peruano tenemos a Litano (2012), Huanchi y Calsin (2015), Asencios (2020), Minaya (2018, y Durand y Koc (2021), quienes dedujeron resultados iguales a los obtenidos en esta investigación, a pesar de que los dos últimos autores mencionados desarrollaron su investigación teniendo como variable proxy de la contaminación la producción de residuos sólidos, el cual es equivalente de las emisiones de CO₂ utilizadas por los otros trabajos.

Por otro lado, los resultados muestran ser muy distintos a los presentados por Catalán (2014), quien realizó su análisis en 144 países y Koc y Bulus (2020) en Corea del Sur. En ambos casos se encuentra una relación en forma de n entre las emisiones de CO₂ y el PBI per cápita; acorde a la teoría, los países que muestran este comportamiento lograron obtener una CKA en forma de u invertida por un periodo de tiempo para después retornar al comportamiento de una curva positiva y creciente, es decir que en un primer momento dichos países mantuvieron una relación creciente con el deterioro ambiental hasta llegar a un punto de inflexión donde la relación cambia a decreciente, pero este comportamiento no fue sostenible en el tiempo puesto que a cierto nivel de ingresos per cápita la relación con la contaminación ambiental vuelve a ser positiva. Koc y Bulus (2020) atribuyen que dicha situación podría ser explicada en que la economía coreana habría descuidado implementar medidas ambientales a la par de su acelerado crecimiento económico. Cabe mencionar que al igual que esta investigación, estos autores propusieron variables explicativas adicionales como la eficiencia energética, porcentaje de áreas protegidas

respecto al área total, porcentaje de servicios respecto al PBI, apertura comercial y usos de energía renovable.

También se muestran otros hallazgos diferenciados, tal es el caso de Cantos y Balsalobre (2011) en España y El Alaoui y Nekrache (2019) para Marruecos, Túnez, Egipto y Argelia, que mostraron lograr superar el punto de inflexión, a excepción de Egipto, pasando de una relación creciente hacia una decreciente de la contaminación ambiental ante mayores niveles de PBI per cápita, ello muestra una u invertida de la CKA, ya sea por una cultura de mayor valorización del medio ambiente o la incorporación de tecnologías limpias. Para el caso español, la inclusión de la variable del uso de energías renovables respecto a las no renovables ha contribuido efectivamente a la corrección del deterioro ambiental. Por ende, los autores enfatizan que son necesarias las políticas ambientales para el incentivo de procesos de innovación tecnológica a fin de reducir costos de producción.

Adicionalmente, la variable educación, medida por el indicador de la tasa de matrícula en el nivel secundario, muestra que su incremento genera una menor emisión de CO₂, permitiendo reducir la degradación ambiental. Este hallazgo coincide a nivel internacional con los estudios de Alaoui y Nekrache (2019), con Correa (2005) a nivel de Latinoamérica y con Abarca (2022) a nivel peruano, este último específicamente con estudio realizado en el distrito de Machupicchu.

CONCLUSIONES

El estudio presentado muestra el análisis de la relación entre la producción y la contaminación per cápita en el Perú bajo la teoría de la curva de Kuznets ambiental durante los años de 1970 al 2019. La metodología incluyó la propuesta de dos modelos; el primero muestra la relación entre el PBI per cápita y las emisiones de CO₂, teniendo el modelo base de la teoría de CKA; el segundo, a diferencia del modelo 1, adiciona la variable educación medida por la tasa de matrícula en el nivel secundario (TMS) como variable adicional referida a un modelo de la CKA ampliado. Asimismo, se realizó un análisis de estructura para medir los cambios en los parámetros de los modelos provocados por la reforma neoliberal iniciada en el año 1990.

1. El primer objetivo planteado fue el de explicar la incidencia entre la producción y la contaminación ambiental per cápita en el Perú durante el periodo 1970-2019. Entonces conforme a los resultados de la estimación de los modelos 1 y 2, el PBI per cápita incide significativamente de manera directa sobre las emisiones de CO₂. Las magnitudes de sus influencias en ambos casos difieren ligeramente, pues en el primer modelo se tiene que la variación de un sol de producción por persona genera el incremento en 0.0000821 toneladas métricas de emisiones de CO₂ en comparación con un leve descenso en el segundo modelo, donde la variabilidad sobre las emisiones de CO₂ es de 0.0000802 toneladas métricas; vale decir desagregadamente que producir un sol de bienes y servicios desemboca en la emisión de 0.0821 y 0.0802 kilogramos de CO₂ por persona al año, respectivamente. En tanto la variable el PBI per cápita elevado al cuadrado no genera ningún tipo de influencia significativa en ambos modelos, por lo que se deduce que el Perú se encuentra en la primera etapa de la CKA, ya que muestra una relación directa entre producción y contaminación ambiental, descartando la existencia de una curva ambiental en forma de u invertida.

2. El segundo objetivo específico se refiere a explicar la incidencia de la tasa de matrícula en el nivel secundario sobre las emisiones de CO₂ por habitante en el Perú durante el periodo 1970–2019. En este caso, los resultados muestran que la tasa de matrícula en el nivel secundario incide de manera inversa y significativamente sobre las emisiones de CO₂. En consecuencia, los resultados indican que el aumento en 1% de la población matriculada en el nivel secundario ocasiona la reducción de 0.00132 toneladas métricas (1.32 Kilogramos) de emisiones de CO₂ al año. Ello podría ser explicado de modo que una mayor población matriculada en este nivel académico resulta ser más instruida, consciente de querer lograr una mejor calidad de vida y, por ende, una mayor demanda de calidad ambiental.
3. Como tercer objetivo, se propuso determinar la existencia de cambio estructural en el comportamiento del PBI per cápita sobre las emisiones de CO₂ por habitante provocado por la reforma económica de los años 90s en el Perú. Los resultados muestran que la reforma neoliberal del gobierno de Fujimori no tuvo ningún tipo de efecto significativo sobre el comportamiento entre las variables de estudio, es decir, no provocó ningún cambio estructural en el comportamiento de PBI per cápita sobre las emisiones de CO₂, pues las variables dummies (Dum y Dum*PBIper) añadidas a los modelos con el fin de medir la variación de los parámetros, resultaron ser no significativas para el modelo 1 y 2, ya que mostraron P-valor por encima de los niveles de significancia del 1%, 5% y 10%. Además, dichos resultados son verificados por la prueba de cambio estructural de Chow, Cusum, Cusum cuadrado. Este hecho podría atribuirse a que en nuestro país la reforma fue enfocada únicamente en aspectos de cambio de modelo, políticas económicas y monetarias, más no de una reforma institucional, pilar en el que descansa la función de plasmar las mejoras económicas en desarrollo de un país, concentrándose en una mejor calidad de vida, siendo uno de estos aspectos la calidad ambiental, puesto a que las instituciones fortalecidas son

capaces de generar y hacer cumplir las políticas, planes y leyes reguladoras del comportamiento de los agentes económicos a fin de reducir las emisiones y protección en general del medio ambiente.

4. Finalmente, como objetivo general, se planteó explicar la incidencia entre la producción y la contaminación ambiental per cápita en el Perú durante el periodo 1970-2019. Los resultados obtenidos muestran que la mayor producción en el Perú derivado del crecimiento económico no reducirá por sí sola la degradación ambiental, sino que esta debe ser acompañada por cambios tecnológicos con industrias menos nocivas e instituciones fortalecidas capaces de implementar y hacer cumplir las políticas y planes estratégicos, mediante el cual los gobiernos puedan tomar medidas correctivas que permitan reducir daños ambientales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los entes pertinentes, como es el Minam, OEFA, gobiernos regionales y locales dentro de sus competencias desarrollar políticas, planes u ordenanzas ambientales que permitan mitigar las consecuencias de una mayor producción derivadas del crecimiento económico. No solo se espera la elaboración de dichas medidas sino que estas sean ejecutadas, pues incluso estas ya existen y se encuentran plasmadas en políticas y planes dentro del Acuerdo Nacional e incluso consideradas dentro del marco macroeconómico multianual como variable climática condicionante de desarrollo económico, el cual hasta la fecha al parecer los esfuerzos de los implicados no han sido suficientes para encaminar los avances al logro de los compromisos que el Perú mantiene ante la Convención de Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático al cual el Perú pertenece desde 1992 y su más actual compromiso con el Acuerdo de París.

Se recomienda al Ministerio de Educación, como ente rector, de seguir promoviendo y fortaleciendo la educación en la sociedad e incluir en el sistema educativo nacional el desarrollo de la participación, ecoeficiencia y buenas prácticas ciudadanas para valorar y gestionar sostenible y responsablemente nuestro patrimonio y medio ambiente. Además, se recomienda a la población de seguir considerando la educación básica y su continuación con una educación superior como una opción de mejorar su calidad de vida que no solo está enfocado en aspectos económicos sino también en lo social y ambiental.

Se recomienda al gobierno de turno de impulsar las competencias ambientales institucionales en los tres niveles de gobierno, el cual va a permitir consolidar el ejercicio de la autoridad ambiental para contribuir al desarrollo sostenible del país. Por ello sugerimos a los gobiernos de turno abocarse a fortalecer las instituciones del aparato estatal a fin de hacer cumplir

las políticas y planes ambientales que permitan mitigar las externalidades negativas sobre nuestro medio que reduzcan la calidad de vida de los peruanos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abarca Casós, S. G. (2022). *Impacto del turismo en la generación de residuos sólidos municipales en el distrito de machupicchu desde una perspectiva de la curva medio ambiental de kuznets, 2002-2019*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Akbostanci, E., Türüt-Aşık, S., & Tunç, G. I. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: ¿Is there an environmental Kuznetss curve? *Energy Policy*, 37(3), 861–867. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.088>
- AQUAE Fundación. (2021, 22 de septiembre). *¿Qué es la contaminación ambiental?*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-contaminacion>
- Asencios Lescano, F. A. (2020). *Impacto del consumo de fuentes de energia, sistema financiero, apertura comercial e ingreso en la degradacion ambiental en el Perú desde 1971 - 2014*. Universidad de Lima.
- Asociación Fondo de Investigadores y Editores.(2012). *Economía:Enfoque social*.
- Banco Mundial. (1992). *Informe sobre el Desarrollo Mundial 1992*. <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documents-reports/documentdetail/682651468778802192/resumen-del-informe-sobre-el-desarrollo-mundial-1992-desarrollo-y-medio-ambiente>
- BBVA. (06 de Octubre de 2024). *¿Qué es el dióxido de carbono (CO2) y cómo impacta en el planeta?*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-dioxido-de-carbono-co2-y-como-impacta-en-el-planeta/>
- Camacho de Báez, B. (2008). *Metodología de la investigación científica : un camino fácil de recorrer para todos*. Editorial UPTC <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3933>
- Cantos, J. M., & Balsalobre Lorente, D. (2011). *Las energías renovables en la Curva de Kuznetss*

- Ambiental: Una aplicación para España. *Estudios de Economía Aplicada*, 29, 2, 17.
<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdnp&AN=edsdnp.3740106ART&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznetss: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, 19–37. [https://doi.org/10.1016/s0185-0849\(14\)72172-3](https://doi.org/10.1016/s0185-0849(14)72172-3)
- Chirinos, R. G. (2021). ¿Cuánto contamina el Perú y que se hace al respecto? *Revista Moneda*, 60-64.
- Correa, R. F. (2004). Crecimiento económico y Ambiente : Una revisión analítica de la curva de ambiental de Kuznets. *Semestre Económico*, 7(14), 73–104.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013658003>
- Correa Restrepo, F., Vasco Ramirez, A. F., & Perez Montoya, C. (2005). La Curva Medioambiental de Kuznets: Evidencia empírica para Colombia. *Semestre Económico*, 8(15), 13–30. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013659001>
- Dancourt, O. (1999). Reforma neoliberal y política macroeconómica en el Perú. *Revista CEPAL*, 49-70.
- Decreto Supremo N° 002-2017-MINAM.Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Ministerio del Ambiente (28 de abril del 2017). Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/D.S-N%C2%B0-002-2017-MINAM1.pdf
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznetss Curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Durand Santa María, R. P., & Koc Olcese, C. L. (2021). *Impacto del crecimiento económico en la contaminación ambiental en el Perú: Análisis de Kuznets para el periodo 1980-2019*.

Universidad San Ignacio de Loyola.

- El Alaoui, A., & Nekrache, H. (2019). Economic Growth and Environment: An Empirical Analysis Applied to Morocco, Algeria, Tunisia, and Egypt. In *Human and Environmental Security in the Era of Global Risks* (pp. 357–376). Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92828-9_18
- Fodha, M., & Zaghoud, O. (2010). Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: An empirical analysis of the environmental Kuznetss curve. *Energy Policy*, 38(2), 1150–1156. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.002>
- Gill, A. R., Viswanathan; K., K., & Hassan, S. (2018). A test of environmental Kuznetss curve (EKC) for carbon emission and potential of renewable energy to reduce Green House Gases (GHG) in Malaysia. *Environment, Development and Sustainability*, 20(3), 1103–1114. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9929-5>
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. In *National Bureau of Economic Research* (Issue 3914). <https://doi.org/10.3386/w3914>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic Growth an the Enviroment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2118443>
- Abarca Casós, S. G. (2022). *Impacto del turismo en la generación de residuos sólidos municipales en el distrito de machupicchu desde una perspectiva de la curva medio ambiental de kuznets, 2002-2019*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014). *Cambio Climático 2014: Informe de Síntesis*.

- Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC). (2013). *Cambio climático 2013: Bases físicas, resumen para responsables de políticas, resumen técnico y preguntas frecuentes*.
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPA NISH.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPA_NISH.pdf)
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría*. México: McGraw-Hill Interamericana editores S.A.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed). McGraw-Hill / Interamericana editores, S.A.
- Huanchi Mamani, W. A., & Calsin Quispe, G. (2015a). Curva Ambiental de Kuznets: Evidencia empírica para la Economía peruana, periodo 1972-2010. *Semestre Económico*, 04(2), 107–133.
- Iwata, H., Okada, K., & Samreth, S. (2010). Empirical study on the environmental Kuznetss curve for CO₂ in France: The role of nuclear energy. *Energy Policy*, 38(8), 4057–4063.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.031>
- Instituto Peruano de Economía. (2013, 10 de abril). *Crecimiento Económico*.
<https://www.ipe.org.pe/portal/crecimiento-economico>
- Koc, S., & Bulus, G. C. (2020). Testing validity of the EKC hypothesis in South Korea: role of renewable energy and trade openness. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09172-7>
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28. <https://doi.org/10.1257/aer.99.2.i>
- Litano, W. E. (2012). *Estimación de la Curva de Kuzne en la Economía Peruana: Producción y*

- medio Ambiente. Periodo:1970-2010.* Universidad Nacional de Piura.
- Mendoza, W. (2014). *Cómo investigan los economistas. Guía para elaborar y desarrollar un proyecto de investigación* (Primera Ed). Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Mnedaza Enrique, M. (2015). *La curva medioambiental de Kuznets: ¿Un modelo fiable sobre la degradación ambiental?* [Tesis de pregrad, Universidad de la Rioja]
- Mendoza, W. (2013). Milagro peruano: ¿Buena suerte o buenas políticas? *Economía*, 35-90.
- Minaya, G. A. (2018). *La Curva de Kuznetss Ambiental (CKA) basada en el Indicador de Consumo Material Doméstico (CDM): Perú , 1970-2015* .Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ministerio de Ambiente. (2016). *Salud y ambiente. Aprende a prevenir los efectos del mercurio: Salud y Ambiente* (Vol. 1, pp. 3–32). <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2486-aprende-a-prevenir-los-efectos-del-mercurio-salud-y-ambiente>
- Ministerio del Ambiente. (2016). *El Perú y el Cambio Climático Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.*
- Ministerio del Ambiente. (2021, 25 de Julio). *Aprueban Política Nacional del Ambiente al 2030.* <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-politica-nacional-ambiente-2030>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2010, 08 de abril). *Conoce lo conceptos básicos para comprender la economía del país.* https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=esES&Itemid=100828&view=article&catid=0&id=61&lang=es-ES
- Ministerio de Ambiente (MINAM). (2019). *Documento de resultados del Inventario Nacional de Efecto Invernadero 2000-2019.*
- Mullo Parco, A. O. (2020). *Crecimiento económico y medio ambiente: aplicación de la Curva*

- Ambiental de Kuznetss para el Ecuador, periodo 1970-2015*. Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7646/1/06678.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. 29. <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/el-acuerdo-de-paris>.
- Ortiz, M. & Winkelried, D. (Eds).(2022). Hitos de la reforma macroeconómica en el Perú 1990-2020: la recompensa de los tamías. Universidad del Pacífico. <https://doi.org/10.21678/978-9972-57-486-3>
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. In *International Labour Organization*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/79436985/93B09_31_engl-libre.pdf?1642973134=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEmpirical_tests_and_policy_analysis_of_e.pdf&Expires=1698032259&Signature](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/79436985/93B09_31_engl-libre.pdf?1642973134=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEmpirical_tests_and_policy_analysis_of_e.pdf&Expires=1698032259&Signature=)
- Panayotou, T. (1994). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. In *Pacific and Asian Journal of Energy* (Vol. 4, Issue 1).
- Panayotou, T. (2000). Economic Growth and the Environment. In *CID Working Paper Series*. <https://www.hks.harvard.edu/centers/cid/publications>
- Paraskevopoulos, D. (2009). An Empirical Analysis of the Environmental Kuznetss Curve Hypothesis Over Two Centuries : Evidence from the UK and US. In *University of Macedonia, Department of Economics*.
- Pinilla Rivera, M., Díaz Rodríguez, C., & Sánchez Buendía, E. E. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO2 en América Latina, 1990-2015. *Semestre Económico*, 21(49), 41–55. <https://doi.org/10.22395/seec.v21n49a2>

- Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: Is there a Kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147–162. <https://doi.org/10.1006/jeem.1994.1031>
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge:Cambridge University Press.
- Tan, F., Lean, H. H., & Khan, H. (2014). Growth and environmental quality in Singapore: Is there any trade-off? *Ecological Indicators*, 47, 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.035>
- Transparency Climate. (2019). *Brown to Green: La transición del G20 hacía una Economía de emisiones netas cero*. <http://www.climate-transparency.org/g20-climate-performance/g20report2019>
- United Nations Environment Programme. (2016). *Resumen de las evaluaciones regionales del sexto informe sobre las perspectivas del medio ambiente mundial GEO-6: Resultados principales y mensajes políticos*.
- Vergara Schmalbach, J. C., Maza Avila, F. J., & Quesada Ibargüen, V. M. (2018). Crecimiento

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

PRODUCCIÓN Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL PER CÁPITA EN EL PERÚ BAJO LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL: 1970-2019				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPOTESIS GENERAL</u>	VARIABLE DEPENDIENTE: Y: Contaminación Ambiental INDICADORES: Y1: Emisiones de CO2 per cápita VARIABLE INDEPENDIENTE: X1: Producción Z1: Educación INDICADORES: X1: PBI per cápita Z1: Tasa Bruta de Matricula en el Nivel Secundario	<u>DESEÑO DE INVESTIGACIÓN</u> No experimental <u>ENFOQUE DE LA INSTIGACIÓN</u> Cuantitativo <u>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</u> Hipotético deductivo <u>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</u> Descriptivo - Explicativo <u>POBLACIÓN</u> Toda la serie de datos registrada en el tiempo de los indicadores de las variables. <u>MUESTRA</u> La serie de datos comprendida dentro del periodo de 1970-2019 <u>TÉCNICAS</u> Análisis Documental <u>MÉTODO DE ANÁLISIS</u> Análisis relacional estadístico y econométrico. Contaminación Ambiental en función de Producción.
¿Cuál es la incidencia de la producción sobre la contaminación ambiental per cápita en el Perú durante el periodo 1970-2019?	Explicar la incidencia entre la producción y la contaminación ambiental per cápita en el Perú durante el periodo 1970-2019.	La producción incide de manera directa sobre la contaminación ambiental per cápita en el Perú durante el periodo 1970-2019.		
<u>PROBLEMAS ESPECIFICOS</u>	<u>OBJETIVOS ESPECIFICOS</u>	<u>HIPOTESIS ESPECIFICAS</u>		
¿Cuál es la incidencia del PBI per cápita sobre las emisiones de CO2 por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019?	Explicar la incidencia del PBI per cápita y las emisiones de CO2 por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019.	El PBI per cápita incide de manera directa sobre las emisiones de CO2 por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019.		
¿Cuál es la incidencia de la Tasa de Matricula en el Nivel Secundario sobre las emisiones de CO2 por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019?	Explicar la incidencia de la Tasa de Matricula en el Nivel Secundario y las emisiones de CO2 por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019.	La Tasa de Matricula en el Nivel Secundario incide de manera inversa sobre las emisiones de CO2 por habitante en el Perú durante el periodo 1970 - 2019.		
¿Existe cambio estructural en el comportamiento del PBI per cápita sobre las emisiones de CO2 por habitante provocado por la reforma económica de los años 90s en el Perú?	Determinar la existencia de cambio estructural en el comportamiento del PBI per cápita sobre las emisiones de CO2 por habitante provocado por la reforma económica de los años 90s en el Perú.	La reforma económica de los años 90s provocó un cambio estructural en el comportamiento del PBI per cápita sobre las Emisiones de CO2 por habitante en el Perú.		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

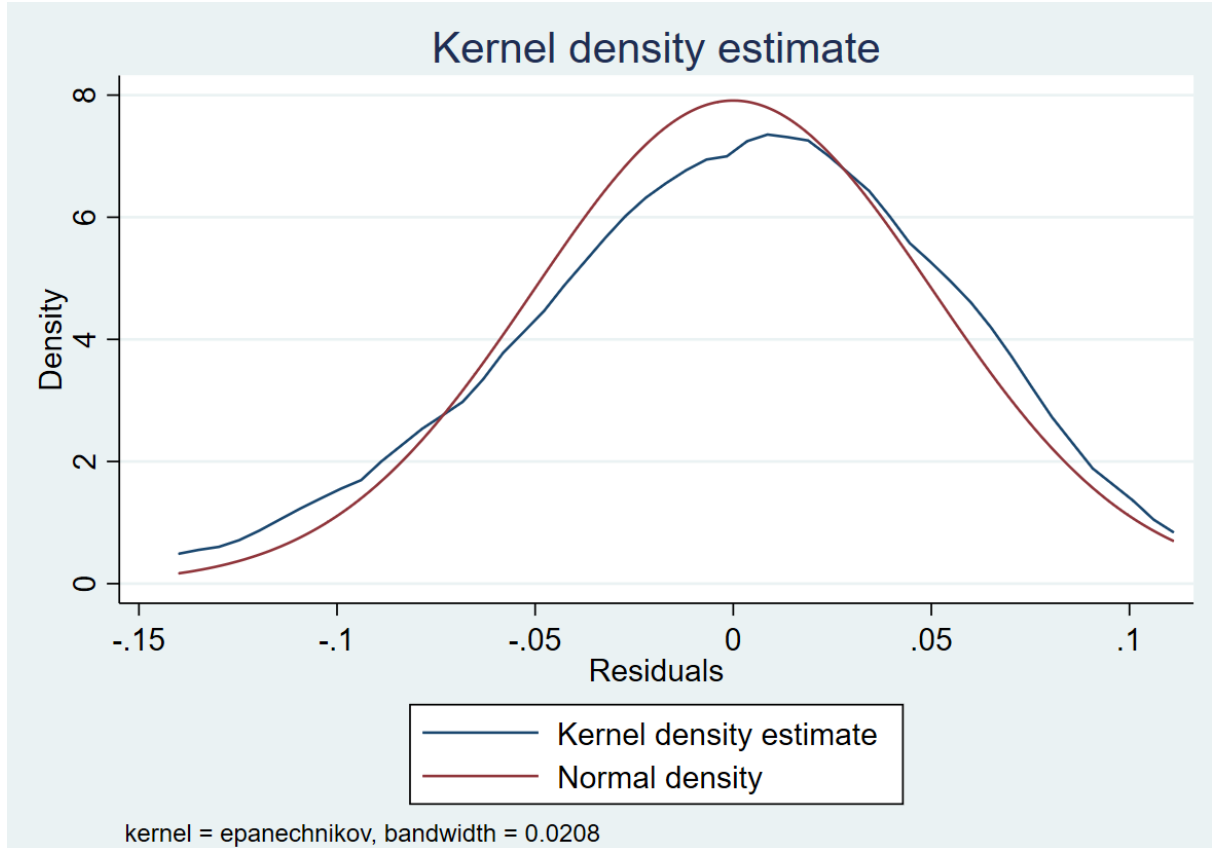
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	
Dependiente	Contaminación ambiental	La contaminación se puede definir como la alteración física, química y biológica de nuestro medio, estas alteraciones son derivadas principalmente de las actividades humanas, tales como las emisiones de gases de efecto invernadero o la explotación descontrolada de los recursos naturales (Dela orden, 2007). EL CO2 es el principal gas de efecto invernadero puesto a que es un gas fijado en la materia organica; deriva de la combustion de residuos fósiles y la quema de biomasa y del uso de la tierra y procesos industriales.	La contaminación ambiental será medido mediante la la emisiones per cápita de CO2 anuales , es decir mediante las emisiones promedio unitarias que cada individuo genera al año derivado de sus actividades del día a día. Entre mayor sea el valor del indicador significa que mayor son las emisiones generadas por cada individuo.	Contaminación atmosférica	Emisiones de CO2 per cápita	Toneladas métrica por habitante
Independiente	Producción	La producción se define como la fabricación y elaboración de bienes; al igual que la prestación de servicios. Usualmente la producción de un país es medida por el PBI real. (Asociación Fondo de Investigadores y Editores, 2012)	La producción sera medida por el PBI per cápita, el cual se define como la cantidad de bienes y servicios producidos por cada individuo dentro de un territorio en un determinado lapso de tiempo.	PBI per cápita	PBI per cápita (Valores a precios constantes del 2007)	Soles (S/) por habitante
	Educación	La educación es un proceso que proporciona a un individuo capacidades, habilidades y mejorar sus destrezas. La educación es considerada como el motor más importante del desarrollo, fuente principal de la reducción de la pobreza y el logro de bienestar, pues genera rendimientos elevados y constantes en términos de ingreso. Es considerado como el factor más importante para el logro de la igualdad e inclusión. (Banco Mundial, 2023)	La educación para la adquisición de conocimiento en el Perú está organizada por niveles ascendente según las necesidades de aprendizaje acorde a la edad. Estos niveles son: inicial, primario y secundario. Este trabajo considera la tasa de matricula de estudiantes al nivel secundario lo que implica tener cursado el nivel primario completo.	Educación en el Nivel Secundario	Tasa Bruta de Matricula en el Nivel Secundario	Número total de estudiante matriculados en el nivel secundario (independiente de su edad) / Total estudiantes en edad oficial de cursar secundaria.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3. Base de datos

Año	CO2 (Toneladas métricas/hab)	PBIper (S/. Por habitante)	TM (%)
1970	1.00	8,857	34.80
1971	1.11	9,008	36.68
1972	1.08	9,063	38.83
1973	1.11	9,367	40.76
1974	1.17	9,967	42.10
1975	1.18	10,114	44.31
1976	1.17	9,984	47.10
1977	1.12	9,750	49.87
1978	1.10	9,240	54.86
1979	1.12	9,368	56.24
1980	1.16	9,674	57.33
1981	1.18	9,961	57.18
1982	1.14	9,700	57.00
1983	0.94	8,486	58.99
1984	0.96	8,589	59.99
1985	0.91	8,567	60.88
1986	0.96	9,165	61.74
1987	1.01	9,834	62.79
1988	1.01	8,712	63.92
1989	0.89	7,478	65.89
1990	0.87	6,961	66.74
1991	0.82	6,974	66.49
1992	0.84	6,803	65.41
1993	0.86	7,025	65.14
1994	0.86	7,746	68.46
1995	0.96	8,066	68.47
1996	1.04	8,142	69.89
1997	1.01	8,512	69.93
1998	0.95	8,330	77.52
1999	1.03	8,318	78.59
2000	1.00	8,420	80.77
2001	0.91	8,369	83.92
2002	0.94	8,733	85.42
2003	0.91	9,011	78.73
2004	1.04	9,376	81.77
2005	1.03	9,883	82.20
2006	1.00	10,546	84.73
2007	1.09	11,368	87.35
2008	1.23	12,327	88.22
2009	1.31	12,382	90.83
2010	1.43	13,316	92.28
2011	1.54	14,055	93.90
2012	1.49	14,811	93.17
2013	1.52	15,556	98.55
2014	1.60	15,779	97.02
2015	1.63	16,103	97.60
2016	1.69	16,487	101.96
2017	1.58	16,602	104.69
2018	1.57	16,939	106.45
2019	1.61	17,012	108.83

Anexo 4. Supuesto de normalidad de errores (modelo 1)



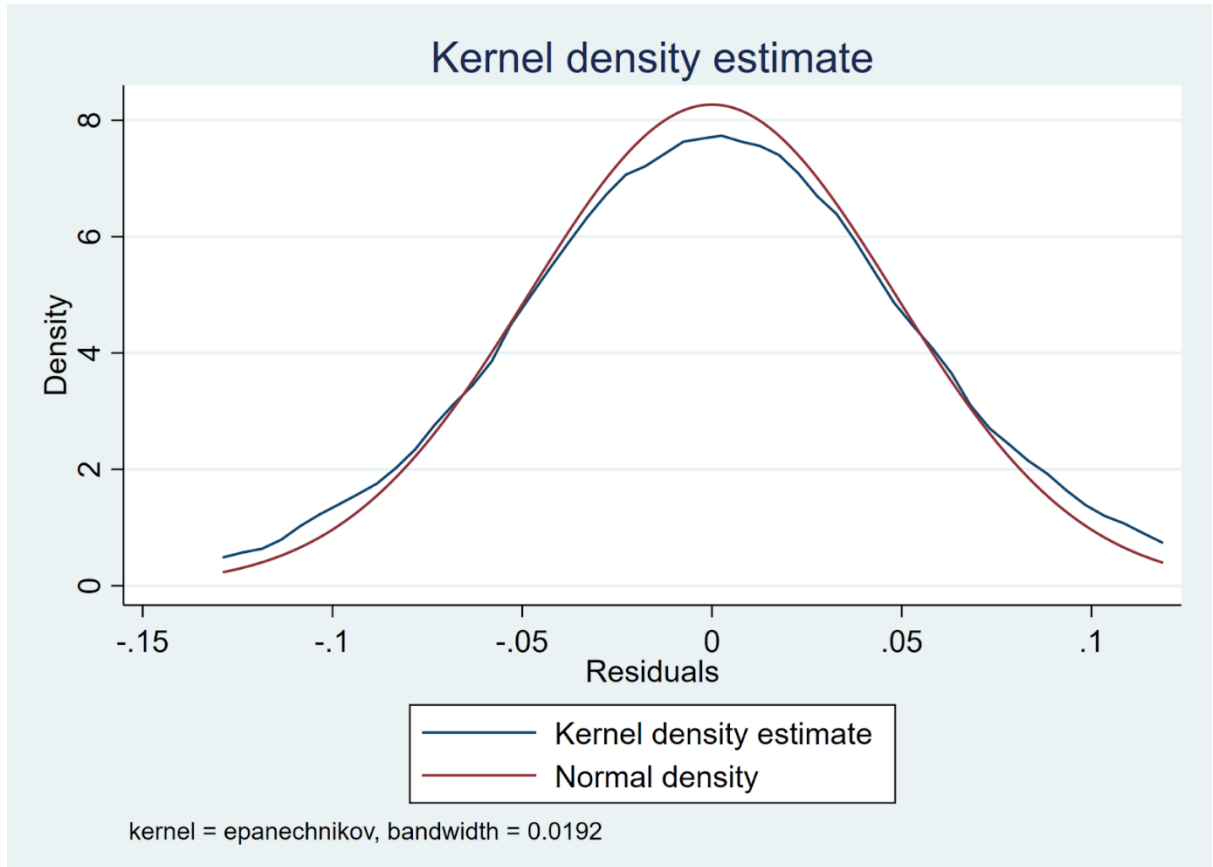
Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
resid_01	49	0.3154	0.8254	1.10	0.5765

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
resid_01	49	0.98218	0.825	-0.410	0.65926

Anexo 5. Supuesto de normalidad de errores (modelo 2)



Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
residuos_02	49	0.8873	0.9313	0.03	0.9863

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
residuos_02	49	0.99021	0.453	-1.685	0.95401

Anexo 6. Supuesto de no autocorrelación (modelo 1)

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags(p)	chi2	df	Prob > chi2
1	2.707	1	0.0999
2	2.919	2	0.2323

H0: no serial correlation

Anexo 7. Supuesto de no autocorrelación (modelo 2)

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags(p)	chi2	df	Prob > chi2
1	4.369	1	0.0366
2	4.446	2	0.1083

H0: no serial correlation

Anexo 8. Supuesto de no heterocedasticidad (modelo 1)

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of co2

chi2(1) = 0.01

Prob > chi2 = 0.9278

Anexo 9. Supuesto de no heterocedasticidad (modelo 2)

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of co2

chi2(1) = 0.14

Prob > chi2 = 0.7056

Anexo 10. Prueba de multicolinealidad (modelo 1)

Variable	VIF	1/VIF
pbiper	93.93	0.010647
pbiper2	93.55	0.010689
co2		
L1.	9.18	0.108900
Mean VIF	65.55	

Anexo 11. Prueba de multicolinealidad (modelo 2)

Variable	VIF	1/VIF
pbiper2	116.99	0.008548
pbiper	97.81	0.010223
co2		
L1.	12.15	0.082326
tm	2.99	0.334286
Mean VIF	57.48	

Anexo 20. Prueba de estabilidad del modelo 1. Prueba de Chow

Chow Forecast Test
Equation: UNTITLED
Specification: CO2 PBIPER PBIPER2 CO2(-1) C
Test predictions for observations from 1990 to 2019

	Value	df	Probability
F-statistic	1.579464	(30, 15)	0.1757
Likelihood ratio	69.83762	30	0.0001

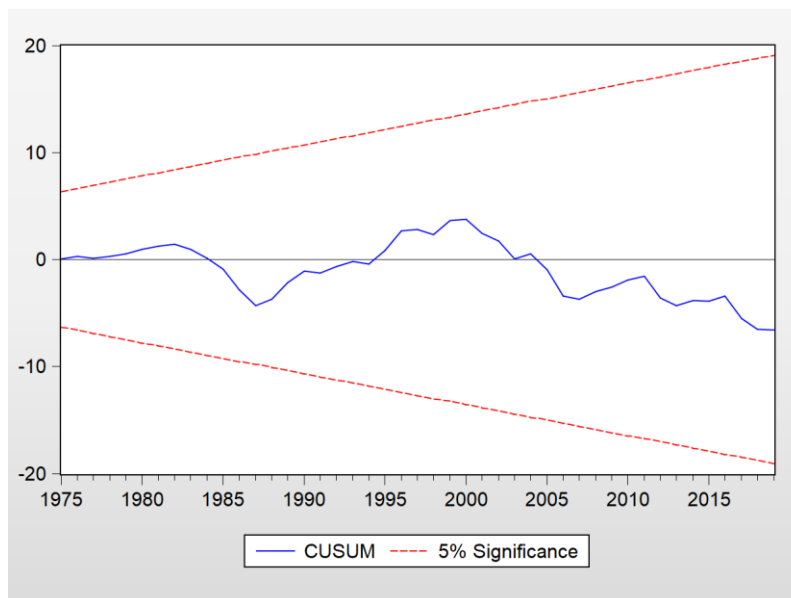
Anexo 21. Prueba de estabilidad del modelo 2. Prueba de Chow

Chow Forecast Test
Equation: UNTITLED
Specification: CO2 PBIPER PBIPER2 TM CO2(-1) C
Test predictions for observations from 1990 to 2019

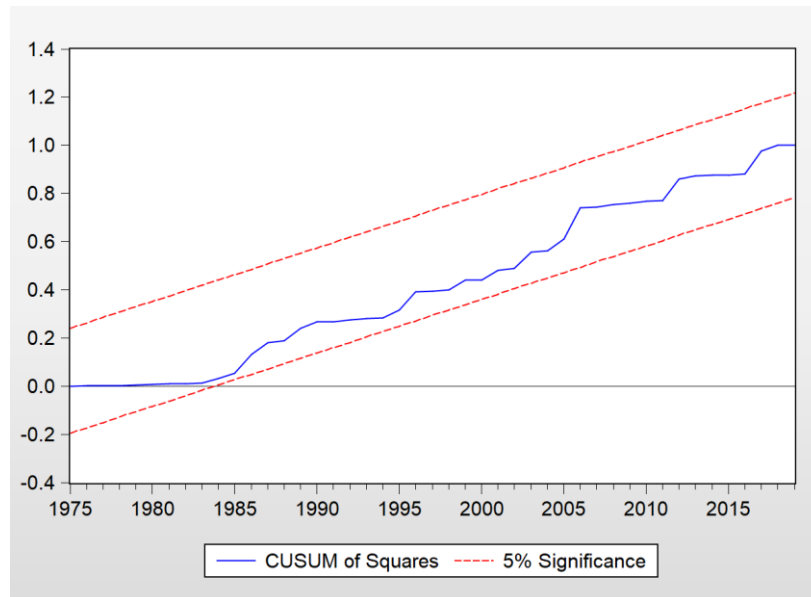
	Value	df	Probability
F-statistic	2.003375	(30, 14)	0.0849
Likelihood ratio	81.65238	30	0.0000

Anexo 22. Prueba gráfica de estabilidad estructural del modelo 1

Prueba de CUSUM

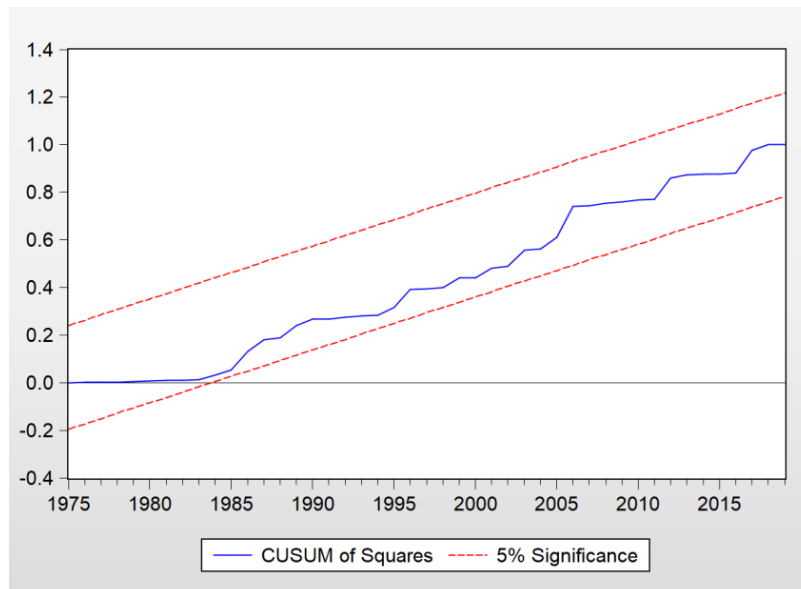


Prueba de CUSUM CUADRADO

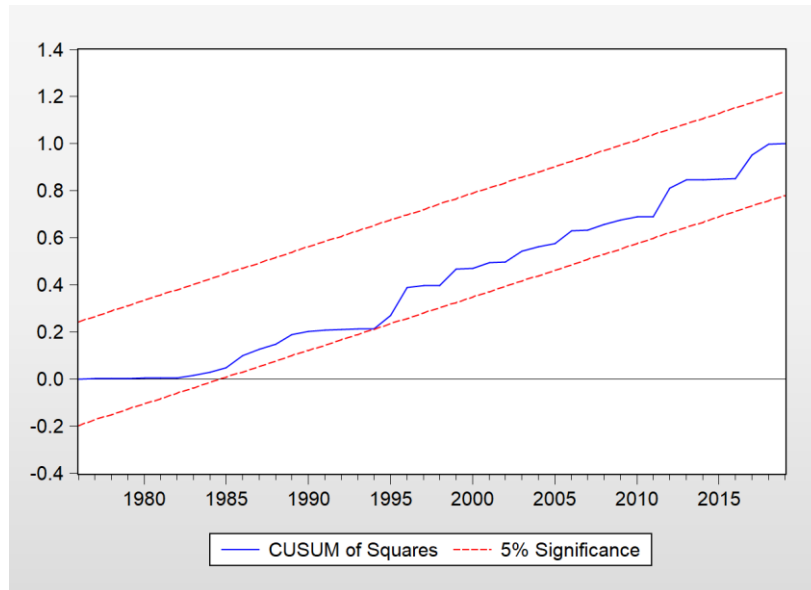


Anexo 23. Prueba gráfica de estabilidad estructural del modelo 2

Prueba de CUSUM



Prueba de CUSUM CUADRADO





UNSCH

FACULTAD DE
CIENCIAS ECONOMICAS,
ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES

DECANATO

TRANSCRIPCIÓN DE ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Ayacucho, el día 03 de abril de 2025, a las 11:30 a.m. horas, en la Sala de Grados de la Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, se reunieron los miembros de la Comisión del Jurado Evaluador, conformado por los profesores: Econ. Hermes Segundo Bermúdez Valqui, Econ. Jesús Huamán Palomino, Econ. Paul Villar Andia y Econ. Tony Oswaldo Hinojosa Vivanco (Asesor-jurado); bajo la presidencia del Dr. Hermes Segundo Bermúdez Valqui, como Decano (e) de la Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, en el acto académico de la sustentación de tesis y actuando como secretario el profesor Richard Atao Quispe;

El secretario da lectura de la Resolución Decanal N° 097-2025-UNSCH-FCEAC-D, de fecha 31 de marzo de 2025, el cual declara expedito a los bachilleres ROSMERY RONDINEL MORA Y GEAN PAUL RAYMUNDES ALTAMIRANO, para la sustentación de la tesis: **Producción y contaminación ambiental per cápita en el Perú bajo la curva de Kuznets ambiental: 1970-2019**; para optar el título profesional de Economista.

Acto seguido el presidente de los jurados invita a la sustentante a dar inicio a la exposición de la mencionada tesis en un tiempo aproximado de treinta (30) minutos. Concluida la sustentación el presidente solicita a los miembros del jurado evaluador formular las preguntas y repreguntas necesarias para lo cual disponen de treinta (30) minutos, las mismas que fueron absueltas satisfactoriamente.

Concluida la sustentación, el presidente de los jurados invita a la sustentante y público asistente abandonar la sala de grados con la finalidad de deliberar y emitir la calificación correspondiente, con el siguiente resultado:


Jurado 1	15
Jurado 2	16
Jurado 3	15

Resultando aprobado por unanimidad con el calificativo de QUINCE (15)

Siendo las 01:05 pm. horas del mismo día, se dio por concluido el acto académico y en fe de lo actuado firman al pie del presente los profesores: Econ. Hermes Segundo Bermúdez Valqui (presidente), Econ. Jesús Huamán Palomino, Econ. Paul Villar Andia, Econ. Tony Oswaldo Hinojosa Vivanco (Asesor - jurado) y como secretario Econ. Richard Atao Quispe

Libro N° 04, con folio N° 383

Ayacucho, 20 de mayo del 2025


.....
Prof. Jesús Huamán Palomino
Secretario Docente



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD CON DEPÓSITO

N° 003-2025-EPE/FCEAC/UNSCH.

1. Apellidos y nombres del investigador:

- ✓ RAYMUNDES ALTAMIRANO Gean Paul
- ✓ RONDINEL MORA, Rosmery

2. Escuela Profesional: Economía**3. Facultad:** Ciencias Económicas, Administrativas y Contables**4. Tipo de trabajo académico evaluado:** Tesis.**5. Título del trabajo de investigación:**

Producción y contaminación ambiental per cápita en el Perú bajo la curva de Kuznets ambiental: 1970-2019

6. Software de similitud: TURNITIN**7. Fecha de recepción:** 12-05-2025**8. Fecha de evaluación:** 16-05-2025**9. Evaluación de originalidad.**

Porcentaje de similitud	Resultado
• 16%	** APROBADO

- Consignar el porcentaje de similitud.
- ** Consignar **APROBADO** si se encuentra dentro del rango de porcentaje establecido, subsanar las observaciones o **DESAPROBADO** si se excede el porcentaje permisible de similitud.

Ayacucho, 16 de mayo de 2025

Mg. Ruly Valenzuela Pariona
Docente-Instructor

Producción y contaminación ambiental per cápita en el Perú bajo la curva de Kuznets ambiental: 1970-2019

por Gean Paul Raymundes Altamirano y Rosmery Rondinel Mora

Fecha de entrega: 16-may-2025 10:57a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2677641355

Nombre del archivo: Gean_Paul_Raymundes_Altamirano_y_Rosmery_Rondinel_Mora.docx (1.57M)

Total de palabras: 20346

Total de caracteres: 110995

Producción y contaminación ambiental per cápita en el Perú bajo la curva de Kuznets ambiental: 1970-2019

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	documentop.com Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
7	www.bcrp.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	dspace.unia.es Fuente de Internet	1%

9	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	1 %
10	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Horacio Catalán. "Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable", Economía Informa, 2014 Publicación	<1 %
15	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
16	www.santivanez.com.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %

20	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
21	www.olgaramirez.com Fuente de Internet	<1 %
22	moam.info Fuente de Internet	<1 %
23	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
25	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
26	1library.co Fuente de Internet	<1 %
27	"Estudios regionales: análisis y propuestas de desarrollo económico y social", Universidad del Pacifico, 2021 Publicación	<1 %
28	Submitted to Universidad a Distancia de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
29	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

www.coursehero.com

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo