

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA



El crecimiento económico y la contaminación ambiental por las emisiones de CO₂ en el Perú en el período 1990-2019. Una aplicación de la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets a la realidad nacional.

Tesis que presenta el bachiller:

Fernández Vega José Miguel

Para obtener el título profesional de:

ECONOMISTA

Asesor:

Msc. Carlos Alberto Azula Díaz

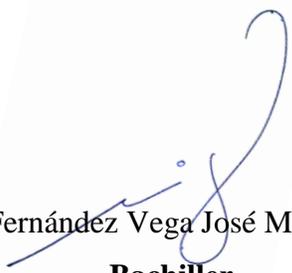
Lambayeque – Perú

2024

El crecimiento económico y la contaminación ambiental por las emisiones de CO₂ en el Perú en el período 1990-2019. Una aplicación de la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets a la realidad nacional.

Resolución N° 0575-2024-VIRTUAL-UNPRG-FACEAC-D/JGN

Fecha 19 de marzo de 2024



Fernández Vega José Miguel
Bachiller



Azula Díaz Carlos Alberto
Asesor

Presentada para obtener el título profesional de ECONOMISTA

Aprobado por el jurado:



Msc. Willy Rolando Anaya Morales
Presidente



Msc. Angela Yanina Castro Espinoza
Secretaria



Msc. Aurelia Del Rosario Huamán Paredes
Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES
UNIDAD DE INVESTIGACION



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 1:00 pm del día 22 de 03 del 2024, se dio inicio a la Sustentación de Tesis en forma **PRESENCIAL** con la participación de los miembros del Jurado, nombrados con Resolución N° 0575-2024-Virtual-UNPRG de fecha 19 de marzo del 2024 conformado por:

Dr. Willy Rolando Anaya Morales
 Dra. Angela Yamira Castro Espinoza
 Dra. Arabella Huaman Taredes
 H.C. Carlos Azúa Diez

Presidente
 Secretario
 Vocal
 Asesor(a)

Para evaluar el informe de tesis del tesista o de los tesisas: José Miguel Fernández Vega

....., quién o quienes desean obtener su título profesional de: Economista con la tesis titulada:

El crecimiento económico y la contaminación ambiental por los emisiones de CO2 en el Perú en el periodo 1990-2019. Una aplicación de la hipótesis de la curva medio ambiental.

El Sr. Presidente, después de transmitir el saludo a todos los participantes de la Sustentación ordenó la lectura de la Resolución decanal N° 0575-2024 Virtual-UNPRG de fecha 19 de marzo del 2024 que autoriza la Sustentación Presencial del Informe de Tesis correspondiente, luego de lo cual autorizó al candidato a efectuar la Sustentación, otorgándole 20 minutos de tiempo.

Culminada la exposición del sustentante o los sustentantes, el presidente dispuso la intervención de los señores miembros del jurado, empezando con el señor(a) vocal, luego señor(a) secretario (a) hasta culminar con el (la) señor(a) presidente, en ese orden los jurados plantearon preguntas y observaciones, las cuales fueron absueltas por el/ los sustentantes en forma Satisfactoria

El señor presidente invita al asesor para que exponga lo que considere conveniente respecto de la exposición de la tesis.

Culminadas las preguntas y respuestas, el (la) Sr.(a) presidente, dispuso que los asistentes incluido el asesor y el o los tesisas abandonen temporalmente la sala, a fin de que el jurado delibere con plena libertad y pueda calificar la sustentación de la tesis. Los jurados califican de acuerdo a la rúbrica de evaluación de la facultad, Culminada la deliberación y calificación el (la) sr.(a) presidente autorizo que ingresen a la sala de sustentaciones el tesista o los tesisas, su asesor y público en general, y autorizó la lectura del acta por parte del señor(a) secretario(a).

El señor(a) secretario(a) dio lectura al acta señalando que el tesista o los tesisas:

José Miguel Fernández Vega han obtenido 18 puntos equivalentes a Muy Bueno quedando expedito para optar el título profesional de Economista

Si uno o los dos tesisas hubieran tenido calificativo desaprobatorio, se anotará: que _____ ha obtenido _____ puntos equivalentes a _____ por las deficiencias y motivos siguientes

_____ por cuyo motivo se reprogramara la nueva sustentación en un plazo máximo de 60 días hábiles desde la fecha de desaprobación y si volviera a desaprobarse en esta segunda oportunidad deberá elaborar otra tesis según lo establecido en el artículo 51 del reglamento.

Comunicado el resultado, el señor presidente da por concluido el acto académico a las _____ horas del mismo día y en señal de conformidad firman los señores miembros del jurado y asesor.

ESCALA: 20 = Excelente; 18 - 19 = Muy Bueno; 16 - 17 = Bueno; 14 - 15 = Regular, Menos de 14 = Desaprobado.

PRESIDENTE

SECRETARIO



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: JOSE MIGUEL FERNANDEZ VEGA
Título del ejercicio: INFORME DE TESIS
Título de la entrega: El crecimiento económico y la contaminación ambiental por ...
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS.pdf
Tamaño del archivo: 1.85M
Total páginas: 123
Total de palabras: 33,038
Total de caracteres: 182,904
Fecha de entrega: 09-abr.-2024 11:27p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2334835107

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA



El crecimiento económico y la contaminación ambiental por las emisiones de CO₂ en el Perú en el período 1990-2019. Una aplicación de la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets a la realidad nacional.

Tesis que presenta el bachiller:
Fernández Vega José Miguel

Para obtener el título profesional de:
ECONOMISTA

Asesor:
Msc. Carlos Alberto Azula Díaz

Lambayeque – Perú
2024



4140087J
CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

El crecimiento económico y la contaminación ambiental por las emisiones de CO2 en el Perú en el período 1990-2019. Una aplicación de la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets a la realidad na

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	7%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	tangara.uis.edu.co Fuente de Internet	<1%
5	orcid.org Fuente de Internet	<1%
6	Patiño Pascumal, Lourdes Isabel, Universitat Autònoma de Barcelona. Departament d'Economia Aplicada. "Estructura productiva, eficiencia energética y emisiones de CO2 en Colombia /", 2016 Fuente de Internet	<1%


4140087J
CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

7	www.economia.uadec.mx Fuente de Internet	<1 %
8	www.uv.mx Fuente de Internet	<1 %
9	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
16	revistascientificas.cuc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Ana G. Méndez University Trabajo del estudiante	<1 %


 4140087J
 CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

18 Submitted to Universidad Tecnológica de Bolívar,UTB <1 %
Trabajo del estudiante

19 Submitted to Universidad de Medellin <1 %
Trabajo del estudiante

20 www.coursehero.com <1 %
Fuente de Internet

21 www.revista-eea.net <1 %
Fuente de Internet

22 wedocs.unep.org <1 %
Fuente de Internet

23 www.researchgate.net <1 %
Fuente de Internet

24 alicia.concytec.gob.pe <1 %
Fuente de Internet

25 cybertesis.unmsm.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

26 danielmorochoruiz.files.wordpress.com <1 %
Fuente de Internet

27 repositorio.umsa.bo <1 %
Fuente de Internet

28 Submitted to The University of the South Pacific <1 %
Trabajo del estudiante


4140087J
CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

29	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
30	brage.bibsys.no Fuente de Internet	<1 %
31	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Universidad de Málaga - Tii Trabajo del estudiante	<1 %
33	Submitted to University of Hull Trabajo del estudiante	<1 %
34	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	www.files.ethz.ch Fuente de Internet	<1 %
36	lup.lub.lu.se Fuente de Internet	<1 %
37	repositori.upf.edu Fuente de Internet	<1 %
38	riul.unanleon.edu.ni:8080 Fuente de Internet	<1 %
39	pagines.uab.cat Fuente de Internet	<1 %
40	Camila Freire-Vinueza, Karla Meneses, Gustavo Cuesta. "América Latina: ¿Un paraí	<1 %


 CARLOS ALBERTO AZULA DÍAZ

de la contaminación ambiental?", Revista de Ciencias Ambientales, 2021

Publicación

41 archive.org Fuente de Internet <1 %

42 issuu.com Fuente de Internet <1 %

43 doczz.net Fuente de Internet <1 %

44 idoc.pub Fuente de Internet <1 %

45 zagan.unizar.es Fuente de Internet <1 %

46 docslide.us Fuente de Internet <1 %

47 repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet <1 %

48 www.elsevier.es Fuente de Internet <1 %

49 dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet <1 %

50 Submitted to University of Leicester Trabajo del estudiante <1 %

51 renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet



4140087J
CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

52	repositorio.flacsoandes.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
53	1library.co Fuente de Internet	<1 %
54	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
55	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
56	repositorio.cepal.org Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to Ege University Trabajo del estudiante	<1 %
58	Ramírez, Marco Antonio Lara. "Comercio Internacional y Emisiones de CO2: Un Análisis Mediante Modelos de Gravedad y Series de Tiempo", Centro de Investigacion y Docencia Economicas (Mexico), 2023 Publicación	<1 %
59	Submitted to University of St Andrews Trabajo del estudiante	<1 %
60	khazna.ku.ac.ae Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %


 4140087J
 CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

62	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
63	Submitted to Universidad Inca Garcilaso de la Vega Trabajo del estudiante	<1 %
64	maresinfronteras.com Fuente de Internet	<1 %
65	pubhtml5.com Fuente de Internet	<1 %
66	"Sustentabilidade, Tecnologia e Meio Ambiente: tópicos atuais em pesquisa", Editora Científica Digital, 2024 Publicación	<1 %
67	Submitted to Corporación Universitaria Iberoamericana Trabajo del estudiante	<1 %
68	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
69	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
70	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
71	etd.aau.edu.et Fuente de Internet	<1 %


 4140087J
 CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

72	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
73	Jihuan Zhang. "Environmental Kuznets Curve Hypothesis on CO2 Emissions: Evidence for China", <i>Journal of Risk and Financial Management</i> , 2021 Publicación	<1 %
74	Submitted to Mondragon Unibertsitatea Trabajo del estudiante	<1 %
75	Submitted to Radboud Universiteit Nijmegen Trabajo del estudiante	<1 %
76	Submitted to Universidad De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
77	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
78	biblioteca.unirioja.es Fuente de Internet	<1 %
79	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
80	e-spacio.uned.es Fuente de Internet	<1 %
81	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %

82

Fuente de Internet

<1 %

83

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

84

bibliotecadigital.univalle.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

85

buenoacedo3.homestead.com

Fuente de Internet

<1 %

86

Submitted to Universidad Tecnologica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

87

bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

88

reciamuc.com

Fuente de Internet

<1 %

89

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

90

Submitted to Colegio Craigshouse

Trabajo del estudiante

<1 %

91

copladem.edomex.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

92

doaj.org

Fuente de Internet

<1 %

93

documentop.com

Fuente de Internet



4140087J
CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

<1 %

94

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

95

Liz Valle-Carrion, Melania Gonzalez, Santiago Ochoa-Moreno. "CO2 emissions, and forest, the effect of internet use and ICT on pollution", 2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2021

Publicación

<1 %

96

cooperacionambientalinternacional.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



4140087J
CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ**, Asesor de Tesis del estudiante,

JOSE MIGUEL FERNANDEZ VEGA

Titulada:

“El crecimiento económico y la contaminación ambiental por las emisiones de CO2 en el Perú en el período 1990-2019. Una aplicación de la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets a la realidad nacional”, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 09 de abril del 2024



.....
CARLOS ALBERTO AZULA DIAZ
DNI: 41400875
ASESOR



.....
JOSE MIGUEL FERNANDEZ VEGA
DNI: 43542839
TESISTA

DEDICATORIA

A mi amada esposa Ruth, por su paciencia, dedicación, fortaleza, y por ser mi completa inspiración; a mi hijo Matías por ser la motivación para enfrentar los retos que nos pone la vida; a mi madre, a mi suegra, a mis hermanos y cuñados por su incondicional apoyo; y a Dios, por regalarme lo más precioso que Él nos puede dar: la vida, que, con dificultades, altos y bajos, aún continúa siendo una travesía apasionante.

AGRADECIMIENTOS

A mi universidad, porque a través de sus docentes, concedieron un aporte significativo en mi formación profesional, y a Carlos Alberto, mi profesor y asesor, por su amistad y profesionalismo.

ÍNDICE GENERAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	16
Formulación del problema	21
Objetivos.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos específicos	22
Hipótesis de Investigación	22
Hipótesis general.....	22
Hipótesis específicas.....	22
I. CAPÍTULO: DISEÑO TEÓRICO	24
1.1 Antecedentes	24
1.1.1 Antecedentes Internacionales.....	24
1.1.2 Antecedentes nacionales	31
1.2 Bases teóricas	34
1.2.1 El medio ambiente en la teoría económica.....	35
1.2.2 Simón Kuznets y la teoría de la desigualdad en la distribución de los ingresos	42

1.2.3 Crecimiento económico y calidad ambiental: evidencia de series temporales y comparativa entre países.....	44
1.2.4 El crecimiento económico y el medio ambiente según Gene M. Grossman y Alan B. Krueger.....	47
1.2.5 Crecimiento económico y el medio ambiente. Theodore Panayotou.....	51
1.2.6 La Curva Medioambiental de Kuznets: El fundamento teórico de la U invertida	55
1.3 Bases conceptuales (Operacionalización de variables).....	59
Variables de estudio.....	59
1.3.1 Definición de variables.....	59
II. CAPÍTULO: DISEÑO METODOLÓGICO.....	63
2.1 Diseño de contrastación de hipótesis	63
2.2 Población y muestra	64
2.2.1 Población.....	65
2.2.2 Muestra.....	66
2.3 Fuentes de información, método de recolección y tratamiento de datos	67
2.3.1 Fuentes de información	68
2.3.2 Técnicas de recolección de datos	68
2.3.3 Técnica para el procesamiento de datos.....	68
2.3.4 Procesamiento de datos	69
III. CAPÍTULO: RESULTADOS.....	73
3.1 Análisis autárquico de las variables	73
3.2 Modelo Econométrico.....	77
Pruebas al modelo.....	79
Test RESET de Ramsey:.....	79
Test del VIF:	80

SKTEST Prueba de Normalidad, empleando los supuestos:	80
Test de White y el Test de Breusch-Pagan de la siguiente manera:	82
Test de Breusch-Godfrey y Test de Durbin-Watson.....	83
3.3 Evidencia gráfica de la Curva Medioambiental de Kuznets	96
3.4 Algunas pruebas adicionales al modelo	99
Covarianza entre los valores de X y el error.....	99
Prueba Dickey-Fuller Aumentada (DFA).....	100
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103
4.1 Sobre la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en el modelo económico.....	103
4.2 Sobre el problema de investigación, los objetivos planteados y las hipótesis de investigación vs los resultados obtenidos.	105
4.2.1 En el corto plazo, a mayor crecimiento económico y poblacional, se incrementa la contaminación ambiental, a largo plazo la contaminación disminuye.	106
4.2.2 La contaminación ambiental por las emisiones de CO ₂ y el crecimiento económico en el Perú, en el período 1990-2019, evidencian una relación gráfica en forma de U invertida, según los fundamentos planteados en la Curva Medioambiental de Kuznets (CMK).	107
4.2.3 El crecimiento económico en el Perú, en el periodo 1990-2019 provoca, en el corto plazo, un aumento de la contaminación ambiental por las emisiones de CO ₂ , sin embargo, a largo plazo, a pesar del crecimiento económico, las emisiones de CO ₂ disminuyen.	108
4.3 Sobre los antecedentes de la investigación y los resultados obtenidos, y la diferencia encontrada entre ellos.	109
4.4 Principal aporte que se evidencia en los resultados.	111
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES.....	114

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXOS	121
Crecimiento PBI per cápita anual (Fuente: Banco Mundial).....	121
Tasa de crecimiento poblacional.....	122
Emisiones de CO ₂ per cápita.....	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Bases teóricas que justifican la forma en U invertida de la CMK.</i>	57
Tabla 2 <i>Operacionalización de variables.</i>	61
Tabla 3 <i>Unidades muestrales.</i>	64
Tabla 4 <i>PBI per cápita en US\$ a precios actuales, Emisiones de CO₂ en toneladas métricas per cápita y Tasa de crecimiento poblacional. Año 1990 al 2019.</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Curva Medioambiental de Kuznets</i>	56
Figura 2 <i>Comportamiento de la variable: PBI per cápita en el Perú, 1990 – 2019</i>	73
Figura 3 <i>Comportamiento de la variable: Emisiones de CO₂ per cápita en el Perú, 1990 – 2019.</i>	74
Figura 4 <i>Comportamiento de la variable: Tasa de Crecimiento Poblacional en el Perú, 1990 – 2019</i>	75
Figura 5 <i>Comportamiento de las variables: PBI per cápita en US\$ a precios actuales (expresado en logaritmo natural), Emisiones de CO₂ per cápita y tasa de Crecimiento Poblacional, 1990 – 2019</i>	76
Figura 6 <i>Distribución normal del error. Estimación de la densidad de Kernel.</i>	81
Figura 7 <i>Test Durbin-Watson. Criterios de aceptación o rechazo de H₀.</i>	85
Figura 8 <i>Distribución normal del error. Estimación de la densidad de Kernel.</i>	90
Figura 9 <i>Test Durbin-Watson. Criterios de aceptación o rechazo de H₀.</i>	94
Figura 10 <i>Relación entre Contaminación Ambiental (emisiones de CO₂ per cápita por año) y Crecimiento Económico (PBI per cápita en US\$ a precios actuales y Tasa de Crecimiento Poblacional).</i>	96
Figura 11 <i>Relación entre Contaminación Ambiental (emisiones de CO₂ per cápita por año) y PBI per cápita en US\$ a precios actuales (en logaritmo natural).</i>	97
Figura 12 <i>Relación entre Contaminación Ambiental (emisiones de CO₂ per cápita por año) y Tasa de Crecimiento Poblacional.</i>	98
Figura 13 <i>Covarianza de lnPBI_{pc} y tCP (Xi) con los residuos (e).</i>	99
Figura 14 <i>Tendencia de la variable Contaminación Ambiental (CA_{pc}). Emisiones de CO₂ per cápita</i>	102

RESUMEN

El aumento de la contaminación ambiental por las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂), es un dilema para los países en busca del desarrollo económico, social y ambiental. Este gas de efecto invernadero es utilizado para satisfacer las demandas de energía y transporte. El crecimiento económico ha aumentado la dependencia del CO₂, y ha contribuido al calentamiento global y al cambio climático, amenazando a los ecosistemas. Además, se han intensificado los eventos climáticos extremos con impactos devastadores en la agricultura y la infraestructura, y también riesgos para la salud humana.

La presente investigación se encaminó a determinar la relación entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental en el Perú durante el período 1990-2019 a fin de constatar a través de las gráficas, la relación de las variables aplicando la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets y verificar si existe la evidencia de una curva en forma de U invertida. Este estudio se realizó con la finalidad de evaluar los resultados y proyectar la proposición de sugerencias para la reversión de la realidad en el territorio peruano.

La investigación se realizó evaluando las variables a través de un enfoque correlacional y se aplicó la investigación de tipo longitudinal o evolutiva, básicamente para observar el cambio y comportamiento de la relación entre las variables en el transcurso del tiempo. Se empleó una regresión lineal con estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), dimensionando las variables de estudio en Emisiones de CO₂ per cápita anual, PBI per cápita anual y Tasa de Crecimiento Poblacional, utilizando las fuentes secundarias obtenidas de las bases de datos del Banco Mundial como fuente para la recolección de datos.

Tras la materialización del modelo econométrico, se puede corroborar el no cumplimiento de las hipótesis de investigación, evidenciando a través del modelo planteado y las gráficas que derivan del mismo que en el Perú, durante el periodo 1990-2019, el crecimiento económico genera, en el corto plazo, un incremento de la contaminación ambiental, sin observar algún punto de inflexión que cambie estructuralmente la trayectoria de la curva, esto a pesar de un ligero rendimiento decreciente, evidenciado gráficamente, sobre los últimos años de estudio, por lo se infiere que el Perú, se encuentra en la etapa inicial de la Curva Medioambiental de Kuznets (CMK).

Palabras clave:

Contaminación Ambiental, Crecimiento Económico, Curva Medioambiental de Kuznets, Emisiones de CO₂, PBI per cápita, Tasa de Crecimiento Poblacional.

ABSTRACT

The increase in environmental pollution due to Carbon Dioxide (CO₂) emissions poses a dilemma for countries seeking economic, social, and environmental development. This greenhouse gas is used to meet energy and transportation demands. Economic growth has heightened CO₂ dependence, contributing to global warming and climate change, threatening ecosystems. Additionally, extreme weather events have intensified, causing devastating impacts on agriculture, infrastructure, and human health.

The present research aimed to determine the relationship between economic growth and environmental pollution in Peru during the period 1990-2019. Through graphical analysis, the study sought to confirm the relationship of variables using the Environmental Kuznets Curve hypothesis and verify the evidence of an inverted U-shaped curve. The study's purpose was to evaluate results and propose suggestions for addressing the situation in Peru.

The research employed a correlational approach, applying longitudinal investigation to observe variable behavior over time. Linear regression with Ordinary Least Squares estimation was used, assessing CO₂ emissions per capita annually, GDP per capita annually, and Population Growth Rate. Secondary sources from the World Bank's databases were utilized for data collection.

The econometric model's realization confirmed the failure of the research hypotheses. The model and derived graphs showed that economic growth in Peru from 1990-2019 led to increased environmental pollution in the short term. Despite a slight downward trend in recent years, no structural inflection point was observed in the curve trajectory. This suggests that Peru is in the initial stage of the Environmental Kuznets Curve.

Keywords:

Environmental Pollution, Economic Growth, Environmental Kuznets Curve, CO2 Emissions, GDP per capita, Population Growth Rate.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental por las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) es una preocupación latente, un dilema no menos importante para los países que están en la búsqueda del desarrollo económico, social y ambiental. El CO₂ es un gas de efecto invernadero que se libera en grandes cantidades debido a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural, los mismos que sirven para satisfacer las demandas de energía y transporte. La industrialización y el crecimiento económico han aumentado significativamente la dependencia de estos combustibles, lo que ha resultado en un incremento importante de las emisiones de CO₂ en todo el mundo y ha conllevado, lamentablemente, al calentamiento global y eventualmente, al cambio climático.

Para ello, resulta importante tener una noción completa de los impactos que se generan por el incremento de las emisiones de CO₂. En primer lugar, se encuentra el cambio climático. El CO₂ es uno de los principales gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global y el cambio climático. Esto ha llevado a un aumento de la temperatura global, el deshielo de los glaciares y el aumento del nivel del mar, lo que amenaza a ecosistemas enteros y a comunidades costeras y ribereñas. En segundo lugar, se debe mencionar que los eventos climáticos extremos se han intensificado y como resultado de ello, ocurren inundaciones, sequías más severas y tormentas más frecuentes y violentas. Estos eventos extremos tienen impactos devastadores en la agricultura, la infraestructura, los ecosistemas y ocasionan serios problemas para los individuos que buscan una vida saludable a través de la calidad del aire, del agua y de los productos que necesita para su alimentación. En tercer lugar, la degradación del ecosistema que, a estas alturas, resulta evidente que la contaminación por CO₂ y el cambio climático están alterando los ecosistemas terrestres y marinos, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. La pérdida de hábitats y la extinción de especies son algunas de las consecuencias más preocupantes. Pero también está presente la salud humana. La contaminación del aire por CO₂ también afecta la salud, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas. Las enfermedades respiratorias y cardiovasculares resultan más comunes en regiones con altas concentraciones de CO₂ y sus contaminantes relacionados.

Siguiendo la línea del cambio climático como uno de los principales impactos de la degradación ambiental, Freire-Vinueza et al., (2021) indica que la contaminación está acabando aproximadamente con la vida de 7 millones de personas cada año y menciona, de manera alarmante que, para el año 2050 la temperatura en el planeta se incrementará en 2° centígrados. Este aumento de la temperatura, según el autor, será el responsable del calentamiento global y posterior deshielo en el Ártico, lo que afectará negativamente a todos los países del mundo y producirá que, cerca de 4,000 millones de personas en un futuro cercano, migren y vivan en zonas áridas, provocando adicionalmente un incremento en los niveles de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que se convertirán en la principal causa de muerte para esa época.

Así, es importante destacar, que la degradación ambiental por las emisiones de CO₂, provocadas por las actividades económicas realizadas por el hombre en la extracción de los recursos naturales como la minería e hidrocarburos, la industria, la contaminación generante por el parque automotor, la explosión demográfica de las grandes ciudades y, por otros agentes contaminantes, sí es un problema resultante propio del crecimiento que atraviesan los países en desarrollo, más aún por el incansable deseo de los mismos por apresurar su crecimiento económico que, según el economista Simon Kuznets (Correa et al., 2005) provoca también inicialmente un incremento de la contaminación pero que en el largo plazo, se generaría, una disminución del impacto ambiental a medida que la economía continúe su crecimiento hasta encontrar el desarrollo (p. 15).

En relación a este problema suscitado, en el año 2015, las Naciones Unidas, a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) estableció los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Globales. Estos ODS representan una hoja de ruta global para abordar una amplia gama de desafíos, entre ellos, la preocupante problemática de la contaminación ambiental. Para el PNUD estos ODS representan un llamamiento universal para erradicar la pobreza y asegurar que para el año 2030 todas las personas experimenten paz y bienestar. La contaminación, en todas sus formas y, que está adherido a esta convocatoria, tiene un impacto profundo en la salud humana, la biodiversidad y la calidad de nuestros recursos naturales, por lo tanto, los ODS incluyen metas específicas que buscan mitigar y prevenir la contaminación, creando un camino hacia un futuro más limpio y sostenible (PNUD, 2023).

Con ese enfoque, y la preocupación de abordar la problemática ambiental ocasionada por el descuidado crecimiento económico de los países emergentes, exponemos los ODS que consideramos, están relacionados a encarar la degradación ambiental. Uno de los principales objetivos relacionados con la contaminación es el ODS 3: *Salud y Bienestar*. La contaminación del aire y del agua ha sido asociada con enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otros problemas de salud graves. Aquí se propone reducir la mortalidad prematura causada por la contaminación y garantizar un acceso equitativo a agua potable limpia y saneamiento básico, mejorando así la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables. Además, el ODS 6: *Agua Limpia y Saneamiento*, se enfoca directamente en abordar la contaminación del agua y garantizar la gestión sostenible de este recurso vital. La meta es proporcionar acceso universal a servicios de agua y saneamiento seguros para todos, al mismo tiempo que se reducen sustancialmente la contaminación y la descarga de productos químicos y materiales peligrosos en los cuerpos de agua. El ODS 11: *Ciudades y Comunidades Sostenibles* también aborda la contaminación, ya que la urbanización descontrolada ha contribuido al aumento de la contaminación del aire y la acumulación de residuos sólidos. Este objetivo busca hacer que las ciudades sean más inclusivas, seguras y sostenibles, promoviendo una gestión adecuada de los desechos y la adopción de tecnologías limpias en los sistemas de transporte y energía. En la búsqueda de patrones de producción y consumo sostenibles, el ODS 12: *Producción y Consumo Responsables* busca reducir drásticamente la generación de desechos y la contaminación. Esto implica la adopción de prácticas empresariales responsables, la promoción de la eficiencia en el uso de recursos y la implementación de medidas para minimizar los desechos tóxicos. Finalmente, el ODS 13: *Acción por el Clima* tiene un vínculo directo con la contaminación del aire, ya que busca abordar las emisiones de gases de efecto invernadero y limitar el calentamiento global. La reducción de estas emisiones no sólo contribuirá a la lucha contra el cambio climático, sino que también mejorará la calidad del aire y reducirá la contaminación atmosférica (PNUD, 2023).

Así y todo, la principal dificultad para lograr un pragmatismo aplicado al empleo de los ODS en los gobiernos de los países del mundo emergente es que, la mayoría de los mismos se encuentran en la etapa de desarrollo que ocasiona una degradación a gran escala, dado que, en esta coyuntura, los países en desarrollo resultan ser los más contaminantes. En el Perú el problema es evidente, dada la fragilidad del marco institucional y legal en términos ambientales, asimismo, también es debido a la escasez de políticas de corte transversal en el que también se

incluyan a los gobiernos locales y regionales, de manera que, desde los gobiernos centrales se logre inducirlos a la búsqueda de soluciones en temas relevantes al medio ambiente. De igual manera el gran abismo que existe entre los estratos más acomodados y los menos favorecidos, una situación que disminuye el acceso a la información y la educación en este tema singular, generaría la falta de conciencia que los agentes económicos deberían tener a este respecto.

A pesar de esas deficiencias dentro del territorio peruano, es importante resaltar que en determinados momentos ha existido el interés en intentar revertir o disminuir el daño ocasionado por la contaminación ambiental, ya que según información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2014) desde el año 1992 el Perú pertenece a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y participa como parte firmante del Protocolo de Kioto desde el año 2002 (siendo ratificada años después), y adicionalmente, se ha comprometido junto con los países desarrollados a disminuir las emisiones de los GEI. El Perú ha elaborado, además, desde el Ministerio del Ambiente, la Primera y Segunda Comunicación Nacional, cuyo objetivo era contar con un inventario que tenga por finalidad informar acerca de las emisiones de los GEI y contar con políticas públicas para hacer frente al impacto negativo en el medio ambiente debido al cambio climático. La importancia de la obtención de esa información resultaba muy esencial para nuestro país, ya que para el año 2000, el Perú sólo generaba el 0,4% de GEI a nivel mundial, pero las cifras actualizadas no están cerca de ese porcentaje, lo que ocasionaría el inicio de eventos climáticos extremos. Considerando que se trata de un país con alta vulnerabilidad a raíz de los cambios climáticos, es decir, resulta muy sensible a las variaciones del clima, y teniendo en cuenta además la importancia del clima para los sistemas productivos que el Perú posee por ser más vulnerables a los ya conocidos fenómenos naturales que arremeten contra nuestro territorio y, sumado a esto, las limitaciones que se tiene a nivel económico, tecnológico y de innovación, el Perú incrementa su vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres naturales que, al alterarse los ecosistemas y climas, puede resultar en el desarrollo de eventos climáticos extremos, más frecuentes y más severos (pp. 399-400).

Ahora bien, la preocupación generada por el daño ocasionado debido a las emisiones de los GEI a través de su principal contaminante: el CO₂ y su medición a través del uso de la huella del carbono (cálculo de la totalidad de GEI que es emitido por personas, vehículos, empresas e industrias de manera directa o indirecta), que resulta en un método que ayuda a identificar con

claridad el impacto que se genera sobre el medio ambiente, debe resultar en el aliciente para que nuestra sociedad, en términos políticos, económicos, sociales y ambientales pueda trabajar en conjunto para disminuir el impacto negativo sobre el medio ambiente que tanto daño ocasiona al lugar en el que vivimos.

La importancia de resaltar la forma de abordar políticas que pueden ser empleadas para la disminución del impacto en el medio ambiente a raíz del desarrollo de la economía dentro del Perú resulta fundamental, como es importante también que la sostenibilidad sea una política perseguible por los países emergentes ya que, a través de sus actividades económicas, están ocasionando un severo e irreversible daño al medio ambiente. En ese sentido, los países del mundo en etapa de desarrollo, incluido el Perú, sin excepción de su status económico, político y social podrían adoptar algunas medidas para disminuir dichos impactos. El escaso fomento del uso de fuentes de energía limpia y renovable en el territorio nacional, como la energía solar, eólica e hidráulica, no favorecen la reducción a la dependencia de los combustibles fósiles y por ello no se logra disminuir las emisiones, demostrando que no existe la prospección de una realidad hacia una transición en el uso de energías renovables y no contaminantes. Por lo mismo, es muy poca la mejora de la eficiencia energética, tanto en la industria, el transporte, el comercio y las viviendas en un país profundamente desigual como el Perú en términos económicos, sociales y ambientales, lo que conlleva a la degradación del medio ambiente por las emisiones de elementos contaminantes. De igual forma, el descuido a la vegetación de las zonas urbanas en las ciudades más importantes del país, la inacción ante el deterioro de los bosques existentes y el poco interés en la restauración de áreas degradadas son las actitudes que no ayudan a capturar y almacenar CO₂ atmosférico, lo que contribuiría en la disminución del impacto al medio ambiente. Sumado a esto las políticas y regulaciones ambientales no son lo suficientemente estrictas como para limitar las emisiones de CO₂ en sectores clave, como la industria y el transporte. Adicionalmente, la educación y concientización sobre el cambio climático y la importancia de reducir las emisiones no llegan al ciudadano de a pie, siendo estas acciones de suma importancia para suscitar un cambio en el comportamiento del ser humano y que esto sirva de apoyo para un cuidado ambiental a nivel global.

A fin de poder identificar el daño que es causado por la huella del carbono en nuestro territorio nacional, es importante precisar, en primer lugar si el Perú, considerado como un país que busca el desarrollo y, particularmente, debido a su vulnerabilidad en términos ambientales,

evidencia una relación en forma de U invertida como lo sugieren los estudios primigenios de Kuznets y las investigaciones posteriores a ellos, respecto al crecimiento económico medido a través del PBI per cápita y la emisión del principal GEI que es el CO₂, medido también en términos per cápita y utilizando además la tasa de crecimiento poblacional como variable interviniente, que en un determinado tiempo y lugar puede mostrar un incremento exponencial generante en una explosión demográfica que, con números por encima de la capacidad del desarrollo de las ciudades causarían una mayor contaminación de las ciudades en todos los niveles. Es así como se podría verificar si la hipótesis inicialmente elaborada por Kuznets, en cuanto a crecimiento y desigualdad, y luego reforzada por estudios posteriores en términos ambientales, se cumple en nuestro país y, nos permita explicar, a través de las gráficas, cuál es el comportamiento de la relación planteada en la hipótesis de la CMK en nuestro territorio nacional.

Al investigar esta relación, se podrán identificar patrones y tendencias que contribuyen a la degradación ambiental en contextos de crecimiento económico. Esto permitirá conocer el comportamiento de las variables comprometidas y tomar decisiones políticas informadas para equilibrar el desarrollo económico y la conservación ambiental. Además, al abordar este vínculo, también podríamos razonar sobre posibles soluciones y estrategias que minimicen los impactos negativos en el medio ambiente. Por ello, esta investigación busca relacionar dichas variables para que, en primera instancia, proporcione información académica y sirva, en base a los resultados, para gestionar la toma de decisiones en áreas de desarrollo económico, ambiental y social en los tres niveles de gobierno, con el objetivo de lograr un equilibrio entre el progreso económico y social, manteniendo estrictamente el cuidado del entorno natural para las generaciones presentes y futuras.

Formulación del problema

En base a la Curva Medioambiental de Kuznets, ¿Cuál es la relación entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental por las emisiones de CO₂ en el Perú en el período 1990-2019?

Objetivos

Objetivo general

Determinar la relación entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental en el Perú durante el período 1990-2019, incluyendo el crecimiento poblacional como variable interviniente.

Objetivos específicos

- Relacionar el crecimiento económico y poblacional con la contaminación ambiental.
- Evidenciar a través de las gráficas, la relación de las variables citadas en el presente estudio aplicando la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets (CMK) y verificar si existe, en la realidad peruana, la evidencia de una curva en forma de U invertida.

Hipótesis de Investigación

Hipótesis general

El crecimiento económico en el Perú, en el periodo 1990-2019 provoca, en el corto plazo, un aumento de la contaminación ambiental por las emisiones de CO₂, sin embargo, a largo plazo, a pesar del crecimiento económico, las emisiones de CO₂ disminuyen.

Hipótesis específicas

1. En el corto plazo, a mayor crecimiento económico y poblacional, se incrementa la contaminación ambiental, a largo plazo la contaminación disminuye.
2. La contaminación ambiental por las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico en el Perú, en el período 1990-2019, evidencian una relación gráfica en forma de U invertida, según los fundamentos planteados en la Curva Medioambiental de Kuznets.

El presente informe final está estructurado en cuatro capítulos, efectuado según la formalidad requerida y establecida por la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas y Contables de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque:

CAPITULO I: Comprende el diseño teórico, enlazado a los objetivos y los parámetros del estudio realizado.

CAPÍTULO II: Se delinea el planteamiento metodológico del estudio y las herramientas y procedimientos para recopilar y analizar la información.

CAPÍTULO III: Se presentan los resultados obtenidos de la información.

CAPÍTULO IV: Se analiza y discute los resultados.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos correspondientes.

I. CAPÍTULO: DISEÑO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

La preocupación por el impacto ambiental y la huella de carbono generada por los agentes económicos, que ocasiona un irreversible daño sobre el medio ambiente, es materia de estudio desde hace algunas décadas por los países que más se han interesado a este respecto, países que siendo desarrollados o en camino al desarrollo se han visto inclinados a atenuar, desde las políticas adoptadas en la gestión pública hasta la concientización a la empresa privada y sus ciudadanos, y su respectiva regulación, los efectos adversos de la contaminación ambiental. Es preciso entonces conocer la evidencia que estos estudios han revelado en distintos países y realidades con el objeto de congruir en el fin que es perseguible por algunas naciones del mundo y por los países que menos se preocupan por regular el impacto ambiental en su respectivo territorio nacional.

1.1.1 Antecedentes Internacionales

En una investigación realizada por Jiménez (2021), en donde se buscó relacionar y comprobar la relación entre algunas variables introducidas a la degradación ambiental y el crecimiento económico, se advierte que una de las metas más difíciles de cumplir para los países que buscan incrementar sus ingresos y mejorar su productividad es tener un entorno saludable y lograr que en el afán por buscar el desarrollo económico no se pierda de vista los factores sustentables. Utilizando la misma propuesta original de Kuznets (1955) y reforzada después por Grossman y Krueger (1991), Shafik y Bandyopadhyay (1992) y Panayotou (1993) acerca de la relación en forma de U invertida entre el crecimiento económico e inicialmente la desigualdad de ingresos de un país y, posteriormente, relacionándolo con un enfoque medioambiental, es que se ha desarrollado la investigación citada. Aquí se menciona al Ecuador como país de estudio, un país que se muestra como extractivo en su actividad económica y donde el petróleo es el principal producto tradicional exportado. Se propuso determinar la relación existente entre el crecimiento económico, a través del PBI per cápita, y la degradación ambiental que incluye variables como CO₂, tasa de crecimiento poblacional, consumo eléctrico y tasa de deforestación,

planteando como hipótesis válida el hecho de que el comportamiento de la variable ambiental no es estadísticamente significativo respecto a la variable crecimiento económico. Se utilizó la data anual del *World Development Indicators* del Banco Mundial en el periodo 1990 al 2014 debido a la existencia de datos en todas las variables analizadas y se planteó utilizar un modelo econométrico que incluye las siguientes variables: $PpC = \beta_0 + \beta_1CO_2 + \beta_2TcP + \beta_3TD + \beta_4CE + \varepsilon$; en donde: PpC: PBI per cápita, es el producto interno bruto dividido para la población de un país determinado, CO₂: CO₂ ton/met per cápita, cantidad de emisiones de CO₂ emitidas a la atmosfera medidas en toneladas métricas dividido para la población de un país determinado, TcP: Tasa de crecimiento poblacional, representa el aumento del promedio de la población de un determinado país, CE: Consumo de Energía Eléctrica medida en kWh per cápita, Total de consumo energético dividido para la población de un país determinado, TD: Tasa de deforestación, mide la cantidad porcentual de área selvática perdida año tras año. Se utilizó el método de MCO (mínimos cuadrados ordinarios) para realizar el análisis, y se empleó los test de Brush Pagan, White, LaGrange, con la finalidad de autenticar el modelo y que los efectos sean veraces. Los resultados fueron los esperados. Aun no se evidencia la relación negativa esperada luego de algún punto de quiebre como lo sugiere la CMK en las variables medioambientales y el crecimiento económico, medidos en términos per cápita. Respecto a la tasa de crecimiento poblacional y PBI per cápita sí se evidencia una relación negativa, debido a que la población está experimentando una desaceleración en su crecimiento por el hecho de que las personas deciden, en el último tiempo, tener menos hijos, buscando aumentar sus ingresos a futuro. Finalmente se concluyó que, en el país vecino del Ecuador, no existe la aplicación de la CMK debido a su preocupación por el crecimiento económico sin considerar los daños que esto ocasiona en el medio ambiente y por el modelo económico ecuatoriano, que termina siendo un país primario exportador dependiendo exclusivamente de la extracción de los recursos naturales.

La realidad ecuatoriana puede, a través del anterior análisis, demostrar una realidad que podría ser aplicable al presente estudio. Las variables que utilizaremos en la presente investigación concuerdan con algunas de las variables utilizadas en el estudio de Jiménez (2021). El PBI per cápita, las emisiones de CO₂ y la tasa de crecimiento poblacional relacionadas entre sí dan como resultado la no aplicación de la CMK en la realidad ecuatoriana. La relación de las variables podría comportarse de la misma manera que en la realidad peruana, siempre que las dimensiones de cada una se asemejen al modelo ecuatoriano.

En el artículo “Impacto ambiental como efecto del desarrollo económico en México, Estados Unidos y Canadá de 1970 a 2019. Un análisis comparativo de la curva de Kuznets”, de autoría de Sobrado (2022), se explica cómo los países que tienen un mayor crecimiento económico generan un impacto menor en la contaminación del medio ambiente basado en el enfoque de la demanda compensatoria hicksiana, afirmando que los individuos de los países con mayor crecimiento tienen la disposición de asumir un costo más alto por los productos que cuenten con la particularidad de afectar lo menos posible al medio ambiente, obteniendo así un bienestar ambiental. El objetivo de la investigación detallada en el artículo, que utiliza datos extraídos del Banco Mundial, era demostrar a través de un comparativo gráfico correlacional la aplicación de la CMK, relación que se cumple debido a la existencia de un PBI per cápita mayor que les posibilita adquirir productos que, a pesar de tener precios más altos, resultan amigables para el medio ambiente a diferencia de aquellos países en desarrollo que tienen un menor PBI per cápita que está destinado solo a cubrir sus necesidades básicas, indistintamente si se tratan de productos con moderada o alta repercusión negativa sobre el medio ambiente. Se estableció una hipótesis nula considerando que los países que tienen una mayor expansión en su PBI per cápita tienen menores índices de la contaminación por CO₂, y para demostrarlo se efectuó un análisis correlacional gráfico de la CMK utilizando las variables PBI en términos per cápita y las emisiones de CO₂ considerando a los tres países que conforman América del Norte: Estados Unidos, México y Canadá, evitando la presencia de autocorrelación entre las variables a través de una prueba de correlación de primer orden. Respecto a la metodología que utilizó la autora en esta investigación es de enfoque cuantitativo de tipo correlacional, en donde se plantea la hipótesis de que los países con un mayor crecimiento de PBI per cápita indican una menor contaminación a través de emisiones de CO₂, comprobando la existencia de la CMK en los países con mayor desarrollo económico y siendo evidenciadas en una gráfica de dispersión que permita observar la tendencia de los datos. Según los resultados obtenidos, en Estados Unidos se puede observar que las emisiones de CO₂ son casi uniformes, con un crecimiento máximo de un 26% entre los años 1970 y 2019, mientras que en el mismo periodo de estudio Canadá evidencia un crecimiento de 65% y México un preocupante 399% de emisiones de partículas contaminantes de CO₂. En cuanto al PBI per cápita es notable la diferencia entre el crecimiento de cada país en estudio, ya que para el año 1970 Estados Unidos tenía un PBI per cápita de US\$ 5 234,30, Canadá US\$ 4 121,93 y México US\$ 689,79 y para el año 2019 Estados Unidos

ostentaba un PBI per cápita anual de US\$ 65 297,52, Canadá US\$ 46 189,66 y México US\$ 9,946.03 existiendo una brecha de 41% entre Estados Unidos y Canadá y de un importante 557% entre Estados Unidos y México. Además, la autocorrelación entre las variables en estudio, a saber: el PBI per cápita y las emisiones de CO₂ de cada país arrojan un 0,75 para México, es decir una correlación moderada, 0,61 para Estados Unidos, lo que resulta en una correlación entre moderada y débil, y 0,35 para Canadá que evidencia una correlación débil. Gráficamente, según el estudio, Estados Unidos muestra de forma precisa encontrarse en la fase 3 de la CMK, es decir cumple con la hipótesis de la U en forma invertida aceptándose la hipótesis nula. Canadá se encuentra en la fase 2 con tendencia a entrar en la tercera fase de la CMK, por lo tanto, aunque el efecto es menor que en Estados Unidos, se acepta también la hipótesis nula. Para México, en donde no se evidencia el mismo efecto, y muestra una curva en la fase 1 con tendencia a estabilizarse e iniciar la fase 2, se observa que no se cumple la CMK como forma de U invertida, sin embargo, al tener ingresos bajos, también se acepta la hipótesis nula. Resulta concluyente para este trabajo de investigación, que la CMK no es óptima, pero si resulta como instrumento de estudio sobre el impacto ambiental que adolecen los países, motivado por su crecimiento económico y permite ubicar las etapas en las que se encuentra la economía de un país en términos medioambientales.

El artículo de Sobrado (2022) patenta una metodología y variables de estudio similar al análisis que aplicaremos en el presente trabajo de investigación, siendo la relación entre el PBI per cápita y las emisiones de CO₂ las variables preponderantes en el presente estudio. La muestra gráfica y su interpretación, junto con el análisis de correlación, podrían proporcionar la información y los resultados que esperamos en la observación de los datos existentes en el Perú y su realidad económica y ambiental. Resulta evidente que EE.UU. y Canadá son países con economías desarrolladas, por eso las gráficas muestran la aplicación de la CMK en cada realidad con la confirmación de mantenerse en la etapa final de la curva en forma de U invertida. México, que muestra una realidad distinta, podría ser un indicativo de que algunas variables no estudiadas inducen el resultado que el análisis devolvió, y sirve como base para el estudio de la realidad peruana sobre la cual se profundizará.

Un informe titulado “Environmental Kuznets Curve Hypothesis on CO₂ Emissions: Evidence for China”, autoría de Zhang (2021), señala a China como el principal emisor de partículas de CO₂, con un 28% de las emisiones globales en el año 2017. Además de ello, el

Acuerdo de París estimó que para el año 2030 las emisiones de CO₂ del gigante asiático llegará a su punto máximo. El informe sugiere que, si el nivel de las emisiones sigue en aumento, China tendrá que introducir una política severa de reducción de CO₂. Bajo esta premisa, la investigación de Zhang (2021) acude a la CMK para evaluar su validez en la realidad china realizando un estudio empírico sobre la relación entre el ingreso y las emisiones de CO₂ incluyendo variables como el consumo de energía, apertura comercial y urbanización, y así determinar la etapa en la que se encuentra la relación de las variables en la realidad china y poder aportar, desde el campo académico, información relevante a este respecto. Sobre la metodología utilizada en este estudio, es uno de los primeros que adoptó el modelo ARDL y la regresión por cuantiles para probar la validez de la CMK. El modelo ARDL es un método de series de tiempo que ayuda a descubrir la elasticidad o las variaciones de las variables en el corto y largo plazo. Así, para llevar a cabo el análisis se utilizó un conjunto de datos desde el año 1971 hasta el 2014 construido a partir de dos fuentes: China Statistical Yearbook y World Development Indicators (WDI). Para medir la contaminación ambiental se utilizó la variable CO₂ per cápita cuantificado en toneladas métricas anuales, el crecimiento económico usando la variable PBI real per cápita anual, el consumo anual de energía utilizando la variable per cápita de petróleo disponible en kilogramos hasta el 2014 y la apertura comercial usando la participación en las importaciones y exportaciones totales. Todas las variables utilizadas se expresaron en forma de logaritmo natural para obtener estabilidad en el modelo planteado. El modelo ARDL se utilizó para determinar la cointegración entre las variables, y en las series de tiempo, concluir si existe o no, una relación de larga duración entre las variables. En los resultados obtenidos se determina que existe cointegración entre las variables en estudio y que estas muestran un movimiento en conjunto en el largo plazo. En la primera etapa, las emisiones de CO₂ aumentan con los ingresos y, después de alcanzar cierto umbral, a partir de la segunda etapa, las emisiones de CO₂ disminuyen a pesar del incremento de los ingresos. Finalmente, en la tercera etapa, las emisiones de CO₂ vuelven a aumentar junto con los ingresos, respaldando que, en el largo plazo, la curva se presenta gráficamente en forma de N para la realidad económica ambiental china. Una de las explicaciones acerca del motivo por el cual las emisiones vuelven a aumentar a partir de la tercera etapa es que la obsolescencia tecnológica impulsa al alza la degradación ambiental. Además, la elasticidad del consumo de energía indica que la producción impacta negativamente sobre la calidad ambiental sugiriendo que, un incremento del 1% del consumo de energía, se

traducirá en un incremento del 4,7% de las emisiones de CO₂, a diferencia de la elasticidad de largo plazo de la urbanización y la degradación ambiental, que muestra un efecto positivo en las zonas urbanas debido a las políticas de reducción de emisiones y la innovación tecnológica, significando que el desarrollo de la urbanización en China está conduciendo a una menor contaminación ambiental. En el estudio, la elasticidad de la apertura comercial no resulta sustancial para los cambios positivos o negativos en las emisiones de CO₂. Finalmente, la CMK para la realidad china en el periodo estudiado se presenta en forma de N en el largo plazo, no habiendo evidencia de su comportamiento en el corto plazo. Sin embargo, esta relación gráfica en forma de N podría resultar precaria, debido a que, en un plazo mayor de tiempo, el medio ambiente podría deteriorarse aún más.

El estudio de Zhang (2021) proporciona con claridad cuáles serían las variables intervinientes que perjudican o favorecen la relación del crecimiento económico y la contaminación ambiental. Por un lado, la obsolescencia tecnológica causa severos problemas a la degradación ambiental, y en un país como el Perú, con pocos avances en la materia, podría tener más complicaciones respecto a ello. Sin embargo, según Zhang (2021), la urbanización proporciona aire fresco para el medio ambiente en la medida que éstas sean implementadas con políticas de reducción de las emisiones y con la tecnología necesaria para su correcto desarrollo. Si bien la apertura comercial no da indicios de una contribución al aumento de la contaminación ambiental, es necesario que todos los agentes económicos involucrados en ello puedan intervenir en nuestro país con espíritu de responsabilidad social y contribuyan a mejorar los indicadores relacionados al impacto ambiental, que se podrían agravar con una mayor liberalización del comercio en el Perú.

Arostegui y Baltodano (2020) a través del artículo científico titulado “Evaluación empírica de la Curva Ambiental de Kuznets para Nicaragua considerando la Ley No. 217, en el período 1980 – 2014”, evaluaron la hipótesis de la curva para la realidad nicaragüense, durante el periodo citado, contemplando el efecto de la Ley General del Ambiente y los Recursos Naturales y utilizando modelos cuantitativos. Inicialmente buscaron responder la cuestión respecto a si el crecimiento económico conlleva un daño constante y progresivo sobre el medio ambiente. En primer lugar, analizaron el hecho de que los países desarrollados, con práctica de libre mercado, mantenían puntajes destacados en el Índice de Desempeño Ambiental 2018, realizado por la Universidad de Yale, en donde Suiza, Francia y Dinamarca lideran la lista, coligiendo que, el

crecimiento económico no necesariamente involucra un detrimento del medio ambiente. Por su parte, Nicaragua ha presentado un crecimiento tangible desde el año 1993 al 2017, siendo el sector primario el que ha tenido mayor importancia en la economía local, sector que, es sindicado como el principal responsable de la polución del agua, la degradación de los bosques, el incremento de la emisión de los GEI y otros problemas ambientales generados por la extracción de los recursos naturales, causa principal que llevó a los autores a analizar, mediante una regresión lineal múltiple, las emisiones de CO₂ per cápita con respecto al crecimiento económico, teniendo en cuenta la influencia de la Ley 217, y comprobar que las regresiones demuestren el cumplimiento de la hipótesis de la CMK. En el presente estudio se ha destacado el hecho de que la relación puede ser positiva en el largo plazo, y los estudios, en el que sobresale el de Grossman y Krueger del año 1995, así lo confirma. La afirmación de los investigadores acerca de que el constante daño ambiental debido al crecimiento económico no es una realidad en todos los países es acertada, señalando además la existencia de un punto de inflexión, en el que los indicadores de contaminación ambiental, aunque varían en algunos casos, se llega a partir de los US\$ 8 000 de ingreso per cápita. Respecto a la metodología empleada, se utilizó la variable deterioro ambiental, constituida por las emisiones de CO₂ per cápita de Nicaragua y el indicador de crecimiento económico considerando el PBI per cápita en dólares americanos y a precios corrientes. Se creó también una variable binaria para obtener el efecto de la creación de la Ley 217, en donde el valor 0 incluye los años 1980 a 1996 y el valor 1 de 1997 a 2014. Se estimó el modelo de regresión lineal múltiple utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), comprobando la eficiencia del modelo a través de los importantes requisitos como Homocedasticidad, no Autocorrelación y Normalidad, así como la identificación del mejor modelo utilizando el Criterio de Información de Schwarz (CIS). Además de ello, para no correr el riesgo de que la regresión sea espuria se empleó la prueba Dickey-Fuller Aumentada (DFA) para comprobar la existencia de una raíz unitaria, y analizar el hecho que las variables no sean estacionarias, lo que suscitaría una relación significativa si no existe cointegración. Después de analizar las variables de manera independiente, y su comportamiento a lo largo del periodo en estudio, la regresión expuso que la variable *deterioro ambiental* tenía signo negativo, aun sin considerar la entrada en vigencia de la Ley 217, es decir, se acepta la CMK en su primera etapa. Luego, al incluir la variable binaria se evidencia gráficamente que el punto de inflexión se encuentra en el umbral de los US\$ 1 191, con una curva más pequeña que si se omitiera la

variable binaria. La curva además decrece a partir de la aplicación de la Ley 217, y se evidencia gráficamente una figura con tendencia de U invertida como lo sugieren los estudios previos. La regresión es cointegrante, descartando de plano una relación espuria, y las pruebas a las que fue sometido, demostraron que se trata de un modelo eficiente.

Es importante resaltar, a raíz del estudio de Arostegui y Baltodano (2020), que las políticas económicas en favor de la disminución de la degradación ambiental tienen efectos positivos sobre el medio ambiente, y que Nicaragua resulta un patrón que los demás países en desarrollo deben emular. La legislación cumple un rol importante, y su cumplimiento debe ser de obligatoriedad para todos los que componen el sistema económico de un país. El estudio antes mencionado, además de contribuir en la determinación de actos políticos, económicos y legales, aporta académicamente para los estudios posteriores y precede para la correcta elaboración de los métodos utilizados para ser aplicados en nuestra realidad nacional.

1.1.2 Antecedentes nacionales

La investigación que lleva por título “Impacto del Turismo en la Generación de Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Machupichu desde una Perspectiva de la Curva Medio Ambiental de Kuznets, 2002-2019” de Abarca (2022), se desarrolló durante el periodo mencionado para investigar cómo impactan los arribos y recorridos de los turistas en la producción de desechos en el distrito de Machupichu. Se desarrolló la revisión de la teoría económica relacionada con la conservación del medio ambiente, que incluyó las primeras investigaciones de Kuznets, Grossman y Krueger, Shafik y Bandyopadhyay, Panayotou y otros. Se estableció que la correlación de la degradación del entorno en relación con el desarrollo económico (valuado por la renta per cápita) resulta, en el periodo corto, positiva. Empero, esta correspondencia, en el plazo largo, se vuelve negativa a medida que las economías avanzan hacia etapas tecnológicas y de servicios, demostrando que un mayor crecimiento económico está asociado con una menor degradación ambiental.

Para verificar la hipótesis de la CMK en el presente análisis, se estudiaron los constructos aplicando dos modelos econométricos usando el procedimiento de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), estudio que se desglosa de la siguiente manera: como variables independientes se encuentran el Turismo, que contabiliza los arribos internacionales a

Machupichu, principalmente al Santuario Histórico y el Crecimiento Económico, calculado por el analfabetismo, la concentración de la población y el beneficio familiar per cápita en los mayores de 15 años de edad, los mismos que influyen en la acumulación de basura municipal per cápita. Las cifras han sido analizadas en aplicando un diseño no experimental longitudinal a nivel explicativo y la prueba de las hipótesis se realizó usando un método deductivo. En el resultado del análisis del primer modelo, se evidencia el desempeño de la hipótesis de Kuznets, dado que al relacionar, en términos per cápita, la acumulación de desechos en la comuna de Machupichu (GRRSS) y la renta familiar (IFP) el comportamiento de la curva y su relación es positiva hasta que el IFP consigue llegar a los S/12 400, momento en el que, a partir de este punto de inflexión, se inicia una relación negativa, infiriéndose que, un mayor desarrollo en términos económicos deriva en un progreso de la condición del medio ambiente para el distrito de Machupichu. Sin embargo, la relación entre las mismas variables, con la anexión de algunas intervinientes adicionales como turismo, demografía y educación para el segundo modelo estimado, resulta negativa inicialmente y culmina con una tendencia positiva, llegando al *turning point* a los S/8 700, coligiendo que, un mayor crecimiento económico no resulta en una solución inmediata al problema, sino más bien la preocupación por la rigurosa aplicación de la reglamentación en términos ambientales, significando además que la cuestión de los residuos sólidos generados y el bienestar humano, no tiene una afectación de manera directa entre ellas, dado que esta afectación se traslada a otros lugares y situaciones y su costo de eliminación resulta relativamente alto, por lo que una mejora de la economía no resulta en una solución para dicha problemática ambiental.

Es importante señalar, según el estudio de Abarca (2022), lo provechoso que resulta la educación para enfrentar la problemática ambiental dado que, si se reduce el índice de analfabetismo en menores de 15 años se disminuye en 17,9% la producción de basura y que, una mayor cantidad de personas con niveles de educación altos, contribuyen a una mejora en las condiciones medioambientales y una disminución en la generación de dichos residuos. Por el contrario, se evidencia lo peligroso que podría significar la sola preocupación en el crecimiento económico en mérito a que el momento crítico para el origen del cumplimiento de la U invertida y su relación negativa según la curva de Kuznets, se encuentra bordeando los S/12,4 mil. Adicionalmente el poco interés en el cuidado del aumento de la densidad poblacional también generaría un problema mayor dado que, un incremento en la concentración de la población

conlleva a un aumento del 90,2% de generación de residuos sólidos. Y lo más importante resulta en la evidencia de que el turismo ejerce una influencia positiva en la mitigación de la degradación ambiental y muestra la capacidad de modificar el patrón de crecimiento promoviendo una ciudad sostenible.

Durand y Koc (2021) en su investigación titulada Impacto del Crecimiento Económico en la Contaminación Ambiental en el Perú: Análisis de Kuznets para el Periodo 1980-2019, analizaron el aumento per cápita del PBI y su influencia sobre la contaminación ambiental, dentro del ámbito nacional en el periodo citado. La hipótesis general indica al crecimiento económico como influyente directo en los niveles de contaminación ambiental, relacionando dichas variables en base a la teoría de Kuznets. Para su investigación utilizaron un modelo de regresión polinómica de corte longitudinal a través de la extracción de datos de fuentes secundarias. Inicialmente se realizó el estudio de las variables de manera individual, para verificar si son significativas y adecuadas para la aplicación de un modelo principal y un modelo auxiliar. Utilizando la evaluación a través de la aplicación del procedimiento de Modelos Vectoriales Autorregresivos (VAR), mediante el uso de análisis de series de tiempo y distintas técnicas econométricas, los frutos del análisis indican que Perú, como muchos otros países de esta región, se ubican al comienzo de la Curva Medioambiental de Kuznets, en el que la renta y la contaminación ambiental tienen una correlación constante y creciente. Igualmente, se analizó la forma lineal del modelo de Kuznets, concluyendo la observación con la hipótesis original de Kuznets, en concreto, a través de la regresión cuadrática. Se transformaron las variables y se estableció el vínculo entre las emanaciones de CO₂ como variable dependiente y el PBI en términos per cápita como variable independiente para el modelo principal, y se utilizó las exportaciones como variable adicional para el modelo auxiliar, las mismas que se aplicaron en base a los supuestos general de que el desarrollo económico afecta de manera directa a los niveles de contaminación ambiental. Los resultados no descartaron los supuestos de la investigación. Con un 95% de nivel de confianza para la muestra analizada, se confirmó que el desarrollo económico, representado por crecimiento per cápita del PBI, impacta en la contaminación al medio ambiente durante los años 1980 al 2019. No obstante, a pesar de la veracidad del relacionamiento entre los constructos, al representar gráficamente la Curva de Kuznets con la finalidad de interpretar al Perú respecto a su realidad económica en ese período de estudio, no se observa la característica en forma de U invertida. Esto se debe a la condición de

país emergente y a una distribución de ingreso muy desigual, lo que prolongaría el tiempo necesario para llegar al punto de inflexión que reduciría los índices de contaminación a medida que se incrementa la renta per cápita en el Perú. Además de ello las exportaciones en el Perú son un componente vital para el crecimiento de la economía peruana, contribuyendo alrededor del 24% al PBI nacional, no obstante, el sector minero, que en el Perú simboliza el 60% de las transacciones con el resto del mundo, afectaría negativamente al ecosistema y, por ende, se traduciría en un importante daño ambiental. Por otra parte, el Perú, al tratarse de un país en desarrollo, aun no logra llegar al punto de inflexión en donde la degradación ambiental empiece a disminuir gradualmente a medida que el nivel de ingresos sigue incrementándose. Esto tiene relación con algunos países de la región que reflejan su ubicación en la etapa inicial de la CMK en donde la renta per cápita y CO₂ se incrementan de forma progresiva, proyectándose el cumplimiento de la clásica U en forma invertida en el largo plazo en la economía nacional.

El trabajo de Durand y Koc (2021), que aplica de forma acertada la teoría respecto a la hipótesis de la CMK y que muestra la realidad económica ambiental peruana, advierte que no es suficiente el desarrollo económico para subrogar la contaminación del entorno ambiental. El comportamiento de la curva indica su ubicación en la primera fase de la misma, con crecimiento y relación positiva de ambas variables, y con un enorme camino por recorrer hacia adelante en la búsqueda de soluciones para mitigar los embates de una economía primaria extractiva que crece sin aplicarse acciones para iniciar el punto de retorno hacia una correlación opuesta de las variables cuestionadas y la evidencia de la U invertida en la realidad peruana.

1.2 Bases teóricas

La concientización respecto a la atención y conservación de nuestro entorno no ha sido un tema revisado y tratado en todos los tiempos. El ser humano no siempre tomó conciencia respecto de su relación con el medio natural que lo rodea y en épocas recientes se empezó a considerar seriamente los asuntos materia de protección al medio ambiente. Antes de esa preocupación hoy latente, el medio natural era apreciado sólo para suministrar los recursos empleados para el desarrollo del proceso productivo. Inicialmente, siguiendo esta línea de pensamiento, es que surge la teoría denominada como 'economía de frontera', que era caracterizada por valorar a la naturaleza sólo como una fuente de recursos ilimitados disponibles

para que las personas la usen para su beneficio y además como un depósito infinito de residuos resultantes del consumo de esos recursos (Reynaldo, 2012).

La teoría mencionada por Reynaldo (2012) comenzaría a quedar relegada con el transcurrir del tiempo, y a pesar del poco celo y atención al entorno ambiental en épocas anteriores, comenzó a asomar inquietud en algunos pensadores y economistas, pues postularon ideas iniciales que con el paso del tiempo fueron transformándose en conceptos importantes para la cimentación de las posteriores teorías que sentaron las bases de la economía ambiental y así, presentar la verdadera preocupación que se debía tener por el cuidado del medio ambiente. En adelante haremos un repaso a la teoría económica que propició el inicio de los estudios que lograron colocar a la contaminación ambiental como responsabilidad de todos los actores de la economía, y luego presentar los estudios de Simon Kuznets inicialmente, y las posteriores investigaciones de otros economistas que suscitaron la hipótesis de la CMK en términos ambientales y que son el soporte de esta investigación.

1.2.1 El medio ambiente en la teoría económica

A continuación, examinaremos como históricamente se ha ido construyendo la base esencial del medio ambiente en relación con la economía, para así comprender los razonamientos de algunos economistas representantes de diversas corrientes económicas.

La escuela clásica

La corriente clásica se asoma como un logro de Adam Smith y David Ricardo al organizar el caótico y desordenado estado del estudio y análisis económico. Sus estudios sentaron los fundamentos para la estructuración del sistema capitalista. Los clásicos se resaltan por reconocer los fenómenos sociales, que son planteados en una serie de pensamientos importantes para el avance de la ciencia económica y que están incluidos en las discusiones de nuestros días acerca del medio ambiente. Los economistas clásicos resaltaban el poder del mercado para alentar el desarrollo económico y la innovación, pero existía pesimismo respecto a las perspectivas de largo plazo. Adam Smith postulaba que los individuos deben tener libertad para satisfacer sus deseos y así conseguir generar el bien común, en donde el estado no tenga

ningún tipo de intervención sobre la actividad económica y originar las condiciones para que exista un mercado de libre competencia para el intercambio económico, ideología conocida como el principio de la mano invisible. Jean Baptiste Say expuso una propuesta sobre la cual la tierra no es el único elemento que tiene fuerza productiva. El agua de los ríos y mares colaboran con el transporte de los barcos y ofrecen productos de consumo como los peces, la fuerza del viento mueve los molinos y el sol emana el calor que sirve para la vegetación, y que los servicios que estos recursos proveen deben ser ‘pagados’ por el ser humano debido al beneficio obtenido de su aprovechamiento en menoscabo de la cantidad y calidad de los mismos. Para Malthus, la cantidad de tierra disponible comprometía a que, si la población crecía, se reduciría la oferta de alimentos y el estándar de vida sería afectado, por lo cual la población detendría su crecimiento. Esta postura conllevaba a pensar a la dicotomía del cuidado del medio ambiente o de disminuir los objetivos de crecimiento económico, apelando así a un estado estacionario (crecimiento cero), debido a que, si existía un crecimiento demográfico y se aumentaba la demanda de alimentos y productos para la subsistencia, entonces la tierra pasaba a convertirse en un recurso agotable. David Ricardo articulaba su perspectiva sobre los términos ambientales basándose en la oferta de tierras agrícolas de calidad y el rendimiento decreciente asociado a su producción. Su propuesta indicaba que la prosperidad económica se extingue a largo plazo debido al agotamiento de los recursos naturales. Respecto a los temas ambientales y complementando a Say, Ricardo también valoraba la gran ayuda de los bienes obtenidos de la naturaleza para facilitar y abreviar el trabajo y que no son reconocidos ni pagados por el hombre, sin embargo, encasillaba a estas ayudas naturales como ‘inacabable y a la orden de toda persona’, concluyendo que, “Según este punto de vista, la renta se determina como la porción del fruto del terreno que retribuye al terrateniente por el ejercicio de sus poderes únicos e imperecederos.” Finalmente, Jhon Stuart Mill comprendía el desarrollo económico como una competencia entre la innovación tecnológica y la disminución en la eficiencia de la producción agrícola, observando un más próximo un estado estacionario, en donde todo progreso y crecimiento económico quedaría detenido en algún momento, y el mundo podría dedicarse al fin a cuestiones como la cultura y demás aspectos sociales. (Gómez, 2003, pp. 44-48)

La teoría marxista

Según Gómez (2003), Karl Marx, considerado inicialmente como un miembro de la corriente clásica, fue un insurrecto que aprovechó la investigación de la ciencia económica para usarlo a modo de instrumento en la pugna de sus fines políticos y sociales. El mismo Marx planteaba que el mundo estaba gobernado por leyes comúnmente aceptadas sobre lo cual surgió el históricamente necesario sistema capitalista, pero considerando preponderante la aparición del socialismo y con ello la necesaria abolición del anterior sistema para histórico desarrollo humano. Para Karl Marx, el progreso era una fase del desarrollo normal definido en términos de adelanto tecnológico y material obtenido por el aprovechamiento de los bienes naturales. El creía que la naturaleza coexistía con la humanidad para su explotación y que su valor intrínseco podría ser convertido en valor de uso. El análisis de Marx sugería que el sistema económico capitalista no era sustentable en el tiempo por la destrucción del medio ambiente, sin embargo, algunos autores lo señalan como un individuo que enfatizaba el desarrollo de la industria como fundamento exclusivo para un mundo que buscaba desarrollarse. Económicamente, el modelo marxista contemplaba a liberalistas explorando mejoras que puedan ahorrar la fuerza laboral, aumentar el rendimiento en el plazo corto e incrementar el total de las ganancias, elevando el acopio del capital, empero, en el plazo largo, esta política ejercería una carga muy fuerte sobre el medio ambiente, generando desechos que podrían ocasionar enfermedades e incluso la muerte, generándose un daño colateral considerado como ‘daño social’ (pp. 48-49).

La teoría neoclásica

El objetivo fundamental de la teoría neoclásica fue determinar una agrupación de normas para conducir la economía de la misma forma que algunos científicos siguieron los hallazgos de Newton, considerando al mercado como neutral y ajeno a los juicios de valor. En esa línea filosófica, los seres humanos se comportaban racionalmente, buscando su propia satisfacción y preferencias, creyendo que, el interés individual acrecentaría el bienestar de la sociedad. Es así que en la escuela neoclásica se encontraba latente un modelo que explicaba la esencia de la conducta humana como egoísta y razonable, que considera sus preferencias como un sistema y opera con base en la maximización de la utilidad personal. En la década de 1960, motivado por el crecimiento demográfico e industrial, se extendió e intensificó la contaminación ambiental,

debido al uso descontrolado de las reservas naturales no renovables y la extinta presencia del estado en la planificación de una adecuada mitigación al problema. Esta circunstancia concientizó a algunos sectores industriales respecto a asuntos ecológicos, originando pensamientos ambientalistas incluso, contrarias al desarrollo económico. Algunos economistas de la época reconsideraron la idea de la escasez de recursos en cuanto a sus posibles usos. La mayoría de estos economistas creían factible un crecimiento económico sostenido e indefinido, sin reducir la calidad de vida, con un sistema de precios que funcione de manera eficiente y acomodando la actividad económica a un nivel razonable de calidad ambiental. Apareció la idea del reciclaje dentro de un cambio tecnológico para disminuir la extinción de los bienes no renovables, incrementando además la cualidad del trabajo y el capital. Se estableció la economía del medio ambiente como la sub ciencia capaz de aportar con ideas de corte ambientalista. Las primeras discusiones incluían priorizar eludir el daño ambiental en lugar de repararlo, centrándose en el problema de dichas externalidades y las destructivas consecuencias para la calidad de vida, empero a esas alturas aún se no había incluido un asunto pendiente: el sector público promoviendo un bienestar mayor (Gómez, 2003).

Las externalidades en la teoría neoclásica

Según Gómez (2003) aunque la influencia humana en la calidad del medio ambiente resulta de los daños causados y de los esfuerzos realizados para remediarlos, gran parte de las discusiones teóricas se concentran principalmente en las acciones generadoras de daño. Al abordar el tema de las externalidades, se examina detenidamente las razones detrás de cómo las acciones humanas llevan a consecuencias perjudiciales para la calidad ambiental, además, se sugiere que estas consecuencias probablemente superan lo que podría justificarse desde una perspectiva de eficiencia económica. Sin embargo, la otra cara de la historia se ignora en gran medida: los bienes asignados a las prestaciones públicas están destinados a incrementar el bienestar general. Los seguidores de la corriente neoclásica sostienen que, para abordar los problemas más apremiantes del medio ambiente, es necesario tomar en cuenta ambos aspectos. La continua degradación y agotamiento de los recursos ambientales no se deben exclusivamente a las externalidades negativas generadas por la actividad privada. También hay que considerar la posible amenaza a la calidad de vida debido al aumento de daños provocados por tareas que

gravan importes exógenos, así como a la disminución de la efectividad de los esfuerzos de los gobiernos de turno para incrementar, en términos ambientales, la calidad de vida. La situación ambiental se ve perjudicada por los efectos tanto de las externalidades, que representan el impacto del accionar particular que ocasiona daño al medio ambiente, como por los niveles de oferta de los bienes que son públicos, es decir, el capital público invertido en su sustento. Para una perspectiva más amplia, el bienestar respecto al medio ambiente está condicionado por las determinaciones particulares como por las acciones colectivas emprendidas por el sector público para el aprovisionamiento de los servicios en el sector público. El bienestar medioambiental se configura como un recurso compartido y agotado por los elementos de la comunidad.

Según la teoría neoclásica, la contaminación se refiere a un término económico que abarca tanto la huella física de los residuos en el entorno natural, así como la respuesta humana a ese impacto, ya sea biológico, químico o auditivo. La respuesta humana puede manifestarse en diversas emociones, como disgusto, desagrado o preocupación, y se traduce en una disminución del bienestar. Desde una perspectiva económica, la contaminación puede entenderse de dos maneras: como una externalidad negativa, donde los individuos afectados no son compensados por la pérdida de bienestar, o como una externalidad positiva, donde un agente genera beneficios para otros. Se considera que existe un costo externo cuando se cumplen las siguientes dos condiciones:

- Una acción realizada por un individuo causa una disminución en el bienestar de otro individuo.
- La disminución del bienestar no es neutralizada por el primero.

Es importante destacar que, si el elemento que ocasiona la externalidad compensa la pérdida de bienestar del otro agente, entonces el efecto se internaliza. En otras palabras, cuando se corrige la situación y se toman en cuenta los costos externos, el impacto negativo se resuelve dentro del sistema en lugar de afectar a otros agentes (pp. 51-52).

El teorema de Coase

Para Gómez (2003) cuando se presentan externalidades, el nivel óptimo de actividad económica para la sociedad no concuerda con el fetén particular. Con la finalidad de obtener el

óptimo en términos sociales, parece indispensable la participación del estado. Y para estudiar las diversas maneras de aplicar la regulación que se pueden establecer, es importante investigar si los mercados logran de forma natural el nivel óptimo de externalidad. En 1960, Ronald Coase planteó la idea de que, aunque los lugares de transacción pueden no asegurar el óptimo de externalidades, podrían dirigirse en ese curso de manera perspicaz y sin la obligación de una regulación mediante sistemas impuestos o la constitución de límites cuantitativos. Así, es fundamental comprender el dominio y pertenencia a modo de capacidad de utilizar un bien; derechos que son considerados particulares si pertenecen a un individuo o a una comunidad claramente reconocible. Utilizando los derechos comunales de propiedad común, nos referimos a situaciones en las que la propiedad en cuestión es compartida entre varias personas o conjuntos en la comunidad. En base a este razonamiento, si se puede arribar a un buen acuerdo entre los segmentos involucrados, es decir, el infractor y el afectado, el comportamiento natural se conducirá hacia el estado óptimo, existiendo, independientemente de la titularidad posesión o dominio de la propiedad, una propensión involuntaria a aproximarse al bienestar general. Siendo este razonamiento válido, el intercambio se autoevaluará y no será necesaria la participación del estado. El concepto es conocido con el nombre de "Teorema de Coase", y su importancia radica en que suprime la obligación de una intervención del estado en las cuestiones ambientales (pp. 52-53).

La hipótesis de Porter y la regulación ambiental.

A diferencia de Coase, la hipótesis de Porter se trata de un enfoque estratégico (desarrollado por Michael Porter en la década de 1990 y que ha marcado una huella significativa en la manera en que las empresas encaran las cuestiones ambientales) el cual sostiene que las regulaciones ambientales más estrictas pueden estimular la innovación dentro de las empresas, lo que a su vez puede conducir a una ventaja competitiva y beneficios económicos de largo plazo. Estos estudios corresponden con una forma de abordar la política ambiental que deberían adoptar los países emergentes en términos empresariales y, que buscan el desarrollo a través de una congruencia provechosa entre el desarrollo y la preservación del entorno natural.

Según Lanegra y Morales (2007), los hallazgos de Porter desafían las percepciones tradicionales, ya que revelan que una regulación ambiental rigurosa no supone un riesgo para el

crecimiento en términos económicos, por el contrario, está intrínsecamente vinculada al crecimiento del PBI per cápita de un país. Para los autores, Porter descubrió que aquellos países con regulaciones ambientales estrictas experimentan un incremento más rápido en su productividad, lo que deriva en considerables valores de ingresos y una mayor competitividad en el ámbito global. Este impacto positivo es especialmente relevante para las naciones en desarrollo. Sin embargo, para que un esquema regulatorio ambiental sea efectivo en este sentido, Porter sugiere que debe poseer tres características esenciales. En primer lugar, se destaca la flexibilidad de la regulación. Esta debe centrarse más en los resultados que en los métodos para lograrlos. Al no estar limitada por tecnologías específicas, se promueve la innovación en el cumplimiento de las metas. Estas metas, por su parte, deben ser progresivas, permitiendo la legitimación gradual de las prácticas ambientales. La segunda característica es la rigurosidad de la legislación ambiental. Esto implica establecer obligaciones claras, metas ambientales ambiciosas y sanciones e incentivos significativos para estimular el cumplimiento. Esta disposición debe ser coherente tanto internamente como en relación con otras áreas de la gestión pública. Además, es crucial sincronizar las metas ambientales con los estándares internacionales, o incluso superarlos. Por último, la tercera característica se refiere a la capacidad de aplicación del ente regulador. Los países con políticas ambientales exitosas destacan por un alto nivel de cumplimiento y ejecución de las leyes ambientales. Esto implica el desarrollo de capacidades técnicas sólidas y eficientes en las entidades reguladoras.

La relación entre regulación ambiental, innovación y ventaja competitiva no es lineal ni automática. Las empresas deben adoptar un enfoque proactivo para la innovación ambiental y estar dispuestas a invertir en investigación y desarrollo. Además, es esencial una gestión eficaz para garantizar que las prácticas innovadoras se implementen de manera efectiva en toda la organización. La hipótesis de Porter también ha llevado a la creación de estrategias de "eco-innovación", que se centran en la fusión de argumentos en temas ambientales en todos los aspectos de la empresa, desde la producción hasta el diseño del producto y la cadena de suministro. Esto puede dar lugar a mejoras en la eficiencia energética, diligencia para con los residuos sólidos y la disminución de la degradación, lo que a su vez puede generar beneficios económicos y ambientales significativos (Porter & van der Linde, 1995).

1.2.2 Simón Kuznets y la teoría de la desigualdad en la distribución de los ingresos

El economista francés Simon Kuznets, en marzo de 1955, se propuso responder a dos preguntas que, por la falta de definiciones precisas, la escasez inusual de datos y presiones de opiniones fuertemente arraigadas terminarían siendo muy amplias para su campo de estudio: ¿Aumenta o disminuye la brecha en la repartición de los beneficios durante el desarrollo positivo de un país? y, ¿qué factores determinan el nivel y las tendencias seculares de las desigualdades de ingresos? Surgieron dificultades resultantes de especificar las características de las distribuciones de ingresos que Kuznets quiso examinar y sobre los cambios que él deseaba explicar. Primero, las unidades para las cuales se registran y agrupan los ingresos deben ser unidades de gasto familiar, ajustadas adecuadamente según el número de personas en cada unidad, en lugar de los receptores de ingresos, para quienes las relaciones entre recepción y uso de ingresos pueden ser ampliamente diversas. Segundo, la distribución debe ser completa, es decir, debe abarcar todas las unidades en un país en lugar de solo un segmento en el extremo superior o inferior. Tercero, si es posible, debemos segregar las unidades cuyos principales perceptores de ingresos todavía están en la etapa de aprendizaje o ya están en la fase de jubilación de su etapa de subsistencia, para evitar complicar el panorama incluyendo beneficios no relacionados con la participación exclusiva en las actividades económicas. Además, la renta tiene que definirse tal y como se hace actualmente para renta en el interior de un país, a saber, recibido por individuos, incluido el ingreso en especie, antes y después de los impuestos directos, excluyendo las ganancias de capital. Finalmente, las unidades deben agruparse según los niveles temporales de ingresos, libres de perturbaciones cíclicas u otras transitorias (Kuznets, 1955).

Al concluir el estudio, el economista ruso, estaba al tanto de que los datos confiables presentados eran escasos. Asumió que el artículo era, probablemente un cinco por ciento de información empírica y un noventa y cinco por ciento de especulación, parte de la cual posiblemente esté influenciada por sus deseos personales. La excusa que presentó para construir un sistema en un fundamento inconstante resultó de una insondable inclinación por el tema y el afán de comunicarlo con los sujetos partícipes de la Asociación Estadounidense de Economía. La excusa formal, pero no menos genuina, fue que el tema es central para gran parte del análisis y pensamiento económico; que nuestro conocimiento al respecto es insuficiente; que una visión más coherente de todo el campo puede ayudar a orientar nuestros intereses y trabajo en direcciones intelectualmente provechosas; que la especulación es una forma efectiva de presentar

una visión amplia del campo; y que siempre y cuando se reconozca como una colección de intuiciones que requieren una mayor investigación en lugar de un conjunto de conclusiones plenamente probadas, puede tener poco riesgo y mucho beneficio. En sus párrafos finales, dos comentarios concluyentes de Kuznets fueron: primero, referirse a la importancia del conocimiento adicional y una mejor comprensión del almacén temporal en el reparto individual de las ganancias. Dado que esta distribución es un puntal importante, en el cual la articulación de la economía afecta a los individuos de una comunidad, y por medio de quienes opera el colectivo, es un referente significativo para comprender el rebote y los patrones de comportamiento de las personas como conservadores, fabricantes y consumidores. Por lo tanto, un entendimiento y comprensión superior del tema es esencial, tanto para sí mismos, así como para prepararse acerca de la marcha de la humanidad, en el corto y en el largo plazo. Si la propensión en el almacén de ingresos y de los factores que las determinan no presenta un mayor conocimiento, se limita la percepción del proceso de desarrollo económico, y cualquier idea que podamos obtener al observar cambios en los agregados nacionales a lo largo del tiempo será defectuosa si estos cambios no se traducen en movimientos de las participaciones de los diferentes grupos de ingresos. Por consiguiente, dicho razonamiento aportará a una valoración superior de la teoría pasada y presente respecto al crecimiento económico. La distribución del producto nacional entre los diversos grupos es un tema de gran interés para muchos y se discute en detalle en cualquier sociedad medianamente articulada. Cuando los datos empíricos son escasos, como lo son en este campo, la tendencia natural en dicha discusión es generalizar a partir de la poca experiencia disponible, la cual suele ser la corta trayectoria histórica dentro del horizonte del estudioso interesado, y que se aplica a los problemas políticos específicos del momento. Se ha observado repetidamente que la gran economía dinámica de la escuela clásica de finales del siglo XVIII y principios del XIX fue una generalización cuyo contenido empírico principal eran los desarrollos observados durante medio a tres cuartos de siglo en Inglaterra, país de origen de esa escuela; y que llevaba muchas de las limitaciones que la brevedad y el carácter excepcional de ese período y lugar imponían naturalmente a la estructura teórica. También es posible que gran parte de la economía marxista sea una sobre generalización de tendencias imperfectamente comprendidas en Inglaterra durante la primera mitad del siglo XIX, cuando la desigualdad de ingresos pudo haber aumentado; y que las extrapolaciones de estas tendencias (por ejemplo, el aumento de la miseria de las clases trabajadoras, la polarización de la sociedad,

etc.) resultaron incorrectas porque no se tuvieron en cuenta las probables consecuencias de los cambios tecnológicos en la organización económica y social, la expansión del sistema económico a gran parte del mundo entonces sin ocupar y la propia estructura de los deseos humanos. El último comentario se refiere a las direcciones en las que es probable que la exploración adicional del tema nos lleve. Incluso en este simple diseño inicial, se utilizaron hallazgos en el campo de la demografía y se hicieron referencias a aspectos políticos de la vida social. Por incómoda que sea tal exploración en campos desconocidos y quizás traicioneros, no puede ni debe evitarse. Los procesos de crecimiento económico, que son cambios de largo plazo que involucran transformaciones tecnológicas, demográficas y sociales que impactan la economía, necesitan la exploración de otras áreas más allá de lo que actualmente se considera el dominio económico. Una mejor comprensión de los patrones asociados con el crecimiento demográfico, las fuerzas del cambio tecnológico y las características que dan forma a las instituciones políticas y el comportamiento humano en general requieren una mayor familiaridad con los hallazgos en disciplinas sociales relacionadas. Para lograr el éxito en este ámbito es necesario pasar de la economía de libre mercado a la teoría económica política y social. (Kuznets, 1955).

1.2.3 Crecimiento económico y calidad ambiental: evidencia de series temporales y comparativa entre países.

Un estudio de Shafik y Bandyopadhyay (1992), investigó la relación entre el avance económico y la salud del entorno al analizar los cambios en el paisaje ambiental en distintos estratos de ingresos. La meta era hallar indicios sobre si existía algún relacionamiento entre el crecimiento económico previo y la preservación o agotamiento de los recursos naturales, así como determinar si acopio de patrimonio humano actuaba como complemento o sustituto de la acumulación de capital natural. Estudiaron adicionalmente cómo variaban estas relaciones en diferentes fuentes ambientales y como habían afectado las políticas macroeconómicas a la evolución de la calidad ambiental. El enfoque de los autores se centró en recursos renovables, como el agua, el aire y los bosques. Principalmente, los problemas de los recursos renovables han sido intratables. En cuanto al concepto de recursos renovables, existe un vínculo entre ellos y el capital físico y humano. El tema se refiere a la acumulación de medios naturales para mejorar

el confort intertemporal. Otro problema surge debido al impacto directo del capital natural en la salud y la producción. Otro problema es la posibilidad de daños irreversibles, ya que el agotamiento de algunos recursos puede superar umbrales críticos que podrían resultar en la desaparición permanente de una especie o hábitat natural. El medio ambiente es a la vez un medio consumible y un suministro para la producción, lo que significa que los patrones de uso de recursos en diversos niveles de desarrollo dependen de la elasticidad ingreso de la demanda y la oferta en relación con distintos servicios y bienes ambientales. Es probable que el coste y rendimiento vinculado con la variación de índole ambiental afecten el resultado. Sin embargo, no es posible determinar con precisión la elasticidad de los beneficios con respecto al ingreso debido a que varias fuerzas diferentes están en juego. Los tipos de degradación ambiental que ocurren dependen de la composición de la producción, la cual cambia con el ingreso. En algunos niveles de ingreso, a menudo están asociadas con aumentos en ciertas actividades contaminantes, como el desarrollo de la industria pesada. Existe la opinión de que el aumento de los ingresos implica que el valor de la vida estadística o el daño a la salud causado por el deterioro ambiental es mayor. Esto implicaría aumentos en los rendimientos marginales mientras los ingresos se incrementan. No obstante, los pobres suelen ser los más comprometidos y endeblen en temas de salud y rendimiento relacionado a un ambiente contaminado. También existe el tema de los valores intrínsecos de algunos recursos naturales. Existe la percepción general de que los mayores ingresos permiten el lujo relativo de preocuparse por comodidades como paisajes y biodiversidad. Sin embargo, muchas sociedades con ingresos muy bajos, como los pueblos tribales, que otorgan un valor muy alto a la conservación. Para Shafik y Bandyopadhyay, a nivel especulativo, no se puede pronosticar la evolución de la calidad ambiental con la variabilidad en los ingresos per cápita. Las evidencias sugieren que, si bien no hay un patrón inevitable de esta relación a nivel agregado, existen relaciones claras entre parámetros del entorno ambiental que son muy específicos y la renta per cápita. En los casos en que el medio ambiente tiene un impacto directo en el confort natural del ser humano, la renta más elevada suele estar relacionada con una contaminación mínima. El deterioro ambiental puede ocasionar un impacto externo o efecto secundario, lo que lleva a una degradación continua de la capacidad de la economía para sostener la calidad ambiental.

Finalmente, después de analizar indicadores ambientales como la carencia de aljibe (agua apta para el consumo humano), la falta de los servicios básicos en zonas urbanas, la

deforestación, los deslizamientos de tierra, los niveles de oxígeno en los torrentes, presencia de enterobacterias en los ríos, los desechos municipales, SO₂ (dióxido de azufre) y CO₂ en el ambiente, los investigadores concluyeron que, primeramente, el ingreso per cápita tiene el impacto más consistentemente relevante en todos los parámetros de la calidad ambiental. Sin embargo, esta relación citada está lejos de ser simple. La mayoría de los índices en términos ambientales empeoran primero con el incremento de la renta, exceptuando la disposición de agua limpia y la posibilidad de acceso a servicios básicos, que se resuelven esencialmente con ganancias superiores. Empero, muchos índices mejoran mientras los países se acercan más a horizontes de ingreso medio. Existe evidencia de que las economías con altas tasas de inversión y un rápido desarrollo en términos económicos ejercen mayor empuje sobre el medio ambiente, especialmente en términos de contaminación. Así, ciertos parámetros que decaen con índices elevados de financiación, como la desertificación y los deslizamientos de tierra, tienden a mejorar con ingresos más altos. Las principales excepciones a esta pauta la oxigenación de los ríos, los residuos municipales y la emanación de CO₂, todos los cuales tienen efectos negativos que pueden cuantificarse. La tecnología, representada por la tendencia temporal, claramente contribuye a mejorar la calidad ambiental. Con la excepción del coliforme fecal, los parámetros ambientales mejoran íntegramente o no empeoran con el tiempo, controlando el efecto del ingreso. Las variables ambientales manejadas por funciones lineales: agua segura, saneamiento urbano, residuos municipales y emisiones de dióxido de carbono, tienen elasticidades constantes respecto a cambios en el ingreso. El acceso a agua limpia y saneamiento tiene elasticidades de -0.48 y -0.57 respectivamente, lo que implica que el incremento del 1% en la renta resulta en aproximadamente un 0.5% más de personas atendidas por instalaciones mejoradas. Los residuos municipales tienen una elasticidad de 0.38 con respecto al ingreso. La mayor elasticidad lineal de ingreso es, en términos per cápita, con las emisiones de CO₂, el incremento del 1% en la renta resulta en un incremento del 1.62% en las emisiones de dióxido de carbono. Las elasticidades para los contaminantes locales del aire siguen patrones ligeramente diferentes, aunque ambos son cuadráticos. Las partículas aumentan en bajos ingresos, con una elasticidad de 0.69, pero comienzan a disminuir en niveles de ingresos medios. Una vez que los países alcanzan altos ingresos, la disminución es rápida. Los dióxidos de azufre aumentan en correspondencia con la renta a dos veces la medida de partículas -la elasticidad en bajos ingresos es de 1.23- y continúan aumentando, aunque más lentamente en ingresos medios. A ingresos más altos, las

concentraciones de dióxido de azufre disminuyen más rápidamente que las partículas. Por lo tanto, la forma de "U invertida" para los dióxidos de azufre es más tardía y más pronunciada que la de las partículas. La presencia de coliformes fecales es el único indicador ambiental con forma cúbica, pero las elasticidades muestran que los efectos más grandes se observan en bajos y medianos ingresos. Existe un aumento inicial pronunciado en el contenido de coliformes fecales en los ríos en niveles de ingresos bajos, seguido de un rápido declive en ingresos medios. Luego, hay un aumento lento en ingresos altos. Probablemente, la característica más destacada de los resultados econométricos es lo poco que algunas de las variables de política, como el intercambio comercial, las alteraciones y el déficit, parecen importar para el desarrollo en la obtención de calidad ambiental. Donde las variables de política son significativas, lo son con respecto a una variable ambiental específica, como en el caso de las tarifas eléctricas más altas que disminuyen las emanaciones de CO₂. Los resultados a este respecto no son concluyentes, pero la evidencia empírica apunta a la ausencia de efectos generalizados de la política comercial, la deuda o el régimen político en el medio ambiente. Las evidencias sugieren que es posible superar algunos problemas ambientales a través del crecimiento económico. Sin embargo, esto no es automático; se deben implementar políticas e inversiones para reducir la degradación. Los resultados econométricos de la investigación de Shafik y Bandyopadhyay indican que la mayoría de los países eligen adoptar esos cambios de política y realizar esas inversiones, reflejando sus evaluaciones de la evolución de los beneficios y costos de la política ambiental. La acción tiende a tomarse donde se encuentran costes pluralizados y rentabilidad privada y social primordial. En el momento en que el coste de la contaminación es sostenido por terceros, hay escasos estímulos para innovar comportamientos dañinos (Shafik y Bandyopadhyay, 1992).

1.2.4 El crecimiento económico y el medio ambiente según Gene M. Grossman y Alan B. Krueger

En busca de respuestas sobre si el continuo crecimiento económico causará cada vez más daño al medio ambiente o si el aumento en los ingresos y la riqueza siembra las semillas para la mejora de los problemas ecológicos, los economistas Grossman y Krueger (1995), iniciaron su investigación para replicar la incógnita inicial generada, con fundamento científico y con la finalidad de diseñar estrategias de desarrollo adecuadas para los países menos desarrollados. Los

autores afirmaron que, los recursos naturales, consumibles como reutilizables, se emplean como suministro para la elaboración de recursos materiales y de servicios. Indicaron que, si fueran invariables la estructura de la industria y los métodos utilizados en ello, entonces el daño al entorno permanecería inexorablemente vinculado a la medida de la economía global. Sin embargo, la prueba sustancial que encontraron les sugirió que el desarrollo da lugar a una transformación estructural en lo que una economía produce, y que las comunidades han manifestado una destacada ingeniosidad en la utilización de ciencia novedosa para atesorar los bienes limitados. Analizaron que, en un inicio, el esfuerzo que conducen al cambio en la disposición y métodos de productividad puede ser lo convenientemente fuerte y equilibrar ampliamente la reacción negativa en el aumento de la actividad económica sobre el medio ambiente.

La prueba empírica del vínculo entre la renta nacional y la calidad ambiental que Grossman y Krueger (1995) estudiaron, comenzó con modelos de regresión, estimados en forma reducida, en un anterior artículo sobre el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, relacionando tres indicadores de contaminación del aire urbano con características del lugar y la ciudad donde se monitoreaba la contaminación, así como con el ingreso nacional del país en el que se encontraba la ciudad. Previamente, en el Informe sobre el Desarrollo Mundial del Año 1992, el Banco Mundial ya había advertido la evidencia de la relación entre varias medidas de calidad ambiental y los niveles del PBI nacional (World Bank, 1992). Ambos estudios, tanto el de Grossman y Krueger como el del Banco Mundial, encontraron que, la contaminación del medio ambiente y la renta tienen un nexo en forma de U invertida, con la degradación aumentando con el ingreso en reducidos niveles de renta y disminuyendo con el ingreso en niveles altos de ingreso. Con datos confiables y una metodología común para investigar el vínculo entre la escala del trabajo en la economía y la calidad ambiental, se utilizó todo el panel de datos disponible en el Sistema Mundial de Monitoreo Ambiental que realiza seguimiento de la calidad en el agua y el aire urbano en diferentes ciudades del mundo desarrollado y en desarrollo. Esta relación fue estudiada estimando varias operaciones de aspecto reducido que relaciona la escala de polución en un punto (agua o aire) con una aplicación elástica de la renta per cápita real y rezagado del país, así como con otras covariables. La estimación específica fue:

$$Y_{it} = G_{it}\beta_1 + G^2_{it}\beta_2 + G^3_{it}\beta_3 + G_{it}\beta_4 + G^2_{it}\beta_5 + G^3_{it}\beta_6 + X'_{it}\beta_7 + \epsilon_{it}$$

donde Y_{it} es una medida de la polución del aire o del agua en la estación i en el año t , G_{it} es el PBI per cápita en el año t en el país donde se encuentra la estación i , G_{it-} es el PBI per cápita promedio durante los tres años anteriores, X'_{it} es un vector de otras covariables, y ϵ_{it} es un término de error. Los β 's son parámetros a estimar. Para los contaminantes del aire, la variable dependiente se define como la concentración mediana diaria del contaminante en cada sitio a lo largo del año. Los valores promedio de los contaminantes del aire no fueron informados. Para los contaminantes del agua, se utilizó el valor promedio del contaminante a lo largo del año como nuestra variable dependiente, ya que los valores medianos fueron omitidos siempre que hubiera menos de cuatro observaciones por encima del nivel mínimo detectable del dispositivo de medición. Al estimar la conjunción entre la contaminación y la renta nacional, los autores ajustaron el año en el que se realizó la medición incluyendo una tendencia temporal lineal como un regresor separado. Lo hicieron así porque no querían atribuir al crecimiento del ingreso nacional ninguna mejora en la calidad ambiental local que pudiera deberse realmente a avances globales en la tecnología para la preservación del medio ambiente o a un mayor conocimiento global sobre la gravedad de los problemas ambientales. Se incluyeron covariables adicionales además del ingreso y el tiempo para describir las características del lugar donde se encontraban las estaciones de monitoreo y para describir el método específico de monitoreo. Dado que estas variables específicas de ubicación es poco probable que estén correlacionadas con el ingreso nacional, su inclusión no es necesaria para una estimación imparcial de los coeficientes de interés. Sin embargo, al incluir estas variables adicionales, es posible reducir la varianza residual en la relación entre la contaminación y el ingreso, generando así estimaciones más precisas. En resumen, Grossman y Krueger encontraron poca evidencia de que la sostenibilidad ambiental empeore continuamente con el desarrollo en términos económicos. En cambio, descubrieron que, para la totalidad de los parámetros, el crecimiento económico conlleva una etapa preliminar de deterioro seguida de una etapa posterior de progreso. Ellos tenían la sospecha que la mejora eventual refleja, en parte, una mayor demanda y oferta de protección ambiental en niveles más altos de ingreso nacional. Los puntos de inflexión para los diferentes contaminantes varían, pero casi siempre, la totalidad de los sucesos ocurren previamente a que un país obtenga una renta per cápita de \$8000. Para siete de los catorce indicadores que se estudiaron, se encontró una relación estadísticamente significativa y positiva entre la renta y la calidad ambiental en un país de ingresos medios con un PBI per cápita de \$10,000. Solo en un caso, sobre coliformes fecales

totales en el agua, se encontró una relación adversa significativa en este nivel de ingreso. Un asunto particular que se evidenció fue los coeficientes estimados sobre la variable de tiempo. Estos coeficientes indican en qué medida los problemas ambientales han estado empeorando o mejorando con el tiempo, aparte de los efectos de una economía mundial en expansión. El estado del medio ambiente puede deteriorarse con el tiempo si se acumulan concentraciones de contaminantes o si los gustos del consumidor se inclinan hacia bienes intensivos en contaminación. Lo contrario puede ocurrir si la innovación tecnológica hace que la reducción de contaminantes sea menos costosa o si el aumento de la conciencia provoca un cambio autónomo en las demandas públicas de protección ambiental. Contrario a la preocupación de algunos grupos ambientalistas, los autores no encontraron evidencia de que el crecimiento económico cause daño inevitable al hábitat natural. En cambio, se evidenció que, si bien el aumento del PBI puede estar asociado con el deterioro de las circunstancias ambientales en naciones muy carentes de crecimiento económico, un aire y agua limpia semeja favorecerse del crecimiento de la economía una vez que se ha alcanzado el punto crítico de ingreso. Los puntos de inflexión en el relacionamiento con respecto de U invertida varían para los distintos agentes causantes de la contaminación, aunque es recurrente a un ingreso de menos de \$8000, calculado en el año 1985. En una nación con una renta de \$10,000, el supuesto de desarrollo permanecerá asociado con el menoscabo de las condiciones ambientales se debería rechazar al nivel de significación del 5 por ciento para muchas de las medidas de contaminación estudiadas. Una primera importante deducción a la que arribaron los investigadores es que el nexo más recio entre la contaminación y la renta se da por medio de una réplica de política persuasiva. Para aumentar la prosperidad en países o regiones es necesario prestar interés a los factores no económicos que contribuyen significativamente. Las naciones más pudientes, con aire y ríos más limpios, también tienen estándares ambientales más altos y un empleo más estricto de su legislación ambiental que las naciones de renta media y menos ricos, muchas de las cuales todavía enfrentan cuestiones ambientales apremiantes. En segundo lugar, es posible que los patrones descendentes e inversos en forma de U puedan surgir porque, a medida que los países se desarrollan, dejan de producir ciertos bienes intensivos en contaminación y en cambio comienzan a importar estos productos de otros países con leyes de protección ambiental menos restrictivas. Si esta es la principal explicación de la relación inversa, que sería eventual, entre el ingreso de un país y la contaminación, entonces los patrones futuros de desarrollo no podrían imitar los del pasado. Los

países en desarrollo no siempre podrán encontrar países aún más pobres que sirvan como refugios para la producción de bienes intensivos en contaminación. Finalmente, Grossman y Krueger enfatizan que no hay nada inevitable en las relaciones que se han observado en el pasado. Para los autores, estos patrones reflejaban el estado tecnológico, económico y político que existía en ese momento. Los países de bajos ingresos, en ese momento y a partir de este estudio, tendrían la singular ocasión de aprender de la historia y así aludir los errores de intentos de crecimiento anterior. Con la creciente conciencia de los peligros ambientales y el crecimiento económico en tiempos modernos, de modernización tecnológica más limpia que antes, se esperaría que las naciones de poca renta dirijan su interés en el cuidado del medio ambiente en la fase anticipada de desarrollo que en el pasado (Grossman y Krueger, 1995).

1.2.5 Crecimiento económico y el medio ambiente. Theodore Panayotou.

Para Panayotou (2000), el aumento en el usufructo de los bienes naturales, el acopio de residuos y la aglutinación de polutos sobrepasarían el espacio en el ecosistema y resultarían en la contaminación y deterioro del confort, pese al incremento de la renta. Asimismo, se arguye que, eventualmente, el envilecimiento en el zócalo de recursos arriesgaría la propia economía. A fin de salvaguardar el entorno natural e incluso la actividad económica de sí misma, en primera instancia, algunos economistas resuelven que el desarrollo en términos económicos debe detenerse y se debe establecer una transformación hacia una economía en situación estacionaria. Para otros analistas, el recorrido más sencillo hacia el mejoramiento del entorno sería a través del crecimiento económico: con mayores ingresos, un incremento en la demanda de bienes y servicios que requieren menos materiales, así como la demanda de una mejor calidad ambiental que lleva al acogimiento de medidas de cuidado ambiental. Sin embargo, otros investigadores han propuesto el supuesto de que el vínculo entre el crecimiento económico y la calidad ambiental, sea negativo o positivo, no está determinado a lo largo del desarrollo de un país; de hecho, podría cambiar de signo de positivo a negativo a medida que una nación logra un horizonte de renta en el que las personas demandan y pueden permitirse una infraestructura más eficiente y un ambiente más limpio. La relación implícita en forma de U invertida entre la contaminación y el desarrollo económico pasó a conocerse como "Curva de Kuznets Ambiental", por antonomasia con el nexos entre ingresos y desigualdad postulada por Kuznets en 1965. Los

bajos niveles de desarrollo limitan la cantidad como la magnitud de la contaminación ambiental, debido a la agricultura de subsistencia económica y a los limitados desechos biodegradables. Con el auge de la agricultura, el usufructo de recursos y la industrialización, tanto el acabamiento de los bienes naturales como la producción de desechos experimentan un aumento. ¿Por qué? En niveles más elevados de desarrollo, la degradación ambiental comienza a nivelarse gradualmente como resultado del cambio estructural hacia industrias basadas en la información y los servicios (incluidas tecnologías más eficientes y una mayor demanda de calidad ambiental).

. Finalmente, si la hipótesis de la CMK es respaldada por evidencia, las políticas de desarrollo tienen el potencial de ser ambientalmente benignas a largo plazo (en ingresos altos), pero también pueden causar daños ambientales significativos a corto y mediano plazo (en ingresos bajos o medianos). En este caso, el autor se planteó varias incógnitas: ¿a qué nivel de renta per cápita se produce el punto de inflexión?, ¿cuánto daño se habría producido y cómo se puede evitar?, ¿se violarían umbrales ecológicos y se producirían daños irreversibles antes de que la degradación ambiental comience a disminuir y cómo se pueden evitar?, ¿la mejora ambiental en niveles de ingresos más altos es automática o requiere reformas institucionales y políticas conscientes? y ¿cómo acelerar el proceso de desarrollo para que las economías emergentes y en etapa de transformación logren experimentar las mismas condiciones económicas y ambientales mejoradas disfrutadas por las economías de mercado desarrolladas?.

Se utilizan comúnmente ecuaciones de una sola forma formuladas de manera eficiente para establecer una conexión entre un parámetro de impacto ambiental y la renta per cápita en modelos empíricos de crecimiento. Ciertos modelos se basan en las emanaciones de un poluto específico, como SO₂, CO₂ o partículas, en tanto que otros usan concentraciones ambientales de diferentes contaminantes consignados por estaciones de monitoreo. El ingreso per cápita es una variable independiente típica en casi todos los modelos. En diferentes investigaciones se tienen en cuenta variables como la densidad poblacional, la apertura comercial y la distribución del ingreso, así como constructos geográficos e institucionales. Los parámetros de entrada que suelen ser cuadráticos, logarítmicos o cúbicos incluyen la contaminación ambiental. Se utilizan datos transversales o de panel para estimar las estimaciones usando métodos econométricos, que también implican pruebas de efectos basados en el país y en el tiempo.

. Las especificaciones ad hoc y la forma reducida de estos modelos los convierten en una "caja negra" que oculta los determinantes subyacentes de la calidad ambiental y limita su utilidad en la formulación de políticas. Ha habido algunos esfuerzos recientes para estudiar los fundamentos teóricos de la relación entre el medio ambiente y los ingresos, y algunos intentos modestos de descomponer la relación entre ingresos y medio ambiente en sus efectos de escala, composición y mitigación.

Sobre las conclusiones a los estudios de Panayotou (2000), inicialmente se menciona a la UNECE (Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, por sus siglas en inglés), que incluye a la mayoría de las economías de mercado más desarrolladas del mundo y la mayoría de las economías en transición. Estos dos grupos de países se encuentran en diferentes etapas y niveles de desarrollo e integración de políticas económicas y ambientales, pero ambos grupos han experimentado, por diferentes razones, un grado de desacoplamiento entre el medio ambiente y el crecimiento económico. El desacoplamiento en las economías de mercado desarrolladas ha sido resultado del cambio estructural hacia una economía de servicios, del cambio tecnológico hacia una producción menos intensiva en materiales y energía, y la adopción de nuevas políticas económicas y ambientales, como la reforma fiscal verde, cambios y permisos ambientales, y regulaciones comerciales y centrales para internalizar las externalidades ambientales. En las economías en transición, el desacoplamiento ha sido en gran medida resultado de la reestructuración industrial y las reformas de mercado para acercar los precios de la energía, los materiales y otros insumos a sus costos económicos e internacionales. A pesar del progreso significativo hacia el desarrollo sostenible, los países desarrollados todavía experimentan patrones de consumo insostenibles, como lo demuestra el crecimiento continuo de los residuos municipales y las emisiones de CO₂. A medida que las economías en transición comienzan a recuperarse y crecer nuevamente, sus emisiones y uso de recursos también aumentan, aunque en menor proporción. La intensidad energética de su PBI, aunque está disminuyendo, sigue siendo varias veces mayor que la de los países desarrollados, mientras que sus patrones de consumo siguen el mismo camino que los de sus contrapartes desarrolladas. Para lograr un mayor desacoplamiento entre el crecimiento económico y el medio ambiente y progresar hacia el desarrollo sostenible, el autor menciona que se requiere acción en muchos frentes por parte de ambos grupos de países, así como cooperación entre ellos, especialmente en la transferencia de tecnología. El autor menciona esas acciones en su trabajo de investigación:

- a. Uso de una mezcla efectiva de herramientas económicas como impuestos, tasas y autorizaciones para subsanar errores en el mercado y en las políticas, interiorizar los costos ambientales y sociales, e incitar mejoras en el consumo y la producción.
- b. Mejora en la eficacia de la utilización de recursos y "desmaterialización" de la economía.
- c. Cambio en el fondo del crecimiento económico, lo cual implica ajustes de costos que tienden a ser importantes a medida que sea más rápido el cambio en los precios relativos; principalmente, aquellos que pierden deben ser resarcidos por aquellos que se favorecen.
- d. Inducción de políticas específicas para conservar el nivel de vida de aquellos afectados por el ajuste requerido y evitar el desempleo y la perturbación social; se deben abordar temas de desigualdad y exclusión social.
- e. Educación para el desarrollo sostenible para fomentar la responsabilidad industrial y colectiva, e inducir cambios en el comportamiento.
- f. Fortalecimiento de la democracia y los derechos de la población para que exista una libre expresión de preferencias y la sociedad civil pueda desempeñar un papel pleno y activo en la enunciación de políticas que puedan inducir cambios en los modelos de consumo y producción.

La experiencia de las economías desarrolladas de la UNECE ofrece lecciones valiosas para las economías de Europa del Este y Asia Central que están en transición. En primer lugar, la transición de una relación de intercambio a una relación complementaria entre el crecimiento económico y la calidad ambiental es un proceso largo y requiere intervenciones políticas activas en términos de: integración de políticas económicas y ambientales (por ejemplo, la incorporación de políticas fiscales verdes) y la eliminación gradual de subsidios perjudiciales para el medio ambiente y la introducción de instrumentos políticos para internalizar los costos ambientales. En segundo lugar, la batalla que puede ganarse en el lado de la producción mediante el cambio estructural y el progreso tecnológico puede perderse en el lado del consumo debido a patrones de consumo derrochadores e insostenibles que no se ajustan a cambios de comportamiento que son lentos en aparecer cuando el daño ambiental está lejos en el espacio o en el tiempo, como en el caso del cambio climático. En tercer lugar, la reestructuración industrial y la fijación de precios

de mercado no garantizan el desacoplamiento del crecimiento económico de las presiones ambientales; en presencia de externalidades ambientales, los precios en sectores como la energía y el transporte (pero también la agricultura e industria) deben considerar no solo los costos económicos e internacionales, sino también los costos sociales que tradicionalmente han quedado fuera del alcance de los mercados y el comercio internacional. Por último, si bien las regulaciones de mando y control han sido bastante efectivas para desacoplar el medio ambiente y el crecimiento y lograr mejoras significativas en la calidad ambiental en las economías desarrolladas de la región de la UNECE, esto se ha logrado a un costo innecesariamente alto en términos de la inflexibilidad de la respuesta y la lentitud de adaptación al cambio, así como la falta de incentivos para la innovación y para ir más allá del cumplimiento. Como demuestra la experiencia más reciente de los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), la combinación de regulaciones de mando y control con una buena dosis de instrumentos económicos es un medio más rentable y flexible para desacoplar el crecimiento económico de las presiones ambientales y promover el desarrollo sostenible (Panayotou, 2000).

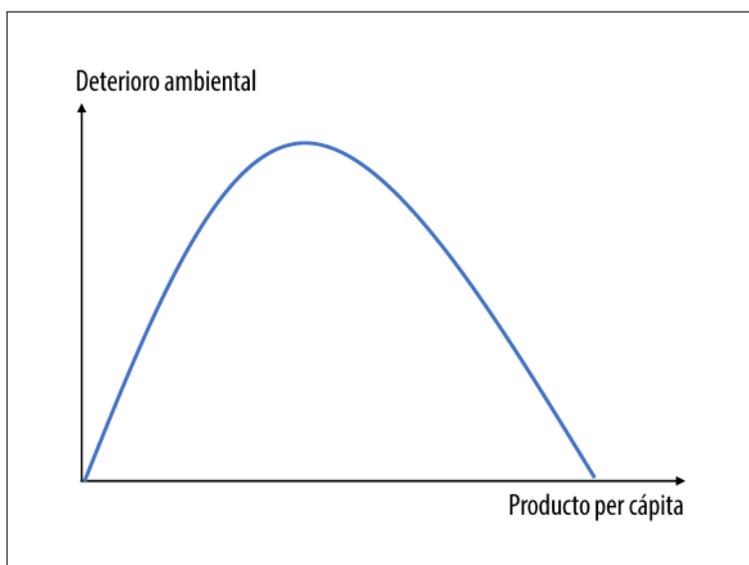
1.2.6 La Curva Medioambiental de Kuznets: El fundamento teórico de la U invertida

La asociación entre la renta y la contaminación ambiental que resulta gráficamente en la forma invertida de la U fue producto de la investigación de Grossman y Krueger (1995), Shafik y Bandyopadhyay (1992) y Panayotou (2000), siendo Zilio (2010) la persona que señala a Panayotou como el creador del concepto de la forma invertida de la U entre las variables ingreso y contaminación. El nombre “Curva Medioambiental de Kuznets” se le asignó por su proximidad con la relación que estableció Simón Kuznets entre el crecimiento económico y la desigualdad en la distribución del ingreso en el año 1955, teoría que fue recogida por los investigadores en materia ambiental. La teoría de la CMK sostiene que, a largo plazo, el desarrollo de la economía -calculado en términos de PBI per cápita- y la contaminación ambiental -establecido por las emisiones en términos per cápita de un determinado poluto- prolonga la figura como una U invertida. Esto significa que, a niveles bajos de renta, observamos mayor daño al entorno, es decir que, mientras crece la economía, se incrementa el deterioro al medio ambiente. Sin embargo, esta tendencia se revierte al llegar al punto culminante, conocido como el nivel crucial de ingreso o punto de inflexión. En ese punto, la degradación tendría que comenzar en su

disminución, evidenciando que, el relacionamiento entre crecimiento económico y deterioro ambiental se comience a tornar negativo, lo que indicaría que a mayores niveles de ingreso se asocia una menor degradación ambiental, tal y como aparece en la Figura 1. El supuesto sugiere que, en la fase inicial del desarrollo económico dentro de un territorio (a corto plazo), se experimenta daño ambiental, pero en el largo alcance, el desarrollo conduce al progreso ambiental (Moreno, 2018).

Figura 1

Curva Medioambiental de Kuznets



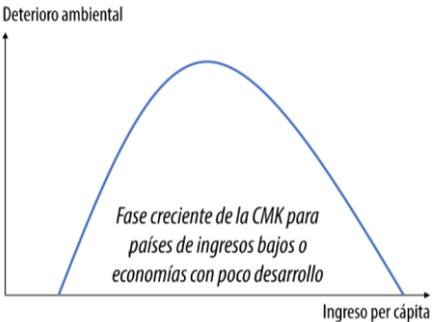
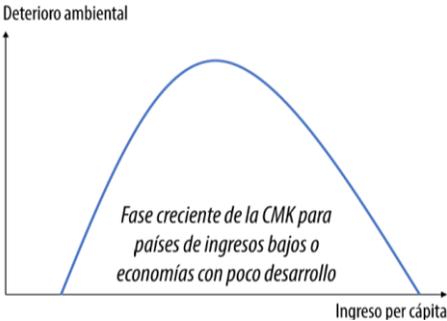
Nota. Adaptado de “Dinámica de Sistemas y la Curva Medio Ambiental de Kuznets en Perú (1990-2015)” (p. 61), por N. Moreno, 2018, *Semestre Económico*, 21(49).

Por último, la base teórica a este respecto es crucial para comprender cómo las etapas iniciales de desarrollo pueden conducir a un aumento de la contaminación debido a circunstancias como la industrialización y el aumento de la producción. A medida que los países evolucionan, adoptan tecnologías más limpias y regulaciones ambientales más estrictas, lo que lleva a una disminución de la contaminación, por lo cual se resalta la importancia de políticas y acciones que equilibren el progreso económico con la protección ambiental a medida que las naciones avanzan en su desarrollo. Ahora bien, conforme a los estudios de Zilio (2010), la razón teórica que respalda la presencia gráfica de la parábola invertida según la hipótesis de Kuznets se

basa, principalmente, en estudios realizados por investigadores avocados estrictamente a este tema, los mismos que son citados y se muestran en la Tabla 1, resultando, además, de la combinación de determinados efectos en la CMK en las economías emergentes, efectos que son acuñados en el trabajo de investigación de Moreno (2018).

Tabla 1

Bases teóricas que justifican la forma en U invertida de la CMK.

Efecto	Fundamento	Fase en la CMK
<p>Elasticidad ingreso de la demanda de la calidad ambiental.</p> <p>(Shafik y Bandyopadhyay, 1992; Selden y Song, 1994)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Algunos países que tienen renta baja no tienen disposición de pagar y evidencian una menor demanda de calidad ambiental. Sus ingresos no le dan la posibilidad de cubrir sus necesidades básicas. ● Los países con renta baja tienen poca o nula regulación ambiental. ● Un mayor ingreso genera una considerable demanda de beneficios ambientales. ● Un medio ambiente cuidado es estimado como bien de lujo. 	 <p><i>Fase creciente de la CMK para países de ingresos bajos o economías con poco desarrollo</i></p>
<p>Efecto escala.</p> <p>(Grossman y Krueger, 1991)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Cantidad de degradación ambiental para sustentar el crecimiento económico ● Una economía en desarrollo necesita un mayor uso de sus recursos, se generan más desechos y se incrementan las emisiones de CO₂ y genera una mayor contaminación. 	 <p><i>Fase creciente de la CMK para países de ingresos bajos o economías con poco desarrollo</i></p>

Efecto	Fundamento	Fase en la CMK
Efecto composición. (Grossman y Krueger, 1991)	<ul style="list-style-type: none"> Una mayor renta incita a buscar cambios en la estructura productiva que implica la transición de una economía netamente agraria, pasando por etapas de industrialización con predominancia de actividades extractivas hasta alcanzar una estructura intensiva en servicios y conocimiento menos contaminantes. 	<p><i>Fase decreciente para países con una estructura productiva basada predominantemente en el sector servicios</i></p>
Efecto tecnológico. (Grossman y Krueger, 1991)	<ul style="list-style-type: none"> Un mayor ingreso facilita el destino de recursos para invertir tecnología e investigación. Eso permite sustituir por tecnología positiva y limpia, y se reduce la contaminación. 	<p><i>Fase decreciente para países basados en tecnologías y procesos menos contaminantes</i></p>
Efecto comercio. (Arrow et al., 1995)	<ul style="list-style-type: none"> El libre mercado puede ocasionar un incremento en los niveles de contaminación. Búsqueda de industrialización más contaminante en países con menor regulación. 	<p><i>Fase creciente de la CMK si las barreras al comercio son muy bajas y la regulación no es lo suficientemente estricta</i></p>
Efecto de los convenios transnacionales (Protocolo de Kyoto). (Zilio, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> Comercio de difusión entre los países involucrados. Implementación y articulación agrupada que comprometen las transferencias de créditos de emisiones. Dispositivos de crecimiento impolutos. 	<p><i>Fase decreciente para países desarrollados</i></p>

Efecto	Fundamento	Fase en la CMK
<p>Efecto de la desigualdad en la distribución del ingreso.</p> <p>(Bimonte, 2002)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una incorrecta distribución aumenta el deseo de consumo de bienes inferiores, restringe el presupuesto en pagos por la calidad ambiental y no se invierte en normativa ambiental. • Una distribución desigual promueve la contaminación. 	

Nota. Extraído de (Moreno, 2018, pp. 62-64)

1.3 Bases conceptuales (Operacionalización de variables)

Variables de estudio

- Crecimiento económico (PBIpc), calculado a través del PBI per cápita anual a precios actuales en el Perú, desde el año 1990 hasta el 2019.
- Contaminación Ambiental (CApc) por las Emisiones de CO₂, que es medido por las emisiones de Dióxido de Carbono, en toneladas métricas per cápita anuales en el territorio peruano, desde el año 1990 hasta el 2019.
- Crecimiento Poblacional (tCP), medido por la Tasa de crecimiento poblacional anual del Perú desde 1990 hasta el 2019.

1.3.1 Definición de variables

Para un adecuado relacionamiento de las variables, resulta indefectible la conceptualización y operacionalización de las mismas, precisando del cálculo de cada una de dichas variables, articulando los procesos, acciones y operaciones que deben realizarse para obtener una medición eficiente y se pueda interpretar los datos obtenidos de manera adecuada (Hernández et al., 2014).

Crecimiento Económico (PBIpc).

El crecimiento económico se define como la variación porcentual del Producto Bruto Interno (PBI) de una economía en un periodo determinado. Para no afectar el análisis debido al crecimiento poblacional, se debe utilizar la variación del PBI per cápita ya que así actúa de manera firme como un indicador de riqueza o estabilidad económica (Instituto Peruano de Economía, 2013). Para el presente estudio se evaluará el PBI per cápita como un indicador que mide la relación que existe entre el nivel de ingreso de un país y su población, resultando en una cantidad de dinero que le correspondería a cada habitante si dicha riqueza se repartiera a todos por igual. La variable se dimensiona al dividir el PBI, el cual representa el valor de todos los bienes y servicios finales generados en un país durante un período dado, entre la cantidad de habitantes que existen en el mismo país. (INEE, 2009)

Contaminación Ambiental (CApc).

Describe la presencia o emisión de elementos contaminantes en el entorno natural, como el aire, el agua y el suelo, que causan un deterioro en la calidad del medio ambiente y pueden ser perjudiciales para la salud de los seres vivos, incluyendo los seres humanos (AQUAE Fundación, 2023). Para su aplicación en el presente estudio, es generada por las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) que son principalmente emitidas por fuentes antropogénicas, es decir, procesos industriales, quema de residuos o desechos y quema de combustibles fósiles para la obtención de energía, medios de transporte y otras actividades humanas. Resulta ser el más contaminante y el principal gas de efecto invernadero (Sánchez, 2019). Su cálculo será a través de las Emisiones de CO₂ en toneladas métricas per cápita por año, es decir la variable se dimensiona dividiendo las emisiones totales de CO₂ entre el número de personas de la población nacional.

Crecimiento Poblacional (tCP).

El crecimiento poblacional forma parte de la descripción del crecimiento económico. En nuestro caso, la utilizaremos incluyéndola en la variable crecimiento económico. Esta variable puede explicarse como el incremento promedio total de una población, es decir, el número de nacimientos menos el de defunciones (aumentos naturales), más el de inmigrantes y menos el de

emigrantes (migración neta), en un determinado territorio durante un período establecido (CEPAL, 2012). Para su operacionalización, se tendrá que dimensionar como Tasa de Crecimiento Poblacional, que es la razón de la variación de una población durante un año determinado a causa de aumentos naturales y migración neta, sobre la población promedio en ese mismo periodo de tiempo y lugar, el mismo que se expresa en porcentaje o índice (INEC Panamá, s.f.).

Tabla 2

Operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
<i>Variables de Estudio</i>				
Crecimiento Económico	Producto Bruto Interno (PBI) de una economía en un periodo determinado. (Instituto Peruano de Economía, 2013)	Relación existente por la división del nivel de ingreso de un país (PBI) y su población, generado durante un período dado. (INEE, 2009)	PBI per cápita por año.	Riqueza y bienestar económico.
Contaminación Ambiental	Presencia de agentes contaminantes en el entorno natural (aire, agua y suelo) que causan un deterioro en la calidad del medio ambiente y son perjudiciales para la salud de los seres vivos, incluyendo los seres humanos. (AQUAE Fundación, 2023)	Emisiones de Dióxido de Carbono (CO ₂) emitidas por fuentes antropogénicas, medidas toneladas métricas per cápita por año, es decir la dividiendo las emisiones totales de CO ₂ entre la población nacional. (Sánchez, 2019)	Emisiones de CO ₂ per cápita por año.	Calidad del aire.

Variable Interviniente

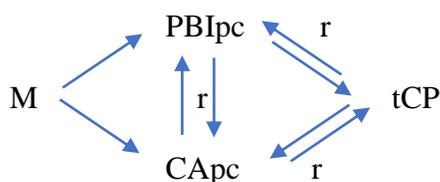
Crecimiento Poblacional	Incremento promedio total de una población, es decir, aumentos naturales más la migración neta, en un territorio y período determinado. (CEPAL, 2012)	Tasa de Crecimiento Poblacional, razón de la variación de la población sobre la población promedio del mismo tiempo y lugar, expresado en porcentaje o índice. (INEC Panamá, s.f.)	Tasa de Crecimiento poblacional anual.	Incremento de la población
--------------------------------	---	--	--	----------------------------

Nota: Elaboración propia.

II. CAPÍTULO: DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 Diseño de contrastación de hipótesis

El desarrollo de la presente investigación se realizó de acuerdo al paradigma cuantitativo, aplicando un diseño no experimental, en mérito a la observación de los constructos o variables en su entorno consustancial, sin adulteración de las mismas ni con la finalidad de alcanzar un efecto forzado sobre otras variables, sino con el propósito de examinar el comportamiento de los constructos en el transcurso del tiempo y, sin provocar, intencionalmente, alguna situación no existente (Hernández et al., 2014). En referencia al propósito que persigue, estamos frente a un estudio puro, teórico o dogmático, llámese también investigación básica. Su particularidad se basa en que se emerge en un ambiente teorizador y permanece en él hasta el final de la investigación, con el único objetivo de acrecentar el conocimiento científico sin necesidad de aplicar una contrastación de aspectos pragmáticos (Muntané, 2010). En ese marco, y siguiendo el planteamiento cuantitativo, evaluamos las variables a través de un enfoque correlacional, que emplea el análisis estadístico para estudiar la relación entre dos o más variables. Un análisis correlacional se emplea típicamente para estudiar datos cuantitativos y evaluar si existe una tendencia, patrón o relación entre las variables de estudio (Arteaga, 2022). Según Salkind (1998), la investigación correlacional provee atisbos de una relación que podría existir entre dos o más variables o constructos, o de resultados específicos que podría devenir de dicho relacionamiento. Uno de los aspectos más importantes en la investigación correlacional es el estudio de la relación entre las variables sin que esto implique la causalidad de una sobre la otra, es decir, la correlación analiza la asociación, pero no la relación causal. Adicionalmente, se empleó un índice denominado “Coeficiente de Correlación” como medida de la robustez de tal relación. En el presente estudio se utilizó el valor de dicho índice. El esquema planteado en el caso específico para esta investigación se puede detallar de la siguiente manera:



donde: M: Muestra
 PBIpc, CApc: variables de estudio
 tCP: variable interviniente
 r: coeficiente de correlación

En relación al periodo de estudio, en la presente se aplicó la investigación de tipo longitudinal o evolutiva, básicamente para observar el cambio y comportamiento de la relación entre las variables en el transcurso del tiempo, es decir, se realizó un rastreo a un grupo de sujetos de estudio para observar y analizar cómo evolucionan ciertas variables en el curso de un período de tiempo prolongado. En el presente análisis se efectuó la observación de las variables y su correlación en un lapso de treinta años, tiempo de consideración suficiente para advertir el movimiento o cambio de las variables que proyectamos estudiar.

2.2 Población y muestra

Para delimitar la población resultó necesario definir la unidad de análisis. Las unidades de muestreo resultan del principal interés en el planteamiento y los alcances de la investigación, y responde a la incógnita sobre qué o quienes (sucesos, objetos o participantes) se van a recolectar los datos, a fin de conocer la población, definirla y delimitarla (Hernández et al., 2014). En el actual estudio, la delimitación de las unidades de muestreo se detalla en la Tabla 4:

Tabla 3

Unidades muestrales.

Pregunta de Investigación	Unidad de Análisis
¿Cuál es la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO ₂ en el Perú en el período 1990-2019?	Producto Bruto Interno (PBI) y las Emisiones de CO ₂ per cápita anual, durante el periodo 1990 – 2019, para revisar la tendencia que se muestra entre ellos con el transcurso del tiempo.
	Tasa de crecimiento poblacional anual, durante el periodo 1990 – 2019, para comprobar su influencia sobre el crecimiento económico y la contaminación ambiental.

Nota: Elaboración propia.

2.2.1 Población

La población es un conjunto de eventuales componentes sobre el cual se quiere extender los resultados del estudio. Si los resultados se pueden generalizar, entonces se podrán aplicar a distintas poblaciones que tengan características diferentes, no obstante, si los resultados no se pueden generalizar, sólo se podrán aplicar a los elementos de una misma muestra y que intervinieron en la investigación original (Salkind, 1998). A este respecto, en la presente investigación, se discurre el deseo de conocer como el crecimiento económico genera algún tipo de correspondencia o vínculo con la degradación ambiental, para lo cual se incorporaron las variables dimensionadas, a fin de delimitar de manera adecuada y eficiente las características de la población que se meritó estudiar.

Hernández et al., (2014) menciona que “las poblaciones deben situarse claramente por sus características de contenido, lugar y tiempo” (p. 174).

En consecuencia, se orientaron las variables a fin de ubicarlas en el contexto particular del presente estudio, en la búsqueda de una delimitación precisa de la población. El crecimiento económico se ha medido a través de la variación porcentual del PBI per cápita en el Perú, que resulta del cálculo de la suma total de los valores monetarios de los bienes y los servicios producidos finales, dividido entre la población total en el territorio peruano y en relación al periodo anterior, considerando, además, la inclusión del crecimiento poblacional (variable que se incluye en el crecimiento económico) en virtud del objetivo planteado en la hipótesis general. La contaminación ambiental se calculó contando las emisiones de CO₂ per cápita, derivado de la emisión total de CO₂ entre la población total, durante el mismo periodo de estudio y en el mismo espacio geográfico. Finalmente, el crecimiento poblacional se expone mediante el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional en el Perú, que deviene de la razón de la variación de una población durante un año determinado a causa de aumentos naturales (tasa de natalidad menos la tasa de mortalidad) más la migración neta (inmigraciones menos emigraciones), sobre la población promedio en ese mismo periodo de tiempo y lugar, el mismo que se expresa en porcentaje o índice.

2.2.2 Muestra

“La muestra representa, fundamentalmente, una fracción de la población, constituyendo así un conjunto más pequeño de elementos que forman parte de ese grupo definido por sus características, al que denominamos población” (Hernández et al., 2014). Por consiguiente, habiendo delimitado la población, conviene continuar con la extracción de la muestra, para así lograr representatividad del universo materia de estudio.

Así, en el actual estudio, se procedió a extraer la muestra del universo poblacional, que es, en primer lugar, el crecimiento económico calculado en términos per cápita del PBI, en el territorio peruano y desde el año 1990 hasta el 2019. En segundo lugar, se extrajo la variable contaminación ambiental contando, en términos per cápita, las emisiones de CO₂, en el Perú y durante el periodo 1990 al 2019. Y, finalmente, se utilizó el crecimiento poblacional, medido a través de la tasa o índice o de crecimiento poblacional en el espacio de un año, a lo largo de los treinta años de estudio, de 1990 al 2019, y dentro del territorio peruano.

Tabla 4

PBI per cápita en US\$ a precios actuales, Emisiones de CO₂ en toneladas métricas per cápita y Tasa de crecimiento poblacional. Año 1990 al 2019.

<i>Año</i>	<i>PBIpc</i>	<i>CApc</i>	<i>tCP</i>
1990	1194.548302	0.944194967	2.217105221
1991	1520.677362	0.89742703	2.120843327
1992	1560.546504	0.912638246	2.034869317
1993	1481.340989	0.927167194	2.004460046
1994	1871.392109	0.939743049	1.976503344
1995	2180.566639	1.049116213	1.923556128
1996	2218.321747	1.126665495	1.856952892
1997	2292.396517	1.102246187	1.822439493
1998	2149.701063	1.044622508	1.769518791
1999	1911.735017	1.107425542	1.667060401

<i>Año</i>	<i>PBIpc</i>	<i>CApc</i>	<i>tCP</i>
2000	1941.31826	1.074275095	1.520442271
2001	1925.97942	0.982316838	1.343319545
2002	2003.971081	1.014505367	1.176085157
2003	2126.137824	0.983143205	1.051135337
2004	2393.665897	1.11985372	0.974731755
2005	2702.237701	1.11171717	0.904184156
2006	3123.320159	1.086769854	0.827239267
2007	3572.363589	1.182095893	0.76975937
2008	4184.885982	1.329318686	0.716987183
2009	4164.970483	1.419219461	0.702724347
2010	5047.204643	1.539485423	0.756357203
2011	5826.832307	1.642847492	0.845382116
2012	6475.719417	1.617521506	0.918055909
2013	6697.187683	1.656254081	0.96748622
2014	6614.830499	1.751594051	1.043651128
2015	6180.118799	1.776300578	1.172230664
2016	6163.861179	1.826380485	1.361225438
2017	6676.307788	1.717243013	1.506946185
2018	6912.104623	1.695130882	1.87582164
2019	6955.88177	1.735641775	1.909725608

Nota: Elaboración propia. (Fuente: Banco Mundial)

2.3 Fuentes de información, método de recolección y tratamiento de datos

Para Rojas (2013), el mecanismo para la recopilación de los datos debe diseñarse luego de haber operacionalizado las variables e hipótesis, considerando que las técnicas e instrumentos no pueden implementarse sin considerar las normas y estrategias requeridas para garantizar la fiabilidad de los datos seleccionados, debiendo continuar con los objetivos e hipótesis establecidos anteriormente.

2.3.1 Fuentes de información

Fuentes secundarias

Según Silvestrini y Vargas (2008), las fuentes secundarias contienen información primaria resumida y reestructurada. Su diseño está orientado a hacer más fácil y eficiente el acceso a las fuentes originales o a la información contenida en ellas. Estos recursos suelen formar parte de la colección de referencia de una biblioteca y tienen como objetivo principal facilitar el control y el acceso a las fuentes primarias. Sin embargo, es importante resaltar que, a la hora de recopilar los datos secundarios, debemos asegurarnos de la confiabilidad de la fuente y la validez de los datos. Para la presente investigación, se obtuvieron los datos de la base alojada en la web del Banco Mundial, el cual resulta en una fuente de muy alta confiabilidad.

2.3.2 Técnicas de recolección de datos

Datos secundarios

Son fuente de información valiosa que ha sido recolectada en otras investigaciones y tienen el suficiente nivel de objetividad, pertinencia, confiabilidad y validez como para ser utilizados en la presente investigación sin necesidad de repetir el procedimiento de recolección (Universidad de Chile, 2010).

Fuentes abiertas, documentos y registros

La presente investigación se fortalece en la adquisición de información pública contenida en páginas gubernamentales, plataformas de análisis de datos e instituciones reconocidas y los utiliza basándose en la documentación y registros alojados en sitios web institucionales y extrayendo los datos de sistemas de información de gran confiabilidad.

2.3.3 Técnica para el procesamiento de datos

La estadística posibilita la recopilación, análisis, interpretación y presentación de los datos obtenidos en el transcurso del desarrollo de una investigación específica, y deriva en el

procesamiento de dicha información, la misma que permite la valoración de la dimensión estadística para el análisis posterior (Monje, 2011).

En esa perspectiva, para la evaluación de la información se utilizará, como técnica para el procesamiento, el software estadístico Stata, que es un programa econométrico completo e integrado, que provee lo necesario para el análisis y gestión de datos y gráficos, y que permitirá aplicar a la investigación el Modelo de Regresión Lineal a partir del método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios.

2.3.4 Procesamiento de datos

Modelo econométrico

Para Asturias Corporación Universitaria (s/f), un modelo econométrico consiste en un conjunto de ecuaciones diseñadas para ofrecer una descripción cuantitativa del comportamiento de las variables económicas analizadas. Este tipo de modelo requiere:

- Determinar las variables que, principalmente influyen sobre el modelo.
- Formular el vínculo funcional de las variables que lo conforman.
- Definir los constructos de manera precisa en términos temporales y espaciales, ya que, habitualmente, el modelo econométrico está definido en un entorno estocástico y no determinista.
- El razonamiento en términos probabilísticos, incorporando la perturbación aleatoria o el error que agrupa el efecto de los componentes no incluidos inicialmente y que son difíciles de percibir.

Ante ello, para la presente investigación, corresponde la aplicación de una Regresión Lineal a las variables en estudio con estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios.

De manera subsiguiente revisaremos los fundamentos del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) mediante los supuestos del Modelo Clásico de Regresión Lineal y en base a lo publicado por Gujarati y Porter (2010).

1. **Modelo de regresión lineal:** Es **lineal en los parámetros**, sin embargo, **no siempre es lineal en las variables**. Es posible extender el modelo al incorporar más de dos variables. El modelo tiene la siguiente forma:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i$$

2. **Valores fijos de X o valores de X independientes del término de error:** Los valores de X se pueden considerar constantes en múltiples muestras o pueden haber sido muestreados de manera simultánea con la variable dependiente Y. Asimismo, se considera que la(s) variable(s) X y el término de error son independientes, esto es, $\text{cov}(X_i, u_i) = 0$.
3. **El valor medio de la perturbación u_i es igual a cero:** Considerando el valor de X_i , el promedio o el valor esperado del término de perturbación aleatoria u_i es cero. Simbólicamente, se sostiene que $E(u_i | X_i) = 0$, o si X no es estocástica, $E(u_i) = 0$.
4. **Homocedasticidad o varianza constante de u_i :** La varianza del término de perturbación permanece igual sin afectar el valor de X. Simbólicamente, se considera que:

$$\begin{aligned} \text{var}(u_i) &= E[u_i - E(u_i | X_i)]^2 \\ &= E(u_i^2 | X_i), \text{ por el supuesto 3} \\ &= E(u_i^2), \text{ si } X_i \text{ son variables no estocásticas} \\ &= \sigma^2 \end{aligned}$$

Donde var significa varianza.

Heterocedasticidad, o *dispersión desigual*, o *varianza desigual* sería como:

$$\text{var}(u_i | X_i) = \sigma_i^2$$

Si analizamos el subíndice sobre σ^2 en dicha ecuación, aquí se indica que la varianza de la población Y ya no es constante.

5. **No hay autocorrelación entre las perturbaciones:** Dados dos valores al azar de X , X_i y X_j ($i \neq j$), la correlación entre dos u_i y u_j cualquiera ($i \neq j$) es cero. En resumidas cuentas, este análisis se muestrea de manera independiente.

Simbólicamente,

$$\text{cov}(u_i, u_j | X_i, X_j) = 0$$

$$\text{cov}(u_i, u_j) = 0, \text{ si } X \text{ no es estocástica}$$

donde i y j son dos observaciones distintas y cov se refiere a covarianza.

6. **El número de observaciones n debe ser mayor que el número de parámetros por estimar:** Para estimar dos parámetros, se requiere un número de observaciones n mayor que el número de variables explicativas. En otras palabras, se necesitan al menos dos pares de observaciones para este propósito.

7. **La naturaleza de las variables X :** No es necesario que todos los valores de X en una muestra específica sean idénticos. Técnicamente, $\text{var}(X)$ debe ser un número positivo. Además, no debe haber valores atípicos en la variable X , es decir, valores que sean significativamente más grandes o diferentes en comparación con el resto de las observaciones.

Ahora bien, en la presente investigación, el modelo será estructurado de la siguiente manera:

$$Y = f(X_i)$$

Donde:

Y: Contaminación ambiental

X_i: Crecimiento económico

$$X_i = f(X_1, X_2)$$

Donde:

X₁: PBI per cápita en US\$ a precios actuales

X₂: Tasa de crecimiento poblacional

Finalmente,

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + e$$

Donde:

e: Error

Hipótesis Econométricas

H₀ = Hipótesis Nula (Variables no son significativas)

H_A = Hipótesis Alternativa (Variables son significativas)

H₀ = X₁ = X₂ = 0

H_A = X₁ ≠ X₂ ≠ 0

El presente modelo ha sido aplicado con el objetivo de:

- Determinar el nexo que existe entre las variables crecimiento económico y contaminación ambiental.
- Evidenciar el comportamiento gráfico al relacionar el crecimiento económico y la contaminación ambiental, y verificar el cumplimiento de la tendencia de la curva con respecto a la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets.

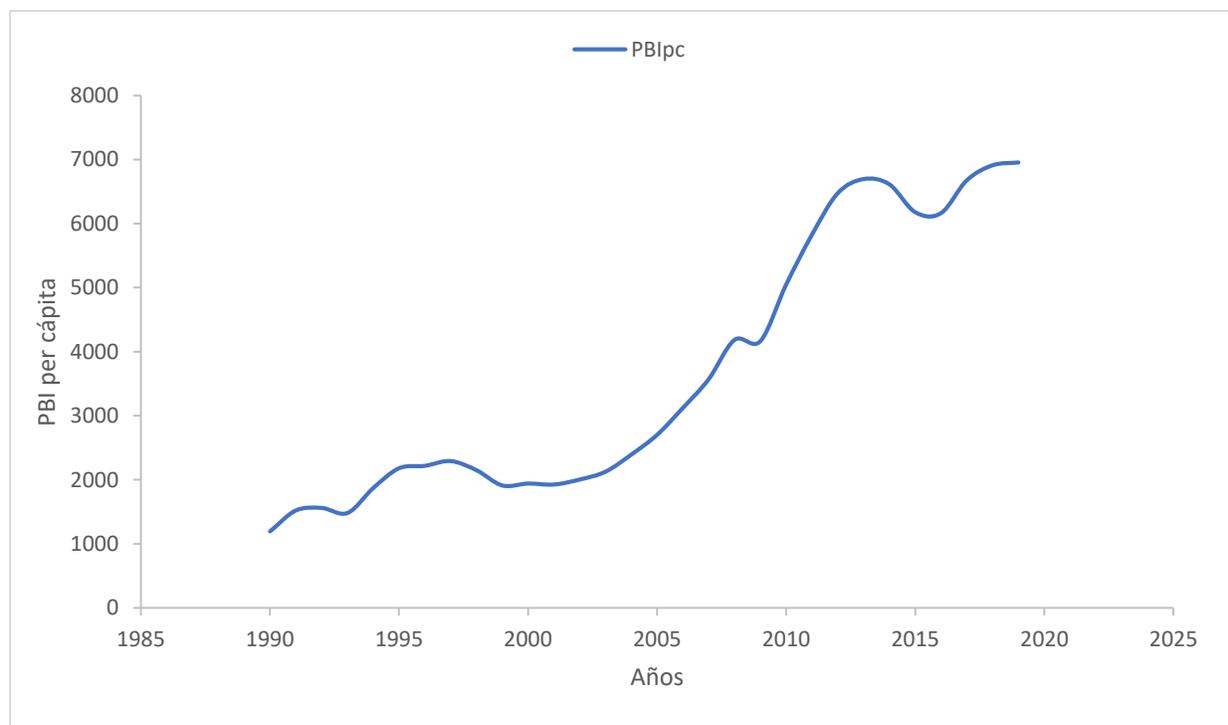
III. CAPÍTULO: RESULTADOS

3.1 Análisis autárquico de las variables

En esta sección se muestra la evaluación comportamental de cada variable en el transcurso del tiempo. En la Figura 2 se aprecia la conducta de la variable Crecimiento Económico medido por el PBI per cápita en US\$ a precios actuales en el transcurso del periodo 1990 al 2019 en el territorio peruano. El indicador muestra, gráficamente, un crecimiento sostenido, con una tendencia positiva y continua al alza, manifestando la mayor acumulación del producto en los años finales del estudio (2018, 2019), y evidenciando algunos momentos recesivos luego del crecimiento, sobre todo al final de la década de 1990 y sobre los años 2015 y 2016.

Figura 2

Conducta de la variable: PBI per cápita. Perú, 1990 – 2019.

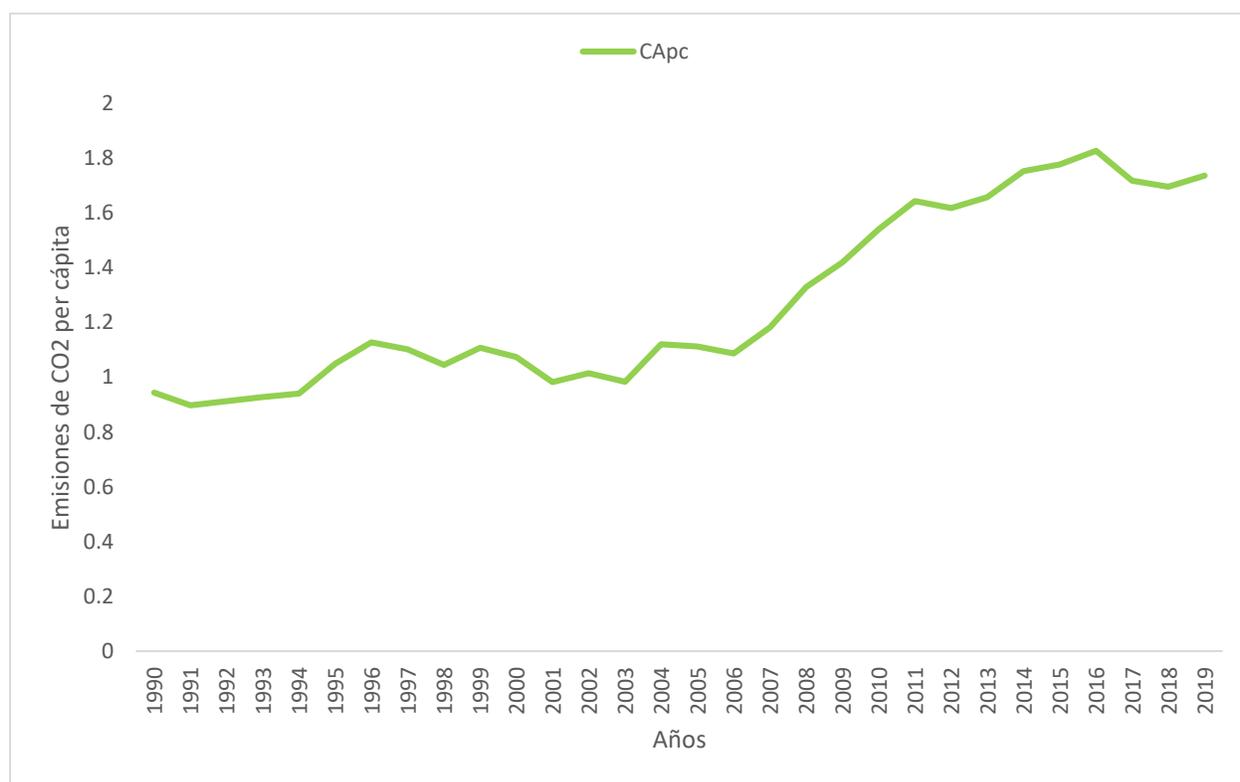


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la base de datos del Banco Mundial.

Por otra parte, respecto al efecto causado por la contaminación ambiental por la emisión de dióxido de carbono en el medio ambiente y a lo largo de los treinta años de estudio, analizamos gráficamente el comportamiento de la variable Contaminación Ambiental, que ha sido medido a través de las Emisiones de CO₂ en términos per cápita en el Perú desde el año 1990 al 2019, el mismo que denota un ligero incremento en el transcurso del tiempo, conforme lo demuestra la línea de tendencia positiva y creciente que surge del análisis gráfico de la variable en el periodo de treinta años, teniendo, además, su pico más alto de contaminación por las emisiones de CO₂ en el año 2016 y el punto más bajo de dichas emisiones al inicio del estudio, en el año 1991, según se evidencia en la Figura 3 detallada a continuación.

Figura 3

Comportamiento de la variable: Emisiones de CO₂ per cápita en el Perú, 1990 – 2019.

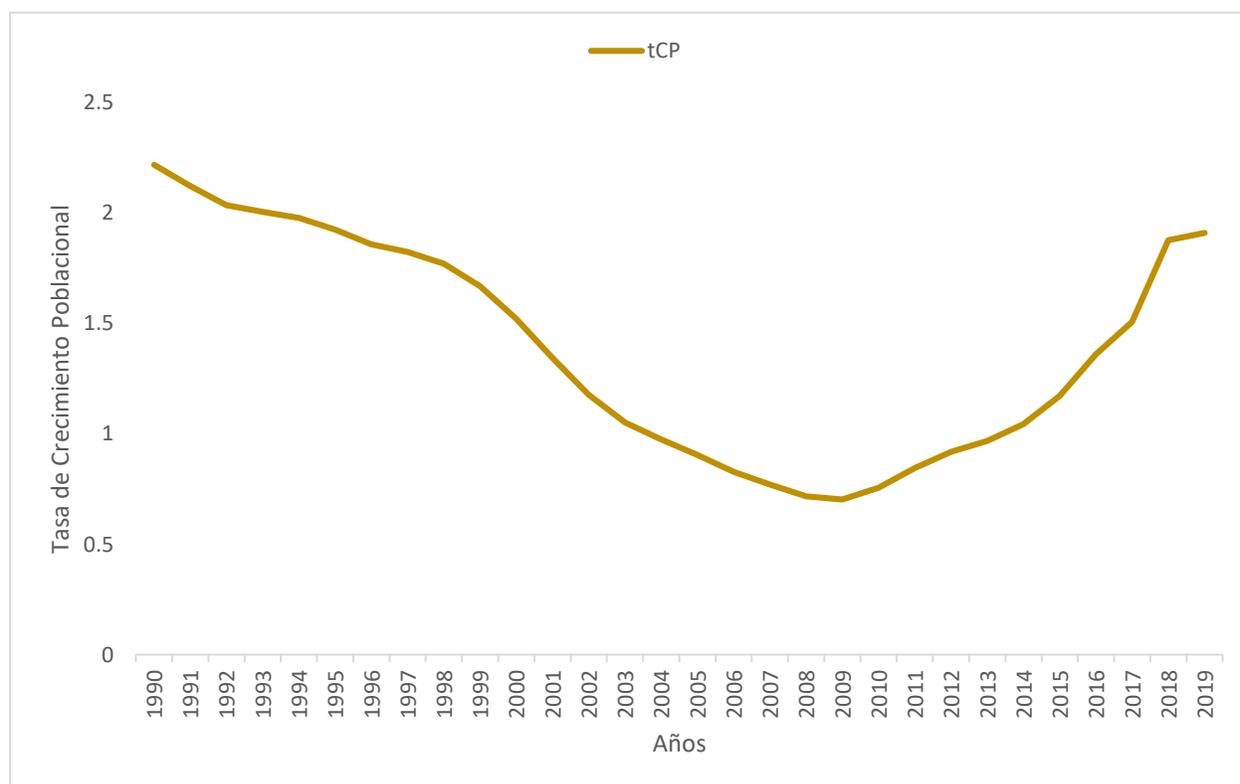


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la base de datos del Banco Mundial.

Seguidamente, el crecimiento poblacional, que es un indicador que ha sido incluido en los análisis de crecimiento económico, es en esta investigación, estudiado como una variable interviniente, la misma que se calcula mediante la Tasa de Crecimiento Poblacional desde el año 1990 hasta el 2019 dentro del territorio peruano, y, conforme se evidencia en gráfico de la Figura 4, ha tenido un comportamiento decreciente desde el inicio del estudio hasta el año 2010, momento en el que tendencia deja de ser decreciente para iniciar nuevamente un crecimiento sostenido hasta el año 2019, siendo el año 2009 el que registra el punto más bajo de la curva y el año 2019 el más alto desde el punto de inflexión, a escasos 30 puntos básicos de los índices vistos al inicio del estudio (1990).

Figura 4

Comportamiento de la variable: Tasa de Crecimiento Poblacional en el Perú, 1990 – 2019.

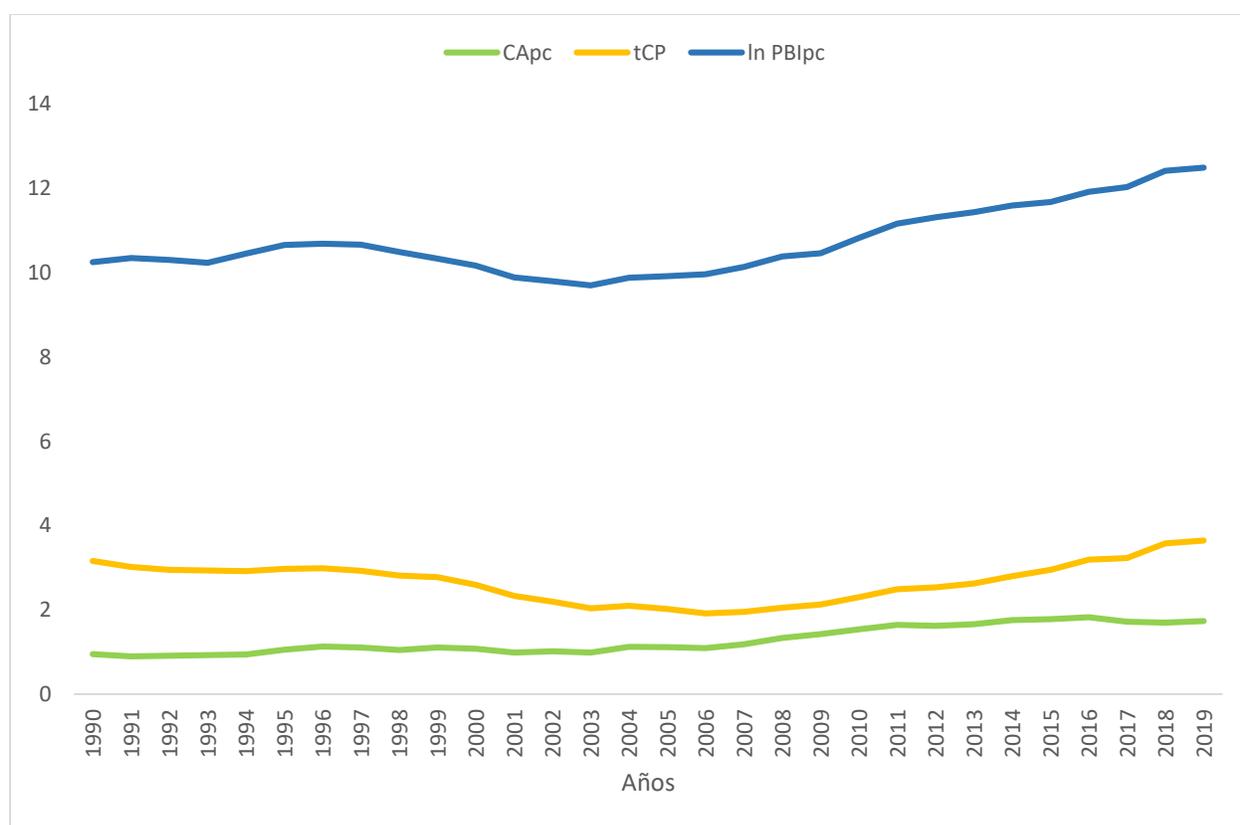


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la base de datos del Banco Mundial.

Finalmente, en la Figura 5 podemos analizar las tres variables situadas en un mismo gráfico. De acuerdo a lo observado, se evidencia que la Tasa de Crecimiento Poblacional y las Emisiones de CO₂ per cápita mantienen una tendencia similar y muy cercana, el PBI per cápita, que para efectos gráficos ha sido estimado mediante su logaritmo natural, también guarda similitud con la propensión expresada en las otras variables y presenta, una línea de tendencia positiva, creciente y sin experimentar cambios abruptos.

Figura 5

Comportamiento de las variables: PBI per cápita en US\$ a precios actuales (expresado en logaritmo natural), Emisiones de CO₂ per cápita y tasa de Crecimiento Poblacional, 1990 – 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la base de datos del Banco Mundial.

3.2 Modelo Econométrico

Para el desarrollo de este apartado se utilizó el software estadístico Stata/MP 16.0, en el cual se registraron las variables de estudio para el inicio del análisis requerido. La variable crecimiento económico, medido por el PBI per cápita anual durante el periodo de estudio se registró con las siglas de PBIpc; la contaminación ambiental, calculado por las Emisiones de CO₂ per cápita en el mismo periodo de estudio se registró en el software con las siglas CApc y finalmente el crecimiento poblacional, dimensionado por la Tasa de Crecimiento Poblacional, el mismo que se registró con las siglas tCP, también en el mismo periodo de estudio citado.

- El primer paso a realizar es visualizar la estadística descriptiva de las variables.

```
. sum CApc PBIpc tCP
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
CApc	30	1.277095	.3233871	.897427	1.82638
PBIpc	30	3669.004	2072.353	1194.548	6955.882
tCP	30	1.391227	.5006356	.7027243	2.217105

- El segundo paso realizado es el **análisis de correlación**, sobre el cual, a continuación, se muestran los resultados.

```
. correl CApc PBIpc tCP
(obs=30)
```

	CApc	PBIpc	tCP
CApc	1.0000		
PBIpc	0.9785	1.0000	
tCP	-0.3757	-0.3905	1.0000

La matriz de correlación resultante indica lo siguiente:

- ✓ **Correlación positiva** entre **Emisiones de CO2 per cápita** y **PBI per cápita** de **0.9785**.
 - ✓ **Correlación negativa** entre **Emisiones de CO2 per cápita** y **tasa de crecimiento poblacional** de **-0.3757**.
 - ✓ **Correlación negativa** entre **PBI per cápita** y **tasa de crecimiento poblacional** de **-0.3905**.
- El tercer paso realizado fue la regresión lineal por **Mínimos Cuadrados Ordinarios**, para ello se generó la variable *lnPBIpc*, que resulta de logaritmo natural del PBI per cápita (a fin de uniformizar las variables de estudio), obteniéndose los siguientes resultados:

. reg CApc lnPBIpc tCP						
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	30
Model	2.87571373	2	1.43785687	F(2, 27)	=	247.14
Residual	.157083471	27	.005817906	Prob > F	=	0.0000
Total	3.03279721	29	.104579214	R-squared	=	0.9482
				Adj R-squared	=	0.9444
				Root MSE	=	.07628
CApc	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnPBIpc	.5856578	.0285528	20.51	0.000	.5270723	.6442433
tCP	.099697	.0328487	3.04	0.005	.032297	.1670971
_cons	-3.575581	.2564653	-13.94	0.000	-4.101805	-3.049358

Analizando los resultados obtenidos, el **R cuadrado** y **R cuadrado ajustado** muestran índices altos, siendo la variable de estudio PBI per cápita y la variable interviniente Tasa de Crecimiento Poblacional las responsables del 94% de la variación en la variable Emisiones de CO₂ per cápita.

Asimismo, de manera independiente, las variables PBI per cápita (expresado en logaritmo natural) y la Tasa de Crecimiento Poblacional son consistentes para el modelo, evidenciando un $P > |t|$ menores al 0.05 (0.000 y 0.005 respectivamente).

- El cuarto paso a realizar es ejecutar las pruebas necesarias para verificar si el modelo se encuentra correctamente especificado, si se evidencia la existencia o no de multicolinealidad, heterocedasticidad y autocorrelación, para analizar si los errores están normalmente distribuidos y, a partir de los resultados encontrar la forma funcional del modelo estimado.

Pruebas al modelo

a) A fin de especificar un modelo adecuado se utilizará el

Test RESET de Ramsey:

Dónde: H_0 = Incorrecta especificación del modelo

H_A = Óptima especificación del modelo

Si $P_{\text{value}} < 0.05 \Leftrightarrow$ se rechaza la H_0

```
. estat ovtest

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of CAPc
Ho: model has no omitted variables
      F(3, 24) =      6.12
      Prob > F =      0.0030
```

Debido al resultado del P_{value} **SI se rechaza la hipótesis nula**, en consecuencia, se demuestra que el modelo **SI está correctamente especificado**.

b) Con el objetivo de definir si existe Multicolinealidad se utilizó el

Test del VIF:

Si el VIF por variable $> 10 \Leftrightarrow$ presencia de multicolinealidad Nociva.

Si el VIF por variable es $< 10 \Leftrightarrow$ no hay presencia de multicolinealidad

Si el VIF global es $> 5 \Leftrightarrow$ presencia de multicolinealidad

Si el VIF global es $< 5 \Leftrightarrow$ no hay presencia de multicolinealidad

. vif		
Variable	VIF	1/VIF
lnPBIpc	1.35	0.741802
tCP	1.35	0.741802
Mean VIF	1.35	

A raíz del cálculo a través del Test VIF, se infiere que:

- ✓ La variable lnPBIpc **NO** presenta el problema de multicolinealidad.
- ✓ La variable tCP **NO** presenta el problema de multicolinealidad.
- ✓ De forma global, la media del VIF es menor a 5, por consiguiente, el modelo **NO** presenta el problema de multicolinealidad.

c) A efectos de evaluar si el error se distribuye de forma normal, se aplicó

SKTEST Prueba de Normalidad, empleando los supuestos:

H_0 = El error se distribuye de forma normal

H_A = El error **NO** se distribuye de forma normal;

Si $P_{\text{value}} < 0.05 \Leftrightarrow$ Se rechaza la H_0

Si $P_{\text{value}} > 0.05 \Leftrightarrow$ **NO** se rechaza la H_0

```
. sktest res
```

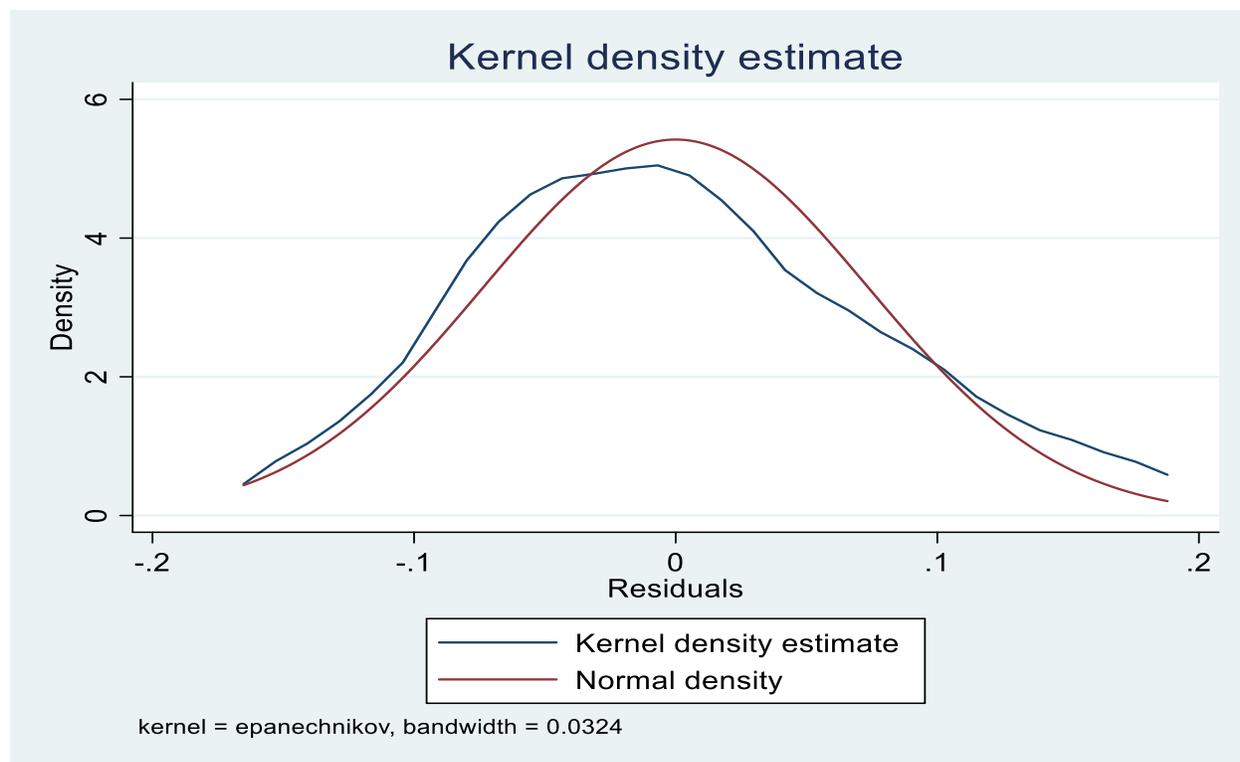
Skewness/Kurtosis tests for Normality					
Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
res	30	0.3203	0.8644	1.08	0.5819

Como se puede apreciar, el $P_{\text{value}} > 0.05$, por lo tanto, **NO se rechaza la H_0** y aceptamos que **el error se distribuye de forma normal**. Cabe resaltar que la variable “res” utilizada en el presente modelo constituye los residuos y sirve para la estimación del error.

De esta manera, para comprobar la distribución normal del error se procedió a utilizar el diagrama Kernel, el mismo que grafica la normalidad del error y se presenta en la figura 6.

Figura 6

Distribución normal del error. Estimación de la densidad de Kernel.



Fuente: Elaboración propia.

d) Para verificar la existencia de Heterocedasticidad se procedió a realizar el

Test de White y el Test de Breusch-Pagan de la siguiente manera:

➤ **Test de White**

- ✓ H_0 = Existe Homocedasticidad
- ✓ H_A = NO existe Homocedasticidad

Si $P_{value} < 0.05 \Leftrightarrow$ Se rechaza la H_0

Si $P_{value} > 0.05 \Leftrightarrow$ NO se rechaza la H_0

```
. imtest, white

White's test for Ho: homoskedasticity
  against Ha: unrestricted heteroskedasticity

      chi2(5)      =      1.82
      Prob > chi2  =      0.8737

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test
```

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	1.82	5	0.8737
Skewness	7.04	2	0.0296
Kurtosis	0.64	1	0.4232
Total	9.50	8	0.3021

Como se puede observar el $P_{value} > 0.05$, lo que permite inferir que, a través del Test de White, el modelo es **Homocedástico**.

➤ **Test de Breusch-Pagan**

- ✓ H_0 = Existe Homocedasticidad
- ✓ H_A = NO existe Homocedasticidad

Si $P_{\text{value}} < 0.05 \Leftrightarrow$ Se rechaza la H_0

Si $P_{\text{value}} > 0.05 \Leftrightarrow$ NO se rechaza la H_0

```
. estat hettest, normal

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of CAPc

chi2(1)          =          0.26
Prob > chi2     =          0.6077
```

Como se puede observar el $P_{\text{value}} > 0.05$, lo que permite inferir que, a través del Test de Breusch-Pagan, el modelo es **Homocedástico**.

e) **A fin de identificar si existe Autocorrelación se procedió a realizar:**

Test de Breusch-Godfrey y Test de Durbin-Watson.

➤ **Test de Breusch-Godfrey**

- ✓ H_0 = NO existe Autocorrelación
- ✓ H_A = SI existe Autocorrelación

Si $P_{\text{value}} < 0.05 \Leftrightarrow$ Se rechaza la H_0

Si $P_{\text{value}} > 0.05 \Leftrightarrow$ NO se rechaza la H_0

- **Realizamos la Autocorrelación de primer orden**

```
. estat bgodfrey, lags(1)
```

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags(p)	chi2	df	Prob > chi2
1	3.802	1	0.0512

H0: no serial correlation

Como se puede observar el $P_{\text{value}} > 0.05$, lo que permite inferir que, a través del Test de Godfrey, el modelo **NO presenta Autocorrelación**.

- **Realizamos la Autocorrelación de segundo orden**

```
. estat bgodfrey, lags(2)
```

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags(p)	chi2	df	Prob > chi2
2	5.743	2	0.0566

H0: no serial correlation

Como se puede observar el $P_{\text{value}} > 0.05$, lo que permite inferir que, a través del Test de Godfrey, el modelo **NO presenta Autocorrelación**.

- **Test de Durbin Watson**

- ✓ H_0 = NO existe Autocorrelación
- ✓ H_A = SI existe Autocorrelación

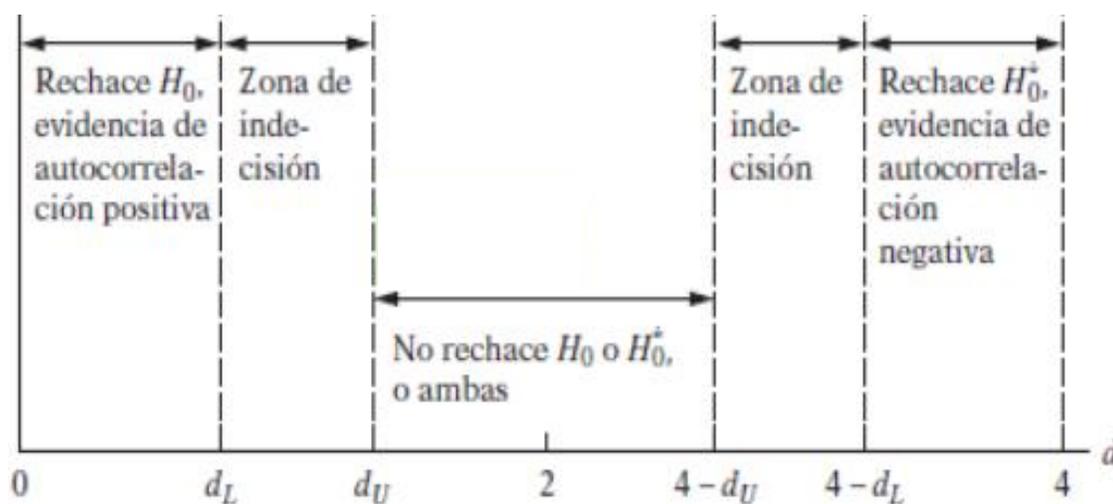
$$DW = \frac{\sum_{t=2}^r (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^r e_t^2}$$

Para efectos de calcular los puntos críticos d_L y d_U , revisamos la muestra y cantidad de regresoras (sin considerar el termino independiente) y verificamos el Estadístico Durbin-Watson.

- Para $n = 30$ y $k = 2$ los puntos críticos son: $d_L = 1.284$ y $d_U = 1.567$
- En la Figura 7, podemos observar los criterios sobre el cual se determina la presencia de Autocorrelación:

Figura 7

Test Durbin-Watson. Criterios de aceptación o rechazo de H_0 .



Fuente: (Cabra, 2016)

El resultado del cálculo es:

```
. estat dwatson
```

```
Durbin-Watson d-statistic( 3, 30) = 1.13837
```

Al ser $DW = 1.13837$, se encuentra entre 0 y $d_L = 1.284$, por lo que se rechaza la H_0 debido a la evidente presencia de Autocorrelación positiva.

Lo que se realizará a continuación es aplicar el proceso iterativo de Cochrane-Orcutt con la finalidad de realizar los ajustes necesarios para corregir el problema de Autocorrelación Positiva encontrada en nuestro modelo original.

```
. prais CAPc lnPBIPc tCP, corc
```

Iteration 0: rho = 0.0000
Iteration 1: rho = 0.3567
Iteration 2: rho = 0.3662
Iteration 3: rho = 0.3677
Iteration 4: rho = 0.3679
Iteration 5: rho = 0.3680
Iteration 6: rho = 0.3680
Iteration 7: rho = 0.3680

Cochrane-Orcutt AR(1) regression -- iterated estimates

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	29
Model	1.12662209	2	.563311046	F(2, 26)	=	132.03
Residual	.110926434	26	.004266401	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.9104
				Adj R-squared	=	0.9035
Total	1.23754853	28	.044198162	Root MSE	=	.06532

CAPc	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
lnPBIPc	.5870975	.0375029	15.65	0.000	.5100092 .6641857
tCP	.0644682	.0428133	1.51	0.144	-.0235358 .1524722
_cons	-3.548828	.3301861	-10.75	0.000	-4.227535 -2.87012

rho	.3679802
-----	----------

Durbin-Watson statistic (original) 1.138370
Durbin-Watson statistic (transformed) 1.558519

Como se puede apreciar, el método utilizado ha transformado los resultados del estadístico Durbin-Watson, obteniéndose un $DW = 1.558519$, posicionándose cerca al límite del punto crítico dU (1.567), entre la zona de indecisión y la zona de aceptación de la H_0 , por lo que, visto los resultados del Test de Godfrey, se acepta que la Autocorrelación Positiva encontrada a través del estadístico Durbin-Watson ha sido corregida. Cabe resaltar que el proceso iterativo de Cochrane-Orcutt, también ha modificado los resultados de la regresión del modelo original, los

mismos que serán plasmados en la transcripción del modelo final que presentaremos a continuación:

$$CApc = -3.549 + 0.587 \ln PBIpc + 0.065tCP$$

Con los resultados anteriores, podemos inferir que el Crecimiento Económico, el cual incluye el logaritmo natural del PBI per cápita en US\$ a precios actuales y la Tasa de Crecimiento Poblacional, afecta positivamente a la Contaminación Ambiental, siendo el indicador PBI per cápita el más importante en la explicación del incremento de las Emisiones de CO₂. Las variables predeterminadas explican el 91% de variaciones en la variable Contaminación Ambiental.

Además, respecto a la hipótesis econométrica planteada en el diseño metodológico, se rechaza la hipótesis nula, debido a que las variables sí son significativas, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

Asimismo, se realizó la regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios a las variables Contaminación Ambiental (medido por las Emisiones de CO₂ per cápita anual) y el Crecimiento Económico, teniendo solamente como indicador al PBI per cápita en US\$ a precios actuales por año, esta vez sin la inclusión de la Tasa de Crecimiento Poblacional. Los resultados se presentan a continuación:

. reg CApc lnPBIpc						
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	30
Model	2.82212242	1	2.82212242	F(1, 28)	=	375.08
Residual	.210674782	28	.007524099	Prob > F	=	0.0000
Total	3.03279721	29	.104579214	R-squared	=	0.9305
				Adj R-squared	=	0.9281
				Root MSE	=	.08674
CApc	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnPBIpc	.5416237	.0279664	19.37	0.000	.4843371	.5989104
_cons	-3.082449	.2256589	-13.66	0.000	-3.54469	-2.620207

Analizando los resultados obtenidos, el **R cuadrado** y **R cuadrado ajustado** muestran índices altos, siendo la variable de estudio PBI per cápita el responsable del 93% de la variación en la variable Emisiones de CO₂ per cápita.

Por otro lado, de manera independiente, el indicador PBI per cápita (expresado en logaritmo natural) es consistente para el modelo, evidenciando un $P > |t|$ menor al 0.05 (0.000).

Adicionalmente, ejecutaremos las pruebas necesarias para verificar si el modelo se encuentra correctamente especificado, si se evidencia la existencia o no de multicolinealidad, heterocedasticidad y autocorrelación, para analizar si el error se distribuye de forma normal y, a partir de los resultados encontrar la forma funcional del nuevo modelo estimado.

a) **A fin de especificar un modelo adecuado se utilizará el**

Test RESET de Ramsey:

Dónde: H_0 = Incorrecta especificación del modelo

H_A = Óptima especificación del modelo

Si $P_{\text{value}} < 0.05 \Leftrightarrow$ se rechaza la H_0

```
. estat ovtest

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of CAPc
Ho: model has no omitted variables
      F(3, 25) =      6.89
      Prob > F =      0.0015
```

Debido al resultado del P_{value} **SI se rechaza la hipótesis nula**, en consecuencia, se demuestra que el modelo **SI está correctamente especificado**.

b) Con el objetivo de definir si existe Multicolinealidad se utilizó el

Test del VIF:

Si el VIF por variable $> 10 \Leftrightarrow$ presencia de multicolinealidad Nociva.

Si el VIF por variable es $< 10 \Leftrightarrow$ no hay presencia de multicolinealidad

Si el VIF global es $> 5 \Leftrightarrow$ presencia de multicolinealidad

Si el VIF global es $< 5 \Leftrightarrow$ no hay presencia de multicolinealidad

. vif		
Variable	VIF	1/VIF
lnPBIpc	1.00	1.000000
Mean VIF	1.00	

A raíz del cálculo a través del Test VIF, se infiere que:

- ✓ La variable lnPBIpc **NO** presenta el problema de multicolinealidad.
- ✓ De forma global, la media del VIF es menor a 5, por consiguiente, el modelo **NO** presenta el problema de multicolinealidad.

c) A efectos de evaluar si el error se distribuye de forma normal, se aplicó

SKTEST Prueba de Normalidad, empleando los supuestos:

H_0 = El error se distribuye de forma normal

H_A = El error NO se distribuye de forma normal;

Si $P_{\text{value}} < 0.05 \Leftrightarrow$ Se rechaza la H_0

Si $P_{\text{value}} > 0.05 \Leftrightarrow$ NO se rechaza la H_0

```
. sktest res
```

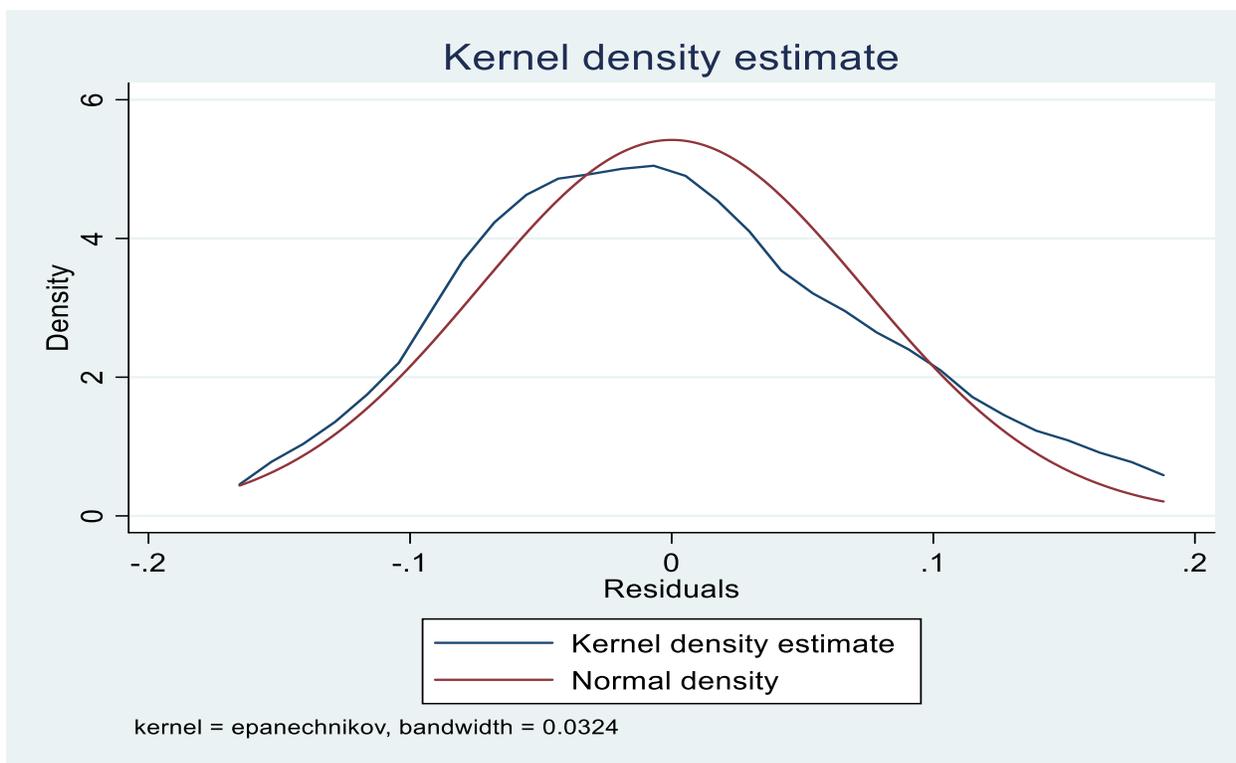
Skewness/Kurtosis tests for Normality					
Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
res	30	0.3203	0.8644	1.08	0.5819

Como se puede apreciar, el $P_{\text{value}} > 0.05$, por lo tanto, **NO se rechaza la H_0** y aceptamos que **el error se distribuye de forma normal**. Cabe resaltar que la variable “res” utilizada en el presente modelo constituye los residuos y sirve para la estimación del error.

De esta manera, para comprobar la distribución normal del error se procedió a utilizar el diagrama Kernel, el mismo que grafica la normalidad del error y se presenta en la figura 8.

Figura 8

Distribución normal del error. Estimación de la densidad de Kernel.



Fuente: Elaboración propia.

d) Para verificar la existencia de Heterocedasticidad se procedió a realizar el Test de White y el Test de Breusch-Pagan de la siguiente manera:

➤ Test de White

- ✓ H_0 = Existe Homocedasticidad
- ✓ H_A = NO existe Homocedasticidad

Si $P_{value} < 0.05 \Leftrightarrow$ Se rechaza la H_0

Si $P_{value} > 0.05 \Leftrightarrow$ NO se rechaza la H_0

```
. imtest, white

White's test for Ho: homoskedasticity
  against Ha: unrestricted heteroskedasticity

      chi2(2)      =      0.10
      Prob > chi2  =      0.9533

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test
```

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	0.10	2	0.9533
Skewness	0.48	1	0.4895
Kurtosis	0.85	1	0.3558
Total	1.43	4	0.8397

Como se puede observar el $P_{value} > 0.05$, lo que permite inferir que, a través del Test de White, el modelo es **Homocedástico**.

➤ **Test de Breusch-Pagan**

- ✓ H_0 = Existe Homocedasticidad
- ✓ H_A = NO existe Homocedasticidad
- Si $P_{\text{value}} < 0.05 \Leftrightarrow$ Se rechaza la H_0
- Si $P_{\text{value}} > 0.05 \Leftrightarrow$ NO se rechaza la H_0

```
. estat hetttest, normal

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of CAPc

chi2(1)      =      0.00
Prob > chi2  =      0.9679
```

Como se puede observar el $P_{\text{value}} > 0.05$, lo que permite inferir que, a través del Test de Breusch-Pagan, el modelo es **Homocedástico**.

- e) **A fin de identificar si existe Autocorrelación se procedió a realizar:**
Test de Breusch-Godfrey y Test de Durbin-Watson.

➤ **Test de Breusch-Godfrey**

- ✓ H_0 = NO existe Autocorrelación
- ✓ H_A = SI existe Autocorrelación
- Si $P_{\text{value}} < 0.05 \Leftrightarrow$ Se rechaza la H_0
- Si $P_{\text{value}} > 0.05 \Leftrightarrow$ NO se rechaza la H_0

- **Realizamos la Autocorrelación de primer orden**

```
. estat bgodfrey, lags(1)
```

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags(p)	chi2	df	Prob > chi2
1	7.911	1	0.0049

H0: no serial correlation

Como se puede observar el $P_{\text{value}} < 0.05$, lo que permite inferir que, a través del Test de Godfrey, el modelo **presenta Autocorrelación**.

- **Realizamos la Autocorrelación de segundo orden**

```
. estat bgodfrey, lags(2)
```

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags(p)	chi2	df	Prob > chi2
2	8.012	2	0.0182

H0: no serial correlation

Como se puede observar el $P_{\text{value}} < 0.05$, lo que permite inferir que, a través del Test de Godfrey, el modelo **presenta Autocorrelación**.

- **Test de Durbin Watson**

- ✓ H_0 = NO existe Autocorrelación
- ✓ H_A = SI existe Autocorrelación

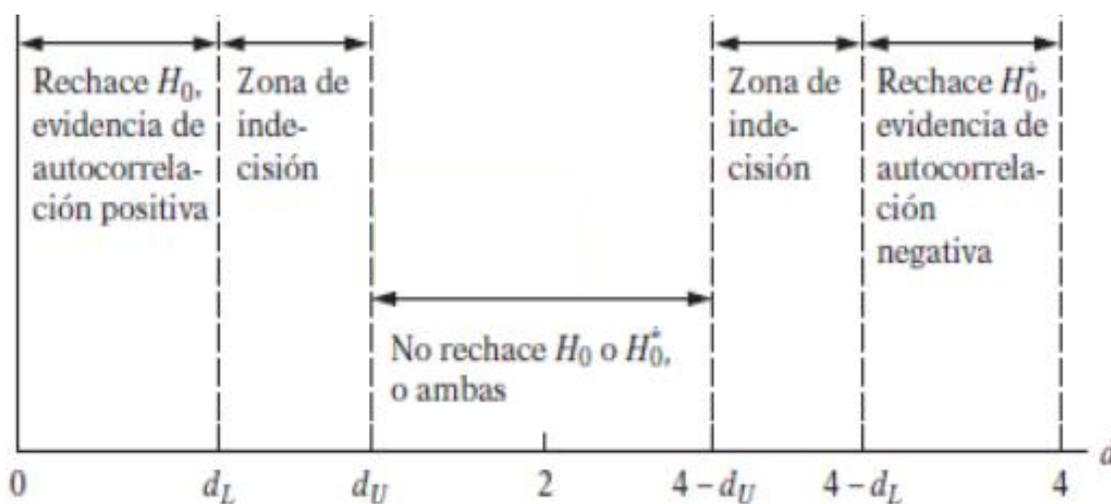
$$DW = \frac{\sum_{t=2}^r (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^r e_t^2}$$

Para efectos de calcular los puntos críticos d_L y d_U , revisamos la muestra y cantidad de regresoras (sin considerar el termino independiente) y verificamos el Estadístico Durbin-Watson.

- Para $n = 30$ y $k = 1$ los puntos críticos son: $d_L = 1.352$ y $d_U = 1.489$
- En la Figura 9, podemos observar los criterios sobre el cual se determina la presencia de Autocorrelación:

Figura 9

Test Durbin-Watson. Criterios de aceptación o rechazo de H_0 .



Fuente: (Cabra, 2016)

El resultado del cálculo es:

```
. estat dwatson
Durbin-Watson d-statistic( 2, 30) = .8022662
```

Al ser $DW = 1.13837$, se encuentra entre 0 y $d_L = 1.284$, por lo que se rechaza la H_0 debido a la evidente presencia de Autocorrelación positiva.

Lo que se realizará a continuación es aplicar el proceso iterativo de Cochrane-Orcutt con la finalidad de realizar los ajustes necesarios para corregir el problema de Autocorrelación Positiva encontrada en nuestro modelo original.

```
. prais CApc lnPBIpc, corc
```

```
Iteration 0: rho = 0.0000
Iteration 1: rho = 0.5142
Iteration 2: rho = 0.4937
Iteration 3: rho = 0.4928
Iteration 4: rho = 0.4928
Iteration 5: rho = 0.4928
Iteration 6: rho = 0.4928
```

Cochrane-Orcutt AR(1) regression -- iterated estimates

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	29
				F(1, 27)	=	166.59
Model	.723451259	1	.723451259	Prob > F	=	0.0000
Residual	.117253672	27	.004342729	R-squared	=	0.8605
				Adj R-squared	=	0.8554
Total	.840704931	28	.030025176	Root MSE	=	.0659

CApc	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnPBIpc	.5648927	.0437666	12.91	0.000	.4750911	.6546943
_cons	-3.283858	.3571317	-9.20	0.000	-4.016631	-2.551084
rho	.4927822					

```
Durbin-Watson statistic (original) 0.802266
```

```
Durbin-Watson statistic (transformed) 1.602492
```

Como se puede apreciar, el método utilizado ha transformado los resultados del estadístico Durbin-Watson, obteniéndose un $DW = 1.602492$, posicionándose en la zona de aceptación de la H_0 , por lo que, efectuada la transformación para la corrección de Autocorrelación, concluimos que la Autocorrelación Positiva encontrada a través del estadístico Durbin-Watson ha sido corregida. Cabe resaltar que el proceso iterativo de Cochrane-Orcutt, también ha modificado los resultados de la regresión del modelo original, los mismos que serán plasmados en la transcripción del modelo final que presentaremos a continuación:

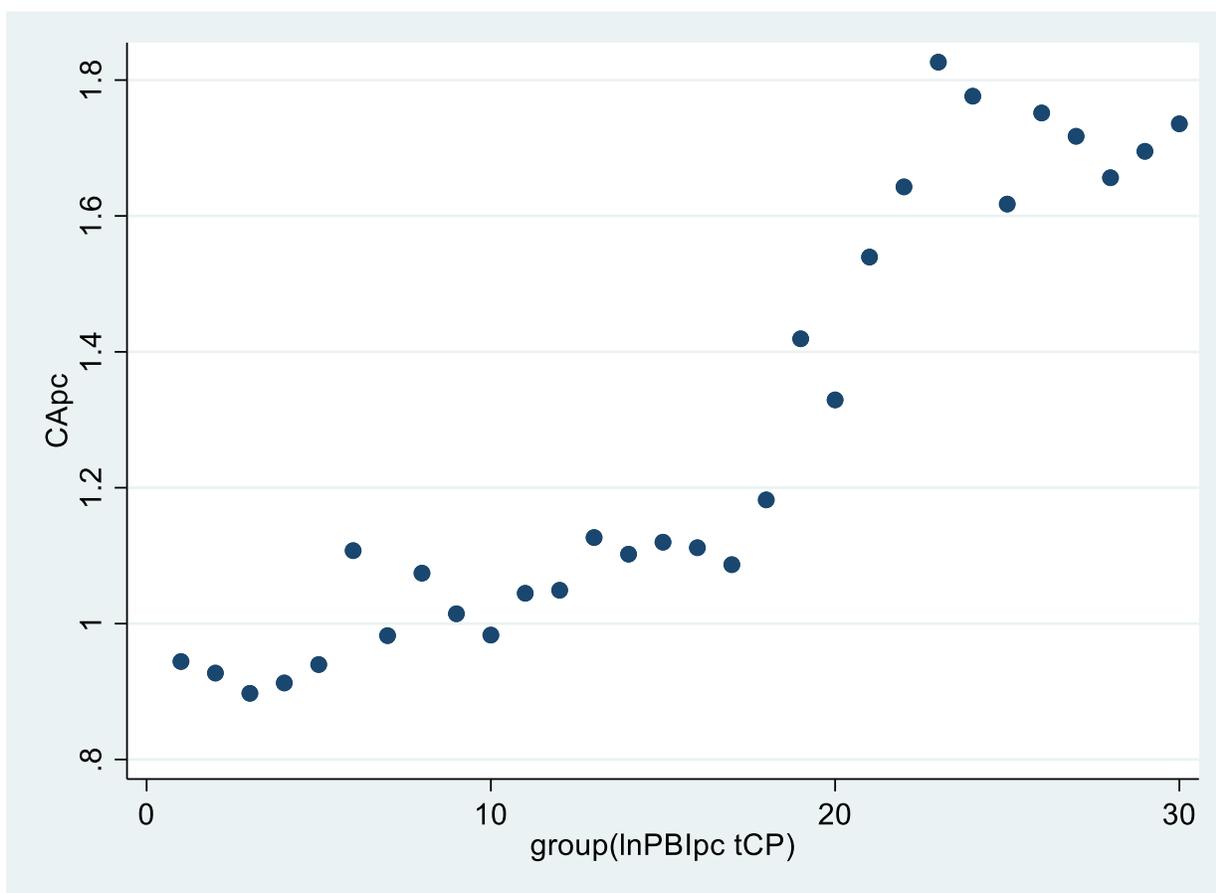
$$CA_{pc} = -3.284 + 0.565 \ln PBI_{pc}$$

En el nuevo modelo estimado, el 86% de los cambios en las Emisiones de CO₂ per cápita son debidas a la variación del PBI per cápita (en logaritmo natural).

3.3 Evidencia gráfica de la Curva Medioambiental de Kuznets

Figura 10

Relación entre Contaminación Ambiental (emisiones de CO₂ per cápita por año) y Crecimiento Económico (PBI per cápita en US\$ a precios actuales y Tasa de Crecimiento Poblacional).

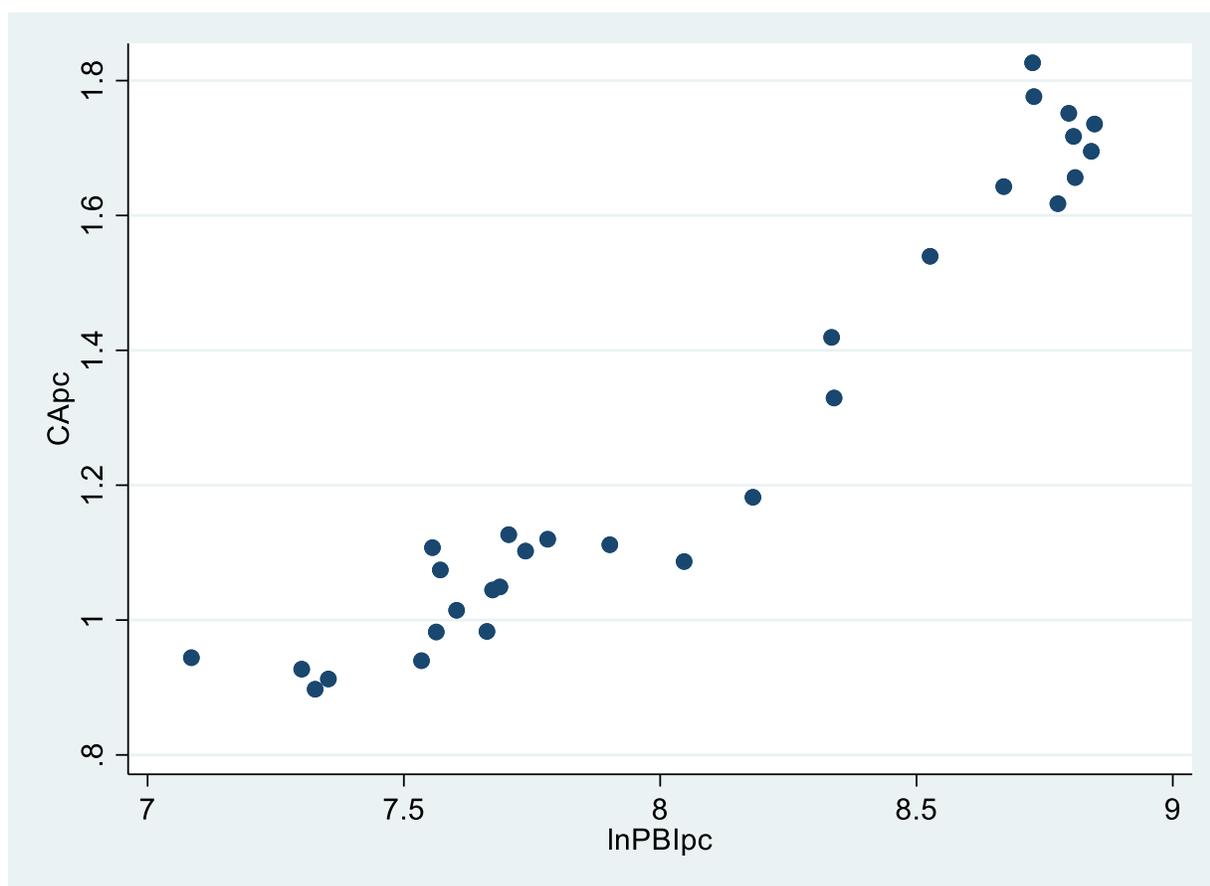


Fuente: Producto original basado datos recopilados en Stata 16.0

Como se aprecia en la Figura 10, la relación gráfica entre la variable Contaminación Ambiental (medido por las emisiones de CO₂ per cápita por año) y el Crecimiento Económico (que incluye los indicadores de PBI per cápita en US\$ a precios actuales por año y Tasa de Crecimiento Poblacional anual) muestra una tendencia positiva, sin que se evidencie un punto de inflexión o retorno que demuestre una disminución de las emisiones de CO₂ a medida que el PBI per cápita continúa incrementándose en el transcurrir de los años.

Figura 11

Relación entre Contaminación Ambiental (emisiones de CO₂ per cápita por año) y PBI per cápita en US\$ a precios actuales (en logaritmo natural).

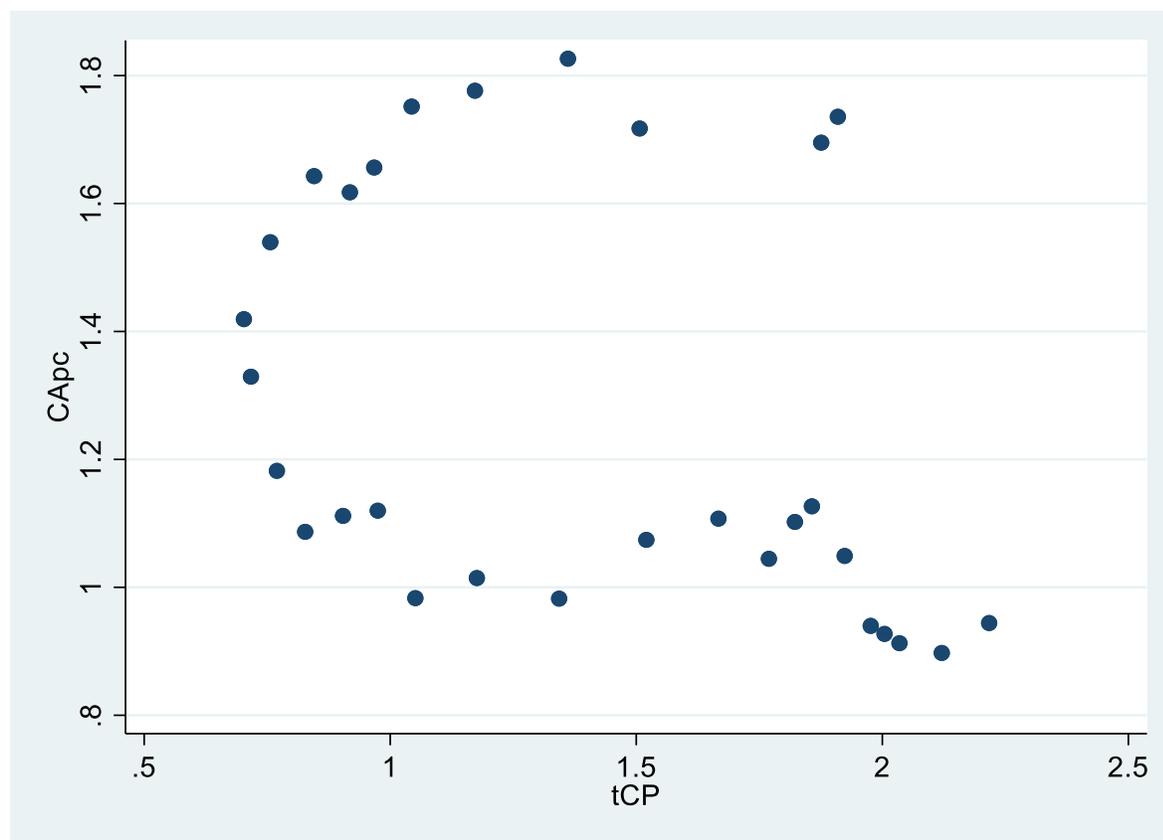


Fuente: Producto original basado datos recopilados en Stata 16.0

Según se evidencia en la Figura 11, la relación gráfica entre la variable Contaminación Ambiental (medido por las emisiones de CO₂ per cápita por año) y el PBI per cápita en US\$ a precios actuales por año muestra una tendencia positiva, sin que se evidencie un punto de inflexión o retorno que demuestre una disminución de las emisiones de CO₂ a medida que el PBI per cápita continúa incrementándose en el transcurrir de los años.

Figura 12

Relación entre Contaminación Ambiental (emisiones de CO₂ per cápita por año) y Tasa de Crecimiento Poblacional.



Fuente: Producto original basado datos recopilados en Stata 16.0

Se percibe en la Figura 12, la relación gráfica entre la variable Contaminación Ambiental (medido por las emisiones de CO₂ per cápita por año) y la Tasa de Crecimiento Poblacional anual, la misma que no evidencia una relación creciente o positiva. Se podría inferir que, debido


```
. dfuller CApc, lag(3)
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 26

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-0.767	-3.743	-2.997

Mackinnon approximate p-value for Z(t) = 0.8286

Como se puede apreciar, el estadístico $P_{\text{value}} > 0.05$, además $Z(t)$, aunque es negativo, su valor absoluto no es mayor que los valores críticos de 1%, 5% y 10%, por lo que se deduce que el modelo presenta raíz unitaria, es decir, el modelo es NO estacionario, por lo que se no se rechaza la hipótesis nula. Cabe resaltar que la estimación ha sido realizada con una constante y sin considerar la tendencia.

Ahora, realizaremos el análisis con tendencia.

```
. dfuller CApc, trend lag(3)
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 26

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-1.895	-4.371	-3.596

Mackinnon approximate p-value for Z(t) = 0.6572

Como se evidencia en la estimación, el estadístico $P_{\text{value}} > 0.05$, además $Z(t)$, aunque es negativo, su valor absoluto no es mayor que los valores críticos de 1%, 5% y 10%, por lo que se infiere que el modelo presenta raíz unitaria, es decir, el modelo es NO estacionario, por lo que se no se rechaza la hipótesis nula.

Ahora bien, es necesario evidenciar la tendencia en la gráfica que presentamos a continuación:

Figura 14

Tendencia de la variable Contaminación Ambiental (CApc). Emisiones de CO₂ per cápita.



Fuente: Producto original basado datos recopilados en Stata 16.0

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Sobre la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en el modelo econométrico

Inicialmente, respecto al modelo econométrico empleado en la presente investigación, el cual presupone determinar que las variables que influyen en el modelo forman un vínculo funcional entre ellas y que se definen de manera precisa en términos temporales y espaciales de modo que, el modelo se encuentre definido en un entorno tendencial, se debe precisar la validez de la utilización del cálculo de las variables de estudio por medio de la estimación mediante MCO, el cual ha sido estimado mediante los supuestos del Modelo Clásico de Regresión Lineal, y que se sustenta en los fundamentos ya anteriormente mencionados (Capítulo 2.3.4.

Procesamiento de datos: Modelo econométrico) y que se analiza a continuación:

Primero, el modelo de regresión lineal utilizado para el presente estudio es lineal en los parámetros, sin embargo, no siempre es lineal en las variables. Esto se evidencia en el modelo planteado inicialmente, el cual tiene la forma: $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + e$, donde Y es la contaminación ambiental (medido por las emisiones de CO₂ per cápita en el periodo de un año), β_0 es la constante, β_1 y β_2 son los coeficientes del PBI per cápita en US\$ a precios actuales y la Tasa de crecimiento poblacional (ambos en el transcurso de un año) y e es el error. Se demuestra su forma lineal en parámetros, sin embargo, a efectos de uniformizar las variables de estudio y estabilizar la variación, se utilizó en la estimación el logaritmo natural del PBI per cápita. Los resultados al realizar la regresión en el software estadístico Stata 16.0, nos demuestran que las variables PBI per cápita en US\$ a precios actuales y la Tasa de crecimiento poblacional explican el 94% de los cambios en la Contaminación Ambiental (medido por las Emisiones de CO₂ per cápita) y que dichas variables, de manera independiente, son consistentes con el modelo planteado, debido a que $P > |t|$ son menores al 0.05. Así, podemos inferir que, a pesar de la conversión de la variable PBIpc a su logaritmo natural, no cambia la relación lineal en sus parámetros y el modelo demuestra consistencia y robustez.

Segundo, los valores de X son independientes del término de error. En este caso, se considera que las variables X1 y X2, que para nuestro caso particular son el PBI per cápita en US\$ a precios actuales y la Tasa de crecimiento poblacional, y el término de error son independientes, es decir que la $cov(X_i, u_i) = 0$.

Se estimó las covarianzas, tal como se evidencia en la Figura 13, cuyos resultados son $-0.000000000773308619685572$ y $-0.000000000388694764106671$ respectivamente para el PBI per cápita (en su logaritmo natural - $\ln\text{PBIpc}$) y la Tasa de Crecimiento Poblacional (tCP), lo que nos permite inferir que dichos resultados, que son extremadamente cercanos a cero (0), demuestran que las variables X son independientes del término de error.

Finalmente, las pruebas realizadas al modelo, en el que se incluye la determinación de Multicolinealidad, prueba de Normalidad, Homocedasticidad o varianza constante y la existencia de Autocorrelación, nos ayudan a determinar que el modelo sí esté correctamente especificado y analizar si los datos observados incorporados en el modelo estimado dan evidencia a favor o en contra de los supuestos planteados. Inicialmente se aplicó el Test del VIF con la finalidad de detectar la presencia de Multicolinealidad. El resultado del VIF por variable, que debe ser menor a 10 y el VIF global, que debería ser menor a 5, nos entrega una media de 1.35 en cada una de las variables de manera independiente y también de forma global, lo que nos permite determinar que ninguna de las variables, de forma individual y/o global, presentan problemas de Multicolinealidad. También se ejecutó la prueba de Normalidad para evaluar si el error se distribuye de forma normal. El P_{value} , que debe ser mayor a 0.05, fue calculado en 0.5819, aceptando, de esa manera, que el error si se distribuye de forma normal, hecho se sustenta también con la gráfica contenida en la Figura 6 respecto a la estimación de la densidad de Kernel. A fin de verificar que el modelo sea Homocedástico, condición en la que los errores de un modelo tienen varianza constante, se aplicaron el Test de White y el Test de Breusch-Pagan respectivamente, verificando en ambos casos que, con un $P_{\text{value}} > 0.05$, el modelo es Homocedástico. Adicionalmente se evaluó la presencia de Autocorrelación a través de los Test Breusch-Godfrey y Test de Durbin-Watson. Respecto al primero, se realizó la Autocorrelación de primer y segundo orden, demostrándose, con un $P_{\text{value}} > 0.05$, que el modelo no presenta Autocorrelación. Ahora bien, aplicando el Test de Durbin-Watson, encontramos presencia de Autocorrelación positiva, por lo que se procedió a utilizar el proceso iterativo de Cochrane-Orcutt con la finalidad de realizar los ajustes necesarios para corregir el problema encontrado. Luego de siete (7) iteraciones, el problema de Autocorrelación encontrada ha sido corregido, obteniéndose un estadístico $DW = 1.558519$, el mismo que se encuentra entre la zona de indecisión y la zona de aceptación de la hipótesis nula, por lo que, sumado a los resultados del primer test aplicado, se acepta que el problema ha sido corregido. Sin embargo, también se han

modificado los resultados de la regresión del modelo original, dando como producto la forma funcional del modelo estimado y entregando una relación de la siguiente manera:

$CA_{pc} = -3.549 + 0.587 \ln PBI_{pc} + 0.065 tCP$, en donde, evidentemente, la variable PBI per cápita (expresada en logaritmo natural) es el indicador más importante en la explicación del incremento de la Contaminación Ambiental (medido a través de las Emisiones de CO₂). Esto significa, a nivel de estimación del modelo econométrico y las pruebas realizadas al mismo, que podemos aceptar la hipótesis alternativa planteada en el diseño metodológico, debido a que las variables sí son significativas.

Es importante resaltar que, se desarrolló un modelo adicional en el que se omite la variable Tasa de Crecimiento Poblacional (tCP), siendo el PBI per cápita (en logaritmo natural - $\ln PBI_{pc}$) el responsable del 93% de las variaciones en la Contaminación Ambiental (medido por las Emisiones de CO₂ per cápita), variable que es consistente para este nuevo modelo, debido a que presenta un $P > |t|$ menor al 0.05 (0.000). A este nuevo modelo también fueron aplicadas cada una de las pruebas antes mencionadas, para evaluar su consistencia, especificación y validez de su evidencia en favor de los supuestos planteados. Los resultados, que son muy similares a los del modelo planteado originalmente, nos indican que, a nivel de estimación del modelo econométrico y las pruebas realizadas al mismo, que podemos aceptar la hipótesis alternativa planteada para este modelo alternativo en el diseño metodológico, debido a que la variable $\ln PBI_{pc}$ sí es significativa. Sin embargo, nos abocaremos al modelo primigenio planteado en el diseño metodológico, a fin de cumplir estrictamente lo planteado en este apartado.

4.2 Sobre el problema de investigación, los objetivos planteados y las hipótesis de investigación vs los resultados obtenidos.

A raíz del problema de investigación, suscitado por la preocupación que nace de la afectación ambiental producto del crecimiento económico en el Perú, circunscrito al periodo de estudio comprendido entre los años 1990 al 2019, y con la finalidad de observar la tendencia que se muestra, en el transcurso del tiempo, entre las Emisiones de CO₂ per cápita, el PBI per cápita y la Tasa de Crecimiento Poblacional, fue que se plantearon los objetivos de: Determinar la relación entre el crecimiento económico (que incluye las variables de PBI per cápita y Tasa de

Crecimiento Poblacional) y la contaminación ambiental medido por las Emisiones de CO₂ per cápita, y en concreto, evidenciar a través de las gráficas la relación de dichas variables, para verificar, aplicando la hipótesis de la Curva Medioambiental de Kuznets, el cumplimiento de la curva en forma de U invertida para la realidad peruana en el periodo citado.

Al respecto, podemos afirmar que los objetivos han sido cumplidos. El relacionamiento entre las variables de estudio, consolidado por la confiabilidad de los resultados obtenidos en el modelo econométrico planteado y por las pruebas a las que ha sido sometido, nos indican la existencia del vínculo positivo entre la degradación ambiental, que es afectado por el crecimiento económico (incluyendo el PBI per cápita y la Tasa de Crecimiento Poblacional), y que proporcionan evidencia gráfica de dicha relación.

Para ello, las hipótesis planteadas en la introducción a la presente investigación han sido puestas a prueba con resultados distintos. Revisaremos inicialmente las hipótesis específicas para luego abarcar la hipótesis general.

4.2.1 En el corto plazo, a mayor crecimiento económico y poblacional, se incrementa la contaminación ambiental, a largo plazo la contaminación disminuye.

En virtud a los resultados obtenidos en la estimación del modelo, en donde la $CA_{pc} = -3.549 + 0.587 \ln PBI_{pc} + 0.065 tCP$, y con la salvedad de que las variables predeterminadas explican el 91% de variaciones en la variable Contaminación Ambiental y que, de manera independiente, las variables PBI per cápita (expresado en logaritmo natural - $\ln PBI_{pc}$) y la Tasa de Crecimiento Poblacional (tCP) son consistentes para el modelo, podemos inferir que a mayor crecimiento económico, en donde incluimos las variables $\ln PBI_{pc}$ y tCP , se incrementan las Emisiones de CO₂ y por ende, se incrementa la Contaminación Ambiental. Se debe precisar que, el PBI_{pc} (expresado en logaritmo natural) es la variable que tiene mayor impacto sobre la contaminación ambiental, debido a que por cada dólar de incremento en el PBI per cápita, se incrementan en 0.587 las emisiones de CO₂ per cápita. Sin embargo, a pesar de la existencia de una relación directa, la Tasa de Crecimiento Poblacional no tiene gran impacto sobre la Contaminación Ambiental, debido a que, por cada punto porcentual de variación en la tasa, se incrementa un 0.065 en las emisiones de CO₂ per cápita. Esto nos indica, inicialmente, que la

relación es positiva, y que la curva aún se encuentra en la etapa de crecimiento, situación que será analizada con las gráficas obtenidas producto de la relación.

4.2.2 La contaminación ambiental por las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico en el Perú, en el período 1990-2019, evidencian una relación gráfica en forma de U invertida, según los fundamentos planteados en la Curva Medioambiental de Kuznets (CMK).

Antes de revisar las gráficas obtenidas del relacionamiento de las variables de estudio, analizaremos si el modelo cuenta con raíz unitaria, a fin de verificar el hecho de que las variables no sean estacionarias, sino presenten la tendencia positiva encontrada en la regresión. Para esto se aplicó la prueba Dickey-Fuller Aumentada. Según Newbold et al., (2008) las series temporales poseen cuatro componentes: tendencial, estacional, cíclico e irregular. Con esta prueba revisamos que la relación entre las variables de estudio presenten una tendencia estocástica, verificando que la serie de tiempo sea no estacionaria debido a que su comportamiento sólo se debe evidenciar en algún periodo en consideración, ya que la relación tendrá en algún momento, un punto de inflexión que cambie la tendencia encontrada en este periodo, siendo este, un episodio particular y temporal, no pudiéndose generalizar para otros periodos, todo esto debido a la hipótesis de la CMK y su forma de U invertida.

Como se puede apreciar en la Figura 14, la variable Contaminación Ambiental (medido por las emisiones de CO₂ per cápita - CApc) presenta una tendencia estocástica. La prueba Dickey-Fuller Aumentada nos indica que el modelo presenta raíz unitaria, lo que significa que el modelo no cumple con el supuesto de estacionariedad. Este resultado resulta lógico para el planteamiento de la hipótesis de investigación, debido a que la hipótesis de la CMK indica que la contaminación ambiental se va incrementando a medida que el crecimiento económico y poblacional también lo haga. Este comportamiento no se puede generalizar para todos los periodos, debido a que, según Kuznets y los posteriores estudios, en algún periodo de tiempo, aparecerá un punto de inflexión, motivado por el incremento del PBI per cápita hasta un nivel en el que se tome mayor conciencia respecto a los temas en materia ambiental, y la preocupación por generar riqueza vaya de la mano con el cuidado del ambiente que nos rodea.

Sin embargo, a pesar de la tendencia encontrada en el modelo, la Figura 10 nos muestra que la relación entre la contaminación ambiental y el crecimiento económico es positiva y que aún no se evidencia el punto de inflexión que determine una figura en forma de U invertida, empero, se aprecia un rendimiento decreciente sobre los últimos años, comportamiento que habría de ser observado con detenimiento en el transcurso de los años posteriores al presente estudio. Esto indica que, la contaminación aún se sigue incrementando con el crecimiento económico y poblacional, y probablemente no se ha llegado al PBI per cápita idóneo que permita el cambio de la tendencia en la curva y la disminución progresiva de la degradación ambiental a pesar del crecimiento económico.

Ahora bien, la Figura 11 nos muestra que, de manera independiente, la contaminación ambiental y el PBI per cápita presentan también una relación positiva, sin la evidencia de un cambio o punto de inflexión que determine una curva en forma de U invertida, tal y como ha sido planteado en la hipótesis de CMK.

Finalmente, la Figura 12 nos muestra que la contaminación ambiental y la tasa de crecimiento poblacional, de manera independiente, presenta una especie de correlación negativa, muy sutil, que no aporta significativamente en el análisis gráfico de la CMK.

4.2.3 El crecimiento económico en el Perú, en el periodo 1990-2019 provoca, en el corto plazo, un aumento de la contaminación ambiental por las emisiones de CO₂, sin embargo, a largo plazo, a pesar del crecimiento económico, las emisiones de CO₂ disminuyen.

A raíz de los resultados obtenidos y la hipótesis general de investigación planteada inicialmente, se puede demostrar que, a lo largo de treinta años de estudio, en el periodo 1990-2019, y con base en el modelo obtenido por la regresión de las variables de estudio y las gráficas subsecuentes, el crecimiento económico en el Perú (que incluye las variables de PBI per cápita y Tasa de Crecimiento Poblacional) genera, en el corto plazo un incremento de la contaminación ambiental, el mismo que es medido por las Emisiones de CO₂ per cápita. Esta tendencia se mantiene con el transcurrir de los años de estudio, no reflejando en ningún momento un cambio en la tendencia o algún punto de inflexión que demuestre el cumplimiento gráfico de la U invertida tal y como se plantea en la hipótesis de la CMK. Al evaluar el recorrido de la curva,

podemos apreciar también que, según los gráficos, se evidencia ligeramente un rendimiento decreciente sobre los últimos años de estudio, lo que podría significar un aparente *turning point* en el desarrollo de la curva, sin embargo, esto debe ser materia de un estudio posterior que incluya, cuanto menos, los siguientes 10 años ulteriores al 2019. Por lo que, es evidente el no cumplimiento de la Curva Medioambiental de Kuznets en el Perú en el período 1990-2019, por lo que la hipótesis general planteada no se cumple en la realidad peruana. Estos resultados pueden obedecer a muchos motivos. Una explicación podría ser el nivel de ingresos per cápita en el Perú (que bordea los US\$ 6,955.88 anuales), las políticas aplicadas por los gobiernos de turno en materia ambiental, el papel de las entidades reguladoras, el nivel de educación de los ciudadanos y la real preocupación en el tema del empresariado y la industria. De momento, el Perú, a raíz del análisis de los resultados obtenidos, y en atención a la hipótesis general planteada al inicio del presente estudio, demuestra no sólo ser un país aun en etapa de desarrollo, sino también un país altamente contaminante, con escasas políticas de regulación ambiental y con poca educación a este respecto.

4.3 Sobre los antecedentes de la investigación y los resultados obtenidos, y la diferencia encontrada entre ellos.

Al realizar una comparativa entre los países estudiados y citados en el apartado *1.1. Antecedentes* de la presente investigación, es evidente que, de una pequeña lista de países disímiles como Nicaragua, China, Estados Unidos, México, Ecuador, Canadá y Perú, el empleo de distintas metodologías ceñidas a su sustantividad ha permitido verificar los resultados de la aplicación de la CMK en cada una de sus realidades, los mismos que han entregado productos muy similares, exceptuando Estados Unidos, y, sorprendentemente, Nicaragua. Según estos estudios, los países latinoamericanos de México, Perú y Ecuador se encuentran en la primera fase de la CMK, en cuya gráfica aún no se evidencia algún punto de inflexión que determine el decremento de la contaminación a pesar del crecimiento económico, esto debido a, en muchos casos, los factores ya referidos para la realidad peruana, es decir, ingresos bajos, falta de educación y políticas en favor del medio ambiente. Canadá se encuentra en la segunda fase, es decir, en el inicio del punto de retorno, lo que resulta incongruente e inverosímil para su nivel de ingresos, educación y capacidad política, conociendo además que es un país ubicado entre los

cinco países más desarrollados del mundo, lo que debería significar un profundo y particular estudio posterior. Sin embargo, China también es un caso meritorio de un estudio particular. Gráficamente, la curva que se presenta es una N, teniendo dos puntos de inflexión y tres etapas de recorrido, encontrándose, inicialmente con una relación positiva y, después de una relación con tendencia negativa, nuevamente en una curva con relación positiva. Para encontrar una interpretación certera a la realidad china, con lo enorme de su territorio y población, su masa productiva, niveles de empleo y crecimiento, deberá ser propicio un análisis que involucre muchas variables de estudio respecto a su contaminación y principalmente a su comportamiento económico. Respecto a los Estados Unidos, se ha visto reflejado en su realidad económica ambiental, el cumplimiento cabal de la CMK, a pesar de ostentar un PBI per cápita anual de US\$ 65 297,52, lo que evidencia su nivel educativo en términos comerciales, industriales, empresariales y, queramos o no, también en términos políticos. Además, la concientización perenne en la mente de los estadounidenses respecto al cuidado del medio ambiente parece ser innegociable, ejemplo merecedor de imitar. Finalmente, una sorprendente Nicaragua, que con un PBI per cápita de US\$ 1 191, inició en el año 2014 (fecha de la publicación del estudio que antecede al presente) un punto de inflexión de la CMK, el mismo que ya se encuentra en la tercera fase, es decir, el momento en el que, a pesar del crecimiento económico, no se incrementan los niveles de contaminación ambiental. Este es sin duda, el mejor ejemplo de una correcta aplicación de la política en materia ambiental, ya que la curva decrece a partir de la publicación y aplicación de la Ley 217, lo que consideraron en Nicaragua, como indispensable para las mejoras en el cuidado del medio ambiente.

Es importante destacar que, según los resultados obtenidos en la presente investigación y en conexión con los estudios que los anteceden, es evidente la fragilidad y precariedad de las políticas de corte ambiental, sobre todo en los países latinoamericanos. Ecuador, México y Perú aún no han podido demostrar su capacidad para revertir los altos índices de contaminación, y no existe evidencia de que eso pueda ocurrir en el corto plazo. Así, se coteja que, los países en etapa de desarrollo, pueden resultar ser los más contaminantes, justamente con la base de los resultados obtenidos en la presente y los estudios que lo preceden. Indistintamente del comportamiento de países como Canadá, China y Estados Unidos, que otorgan resultados distintos en términos ambientales, en gran parte por la complejidad de su economía y realidad, los países en desarrollo,

como el Perú deberán ajustar todos los detalles posibles, política y económicamente, a fin de repercutir a favor del medio ambiente.

4.4 Principal aporte que se evidencia en los resultados.

Al demostrar el no cumplimiento de la CMK en la realidad peruana para el periodo 1990-2019, la tarea pendiente a asumir de aquí en adelante está en la adecuación de legislación y políticas capaces de revertir esta situación preocupante, a fin de mejorar la percepción y determinación de los agentes económicos en los asuntos que competen al cuidado del medio ambiente, cambiar la imagen del país a nivel internacional, salir en busca de un desarrollo integral pero, sobre todo, dejar de contaminar el medio ambiente que nos rodea. Es crucial para el funcionario, político, servidor público, empresario, estudiante o colaborador, utilizar la información en favor de un cambio hacia un rumbo mejor. El aporte significativo de la presente investigación gira en torno a la ubicación temporal de la realidad peruana en términos de crecimiento y contaminación ambiental, con el objetivo de que se implementen regulaciones, leyes o políticas en favor de la disminución de la degradación sobrevenida a causa de las emisiones de CO₂.

Ciertamente, existen algunas limitaciones que pueden dar lugar a mejoras posteriores en los estudios venideros. La ponderación del PBI per cápita, emisión de CO₂, generación de residuos sólidos, la inclusión de otros agentes contaminantes presentes en el aire y en el agua, el crecimiento demográfico, la explotación de los recursos naturales, el nivel educativo y la generación de nuevas empresas, deberían observarse a nivel regional, para que podamos tener una clara evidencia acerca de los atenuantes o agravantes de la contaminación ambiental según su espacio geográfico, población, clima, nivel de educación, etc. Esto sin duda, aclararía el panorama respecto al énfasis que requieren algunas regiones del Perú en materia ambiental, pero también en términos educativos y en políticas que eviten esa degradación. La gran limitación para este tipo de estudios es el acceso a la información, debido a la escasez de datos, los mismos que no ayudan en la elaboración de un análisis longitudinal. Sin embargo, la tarea puede comenzar con la recopilación de información relevante a este respecto, a fin de generar datos precedentes para estudios más complejos e integrales, y así, se presente la realidad económica ambiental peruana de una forma más detallada y precisa que la encontrada a la fecha.

CONCLUSIONES

1. El crecimiento económico en el Perú como variable de estudio que incluye el PBI per cápita y la tasa de crecimiento poblacional, evidencia una relación positiva con la contaminación ambiental (calculada por las emisiones de CO₂). Durante el transcurso de los treinta años de estudio, desde el año 1990 hasta el 2019, se mantiene la tendencia sin que se manifieste algún tipo de cambio estructural en el comportamiento de la relación, indicando, según el resultado del modelo obtenido mediante la estimación por MCO, que por cada incremento de US\$ 0.587 en el PBI per cápita y 0.065 de incremento en la tasa de crecimiento poblacional, se incrementan también las emisiones de CO₂ en una tonelada métrica per cápita.
2. El PBI per cápita, como única variable explicativa de las emisiones de CO₂, también evidencia una relación positiva durante todo el periodo de estudio, desde 1990 hasta el 2019, demostrando, según el modelo planteado en la estimación por MCO, que por cada incremento de US\$ 0.565 en el PBI per cápita, se incrementan también las emisiones de CO₂ en una tonelada métrica per cápita.
3. Gráficamente, visto los resultados obtenidos que principian en la estimación por MCO, se evidencia que el crecimiento económico en el Perú (PBI per cápita y tasa de crecimiento poblacional) genera, en el corto plazo, un incremento de las emisiones de CO₂ per cápita durante el periodo 1990-2019, relación que se prolonga a lo largo de los treinta años de estudio. Si bien se aprecia en la gráfica que en ese periodo no existe evidencia de un cambio estructural en la trayectoria de la curva que pueda indicar el cumplimiento de la hipótesis de la CMK para la realidad peruana, se evidencia un rendimiento decreciente en la relación sobre los últimos años de estudio.
4. El resultado de los modelos econométricos estimados presentó, según el Test Durbin-Watson, problemas de Autocorrelación, los mismos que fueron corregidos a través de la aplicación del proceso iterativo de Cochrane-Orcutt, a fin de evitar la relación espuria y lograr que el modelo sea consistente, eficiente e insesgados.
5. Se estimó las covarianzas para el PBI per cápita (en su logaritmo natural - lnPBIpc) y la Tasa de Crecimiento Poblacional (tCP), lo que nos permite inferir que dichos resultados,

que son extremadamente cercanos a cero (0), demostrando que las variables X son independientes del término de error.

6. Se aplicó la prueba Dickey-Fuller Aumentada verificando que el modelo cuenta con raíz unitaria, significando que las variables de estudio no cumplen con el supuesto de estacionariedad, sino que presentan la tendencia estocástica encontrada en la gráfica proveniente de la regresión. Esta relación se mantiene positiva a lo largo de los treinta años de estudio con un rendimiento decreciente sobre los últimos años.
7. En los modelos estimados y las gráficas resultantes de la regresión, se evidencia que en el Perú durante el periodo 1990-2019, no se cumple con la hipótesis de CMK, encontrándose gráficamente la curva en la primera etapa y mostrando una relación positiva entre la Contaminación Ambiental y el Crecimiento Económico.

RECOMENDACIONES

1. Implementación y aplicación de moderna y eficiente legislación y políticas, más duras e inflexibles por parte del estado peruano, con la finalidad de disminuir el impacto ocasionado en el medio ambiente por las actividades del sector extractivo, y al mismo tiempo buscar a través de políticas agresivas muy bien estructuradas la inclusión progresiva del sector extractivo informal al sector formal, a fin de evitar elusiones en el cuidado y preservación del medio ambiente.
2. Poner en marcha un plan de renovación del parque automotor, permitiendo el ingreso de vehículos modernos y con tecnología de punta que favorezca la disminución de las emisiones de CO₂ y utilicen alternativas de energía renovable, disminuyendo el impacto en los bolsillos de los usuarios con bonos por el recambio de sus vehículos y disminuyendo así, la contaminación del entorno a causa de las emisiones generadas por los vehículos más antiguos.
3. Desde el Sector Público, dotar de mayores presupuestos para la implementación, adecuación y mejora de los servicios de limpieza pública y del correcto manejo, traslado y disposición final de los residuos sólidos municipales.
4. Desde el Gobierno Central, atribuir al Ministerio del Ambiente y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) poder coercitivo sobre sus administrados, sean empresas públicas o privadas, para que, en función de sus atribuciones y responsabilidades, se implementen medidas correctivas, no sólo con sanciones pecuniarias, sino identificar responsabilidades administrativas y penales respecto al daño ocasionado en el medio ambiente.
5. Dotar de sistemas de información modernos y eficientes al sector público, en todos los niveles de gobierno (central, regional y local) a fin de que se amplíe y organice de manera adecuada la información respecto al cuidado del medio ambiente y sus indicadores, a fin de analizar y obtener mejores resultados de los datos relevantes y tomar acciones utilizando la menor cantidad de recursos y plazos disponibles.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- 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. *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, Cusco. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6356>
- AQUAE Fundación. (13 de julio de 2023). *¿Qué es la contaminación ambiental?* Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-contaminacion-ambiental/>
- Arostegui Moreno, A. W., & Baltodano Jiménez, J. A. (2020). Evaluación empírica de la Curva Ambiental de Kuznets para e Nicaragua considerando la Ley No. 217, en el período 1980 – 2014. *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 8(15), 152-176. doi:<https://doi.org/10.5377/reice.v8i15.9951>
- Arrow, K., Bolin, B., Constanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C., . . . Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological Economics*, 15(2), 91-95. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0921800995000593>
- Arteaga, G. (24 de setiembre de 2022). *Investigación Correlacional. Guía, diseño y ejemplos*. Obtenido de Testsiteforme: <https://www.testsiteforme.com/que-es-la-investigacion-correlacional/>
- Asturias Corporación Universitaria. (s.f.). *El modelo econométrico*. Recuperado el 17 de setiembre de 2023, de https://www.centro-virtual.com/recursos/biblioteca/pdf/econometria/unidad1_pdf1.pdf
- Bimonte, S. (2002). Information access, income distribution, and the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 41(1), 145-156. Obtenido de

https://econpapers.repec.org/article/eeeeecolec/v_3a41_3ay_3a2002_3ai_3a1_3ap_3a145-156.htm

Cabra Guisasola, J. (2016). Una valoración del impacto de la proactividad del estudiante de ciencias jurídicas en la calificación obtenida en sus estudios de Economía. El caso de la Universidad de Sevilla. *GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS*. Universidad de Sevilla, Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/55734/Una%20valoraci%C3%B3n%20del%20impacto%20de%20la%20proactividad%20del%20estudiante.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CEPAL. (2012). *DEFINICIÓN DE ALGUNOS INDICADORES DEMOGRÁFICOS*. Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/def_ind.pdf

Correa Restrepo, F., Vasco Ramírez, A., & Pérez Montoya, C. (2005). La curva medioambiental de Kuznets: Evidencia empírica para Colombia. *Semestre Económico*, 8(15), 13-30. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1650/165013659001.pdf>

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. *IMPACTO DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL PERÚ: ANÁLISIS DE KUZNETS PARA EL PERIODO 1980-2019*. Universidad SAn Ignacio de Loyola, Lima. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/2956ffa3-666e-4348-88b7-eb904e7655f0>

Freire-Vinueza, C., Meneses, K., & Cuesta, G. (1 de Julio de 2021). América Latina: ¿Un paraíso de la contaminación ambiental? *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 1-18. doi:<http://doi.org/10.15359/rca.55-2.1>

Gómez P., J. (2003). Economía Ambiental: Una retrospectiva teórica. *Apuntes Contables*(5), 43-57. Obtenido de <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/contad/article/view/1308/1245>

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). ENVIRONMENTAL IMPACTS OF A NORTH AMERICAN FREE TRADE AGREEMENT. *NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC*

- RESEARCH*(Working Paper No. 3914). Obtenido de https://www.nber.org/system/files/working_papers/w3914/w3914.pdf
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (Mayo de 1995). ECONOMIC GROWTH AND THE ENVIRONMENT. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría*. México D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- INEC Panamá. (s.f.). *Tasa de crecimiento*. Recuperado el 3 de setiembre de 2023, de https://www.inec.gob.pa/redpan/sid/glosario/WebHelp/glosario.htm#Tasa_de_crecimiento_1.htm
- INEE. (2009). *Panorama educativo de México*. Obtenido de <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/03/CS07-2009.pdf>
- INEI. (2014). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2013*. Lima: Oficina de Impresiones del Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/cap10.pdf
- Instituto Peruano de Economía. (10 de abril de 2013). *Crecimiento económico*. Obtenido de <https://www.ipe.org.pe/portal/crecimiento-economico/>
- Jiménez Gordillo, J. P. (2021). Evidencia de las variables ambientales y crecimiento económico (CURVA DE KUZNETS) para el caso ecuatoriano. *Tesis de grado*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11138>
- Kuznets, S. S. (marzo de 1955). ECONOMIC GROWTH AND INCOME INEQUALITY. *The American Economic Review*, 45(1), 28.
- Lanegra, I., & Morales, R. (julio de 2007). *Competitividad y responsabilidad ambiental: objetivos indesligables*. Obtenido de PALESTRA: https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/11838/competitividad_

responsabilidad_Lanegra.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20hip%C3%B3tesis%20Porter%20sostiene%20que,la%20competitividad%20del%20pa%C3%ADs%20entero.

- Monje Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Neiva: Universidad Surcolombiana. Obtenido de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Moreno Moreno, N. (14 de septiembre de 2018). Dinámica de sistemas y la Curva Medioambiental de Kuznets en el Perú (1990-2015). *Semestre Económico*, 21(49), 57-88. Obtenido de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/2825/2596>
- Muntané Relat, J. (mayo-junio de 2010). Introducción a la Investigación Básica. *RAPD*, 33(3), 221-227. Obtenido de [https://www.sapd.es/revista/2010/33/3/03/pdf#:~:text=1\)%20Investigaci%C3%B3n%20b%C3%A1sica%3A%20Se%20denomina,contrastarlos%20con%20ning%C3%BAn%20aspecto%20pr%C3%A1ctico.](https://www.sapd.es/revista/2010/33/3/03/pdf#:~:text=1)%20Investigaci%C3%B3n%20b%C3%A1sica%3A%20Se%20denomina,contrastarlos%20con%20ning%C3%BAn%20aspecto%20pr%C3%A1ctico.)
- Newbold, P., Carlson, W. L., & Thorne, B. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A. Obtenido de <https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/Estadistica-para-administracion-y-la-economia.-6Ed.-Newbold-2008.pdf>
- Panayotou, T. (julio de 2000). ECONOMIC GROWTH AND THE ENVIRONMENT. *CID Working Paper*(56). Obtenido de <https://dash.harvard.edu/handle/1/39570415>
- PNUD. (2023). *Los ODS en acción*. Obtenido de <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118. Obtenido de <https://www.ucl.ac.uk/cserge/Porter%20and%20van%20der%20Linde1995.pdf>
- Reynaldo Argüelles, C. L. (Febrero de 2012). La economía ambiental y su evolución en el pensamiento económico. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 5(13), 9. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/delos/13/clra.pdf>

- Rojas Soriano, R. (2013). *Guía para realizar Investigaciones Sociales*. México D.F.: Plaza y Valdés Editores. Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24786w/U1_S4_Guiapararealizarinvestigacionesociales.pdf
- Salkind, N. J. (1998). *Métodos de la Investigación*. México D.F.: Prentice Hall. Obtenido de <https://sbecdb035178db168.jimcontent.com/download/version/0/module/10120081460/name/M%C3%A9todos-de-investigacion.pdf>
- Sánchez, J. (3 de abril de 2019). *El impacto medioambiental del dióxido de carbono*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/el-impacto-medioambiental-del-dioxido-de-carbono-1334.html>
- 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. Obtenido de https://econpapers.repec.org/article/eeejeeman/v_3a27_3ay_3a1994_3ai_3a2_3ap_3a147-162.htm
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (junio de 1992). Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country. (T. W. Bank, Ed.) Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/23723867_Economic_Growth_and_Environmental_Quality_Time_Series_and_Cross-Country_Evidence/citation/download
- Silvestrini Ruiz, M., & Vargas Jorge, J. (enero de 2008). *Fuentes de Información Primarias, Secundarias y Terciarias*. Obtenido de <https://ponce.inter.edu/cai/manuales/FUENTES-PRIMARIA.pdf>
- Sobrado Luna, A. C. (04 de enero de 2022). Impacto ambiental como efecto del desarrollo económico en México, Estados Unidos y Canadá de 1970 a 2019. Un análisis comparativo de la curva de Kuznets. *Revista Equilibrio Económico*, 17(2), 173-202. Recuperado el 24 de agosto de 2022, de <http://www.erevistas.uadec.mx/index.php/EE/article/view/29>

Solórzano Chamorro, J. J., Vera Basurto, J. S., & Buñay Cantos, J. P. (30 de enero de 2022). Crecimiento económico y medio ambiente. *RECIAMUC*, 6(1), 203-212.
doi:10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.203-212

Universidad de Chile. (2010). *Pautas generales para recolección de datos*. Obtenido de Seminario: https://www.u-cursos.cl/fau/2010/1/AO1001/12/material_docente/detalle?id=453755

World Bank. (1992). *World Development Report*. Washington D.C.: The World Bank. Obtenido de <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1164>

Zhang, J. (26 de febrero de 2021). Environmental Kuznets Curve Hypothesis on CO2 Emissions: Evidence for China. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(93), 1-16.
doi:<https://doi.org/10.3390/jrfm14030093>

Zilio, M. I. (2010). *La Curva de Kuznets Ambiental: Evidencia para América Latina y El Caribe*. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. Obtenido de <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2156/ZILIO%202011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Crecimiento PBI per cápita anual (Fuente: Banco Mundial)

Perú	
Crecimiento del PIB per cápita (% anual)	
NY.GDP.PCAP.KD.ZG	
AÑO	PBIpc
1990	1194.548302
1991	1520.677362
1992	1560.546504
1993	1481.340989
1994	1871.392109
1995	2180.566639
1996	2218.321747
1997	2292.396517
1998	2149.701063
1999	1911.735017
2000	1941.31826
2001	1925.97942
2002	2003.971081
2003	2126.137824
2004	2393.665897
2005	2702.237701
2006	3123.320159
2007	3572.363589
2008	4184.885982
2009	4164.970483
2010	5047.204643
2011	5826.832307
2012	6475.719417
2013	6697.187683
2014	6614.830499
2015	6180.118799
2016	6163.861179
2017	6676.307788
2018	6912.104623
2019	6955.88177

Tasa de crecimiento poblacional

Perú	
Tasa de Crecimiento de la población (% anual)	
SP.POP.GROW	
AÑO	tCP
1990	2.217105221
1991	2.120843327
1992	2.034869317
1993	2.004460046
1994	1.976503344
1995	1.923556128
1996	1.856952892
1997	1.822439493
1998	1.769518791
1999	1.667060401
2000	1.520442271
2001	1.343319545
2002	1.176085157
2003	1.051135337
2004	0.974731755
2005	0.904184156
2006	0.827239267
2007	0.76975937
2008	0.716987183
2009	0.702724347
2010	0.756357203
2011	0.845382116
2012	0.918055909
2013	0.96748622
2014	1.043651128
2015	1.172230664
2016	1.361225438
2017	1.506946185
2018	1.87582164
2019	1.909725608

Emisiones de CO₂ per cápita

Perú	
Emisiones de CO ₂ (toneladas métricas per cápita)	
EN.ATM.CO2E.PC	
AÑO	CApc
1990	0.944194967
1991	0.89742703
1992	0.912638246
1993	0.927167194
1994	0.939743049
1995	1.049116213
1996	1.126665495
1997	1.102246187
1998	1.044622508
1999	1.107425542
2000	1.074275095
2001	0.982316838
2002	1.014505367
2003	0.983143205
2004	1.11985372
2005	1.11171717
2006	1.086769854
2007	1.182095893
2008	1.329318686
2009	1.419219461
2010	1.539485423
2011	1.642847492
2012	1.617521506
2013	1.656254081
2014	1.751594051
2015	1.776300578
2016	1.826380485
2017	1.717243013
2018	1.695130882
2019	1.735641775