



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ECONOMÍA**

**Crecimiento económico y degradación ambiental en el Perú, un análisis  
econométrico a nivel regional**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de Economista**

**AUTOR**

Jara Montesinos, Nikole Alanisse  
**(ORCID: 0000-0001-8677-4872)**

**ASESOR**

Chang Rojas, Víctor Alejandro  
**(ORCID: 0000-0001-6616-1067)**

**Lima, Perú**

**2023**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de autor**

Jara Montesinos Nikole Alanisse

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI

Número de documento de identidad del AUTOR: 71198852

### **Datos de asesor**

Chang Rojas, Víctor Alejandro

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI

Número de documento de identidad del ASESOR: 43169498

### **Datos del jurado**

**JURADO 1:** Rosas Santillana, Jorge Washington, 10793381, 0000-0002-9658-9053

**JURADO 2:** Rosas Lopez, Edith Erlinda, 29501173, 0000-0002-6469-422X

**JURADO 3:** Echevarría Alvarado, Víctor Raúl, 08701583, 0000-0003-4662-5340

**JURADO 4:** Velarde López, Leonidas Martín, 07349038, 0000-0001-9269-2726

### **Datos de la investigación**

**Campo del conocimiento OCDE:** 5.02.01

**Código del programa:** 311016

## DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta tesis a  
mi mamita, durante toda su vida me  
enseñó el valor de las cosas y sé que aún  
en el cielo ella me sigue cuidando.

Gracias mamá por haber estado siempre a  
mi lado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mi madre,  
gracias a ella logré culminar mi  
investigación, también a mi familia por  
todas sus buenas ideas y a mis profesores  
por sus valiosos aportes.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	<b>3</b>
2.1    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.1.1    Problema General .....	5
2.1.2    Problemas Específicos .....	5
2.2    OBJETIVO, GENERAL Y ESPECÍFICOS .....	6
2.2.1    Objetivo general .....	6
2.2.2    Objetivos específicos .....	6
2.3    JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA DEL ESTUDIO .....	7
2.4    ALCANCE Y LIMITACIONES. ....	9
2.4.1    Alcance .....	9
2.4.2    Limitaciones .....	12
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>14</b>
<b>MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL</b> .....	<b>14</b>
3.1    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
3.2    BASES TEÓRICO – CIENTÍFICAS .....	21
3.2.1    Degradación ambiental .....	21
3.2.2    Huella ecológica .....	22
3.2.3    Crecimiento Económico .....	23
3.2.4    Crecimiento económico y degradación ambiental .....	24
3.2.5    Curva de Kuznets Ambiental (CKA).....	26
3.3    DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	27
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>30</b>
<b>HIPÓTESIS Y VARIABLES</b> .....	<b>30</b>
4.1    HIPÓTESIS Y/O SUPUESTOS BÁSICOS.....	30
4.1.1    Hipótesis Generales .....	30
4.1.2    Hipótesis Específicas .....	30
4.2    VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS .....	31
4.3    MATRIZ LÓGICA DE CONSISTENCIA .....	34
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>37</b>
<b>MÉTODO</b> .....	<b>37</b>
5.1    TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	37
5.2    DISEÑO ESPECÍFICO DE INVESTIGACIÓN .....	38
5.3    POBLACIÓN, MUESTRA O PARTICIPANTES .....	39

5.4	INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS .....	41
5.5	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	42
5.6	PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO .....	48
<b>CAPÍTULO VI .....</b>		<b>50</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>50</b>
6.1	DATOS CUANTITATIVOS .....	50
6.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	57
6.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	71
<b>CAPÍTULO VII.....</b>		<b>74</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>74</b>
7.1	CONCLUSIONES.....	75
7.2	RECOMENDACIONES .....	77
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>79</b>
<b>APÉNDICE .....</b>		<b>85</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA N° 1:</b> <i>PRINCIPALES LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN</i> .....	12
<b>TABLA N° 2:</b> <i>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</i> .....	14
<b>TABLA N° 3:</b> <i>VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN</i> .....	33
<b>TABLA N° 4:</b> <i>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MODELOS PARA DATOS PANEL</i> .....	43
<b>TABLA N° 5:</b> <i>ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES DE INVESTIGACIÓN</i> .....	54
<b>TABLA N° 6:</b> <i>PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA PARA PANEL DE DATOS</i> .....	58
<b>TABLA N° 7:</b> <i>PRUEBAS DE COINTEGRACIÓN PARA PANEL DE DATOS</i> .....	61
<b>TABLA N° 8:</b> <i>PRUEBA DE CAUSALIDAD DE DUMITRESCU HURLIN PARA PANEL DE DATOS</i> .....	64
<b>TABLA N° 9:</b> <i>MODELO ARDL PARA PANEL DE DATOS PARA LA ESPECIFICACIÓN LINEAL</i> .....	66
<b>TABLA N° 10:</b> <i>MODELO ARDL PARA PANEL DE DATOS PARA LA ESPECIFICACIÓN CUADRÁTICA</i> .....	67
<b>TABLA N° 11:</b> <i>MODELO ARDL PARA PANEL DE DATOS PARA LA ESPECIFICACIÓN CÚBICA</i> .....	68
<b>TABLA N° 12:</b> <i>PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA PARA LOS RESIDUOS DE LOS MODELOS ESTIMADOS</i> .....	69
<b>TABLA N° 13:</b> <i>RESUMEN DE LOS MODELOS ARDL ESTIMADOS</i> .....	71

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO N° 1:</b> HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD .....	23
<b>GRÁFICO N° 2:</b> <i>EVOLUCIÓN DEL PBI PER CÁPITA REAL DEL PERÚ, 2003 – 2016 (EN MILES DE SOLES)</i> .....	50
<b>GRÁFICO N° 3:</b> <i>EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA PER CÁPITA DEL PERÚ, 2003 – 2016 (EN HECTÁREAS GLOBALES)</i> .....	51
<b>GRÁFICO N° 4:</b> <i>EVOLUCIÓN DEL PBI PER CÁPITA REAL DEL PERÚ, SEGÚN REGIONES, 2003 – 2016 (EN MILES DE SOLES)</i> .....	52
<b>GRÁFICO N° 5:</b> <i>EVOLUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA PER CÁPITA DEL PERÚ, SEGÚN REGIONES, 2003 – 2016 (EN HECTÁREAS GLOBALES)</i> .....	53
<b>GRÁFICO N° 6:</b> <i>PERÚ PBI PER CÁPITA REAL POR REGIÓN, 2003 Y 2016 (EN MILES DE SOLES)</i> .....	54
<b>GRÁFICO N° 7:</b> <i>PERÚ HUELLA ECOLÓGICA PER CÁPITA POR REGIÓN, 2003 Y 2016 (EN HECTÁREAS GLOBALES)</i> ...	56

## RESUMEN

El objetivo principal de la presente tesis consiste en determinar la causalidad y el efecto entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú a un nivel regional durante el periodo 2003 – 2016. Basado en la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), la cual relaciona la degradación del medio ambiente con el crecimiento de la economía, se plantearon modelos VECM y ARDL para datos de panel con la finalidad de identificar la direccionalidad causal entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú y proveer una cuantificación de dicho impacto. Los resultados indican que existe una dirección de la causalidad de un solo sentido que va del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita donde por cada mil soles que se incremente el PBI per cápita, la huella ecológica per cápita se incrementará 0.15 hectáreas globales en el largo plazo para un modelo lineal de la Curva de Kuznets. Para un modelo cuadrático de la Curva de Kuznets la dirección de la causalidad es de un solo sentido que va del PBI per cápita al cuadrado hacia la huella ecológica per cápita donde por cada mil soles que se incremente el PBI per cápita, la huella ecológica per cápita se incrementará alrededor 0.27 hectáreas globales en el largo plazo. Para un modelo cúbico de la Curva de Kuznets la dirección de la causalidad es de un solo sentido que va del PBI per cápita al cubo hacia la huella ecológica per cápita donde por cada mil soles que se incremente el PBI per cápita, la huella ecológica per cápita se incrementará alrededor de 0.31 hectáreas globales en el largo plazo.

Palabras clave: Curva de kuznets Ambiental, degradación ambiental, PBI per cápita y huella ecológica.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to determine the causality and the effect between economic growth and environmental degradation in Peru at a regional level during the period 2003 - 2016. Based on the Environmental Kuznets Curve (CKA), which relates the degradation of the environment with the growth of the economy, VECM and ARDL models were proposed for panel data in order to identify the causal directionality between economic growth and environmental degradation in Peru and provide a quantification of said impact. The results indicate that there is a one-way causality direction that goes from GDP per capita towards the ecological footprint per capita where for every thousand soles that the GDP per capita increases, the ecological footprint per capita will increase 0.15 global hectares in the long term for a linear model of the Kuznets Curve. For a quadratic model of the Kuznets Curve, the direction of causality is one-way that goes from GDP per capita squared towards the ecological footprint per capita where for every thousand soles that GDP per capita increases, the ecological footprint per capita will increase around 0.27 global hectares in the long term. For a cubic model of the Kuznets Curve, the direction of causality is one-way, going from GDP per capita cubed towards the ecological footprint per capita where for every thousand soles that GDP per capita increases, the ecological footprint per capita increases. capita will increase around 0.31 global hectares in the long term.

Key words: Environmental Kuznets Curve, environmental degradation, GDP per capita and ecological footprint.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El hombre a lo largo de la historia ha hecho uso de los recursos que posee la tierra para su subsistencia, inicialmente por medio de la caza y la recolección. Posteriormente, el proceso evolutivo conllevó a que se consoliden las actividades primarias como la agricultura, la ganadería, la pesca y la minería; las actividades secundarias como la actividad industrial, así como las actividades terciarias orientadas al comercio y los servicios. En ese contexto, los procesos de revolución industrial que han experimentado los países han generado que estas actividades se intensifiquen y traigan como consecuencias aspectos negativos al planeta, como son la degradación ambiental y el cambio climático.

La primera revolución industrial tuvo lugar a mitad del siglo XVIII (Cipolla, 1974), en esta época se crearon las primeras máquinas a vapor y diversos inventos que permitieron un cambio tecnológico considerable en los países que lo implementaron como Gran Bretaña. Sin embargo, también contribuyó a intensificar el daño hacia el medio ambiente, el cual se vio acrecentado por las siguientes revoluciones industriales. El incremento significativo de la actividad productiva que se llevó a cabo en los países a partir de la revolución industrial dio lugar a una contaminación indiscriminada del medio ambiente.

No es hasta 1960 donde se empieza a tomar conciencia ecológica a partir de los eventos suscitados en algunas ciudades, tales como lo acontecido en Bangkok y Los

Ángeles 1850 donde se evidenció una contaminación indiscriminada con altos niveles de smog (Sarlingo, 1998). Otro de los eventos importantes que permitieron generar consciencia ambiental fue lo acontecido en el valle del río Mosa, Bélgica en 1930, donde fallecieron 63 personas por una neblina toxica que contenía azufre, flúor y demás partículas contaminantes; así como lo ocurrido en Londres en 1952, donde una gran neblina toxica a causa de la quema de combustibles conllevó al fallecimiento de cerca de doce mil personas y otras diez con afectaciones a su salud.

Todos estos acontecimientos impulsaron a que se manifestara la conciencia ambiental y se crearan algunos organismos protectores y reguladores del medio ambiente como el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)<sup>1</sup> en 1961, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 1972, entre otros. Sin embargo, No es hasta que en 1997 por medio de la firma del acuerdo de Kioto (Naciones Unidas, 1998) donde la mayoría de los países industrializados se comprometieron a acatar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005 y tuvo por objetivo reducir las emisiones de gases provocadores del calentamiento global y gases industriales fluorados. Es así como nos damos cuenta de que, durante el proceso de desarrollo de la humanidad, el hombre ha ido haciendo uso de manera más intensiva de los recursos naturales con los que cuenta, generando que el crecimiento obtenido se sostenga cada vez más a costas la degradación del medio ambiente.

---

<sup>1</sup> Por sus siglas en inglés, World Wildlife Fund

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 2.1 Formulación del problema

En el caso del Perú, éste cuenta con una gran diversidad geográfica y climática que hace posible la existencia de una variedad de regiones naturales, así como una biodiversidad de flora y fauna. Si bien dicha biodiversidad permite la producción de bienes y servicios como los alimentos, la energía, el agua y aire limpio, medicamentos, entre otros; que satisfacen nuestras necesidades y han contribuido al crecimiento económico; en los últimos años las actividades extractivas como la minería, la pesca, la tala, así como la intensificación del proceso de industrialización han generado que en muchas regiones del país dicho crecimiento haya sido posible a costas de afectaciones al ecosistema y al medio ambiente.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en un estudio de partículas suspendidas en el aire, tomando dos mediciones de PM10<sup>2</sup> y PM2.5, dio como resultado que el Perú se encuentra en el segundo lugar dentro de los países más contaminados de América Latina

Debido a dicha problemática, las políticas del estado han sido orientadas a generar mayor regulación y supervisión de dichas actividades, así como de otras que

---

<sup>2</sup> Las PM10 son aquellas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 um (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro).

comprometan al medio ambiente. De esta manera se han generado instituciones del Estado para realizar dicha función, como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), el Ministerio del Ambiente (MINAM), el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SENANP), entre otras. Sin embargo, si bien los esfuerzos han generado considerables avances, en especial en la conservación de la biodiversidad y en el manejo de los recursos naturales, aún existen muchos desafíos para la implementación de una política ambiental eficiente, que responda a las necesidades de nuestro país y del resto del mundo. Actualmente, la gestión ambiental está dispersa en diversas entidades del estado, algunas veces sin conexión ni integración, lo que impide el desarrollo y precaución de programas que buscan cuidar el medio ambiente.

A nivel regional, no siempre los entes gubernamentales han seguido los lineamientos de políticas dictadas por el MINAM, prevaleciendo muchas actividades ilegales en las regiones algunas en áreas naturales protegidas. Hasta el 2014, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) hay varios departamentos que no tienen gestión ambiental por lo cual no es posible identificar los lugares en donde se practican estas actividades ilegales. Por ejemplo, en el 2016 se identificó actividades ilegales como la minería y la tala en 5 áreas naturales protegidas tales como: Sierra del Divisor (Loreto y Ucayali), Cordillera del Cóndor (Amazonas), Huascarán (Ancash), Tambopata (Madre de Dios) y San Fernando (Ica).

Es relevante señalar que, la degradación ambiental en el Perú, medida a través de la huella ecológica se ha ido incrementando, ha pasado de 1.43 hectáreas globales por

habitante en 2009 a 2.52 hectáreas globales por habitante en 2016 (MINAM, 2019); lo que indica un incremento acumulado del 76.5% de hectáreas globales por habitante necesarias para producir los recursos que satisfagan las necesidades de los peruanos y a su vez asimilar los residuos generados por los mismos. Por su parte, la situación económica del Perú durante el periodo antes señalado (2003 – 2016), ha mostrado una tasa de crecimiento económico promedio de 5.6%, registrando su mayor nivel en 2009 con una tasa de 9.14% (BCRP, 2019). La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) relaciona los conceptos antes señalados, la degradación del medio ambiente y el crecimiento económico, motivo por el cual se formula las siguientes preguntas.

### **2.1.1 Problema General**

¿Cuál es la causalidad y el efecto entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú a un nivel regional durante el periodo 2003 – 2016?

### **2.1.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuál es la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación lineal de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016?

- ¿Cuál es la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cuadrática de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016?
- ¿Cuál es la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cúbica de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016?

## **2.2 Objetivo, general y específicos**

### **2.2.1 Objetivo general**

Determinar la causalidad y el efecto entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú a un nivel regional durante el periodo 2003 – 2016.

### **2.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación lineal de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.
- Identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cuadrática de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

- Identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cúbica de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

### **2.3 Justificación o importancia del estudio**

La presente investigación presenta una importancia metodológica, en vista que es innovadora, debido a que en el Perú no existen antecedentes de investigaciones que traten de relacionar el crecimiento económico y la degradación ambiental empleando la huella ecológica como indicador ambiental a un nivel regional mediante la Curva de Kuznets, realizando el análisis de estacionariedad y cointegración para un panel de datos en el cual se pretende utilizar modelos como el de Vector de Corrección de Errores (VECM) o el modelo Autorregresivo con Retardos Distribuidos (ARDL), en la que la elección de alguno de los modelos dependerá de las condición en que se encuentren los datos de las variables.

Aunque, existen investigaciones que han utilizado la Curva de Kuznets Ambiental en el Perú, como la investigación de Minaya (2018) que relaciona el crecimiento económico y la presión ambiental utilizando el Consumo Doméstico Material (CDM) como indicador ambiental; esta investigación no emplea datos de panel, por el contrario se realiza sobre datos de series de tiempo, las cuales no están completas para todo el periodo de análisis propuesto por el autor (1970 – 2015), además de que no realiza un análisis de estacionariedad y cointegración entre las variables

utilizadas en dicha investigación, lo cual en sus modelos estimados no se toma en cuenta que los resultados obtenidos puedan tratarse de una regresión espuria.

La importancia de la presente investigación para el sector privado, radica en que la actualidad varias empresas se han sumado a la corriente “amigable con el medio ambiente” con la finalidad de captar más consumidores de sus productos; y es que al comprobarse que existe un efecto directo del crecimiento económico hacia la degradación ambiental en el Perú a un nivel regional, la presente investigación puede servir como referencia para que las empresas tomen una mayor conciencia acerca de que la sobreproducción trae daños al medio ambiente, con lo que pueden idear planes que contrarresten los efectos degradadores y así ser una opción para los consumidores que se preocupan por el medio ambiente. Al respecto, Hamann (2013) señala que, cada vez se incrementan los consumidores que tienen conciencia ecológica, por lo que exigen a las empresas que dentro de sus planes y estrategias involucren la protección y cuidado del medio ambiente, a partir de ello se empieza a emplear el término de “marketing verde”.

Por otro lado, la importancia de la presente investigación para las autoridades del sector público que están relacionados con la economía y el medio ambiente, al comprobarse que existe un efecto directo del crecimiento económico hacia la degradación ambiental en el Perú a un nivel regional, dichas autoridades dentro de sus funciones, velarían por la protección del medio ambiente sin afectar el desempeño económico, en ese sentido:

- Los gobiernos regionales y locales, conociendo el efecto directo del crecimiento económico hacia la degradación ambiental, realicen un mayor análisis acerca del rubro comercial de las empresas o negocios locales al momento de otorgar las licencias de funcionamiento, teniendo siempre en cuenta cuanto puede afectar al medio ambiente el desarrollo de las actividades de dichas empresas.
- MINAM, conociendo el efecto directo del crecimiento económico hacia la degradación ambiental, realice la promoción de actividades económicas que sean amigables con el medio ambiente, capacite a las empresas para la eliminación adecuada de los residuos que estas generan, fiscalicen e incentiven a todas las empresas para que cumplan con un adecuado funcionamiento que no dañe al medio ambiente.
- MINAGRI, conociendo el efecto directo del crecimiento económico hacia la degradación ambiental, promuevan una agricultura responsable que no sobreexplota las áreas de cultivo y el uso adecuado de los recursos hídricos capacitando a los agricultores y ganaderos de las diferentes regiones del Perú.

## **2.4 Alcance y limitaciones.**

### **2.4.1 Alcance**

En la presente investigación, para el alcance espacial y temporal, se utilizó como criterio de elección, a la disposición de la mayor información de datos disponibles relacionados a las variables estudiadas PBI per cápita y huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional. Se tuvo en cuenta que, mientras más grande el tamaño de la muestra, esta resulta más representativa y existe una mayor precisión de los estimadores.

Retomando como referencia a la investigación de Minaya (2018), en su investigación “La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) basada en el Indicador de Consumo Material”, el autor toma la mayor información disponible de sus datos, motivo por el cual su periodo de investigación estuvo comprendido entre los años 1970 y 2015.

En línea con lo señalado, tomando como criterio la mayor información de datos disponible, la presente investigación tiene como alcance espacial a 24 regiones del Perú, las cuales son:

- Amazonas
- Áncash
- Apurímac
- Arequipa
- Ayacucho
- Cajamarca
- Cusco

- Huancavelica
- Huánuco
- Ica
- Junín
- La Libertad
- Lambayeque
- Lima
- Loreto
- Madre de Dios
- Moquegua
- Pasco
- Piura
- Puno
- San Martín
- Tacna
- Tumbes
- Ucayali

En ese sentido, la presente investigación tiene como alcance temporal, al periodo de análisis 2003 – 2016, con una frecuencia anual de los datos. Por lo que el tamaño de la muestra es el siguiente

$$N = 24$$

$$T = 14$$

$$n = TxN = 24x14 = 296$$

## 2.4.2 Limitaciones

**Tabla N° 1:** Principales limitaciones de la investigación

Ítem	Limitación
Referencias y/o antecedentes	La escasa existencia de investigaciones que relacionen las variables crecimiento económico y degradación ambiental del Perú a un nivel regional mediante la Curva de Kuznets, aplicado en un panel de datos.
Indicadores	Disponibilidad de información respecto a los indicadores para medir el crecimiento económico regional (solo se dispone del PBI per cápita regional y no del ingreso per cápita regional) y la degradación ambiental (solo se dispone de la huella ecológica per cápita regional y no otros indicadores como emisiones de CO <sub>2</sub> , concentración de partículas suspendidas respirables PM2.5 y PM10, entre otros).
Datos	Disponibilidad de datos, si bien es cierto que existe

	información del PBI per cápita regional hasta el 2018, no sucede lo mismo con la huella ecológica per cápita regional debido a que solo existe información comprendida entre los años 2003 y 2016.
--	--

Elaboración Propia.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

#### 3.1 Antecedentes de la investigación

Tabla N° 2: *Antecedentes de la investigación*

Autor y/o año del archivo	Periodo	Metodología	Variables	Principales resultados
Martínez et al., (2017)	1991 – 2004	Modelos ARLD Modelo lineal Modelo Cuadrático	Emisiones de CO2 PIB per cápita La Población La IED El Desempleo	En 5 de los 12 países del continente sudamericano, existe la evidencia empírica de la Curva de Kuznets Ambiental, estos son Bolivia, Colombia, Ecuador, Uruguay y Venezuela, en los cuales se encuentran dentro del proceso

económico ambiental.

---

Díaz & Canelo  
(2009)

1950 – 1999

MCO

Modelo Lineal

Emisiones de CO<sub>2</sub>

Emisiones de NO<sub>2</sub>

Los países siguen una tendencia fuertemente creciente que se trunca en 1979. En la muestra OCDE94, estos efectos siguen una tendencia creciente hasta 1973, fecha en la que comienza el tramo decreciente. A partir de 1979, tornándose negativos a partir de 1980.

---

---

Al – mulali et al., (2014)	1980 – 2008	Panel de Datos	Huella ecológica	Los países de ingresos bajos y medios bajos se encuentran a principios de etapas del desarrollo económico con que el daño ambiental empeora a medida que el crecimiento económico de los países tiende a aumentar. Por otro lado, cuando los países alcanzan un alto nivel económico desarrollando una relación entre los ingresos y el daño ambiental se vuelve negativa, en forma de U invertida.
		Panel de Datos Dinámico	PBI	
		Modelo cuadrático	La apertura comercial El desarrollo financiero	

---

---

Gazi et al., (2016)	1980 – 2006	Modelo lineal Modelo cuadrático Modelo cúbico MVEC	Huella Ecológica Consumo de energía La apertura comercial La urbanización	Se encontró una relación en forma de U invertida entre las variables para algunos de los países, lo que valida la hipótesis CAK.  En la etapa inicial del desarrollo económico, las economías tienden a ser más altamente contaminante porque primero adoptan tecnologías baratas que son relativamente ineficientes.
---------------------	-------------	---	--	---

---

Ulucak & Bilgili (2018)	1961 – 2013	Modelo lineal Modelo cuadrático	Huella ecológica Apertura comercial Capital Humano Biocapacidad	La huella ecológica primero tiende a aumentar en el nivel inicial del ingreso, luego tiende a disminuir a través del crecimiento económico en cada grupo de ingresos de los países.
----------------------------	-------------	------------------------------------	--	---

---

Wang et al., (2013)	Longitudinal (2005)	Modelo de econometría espacial Modelo lineal Modelo cuadrático Modelo cúbico	Huella ecológica	En comparación con las técnicas de estimación convencionales, el enfoque econométrico espacial podría proporcionar investigaciones con un medio para explorar la cuestión de si el ambiente doméstico o no.
Minaya (2018)	1970 – 2015	Modelo Van Alstine y Neumayer Modelo lineal Modelo cuadrático Modelo cubico	Consumo Doméstico Material (variable proxy)	En el Perú, para el periodo 1970 – 2015, la relación entre el PBI per cápita y el Consumo Doméstico Material (CDM) es positiva y estadísticamente significativa

Atwi et al., (2018)	1992 – 2011	Panel de datos	Emisiones de CO2 per cápita PIB per cápita	La hipótesis de la curva de Kuznets ambiental conjetura que la degradación ambiental se intensifica inicialmente cuando el ingreso per cápita aumenta, pero disminuye después de que se alcanza cierto nivel de ingresos. Esto resulta en una curva en forma de U invertida.
Pinzón & González (2018)	1971 – 2014	Modelo cúbico MVEC	Emisiones de CO2 per cápita PIB per cápita Consumo de energía eléctrica per cápita	Se demuestra que los incrementos del PBI per cápita incrementan las emisiones de CO2 per cápita, luego disminuyen en un tramo, para luego volver a incrementar. Esto resulta en una curva en forma de N.

## **3.2 Bases teórico – científicas**

### **3.2.1 Degradación ambiental**

Se entiende a la degradación o deterioro ambiental como a la perturbación de uno o varios de los elementos que conforman el medio ambiente (como lo son la tierra, el agua, el aire, las plantas y bosques, etc.), trayendo como consecuencia un efecto de forma negativa para los seres que habitan en dicho medio. La degradación ambiental, está comprendida por los problemas de contaminación ambiental como también a los problemas ambientales que están relacionados a la devastación de los recursos naturales (MINAM, 2012).

La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres (UNDRR) señala que la degradación ambiental se refiere a la disminución en la capacidad del medio ambiente para concretar los objetivos sociales y ecológicos, y necesidades.

A su vez, la degradación ambiental también se puede entender como la alteración que sufren uno o varios de los elementos que conforman un ecosistema, ante la presencia de un elemento ajeno a sus características y dinámica (Flores et al., 1994).

### 3.2.2 Huella ecológica

Según Rees y Wackernagel (2001) la huella ecológica es un indicador que mide la superficie de terreno ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para la producción de los recursos utilizados y para encargarse de la eliminación de los residuos producidos por una población determinada con un nivel de vida determinado, cualquiera sea la ubicación de dicha superficie.

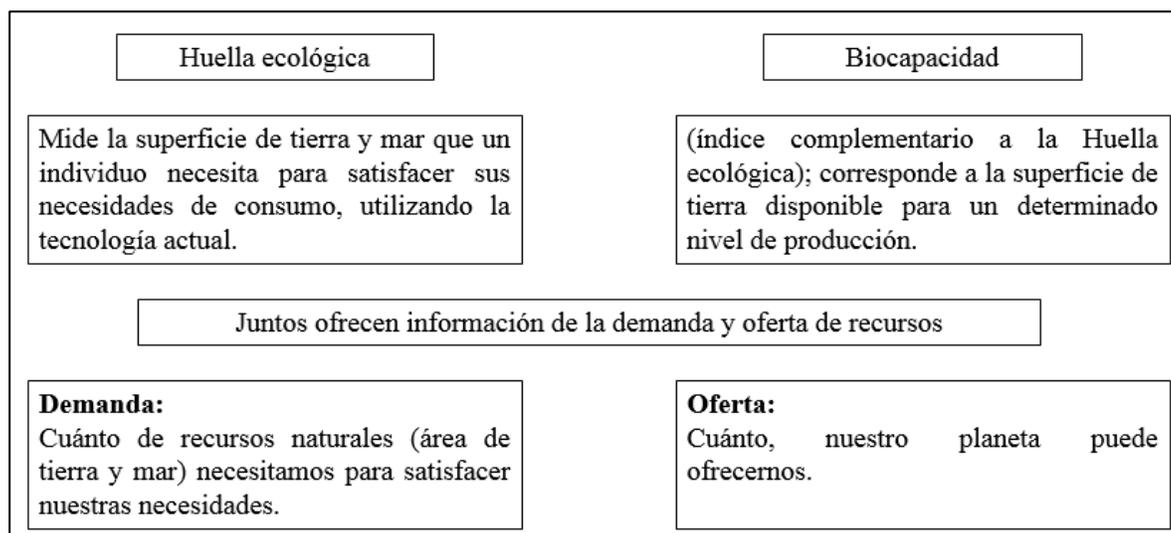
La huella ecológica es un indicador biofísico de sostenibilidad, que integra el conjunto de impactos que ejerce una colectividad determinada (país, región o ciudad) sobre su entorno, considerando tanto los recursos necesarios como los residuos generados para el mantenimiento del modelo de producción y consumo de ese colectivo (MINAM, 2011)

La huella ecológica presenta los siguientes componentes:

- Áreas de cultivos
- Áreas de pastoreo
- Áreas de bosques
- Zonas de pesca
- Huellas de carbono (tierra para captura de carbono)
- Áreas Urbanas (tierra construida)

Según el Ministerio del Ambiente del Perú, considera la huella ecológica vendría a ser la demanda de recursos, mientras que la biocapacidad vendría a ser la oferta. Al respecto se presenta el siguiente esquema:

**Gráfico N° 1:** Huella ecológica y biocapacidad



Fuente: MINAM (2011)

### 3.2.3 Crecimiento Económico

El crecimiento económico, es la tasa que mide la variación porcentual de la producción, la cual se mide a través del Producto Bruto Interno real, en un periodo determinado. Dicha tasa de variación es medida de un año a otro, tanto en el Producto Bruto Interno total como el de la producción de los distintos sectores económicos (BCRP, 2019).

Se entiende por crecimiento económico a la expansión sostenida de las posibilidades de producción de una economía, es decir un desplazamiento de la frontera de posibilidades de producción (FPP) hacia afuera. El crecimiento económico se mide a través del aumento real del Producto Bruto Interno para un periodo de tiempo determinado (Parkin, 2007).

Sachs y Larraín (2002) definen el crecimiento económico como el incremento sostenido y continuo de los bienes y servicios finales producidos por una determinada economía (región o país). Generalmente es calculado como el incremento del Producto Bruto Interno (PBI) real para un periodo de tiempo determinado de uno o varios años.

Case et al. (2010) señalan que, el crecimiento económico es un incremento en la producción de una economía (región o país). Se presenta cuando una economía logra obtener nuevos recursos o tiene la capacidad de incrementar la producción utilizando los recursos que dispone dicha economía.

#### **3.2.4 Crecimiento económico y degradación ambiental**

De acuerdo a Romer (1996) el tener recursos naturales escasos, provoca que una economía no se pueda confiar el crecimiento económico del país a costa de los recursos naturales ya que, a lo largo del tiempo, estos se agotan.

Para analizar la relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, primero se divide en dos los recursos naturales, como: derechos de propiedad

privada bien definidos y los sin derecho existentes. Los derechos de propiedad privada bien definidos ayudan, debido a que el mismo mercado brinda información de cómo se debe explotar el bien, además de que el precio sirve para conocer la importancia del producto en el sector productivo. Cuando los derechos de propiedad no están bien definidos, entonces se está frente a una falla de mercado llamada “externalidades”. Un gran ejemplo para el caso peruano es la minería, la cual ha sido causante de varios conflictos sociales en diversas regiones con recursos mineros.

En un caso representativo, Romer realizó un análisis de los recursos y de la tierra, partiendo de una ecuación de Cobb Douglas

$$Y_t = K_t^\alpha R_t^\beta T_t^\gamma [A_t L_t]^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (1)$$

$$\alpha > 0 \quad \beta > 0 \quad \alpha + \beta + \gamma < 1$$

Dónde: R son los recursos naturales y T la superficie de la tierra

La ecuación de Cobb Douglas, se sigue manteniendo y desarrollando según el modelo de Solow (1956). Se asumen que la superficie de la tierra es fija  $\dot{T}_t = 0$  y no se merman, mientras que en el caso de los recursos naturales también son fijos, pero se merman con el tiempo ya que son no renovables:

$$\dot{R}_t = -bR_t \quad b > 0 \quad (2)$$

Una vez que estos nuevos factores ingresen al modelo de Solow, entonces la función de producción ya no tendrá un valor determinado. Al ser la tasa de

crecimiento de  $A$ ,  $L$ ,  $R$  y  $T$  constante, entonces para la existencia del estado estacionario deberá pasar que tanto  $K$  como  $Y$  crezcan a una tasa constante. Por lo tanto, la ecuación de movimiento de capital será:

$$\dot{K}_t = sY_t - \delta K_t \quad (3)$$

Así, para que  $K$  sea constante entonces la división entre  $Y$  también debe ser constante. A partir de la ecuación (1) (2) y (3) es posible obtener la tasa de crecimiento de  $Y$  en estado estacionario ( $g_y^{bgp}$ ).

$$g_y^{bgp} = \frac{(1 - \alpha - \beta - \gamma)(n - g) - \beta b}{1 - \alpha} \quad (4)$$

Si bien el procedimiento no nos resuelve la duda de que, si la economía tiende a un estado estacionario, lo que si podemos asegurar es que  $g_k$  siempre disminuye su valor, hacia su valor estacionario, con lo cual la economía también lo hace.

En base a lo observado en el modelo de crecimiento económico de Solow, si es que una economía se centra en el crecimiento económico a costa de los recursos naturales, entonces esta cae en una sobrecarga que agota los recursos que a su vez son no renovables. Todo esto influye para que en la economía de los países se desarrolle una curva con la forma de U invertida, propuesta por Kuznets (1955).

### 3.2.5 Curva de Kuznets Ambiental (CKA)

La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) relaciona la degradación del medio ambiente con el crecimiento de la economía. La forma propuesta inicialmente para esta curva es la forma de U invertida, lo cual tenía como hipótesis que, mientras el PBI per cápita aumenta, este repercute en mayor degradación ambiental que también aumenta hasta llegar a un punto de inflexión donde si bien el PBI per cápita sigue aumentando, este hecho ya no afecta de forma negativa a la degradación ambiental. Investigaciones recientes relajan esta forma cuadrática de la CKA y proponen que pueda tomar forma de N.

### **3.3 Definición de términos básicos**

De acuerdo al Ministerios del Ambiente y definiciones económicas, se presenta lo siguiente:

- a. *Áreas de bosques*: Se entiende como la superficie que es utilizada para generar una cantidad determinada de madera, leña y pulpa que consume anualmente cada país.
- b. *Áreas de cultivos*: Se entiende como la superficie que es utilizada para producir alimentos y fibra para el consumo de la población, alimento para los animales, cultivos de diversas plantas, semillas oleaginosas y caucho.

- c. *Áreas de pastoreo*: Se entiende como la superficie que es utilizada para generar ganado para carne, lácteos, piel y lana y diversos derivados obtenidos de los animales.
- d. *Áreas urbanas*: Se entiende como la superficie de tierra ocupada por infraestructuras o construcciones de los habitantes, el cual incluye infraestructuras de transporte (pistas, veredas, carreteras, entre otras), edificaciones habitacionales, estructuras para las industrias y presas para la generación de energía hidroeléctrica.
- e. *Degradación ambiental*: Se entiende como el desequilibrio en los rasgos físicos, químicos y biológicos de la tierra, el agua y el aire. Cambios desfavorables del estado ecológico y ambiental producto de procesos naturales y/o actividades de los seres humanos. Reducción del potencial del entorno ambiental para alcanzar los objetivos o necesidades de una población.
- f. *Crecimiento Económico*: Es el aumento del ingreso o aumento de bienes y servicios finales producidos dentro de una economía (región, país, grupo económico, etc.), durante un determinado periodo el cual generalmente se da de un año a otro.
- g. *Huella de carbono*: Se entiende como la superficie necesaria de terreno forestal que se requiere para la absorción de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generadas por la <sup>quem</sup> de combustibles fósiles (como el petróleo o carbón),

cambios en los usos del suelo y procesos químicos, exceptuando lo que es absorbido por los océanos. Estas emisiones de CO<sub>2</sub> son el único componente en la huella ecológica que es un producto residual.

- h. *Huella ecológica*: Es un indicador de deterioro ambiental, el cual es generado por la demanda de recursos existentes en los ecosistemas del planeta por parte de los seres humanos, la cual se encuentra relacionada con el potencial ecológico de la Tierra para poder regenerar sus recursos consumidos.
- i. *Producto Bruto Interno*: Se entiende como el indicador que mide el valor de toda la producción de bienes y servicios finales dentro de una economía (región o país) para un determinado periodo de tiempo (generalmente un año).
- j. *Zonas de pesca*: Se calcula a partir de las áreas donde se realiza la extracción primaria de especies marinas y de río, que se estima para sostener las capturas de pescados y mariscos, esta se basa en los datos de captura de 1.439 especies marinas diferentes y más de 268 especies de agua dulce.

## CAPÍTULO IV

### HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 4.1 Hipótesis y/o supuestos básicos

##### 4.1.1 Hipótesis Generales

El crecimiento económico ha tenido un efecto directo sobre la degradación ambiental del Perú a un nivel regional durante el periodo 2003 – 2016.

##### 4.1.2 Hipótesis Específicas

- Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación lineal de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.
- Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cuadrática de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.
- Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la

especificación cúbica de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

## **4.2 Variables o unidades de análisis**

Como indicador del crecimiento económico, se utilizará el PBI per cápita a nivel regional, se debe tener en cuenta que el crecimiento económico se refleja como un aumento de bienestar en los habitantes que conforman una determinada economía (región o país), en ese sentido, indicadores como el Índice de Desarrollo Humano (IDH) o el Ingreso per cápita hubiesen aproximado en mayor medida el crecimiento económico, pero la información de los datos de estos indicadores no se encontraban disponibles para seguir los objetivos de la presente investigación. El PBI per cápita es un indicador que recoge información de cuanto ha sido el valor de la producción total de bienes y servicios finales (dividido entre toda la población) dentro de una economía y para un determinado periodo (por lo general un año), lo que permite compararlo entre periodos, lo cual reflejaría cuanto ha sido el incremento (o decremento si se diera el caso) del bienestar de la población.

Como indicador de la degradación ambiental, se utilizará la huella ecológica per cápita a nivel regional, debido a que este es un indicador que explica de qué manera la demanda de las economías impacta en el medio ambiente del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta, relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos. La huella ecológica es un indicador de sostenibilidad que

integra diferentes factores que degradan el medio ambiente, además que integra los impactos que la degradación del medio ambiente tiene en las comunidades. La huella ecológica se mide como el total de superficie productiva a nivel ecológico y el agua que es utilizada para producir los bienes de los cuales se alimenta la sociedad y para absorber los desechos que esta a su vez genera.

Los datos pertenecientes al Producto Bruto Interno per cápita regional se obtuvieron del sitio web oficial del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) recogidos de los compendios estadísticos publicados cada año, la información del PBI per cápita se encuentra medido en miles de soles con año base de 2007, para el periodo 2003 – 2016 y las 25 regiones del Perú.

Los datos pertenecientes a la huella ecológica per cápita regional se obtuvieron del sitio web oficial del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) el cual está a cargo del Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) los cuales se encuentran en las series estadísticas de la entidad, la información de la huella ecológica per cápita se encuentra medido en hectáreas globales por habitante, para el periodo 2003 – 2016 y 24 regiones del Perú (no se presenta la información desagregada para la región Callao).

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Crecimiento económico</b>	Producto Bruto Interno per cápita (lineal, cuadrático y cúbico)	Miles de soles por habitante (año base 2007)	Anual 2003 al 2016
<b>Degradación ambiental</b>	Huella ecológica per cápita regional	Hectáreas globales por habitante (hag)	Anual 2003 al 2016

**Tabla N° 3:** Variables e indicadores de la investigación

Elaboración Propia.

### 4.3 Matriz lógica de consistencia

<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
¿Cuál es la causalidad y el efecto entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú a un nivel regional durante el periodo 2003 – 2016?	Determinar la causalidad y el efecto entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú a un nivel regional durante el periodo 2003 – 2016.	El crecimiento económico ha tenido un efecto directo sobre la degradación ambiental del Perú a un nivel regional durante el periodo 2003 – 2016.	Crecimiento económico	Producto Bruto Interno per cápita	Miles de soles por habitante
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>			
¿Cuál es la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación lineal	Identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la	Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a	Degradación ambiental	Huella ecológica per cápita	Hectáreas globales por habitante (hag)

de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016?	especificación lineal de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.	un nivel regional, bajo la especificación lineal de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.
¿Cuál es la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cuadrática de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016?	Identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cuadrática de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.	Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cuadrática de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

--	--

<p>¿Cuál es la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cúbica de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016?</p>	<p>Identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cúbica de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.</p>	<p>Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cúbica de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.</p>			
---	--	---	--	--	--

Elaboración Propia.

## CAPÍTULO V

### MÉTODO

#### 5.1 Tipo y método de investigación

La presente investigación es del tipo aplicada o empírica, debido a que se emplean pruebas y estimaciones estadísticas o econométricas para contrastar las hipótesis plateadas, además de contar con una metodología y no de tratarse de una simple revisión de literatura científica. En ese sentido, la investigación se encuentra enmarcada en un estudio mixto con un enfoque cuantitativo al tratarse de una investigación causal (que pretende medir los efectos de las variables) y descriptiva (que pretende mostrar la situación en la que se encuentran las variables).

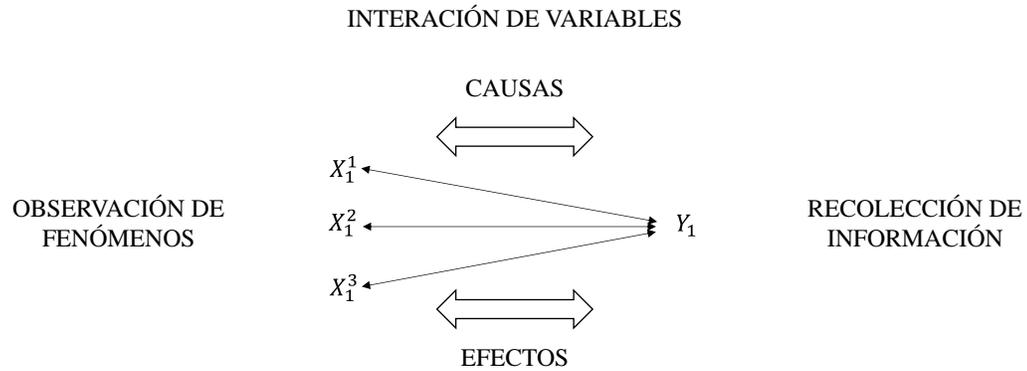
Al respecto, Hernández et al. (2014) señala que, la investigación descriptiva es aquella en la que se pretende definir el comportamiento de las variables, identificando sus principales características y propiedades de las mismas, motivo por el cual se presentan análisis de tendencias centrales de un grupo o población.

A su vez, Hernández et al. (2014) señala que, la investigación causal o explicativa es aquella en la que se tiene como fin el medir los efectos o influencia de un grupo de variables (variables independientes o exógenas) sobre otra variable de interés (variable dependiente o endógena); en ese sentido, se desea saber si las variaciones de las variables elegidas causan (o explican) las variaciones de la variable

dependiente. Se busca establecer relaciones causales o efectos entre variables, es por eso que en la presente investigación se tiene como objetivo general el determinar la causalidad y el efecto entre el crecimiento económico y la degradación ambiental del Perú a un nivel regional durante el periodo 2003 – 2016.

## **5.2 Diseño específico de investigación**

En la presente investigación se emplea un diseño no experimental longitudinal de panel de datos, el cual no manipula de ninguna forma las variables estudiadas, limitándose a la observación de su estado natural y la utilización para los fines de la investigación; al tratarse de un panel de datos el análisis se realiza de manera longitudinal, lo cual lleva a la evaluación de las variables a través del tiempo y para cada una de las entidades. Al respecto, Hernández et al. (2014) indica que en un diseño no experimental, las causas, efectos e interacción entre las variables ya se manifestaron en la realidad concreta o suceden durante el desarrollo de la investigación, por lo que el trabajo del investigador radica en recolectar los datos y realizar el respectivo análisis.



Dónde:

$X_1^1$ : PBI per cápita

$X_1^2$ : PBI per cápita al cuadrado

$X_1^3$ : PBI per cápita al cubo

$Y_1$ : Huella ecológica

### 5.3 Población, muestra o participantes

*Población:*

- Huella ecológica per cápita regional
- PBI per cápita regional.

La selección de la muestra, fue del tipo **no probabilístico** o dirigido, debido a que para obtener el número de unidades de análisis con las que se pretende trabajar, no se emplearon fórmulas de probabilidad, por el contrario, se usó criterios de la presente investigación en base a la revisión de la literatura y que van de acuerdo con los objetivos de la misma. Al respecto, Hernández et al. (2014) señala que, en las

muestras no probabilísticas la elección de los elementos muestrales no depende de la probabilidad sino de las características propias de la investigación o criterios del investigador.

El método de muestreo fue **censal**, debido a que, en la presente investigación se utilizará como muestra a toda la población, con la finalidad de poder analizar la máxima información disponible (24 regiones y 14 años), este método se utiliza cuando existe la necesidad de conocer los datos de todas las unidades de análisis de las cuales se disponen; las muestras se llevan a cabo por lo costoso que resulta obtener la información de toda la población de estudio, pero en vista de que la información de las variables a utilizar en la presente investigación es de dominio público y de fácil acceso (se pueden descargar de las sitios web oficiales de las entidades públicas), es conveniente utilizar todas las unidades de análisis. (Hernández et al., 2014)

*Muestra:*

Por lo detallado anteriormente la muestra corresponde a:

- Huella ecológica per cápita de 24 regiones del Perú, perteneciente al periodo 2003 – 2016.
- Producto Bruto Interno per cápita de 24 regiones del Perú, perteneciente al periodo 2003 – 2016.

Por lo tanto, el tamaño de muestra viene a ser:

$$N = 24 \text{ regiones}$$

$$T = 14 \text{ años}$$

$$n = TxN = 24x14 = \mathbf{296 \text{ observaciones}}$$

*Unidad de análisis:*

La unidad de análisis corresponde a cada una de las 24 regiones del Perú (sin considera la región Callao)

## 5.4 Instrumentos de recogida de datos

El instrumento de recolección de datos empleado en la presente investigación, es la obtención de información de **fuentes secundarias**, es decir datos que ya han sido recogidos por otro individuo o entidad los cuales ya se encuentran verificados y consistenciados. En ese sentido, como ya se señaló anteriormente, los datos correspondientes a la huella ecológica per cápita regional del Perú (24 regiones) para el periodo 2003 – 2016 serán obtenidos del sitio web oficial del Ministerio del Ambiente (MINAM) de la sección de estadísticas; por su parte, los datos correspondientes al PBI per cápita regional del Perú (24 regiones) para el periodo 2003 – 2016 serán obtenidos del sitio web oficial del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) de los compendios digitales los cuales se encuentran publicados de manera anual.

## 5.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En la presente investigación se ha propuesto realizar un análisis para un panel de datos, lo cual implica el empleo de datos de corte transversal y series de tiempo permitiendo observar las características y propiedades de las variables a través de un tiempo determinado (2003 – 2016) y para todas las entidades (24 regiones del Perú); teniendo en cuenta que el panel de datos presenta información para 14 años, al momento de estimar el modelo se debe tener en cuenta algunos puntos que se presentan al momento de trabajar con series de tiempo, tales como la presencia de raíz unitaria y la cointegración. El primero hace que las variables no sean estacionarias, lo que al momento de estimar el modelo sin dar solución al problema trae consigo resultados espurios; mientras que el segundo, si las series son no estacionarias y no se encuentren cointegradas los resultados no serían confiables.

Por lo señalado anteriormente y de la revisión de los antecedentes de la investigación, se analizan tres posibles modelos que se podrían emplear para la obtención de los resultados teniendo en cuenta que los datos son un panel balanceado (se cuenta con información completa de todos los años para todas las regiones antes mencionadas); estos vendrían a ser el modelo de Panel Dinámico (Arellano – Bond), el modelo Vectorial de Corrección de Errores para panel data (MVEC) y el modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL). A continuación, se presenta la comparación de los modelos antes mencionados.

**Tabla N° 4:** *Ventajas y desventajas de los modelos para datos panel*

<b>Modelos para datos panel</b>		
<b>Panel Dinámico (Arellano – Bond)</b>	<b>MVEC</b>	<b>ARDL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es posible identificar los efectos de corto y largo plazo entre las variables.</li> <li>• Es posible identificar la dinámica de ajuste.</li> <li>• Tiene en cuenta los problemas de correlación serial.</li> <li>• No tiene en cuenta los puntos de trabajar con series de tiempo.</li> <li>• No tiene en cuenta que los resultados obtenidos, sean producto de una regresión espuria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma en cuenta los puntos de trabajar con series de tiempo.</li> <li>• Analiza la estacionariedad de las series. Por lo que considera el problema de la regresión espuria.</li> <li>• En caso las variables no sean estacionarias evalúa si están cointegradas.</li> <li>• Analiza la dirección de causalidad entre las series.</li> <li>• Identifica los efectos a corto y largo plazo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma en cuenta los puntos de trabajar con series de tiempo.</li> <li>• Analiza la estacionariedad de las series. Por lo que considera el problema de la regresión espuria.</li> <li>• Es posible estimar sin importar el grado de integración de las series, siempre y cuando no sean de orden 2 a más.</li> <li>• Analiza la dirección de causalidad entre las series.</li> <li>• Identifica los efectos a corto y largo plazo.</li> </ul>

Elaboración Propia.

Como se señaló, existen muchos estudios que analizan empíricamente la forma funcional de la CKA, algunos se basan en la especificación de un modelo lineal general con datos de corte transversal o datos de panel, otros emplean metodologías de series de tiempo como la propuesta por Engle y Granger (1987) y Johansen (1995) donde se estima un MVEC para determinar las relaciones a corto y largo plazo, y otros los modelos ARDL. Como se observa del cuadro anterior, entre estos dos últimos métodos, la metodología ARDL presenta una serie de ventajas que pueden aprovecharse en relación al MVEC, principalmente la del orden de integración (Pesaran y Shin, 1999; Pesaran et al. 2001).

Para la especificación de un MVEC requiere necesariamente que las variables de análisis sean no estacionarias y presenten el mismo orden de integración<sup>3</sup>, mientras que la metodología ARDL relaja la restricción que todas las variables deben tener el mismo orden de integración, es decir, las variables pueden ser estacionarias, integradas de primer orden o una combinación de ambas, sin embargo, no pueden ser integradas de segundo orden o superior (Pesaran y Pesaran, 1997). Otra ventaja que presenta la metodología ARDL es que estima resultados más robustos para determinar relaciones a largo plazo cuando se trabaja con muestras pequeñas, en comparación con el MVEC que requiere un mayor tamaño de muestra para tener resultados más significativos (Pesaran y Shin, 1999; Panapoulou y Pittis, 2004).

---

<sup>3</sup> Se dice que la variable es integrada de orden  $d$  y se denota como  $I(d)$ , cuando una variable se hace estacionaria después de diferenciarla  $d$  veces.

Para determinar el orden de integración de las variables analizadas en un contexto de panel de datos se emplean las pruebas de raíz unitaria las cuales nos permiten conocer la estacionariedad de una serie. Las pruebas recientes de raíz unitaria que se emplearán para evaluar la estacionariedad en un contexto de panel de datos son las propuestas por Levin et al. (2002), Im et al. (2003), Breitung (2000), Maddala & Wu (1999), Choi (2001) y Hadri (2000).

Posteriormente, con el fin de evitar problemas de causalidad espuria, cuando las variables son no estacionarias, antes de llevar a cabo la prueba de causalidad, el camino a seguir es realizar pruebas de cointegración.

Las pruebas de cointegración se basan en la técnica propuesta por Engle & Granger (1987) la cual nos ayuda a detectar una relación de causalidad a largo plazo entre las variables. Esta se realiza por medio de una estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios de las ecuaciones (5) y (6).

$$Y_{it} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i}X_{it} + \varepsilon_{1,it} \quad (5)$$

$$X_{it} = \beta_{0,i} + \beta_{1,i}Y_{it} + \varepsilon_{2,it} \quad (6)$$

Posteriormente, a partir de los residuos estimados, se prueba si estos son o no estacionarios. Si los residuos de la estimación de la ecuación (5) resultan estacionarios entonces se puede concluir que la variable  $X$  es la relación a largo plazo de la variable  $Y$ , por el contrario, si los residuos de la estimación de la ecuación (6) son estacionarios, entonces se dice que  $Y$  es la relación a largo plazo de

X. Al respecto, para poder detectar la estacionariedad de los residuos se suele emplear la prueba de cointegración de panel de Kao (1999) y de Pedroni (1999), así como la de Johansen Fisher (Maddala & Wu, 1999).

Por su parte, Kao (1999) presenta dos tipos de pruebas de cointegración similares al enfoque estándar uniecuacional, la de tipo ADF y DF. De forma similar, Pedroni (1999) propone un método empleando un enfoque uniecuacional al igual que Kao (1999) para contrastar la hipótesis nula de no cointegración en paneles dinámicos con múltiples regresores el cual funciona como una extensión de la metodología propuesta por Engle & Granger (1987). El método propuesto por Pedroni (1999) utiliza siete estadísticos para el análisis de cointegración, cuatro de ellos derivan de una estimación “Within” o dimensión intragrupos, los otros tres estadísticos restantes se basan en la dimensión entre grupos, “Between”.

Una vez identificada la presencia de cointegración entre las series y antes de realizar la estimación del modelo ARDL se probará el sentido de causalidad entre huella ecológica per cápita y el PIB per cápita, para ello se realizará la prueba de causalidad de Granger, propuesta por Dumitrescu – Hurlin (2012) para paneles heterogéneos.

La prueba de Granger en un contexto de panel de datos para un rezago, es evaluada mediante la regresión bivariada:

$$Y_{it} = \alpha_{1i} + \sum_{k=1}^m \beta_{1ik} Y_{i,t-k} + \sum_{k=0}^m \gamma_{1ik} X_{i,t-k} + \epsilon_{1it} \quad (7)$$

$$X_{it} = \alpha_{2i} + \sum_{k=1}^m \beta_{2ik} X_{i,t-k} + \sum_{k=0}^m \gamma_{2ik} Y_{i,t-k} + \epsilon_{2it} \quad (8)$$

Al respecto, la propuesta por Dumitrescu – Hurlin (2012) es permitir que los coeficientes sean diferentes entre secciones cruzadas:

$$\alpha_{1,i} \neq \alpha_{1,j}, \alpha_{2,i} \neq \alpha_{2,j}, \beta_{1,i} \neq \beta_{1,j}, \beta_{2,i} \neq \beta_{2,j} \quad \forall_{i,j} \quad (9)$$

$$\gamma_{1,i} \neq \gamma_{1,j}, \gamma_{2,i} \neq \gamma_{2,j} \quad \forall_{i,j} \quad (10)$$

Finalmente, una vez verificada la cointegración entre las series y la causalidad entre las mismas se procede a estimar el modelo ARDL. El modelo ARDL corresponde a estimar regresiones estándar que incluyen retrasos de la variable dependiente y variables independientes como regresores. Si se asume que ambos tienen el mismo número de rezagos en cada sección cruzada y contemplan tendencia ni intercepto, esta puede ser representada como:

$$\Delta Y_{it} = \alpha_{1i} + \sum_{k=1}^{p-1} \beta_{1ik} \Delta Y_{i,t-k} + \sum_{k=0}^{q-1} \gamma_{1ik} \Delta X_{i,t-k} + \theta_{1i} ECM_{it-1} + \mu_{1it} \quad (11)$$

$$ECM_{it} = Y_{i,t-1} - X_{i,t-k} \quad (12)$$

Al respecto para la elección de la mejor especificación del modelo es conveniente seguir alguno de los criterios de información usualmente empleados: Criterio de información de Akaike (AIC), criterio de información de Schwarz (SIC), o el criterio de información de Hannan-Quinn (HQIC). En particular para la estimación

de la CKA se analiza la relación entre la huella ecológica per cápita y el PIB per cápita regional utilizando el SIC para la elección del modelo, para los tres tipos de especificaciones de la ecuación de largo plazo: lineal, cuadrática y cúbica.

## **5.6 Procedimiento de ejecución del estudio**

La presente investigación se elaborará en una estructura compuesta por capítulos, la cual se detalla a continuación:

En el capítulo I, se muestra la problemática actual relacionada a las variables de la investigación para luego plantear la pregunta general y las preguntas específicas, de las cuales se desprenden el objetivo general y los objetivos específicos los cuales son la base de toda la investigación debido a que es lo que se quiere lograr con el trabajo; a su vez se describe la importancia por la cual se desarrolla la investigación señalando el alcance y limitaciones de la misma.

En el capítulo II, se muestra los antecedentes de la investigación que se refiere a la revisión de otras investigaciones que han abordado la misma problemática con la finalidad de poder identificar indicadores que han sido utilizados como proxies de las variables de la presente investigación; asimismo se desarrollan las bases teóricas que apoyan la investigación, y finalmente se definen los términos básicos que faciliten la comprensión del presente estudio.

En el capítulo III, se formulan la hipótesis general y las hipótesis específicas las cuales serán contrastadas posteriormente, luego se presentan las variables con los

respectivos indicadores y unidades en las que se encuentran medidos los cuales han sido elegidos producto de la revisión y búsqueda de información relacionada a la investigación, en la parte final de este capítulo se presenta la matriz de consistencia que abarca los problemas, objetivos, hipótesis y variables de la presente investigación.

En el capítulo IV, se detalla la metodología que va seguir la investigación la cual está compuesta por el tipo, diseño, población y muestra de la investigación; así como el instrumento de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos (donde se describe el modelo econométrico a estimar) y finalmente la presente sección donde se resume toda la estructura de la investigación.

En el capítulo V, está compuesto por (i) el cronograma de actividades donde se muestra los tiempos en los que se realizará partes de la investigación, (ii) el presupuesto para desarrollar la investigación y (iii) las referencias iniciales de todos los textos revisados para lo cual se emplean las normas APA sexta edición.

En el capítulo VI, con los datos procesados se presentarán los resultados obtenidos tanto descriptivos como inferenciales, para lo cual se hará uso de gráficos y cuadros estadísticos para finalmente presentar el modelo econométrico estimado.

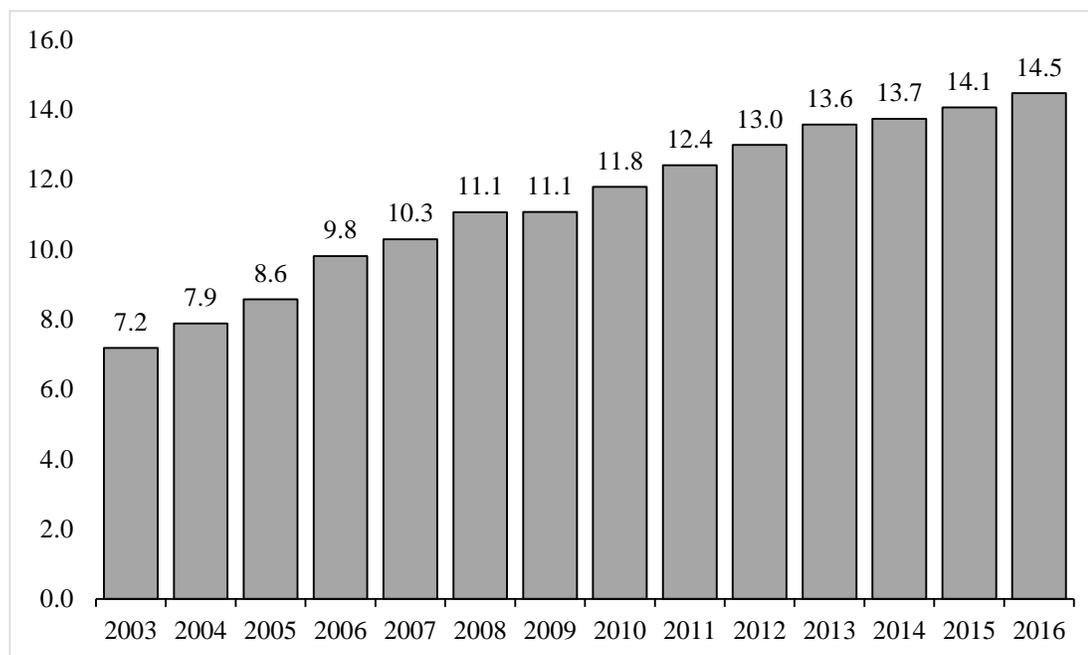
En el capítulo VII, se mostrarán las conclusiones y recomendaciones producto de la investigación.

## CAPÍTULO VI

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 6.1 Datos Cuantitativos

**Gráfico N° 2:** *Evolución del PBI per cápita real del Perú, 2003 – 2016*  
(en miles de soles)



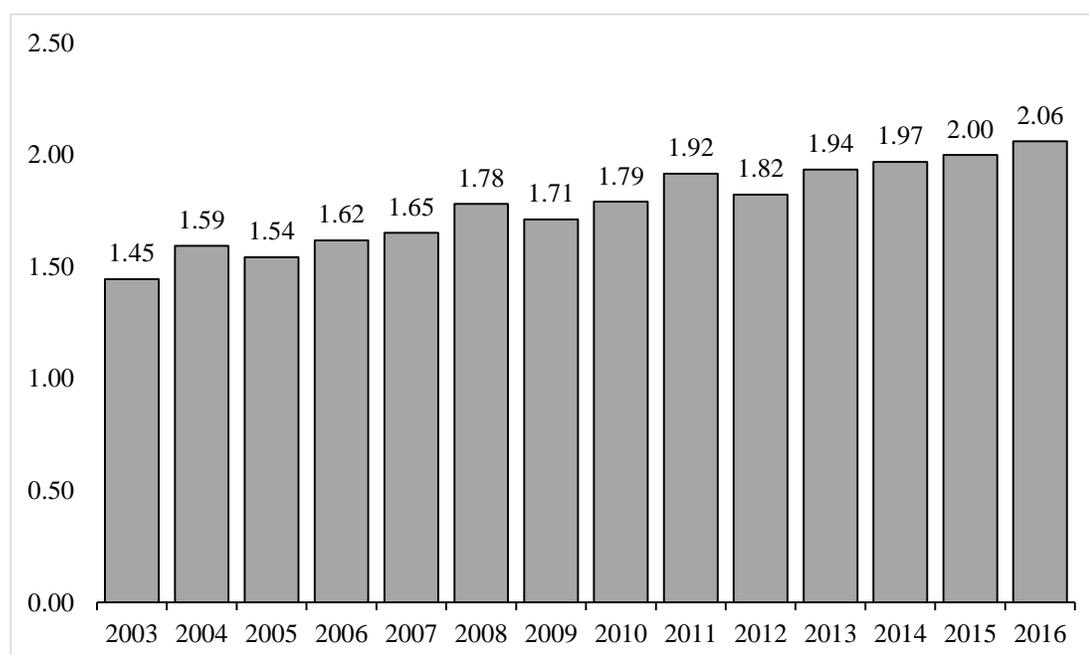
Fuente: INEI

Elaboración propia

Del gráfico anterior se observa que, entre 2003 y 2016 el Producto Bruto Interno per cápita de los peruanos se ha incrementado en 101.37% al pasar de 7,2 miles de soles anuales en 2003 a 14,5 miles de soles anuales en 2016. Asimismo, al analizar las

variaciones intermedias del Producto Bruto Interno per cápita, se observa una tasa de crecimiento promedio de 5.53% anual.

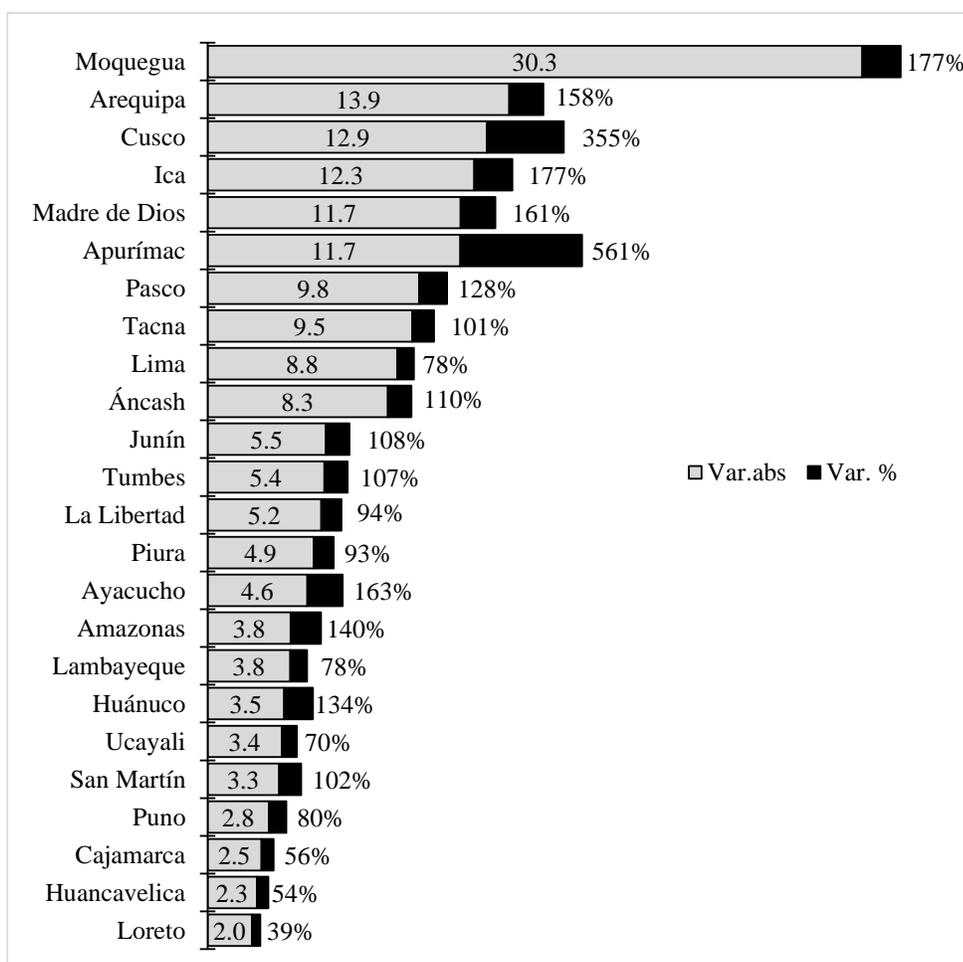
**Gráfico N° 3:** *Evolución de la Huella ecológica per cápita del Perú, 2003 – 2016*  
(en hectáreas globales)



Fuente: INEI  
Elaboración propia

Del gráfico anterior se observa que, entre 2003 y 2016 la degradación ambiental en el Perú, medida a través de la huella ecológica per cápita se ha incrementado en 42.58% al pasar de 1.45 hectáreas globales por habitante en 2003 a 2.06 hectáreas globales por habitante en 2016. Asimismo, al analizar las variaciones intermedias la huella ecológica per cápita, se observa una tasa de crecimiento promedio de 2.77% anual.

**Gráfico N° 4:** Evolución del PBI per cápita real del Perú, según regiones, 2003 – 2016 (en miles de soles)

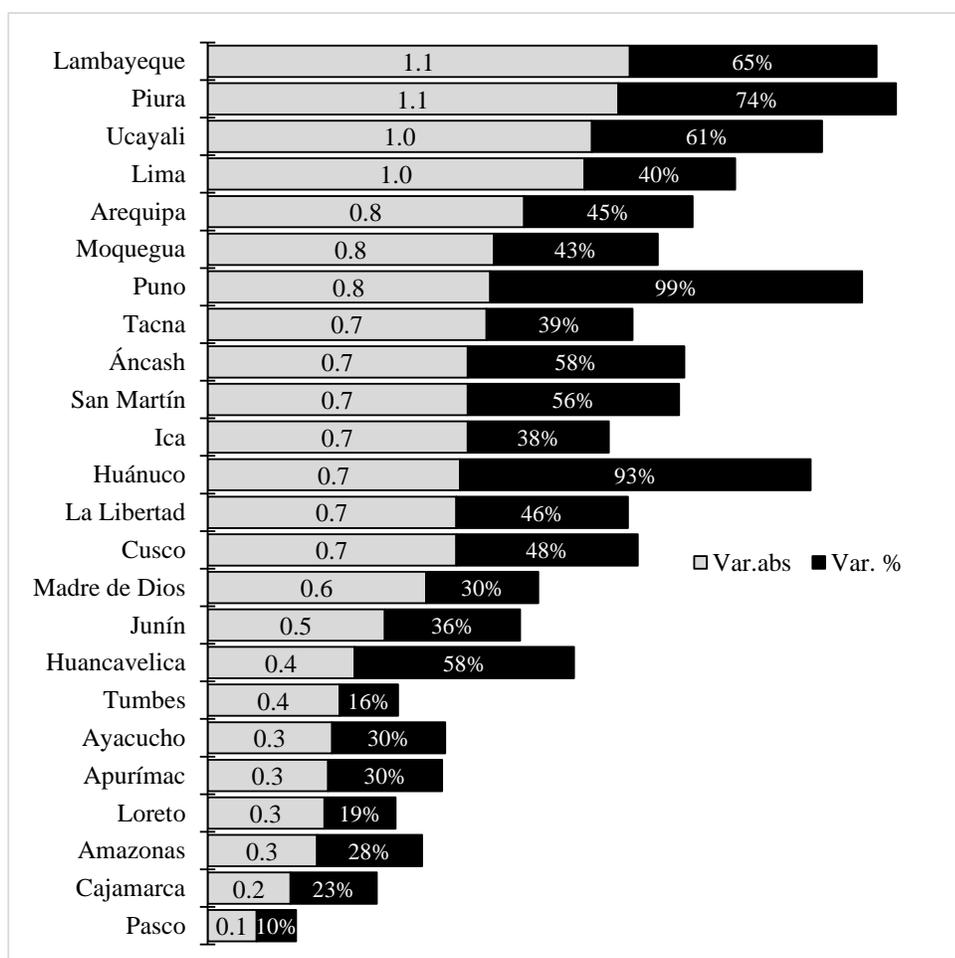


Fuente: INEI  
Elaboración propia

Del gráfico anterior se observa que, entre 2003 y 2016, las regiones con mayor incremento del PBI per cápita fueron Moquegua, Arequipa y Cuzco con un aumento de 30.3, 13.9 y 12.9 miles de soles anuales por habitante respectivamente. Mientras que las regiones con menor incremento del PBI per cápita fueron Cajamarca

Huancavelica y Loreto con un aumento de 2.5, 2.3 y 2.0 miles de soles anuales por habitante respectivamente.

**Gráfico N° 5:** *Evolución de la Huella ecológica per cápita del Perú, según regiones, 2003 – 2016 (en hectáreas globales)*



Fuente: INEI  
Elaboración propia

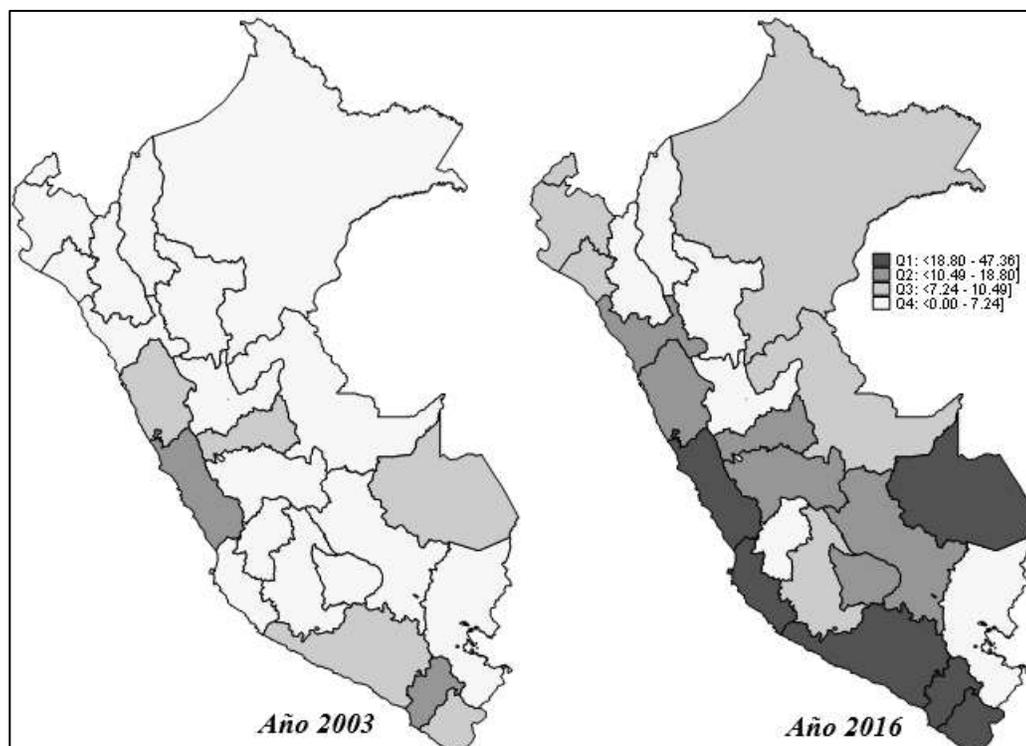
Del gráfico anterior se observa que, entre 2003 y 2016, las regiones con mayor incremento de huella ecológica per cápita fueron Lambayeque, Piura y Ucayali con un aumento de 1.1, 1.1 y 1.0 hectáreas globales por habitante respectivamente. Mientras que las regiones con menor incremento de huella ecológica per cápita

fueron Amazonas, Cajamarca y Pasco con un aumento de 0.3, 0.2 y 0.1 hectáreas globales por habitante respectivamente.

**Tabla N° 5:** *Estadísticos descriptivos de las variables de investigación*

Estadísticos	Huella ecológica (hectáras globales)	PBI per cápita (miles de soles por habitante)	PBI per cápita 2 (miles de soles por habitante)	PBI per cápita 3 (miles de soles por habitante)
Promedio	1.8	10.6	181.4	4,978.8
Mediana	1.7	7.8	60.9	475.8
Máximo	3.5	51.7	2,671.6	138,086.6
Mínimo	0.5	2.1	4.3	9.0
Desviación estándar	0.6	8.3	393.1	18,782.5
Observaciones	336	336	336	336

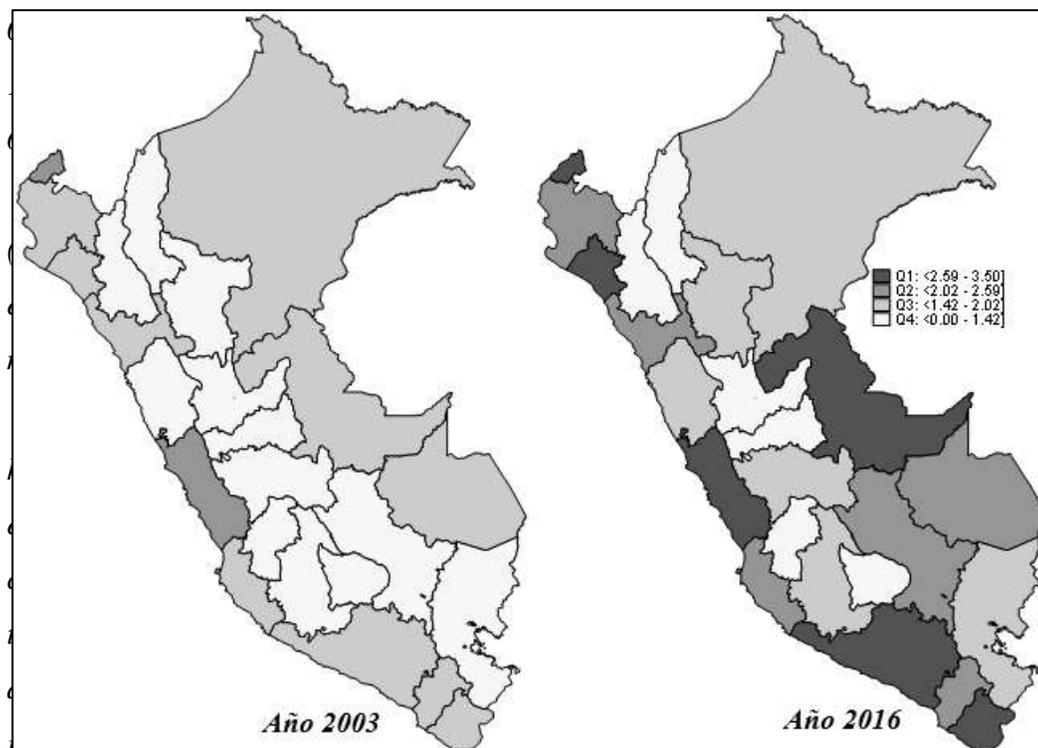
*Perú PBI per cápita real por región, 2003 y 2016 (en miles de soles)*



Fuente: INEI  
Elaboración propia

Del gráfico anterior se observa que, en 2003 regiones como Lima y Moquegua se ubicaron en el segundo cuartil (Q2) siendo las regiones con mayor PBI per cápita del Perú; Áncash, Pasco, Madre de Dios, Arequipa y Tacna se ubicaron en el tercer cuartil (Q3); y Tumbes, Piura, Lambayeque, Amazonas, Ucayali, Ica y el resto de regiones se ubicaron en el cuarto cuartil (Q4) como las regiones con menor PBI per cápita. Por su parte, en 2016 la mayoría de las regiones mostraron una mejor situación en relación al PBI per cápita, tal es el caso de Lima, Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna y Madre de Dios que pasaron a pertenecer al primer cuartil; Áncash, La libertad, Pasco, Junín, Apurímac y Cuzco que pasaron a pertenecer al segundo cuartil; Tumbes, Piura, Lambayeque, Loreto, Ucayali y Ayacucho que pasaron a pertenecer al segundo cuartil.

**Gráfico N° 7:** Perú Huella ecológica per cápita por región, 2003 y 2016



*eas globales)*

Fuente: MINAM  
Elaboración propia

Del gráfico anterior se observa que, en 2003 regiones como Tumbes y Lima se ubicaron en el segundo cuartil (Q2) siendo las regiones con mayor degradación ambiental con niveles altos de huella ecológica per cápita del Perú; Piura, Lambayeque, La Libertad, Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna se ubicaron en el tercer cuartil (Q3); y Cajamarca, Amazonas, San Martín, Áncash, Huánuco y el resto de regiones se ubicaron en el cuarto cuartil (Q4) como las regiones con menor huella ecológica per cápita. Por su parte, en 2016 la mayoría de las regiones mostraron un incremento en la degradación ambiental en

relación a la huella ecológica per cápita, tal es el caso de Tumbes, Lambayeque, Lima, Ucayali, Arequipa y Tacna que pasaron a pertenecer al primer cuartil como las regiones con mayor nivel de huella ecológica per cápita; Piura, La Libertad, Ica, Moquegua, Cuzco y Madre de Dios que pasaron a pertenecer al segundo cuartil; San Martín, Áncash, Junín, Ayacucho y Puno que pasaron a pertenecer al segundo cuartil.

## **6.2 Análisis de resultados**

En esta parte de la investigación, con la finalidad de contrastar las hipótesis formuladas, se estimó el modelo más adecuado siguiendo con la metodología propuesta de la sección 4.5 de la presente tesis, para lo cual se comenzó con el análisis de la estacionariedad de las variables, seguido del análisis de cointegración, para luego evaluar el sentido de la causalidad y finalmente estimar el modelo ARDL.

**Tabla N° 6:** Pruebas de raíz unitaria para panel de datos

Variables	Diferencias	Niveles			Primera diferencia		
	Especificación	Con intercepto y tendencia	Solo con intercepto	Sin intercepto ni tendencia	Con intercepto y tendencia	Solo con intercepto	Sin intercepto ni tendencia
HE_PC	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)</u>						
	Levin, Lin & Chu t	-3.770***	-0.173	6.074	<b>-7.400***</b>	-9.349***	-12.564***
	Breitung t-stat	-1.344*	-	-	<b>-4.825***</b>	-	-
	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)</u>						
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-2.215**	-2.560	-	<b>-5.748***</b>	-9.207***	-
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	76.943**	25.938	5.341	<b>118.933***</b>	171.493***	205.725***
PP - Fisher Chi-cuadrado	165.398***	66.279**	2.263	<b>351.124***</b>	381.527***	374.392***	
PBI_PC	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)</u>						
	Levin, Lin & Chu t	1.109	-6.180***	7.475	-1.165	0.092	<b>-5.788***</b>
	Breitung t-stat	-0.195	-	-	0.362	-	-
	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)</u>						
	Im, Pesaran and Shin W-stat	3.491	-0.782	-	-1.163	-1.526*	-
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	23.112	57.075	4.938	58.629	59.075	<b>81.033***</b>
PP - Fisher Chi-cuadrado	44.641	120.676**	1.857	188.641***	165.004***	<b>147.250***</b>	

	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)</u>						
PBI_PC2	Levin, Lin & Chu t	1.394	-2.316**	6.517	0.091	-0.28	<b>-5.296***</b>
	Breitung t-stat	-0.135	-	-	1.445	-	-
	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)</u>						
	Im, Pesaran and Shin W-stat	2.741	2.08	-	-0.557	-2.098**	-
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	25.133	36.712	6.183	52.985	67.220**	<b>76.657***</b>
	PP - Fisher Chi-cuadrado	31.833	59.075	3.246	161.592***	167.094***	<b>146.699</b>
	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)</u>						
PBI_PC3	Levin, Lin & Chu t	1.009	0.368	5.808	-0.4870	-0.628	<b>-5.077***</b>
	Breitung t-stat	0.866	-	-	2.122	-	-
	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)</u>						
	Im, Pesaran and Shin W-stat	2.443	4.068	-	-0.174	-1.991**	-
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	29.158	28.134	7.380	51.032	66.417**	<b>77.254***</b>
	PP - Fisher Chi-cuadrado	27.613	30.177	4.438	149.830***	153.431***	<b>150.520***</b>

\*\*\* p value < 0.01, \*\* p value < 0.05 y \* p value < 0.10

PBI\_PC = PBI per cápita, PBI\_PC2 = PBI per cápita al cuadrado, PBI\_PC3 = PBI per cápita al cubo, HE\_PC = Huella ecológica per cápita.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como referencia el Algoritmo de Enders (2004), el cual indica que para determinar la presencia de raíz unitaria en las series, se debe empezar por la evaluación en niveles con la especificación de “intercepto y tendencia”, seguido de “solo con intercepto” y finalmente “sin intercepto ni tendencia”, si se rechazara la presencia de raíz unitaria de acuerdo al orden de esas especificaciones se detiene la evaluación y se puede inferir que la serie no presenta raíz unitaria, por lo tanto, es estacionaria, caso contrario se procede a evaluar en primera diferencia en el mismo orden de las especificaciones antes señaladas, repitiendo el mecanismo para diferencias de orden mayor.

Por lo señalado anteriormente, se observa de la tabla anterior que la variable huella ecológica per cápita para la especificación “con intercepto y tendencia” en primera diferencia todos los estadísticos indican a un nivel de significancia del 1% que la variable no presenta raíz unitaria, en ese sentido, la variable huella ecológica per cápita es integrada de orden 1 es decir es estacionaria con intercepto y tendencia en primera diferencia.

Por otro lado, se observa que las variables PBI per cápita, PBI per cápita al cuadrado y PBI per cápita al cubo, para la especificación “sin intercepto ni tendencia” en primera diferencia todos los estadísticos indican a un nivel de significancia del 1% que las variables antes señaladas no presentan raíz unitaria, en ese sentido, el PBI per cápita, PBI per cápita al cuadrado y PBI per cápita al cubo son variables integradas de orden 1 es decir son estacionarias en primera diferencia.

**Tabla N° 7: Pruebas de cointegración para panel de datos**

Especificación	Lineal		Cuadrática			Cúbica				
	HE_PC	PBI_PC	HE_PC	PBI_PC	PBI_PC2	HE_PC	PBI_PC	PBI_PC2	PBI_PC3	
<b>Prueba de Cointegración</b>										
Estadísticos	<i>Within</i>	<i>Between</i>	<i>Within</i>	<i>Between</i>		<i>Within</i>	<i>Between</i>			
v - Statistic	-2.371***	-	0.891	-		0.234	-			
Pedroni rho - Statistic	1.325*	1.577	-1.31*	4.242		-0.711	1.086			
PP - Statistic	-3.652***	-4.135***	-4.050***	-3.895***		-5.340***	-11.218***			
ADF - Statistic	-5.241***	-6.820***	-3.059***	-3.604***		-2.378***	-5.803***			
Kao ADF t - Statistic	-	-	-	-		-	-			
Johansen Fisher	Estadístico de Fisher	<i>Ninguna</i>	<i>Al menos una</i>	<i>Ninguna</i>	<i>Al menos una</i>	<i>Al menos dos</i>	<i>Ninguna</i>	<i>Al menos una</i>	<i>Al menos dos</i>	<i>Al menos tres</i>
	Prueba de la Traza	163.6***	75.98***	335.0***	171.2***	71.20**	794.0***	432.3***	170.1***	72.27**
	Prueba del máx. eigen-valor	145.7***	75.98***	233.7***	157.4***	71.20**	677.4***	345.4***	150.1***	72.27**

\*\*\* p value < 0.01, \*\* p value < 0.05 y \* p value < 0.10

PBI\_PC = PBI per cápita, PBI\_PC2 = PBI per cápita al cuadrado, PBI\_PC3 = PBI per cápita al cubo, HE\_PC = Huella ecológica per cápita.

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con la metodología, a continuación, se procede a evaluar la cointegración de las variables, es preciso señalar que la evaluación de la cointegración de las variables se realizará bajo la especificación “sin intercepto ni tendencia” debido a que las variables del PBI per cápita, PBI per cápita al cuadrado y PBI per cápita al cubo son integradas de orden 1 bajo esta especificación.

Sin embargo, del resultado de la evaluación de estacionariedad, la variable huella ecológica es estacionaria en primera diferencia con intercepto y tendencia, pero también lo es para las otras especificaciones como se observa en la tabla N° 7 por lo que se puede tratar a la variable huella ecológica per cápita como una variable integrada de orden 1 bajo la especificación “sin intercepto ni tendencia”.

De la tabla N° 8 se observa que, para las pruebas de cointegración de Pedroni (la cual se basa en la prueba de Engle y Granger del análisis de los residuos), para la especificación lineal con un nivel de significancia del 1%, se rechaza la hipótesis nula de ausencia de cointegración para 5 de los 7 estadísticos propuestos por Pedroni; Por su parte para las especificaciones cuadrática y cúbica con un nivel de significancia del 1%, se rechaza la hipótesis nula de ausencia de cointegración para 4 de los 7 estadísticos propuestos por Pedroni.

Respecto al estadístico ADF de Kao, no se muestran resultados debido a que la prueba no acepta la especificación sin tendencia ni intercepto, la cual se ha determinado para la evaluación de la cointegración de las variables, como se indicó anteriormente.

En relación a la prueba combinada de Johansen y Fisher (utilizada por Maddala y Wu, 1999) la cual es una prueba para el panel completo, para la especificación lineal se rechaza la hipótesis nula con un nivel de significancia del 1% (tanto para la traza y el máximo autovalor) de ninguna relación de cointegración; asimismo, con el 1% de significancia se rechaza la hipótesis nula (tanto para la traza y el máximo

autovalor) de al menos una relación cointegración lo cual implicaría que existe más de una relación de cointegración para la especificación lineal entre la huella ecológica per cápita y el PBI per cápita.

Por su parte, para la especificación cuadrática, con un nivel de significancia del 1%, se rechaza la hipótesis nula (tanto para la traza y el máximo autovalor) de ninguna relación de cointegración y de al menos una relación cointegración; asimismo, con un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula (tanto para la traza y el máximo autovalor) de al menos dos relaciones de cointegración, lo cual implicaría que existe más de dos relaciones de cointegración para la especificación cuadrática entre la huella ecológica per cápita y el PBI per cápita.

Para la especificación cúbica, con un nivel de significancia del 1%, se rechaza la hipótesis nula (tanto para la traza y el máximo autovalor) de ninguna relación de cointegración, de al menos una relación cointegración y de al menos dos relaciones de cointegración; asimismo, con un nivel de significancia del 5% se rechaza la hipótesis nula (tanto para la traza y el máximo autovalor) de al menos tres relaciones de cointegración, lo cual implicaría que existe más de tres relaciones de cointegración para la especificación cúbica entre la huella ecológica per cápita y el PBI per cápita.

Por lo mencionado respecto a las pruebas de cointegración de Pedroni y Johansen Fisher, se puede indicar que existe una relación de largo plazo entre las variables degradación ambiental (medida a través de la huella ecológica per cápita) y el

crecimiento económico (medido a través del PBI per cápita) tanto para la especificación lineal, cuadrática y cúbica.

**Tabla N° 8:** Prueba de causalidad de Dumitrescu Hurlin para panel de datos

<b>Null Hypothesis:</b>	<b>W-Stat.</b>	<b>Zbar-Stat.</b>
PBI_PC no causa homogéneamente HE_PC	9.6587***	7.8560***
HE_PC no causa homogéneamente PBI_PC	3.0635	0.3019
PBI_PC2 no causa homogéneamente HE_PC	10.4874***	8.8052***
HE_PC no causa homogéneamente PBI_PC2	3.2337	0.4968
PBI_PC3 no causa homogéneamente HE_PC	7.1937***	5.0325***
HE_PC no causa homogéneamente PBI_PC3	3.1920	0.4490

\*\*\* p value < 0.01, \*\* p value < 0.05 y \* p value < 0.10

PBI\_PC = PBI per cápita, PBI\_PC2 = PBI per cápita al cuadrado, PBI\_PC3 = PBI per cápita al cubo, HE\_PC = Huella ecológica per cápita.

Fuente: Elaboración propia

Continuando con la metodología, se evaluó la causalidad entre las variables, como se observa en la tabla N° 9, se rechaza la hipótesis nula que el PIB per cápita no causa homogéneamente a la huella ecológica per cápita al 1% de significancia. De la misma manera la hipótesis nula de que el PIB per cápita al cuadrado no causa homogéneamente a la huella ecológica per cápita, así como la hipótesis nula de que el PIB per cápita al cubo no causa homogéneamente a huella ecológica per cápita, son rechazadas al 1% de significancia.

Por el contrario, a los niveles usuales de significancia (1%, 5% y 10%) no es posible rechazar las hipótesis nulas de que la huella ecológica per cápita no causa de forma homogénea al PIB per cápita, que la huella ecológica per cápita no causa de forma

homogénea PIB per cápita a cuadrado y que la huella ecológica per cápita no causa de forma homogénea PIB per cápita al cubo.

Por lo señalado, se puede inferir que existe una relación unidireccional del PIB per cápita hacia la huella ecológica per cápita, del PIB per cápita al cuadrado hacia la huella ecológica per cápita, así como del PIB per cápita al cubo hacia la huella ecológica per cápita.

Una vez identificada la causalidad y dirección de las variables, se estimó los modelos ARDL para las especificaciones lineal, cuadrática y cúbica. Para la determinación de los rezagos se empleó el criterio de información de Akaike y que el coeficiente de cointegración en la ecuación de corto plazo sea estadísticamente significativo (ver Apéndices N° 1, Apéndice N° 2 y Apéndice N° 3).

Teniendo en cuenta que los modelos se estimaron sin intercepto ni tendencia, producto del análisis de las pruebas de estacionariedad y cointegración, los mejores modelos resultaron ser ARDL (1, 1) para la especificación lineal, ARDL (3, 3, 3) para la especificación cuadrática y ARDL (2, 2, 2, 2) para la especificación cúbica.

**Tabla N° 9:** *Modelo ARDL para panel de datos para la especificación lineal*

Variable	Coefficiente	Error estándar	Z - Statistic	Prob.
Ecuación de largo plazo				
PBI_PC	0.1528***	0.0047	32.4303	0.0000
Ecuación de corto plazo				
COINTEQ01	-0.0627**	0.0307	-2.0407	0.0422
D(PBI_PC)	0.0689**	0.0310	2.2234	0.0270

\*\*\* p value < 0.01, \*\* p value < 0.05 y \* p value < 0.10

PBI\_PC = PBI per cápita, HE\_PC = Huella ecológica per cápita.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se observa que el coeficiente que relaciona la ecuación de cointegración (COINTEQ01) en la ecuación de corto plazo en el modelo para la especificación lineal resulta negativo y estadísticamente significativo al nivel de 5%, lo cual evidencia el proceso de convergencia hacia el largo plazo.

Por otro lado, al analizar la ecuación de largo plazo se observa que el signo del coeficiente que acompaña al PBI per cápita es el esperado y es estadísticamente significativo al nivel de 1%.

**Tabla N° 10:** Modelo ARDL para panel de datos para la especificación cuadrática

Variable	Coefficiente	Error estándar	Z - Statistic	Prob.
Ecuación de largo plazo				
PBI_PC	0.2697***	0.0022	125.1630	0.0000
PBI_PC2	-0.0071***	0.0001	-47.5115	0.0000
Ecuación de corto plazo				
COINTEQ01	-0.5192***	0.1432	-3.6266	0.0004
D(HE_PC(-1))	-0.3129**	0.1341	-2.3337	0.0213
D(HE_PC(-2))	-0.4142***	0.1554	-2.6652	0.0088
D(PBI_PC)	-0.1298	0.3228	-0.4020	0.6884
D(PBI_PC(-1))	-2.0461	2.4313	-0.8416	0.4017
D(PBI_PC(-2))	0.6258	1.0233	0.6116	0.5420
D(PBI_PC2)	0.0088	0.0293	0.2983	0.7660
D(PBI_PC2(-1))	0.1409	0.1636	0.8612	0.3909
D(PBI_PC2(-2))	-0.0225	0.0652	-0.3453	0.7305

\*\*\* p value < 0.01, \*\* p value < 0.05 y \* p value < 0.10

PBI\_PC = PBI per cápita, PBI\_PC2 = PBI per cápita al cuadrado, HE\_PC = Huella ecológica per cápita.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se observa que el coeficiente que relaciona la ecuación de cointegración (COINTEQ01) en la ecuación de corto plazo en el modelo para la especificación cuadrática resulta negativo y estadísticamente significativo al nivel de 1%, lo cual evidencia el proceso de convergencia hacia el largo plazo.

Por otro lado, al analizar la ecuación de largo plazo se observa que los signos de los coeficientes que acompañan al PBI per cápita y PBI per cápita al cuadrado son los esperados y son estadísticamente significativos al nivel de 1%.

**Tabla N° 11:** *Modelo ARDL para panel de datos para la especificación cúbica*

Variable	Coefficiente	Error estándar	Z - Statistic	Prob.
Ecuación de largo plazo				
PBI_PC	0.3116***	0.0070	44.5557	0.0000
PBI_PC2	-0.0150***	0.0013	-11.3727	0.0000
PBI_PC3	0.0003***	0.0001	6.3642	0.0000
Ecuación de corto plazo				
COINTEQ01	-0.4431***	0.1176	-3.7680	0.0002
D(HE_PC(-1))	-0.2123***	0.0675	-3.1480	0.0020
D(PBI_PC)	-4.0947	5.1710	-0.7919	0.4298
D(PBI_PC(-1))	2.5987*	1.5118	1.7189	0.0878
D(PBI_PC2)	0.5967	0.7028	0.8490	0.3973
D(PBI_PC2(-1))	-0.4265**	0.2123	-2.0091	0.0464
D(PBI_PC3)	-0.0282	0.0321	-0.8781	0.3814
D(PBI_PC3(-1))	0.0246**	0.0116	2.1304	0.0349

\*\*\* p value < 0.01, \*\* p value < 0.05 y \* p value < 0.10

PBI\_PC = PBI per cápita, PBI\_PC2 = PBI per cápita al cuadrado, PBI\_PC3 = PBI per cápita al cubo, HE\_PC = Huella ecológica per cápita.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se observa que el coeficiente que relaciona la ecuación de cointegración (COINTEQ01) en la ecuación de corto plazo en el modelo para la especificación cúbica resulta negativo y estadísticamente significativo al nivel de 1%, lo cual evidencia el proceso de convergencia hacia el largo plazo.

Por otro lado, al analizar la ecuación de largo plazo se observa que los signos de los coeficientes que acompañan al PBI per cápita, PBI per cápita al cuadrado y PBI per cápita al cúbico son los esperados y son estadísticamente significativos al nivel de 1%.

Adicionalmente al análisis realizado, para comprobar que los resultados de los modelos estimados no son producto de una regresión espuria se analizó la estacionariedad de los residuos obtenidos.

**Tabla N° 12:** *Pruebas de raíz unitaria para los residuos de los modelos estimados*

Variables	Especificación	Niveles		
		Con intercepto y tendencia	Solo con intercepto	Sin intercepto ni tendencia
Residuos del modelo lineal	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)</u>			
	Levin, Lin & Chu t	-8.8836***	-9.9541***	-17.9932***
	Breitung t-stat	-4.7817***	-	-
	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)</u>			
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-6.3532***	-9.5480***	-
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	128.054***	176.716***	289.441***
	PP - Fisher Chi-cuadrado	341.557***	372.108***	468.307***
Residuos del modelo cuadrático	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)</u>			
	Levin, Lin & Chu t	-7.8894***	-10.0032***	-17.5135***
	Breitung t-stat	-5.8065***	-	-
	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)</u>			
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-5.9939***	-9.1185***	-
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	121.653***	167.939***	267.273***
	PP - Fisher Chi-cuadrado	334.773***	340.807***	437.352***
Residuos del modelo cúbico	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)</u>			
	Levin, Lin & Chu t	-8.9651***	-10.9567***	-17.0741***
	Breitung t-stat	-6.5813***	-	-
	<u>H0: Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)</u>			
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-6.0580***	-9.0840***	-
	ADF - Fisher Chi-cuadrado	122.491***	167.425***	264.115***
	PP - Fisher Chi-cuadrado	345.942***	359.720***	442.091***

\*\*\* p value < 0.01, \*\* p value < 0.05 y \* p value < 0.10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 13 se observa que, todos los estadísticos indican a un nivel de significancia del 1% que los residuos de los modelos estimados no presentan raíz unitaria, en ese sentido, los residuos son estacionarios, lo que indica que los resultados obtenidos son confiables y se pueden realizar las inferencias correspondientes.

### 6.3 Discusión de resultados

En esta parte se presenta un resumen de los modelos estimados en la sección anterior, con la finalidad que facilite el validar y contrastar las hipótesis planteadas en esta investigación.

**Tabla N° 13:** Resumen de los modelos ARDL estimados

Variables	Modelo Lineal (1, 1)	Modelo Cuadrático (3, 3, 3)	Modelo Cúbico (2, 2, 2, 2)
Ecuación de largo plazo			
PBI_PC	0.1528***	0.2697***	0.3116***
PBI_PC2	--	-0.0071***	-0.0150***
PBI_PC3	--	--	0.0003***
Ecuación de corto plazo			
COINTEQ01	-0.0627**	-0.5192***	-0.4431***
D(HE_PC(-1))	--	-0.3129**	-0.2123***
D(HE_PC(-2))	--	-0.4142***	--
D(PBI_PC)	0.0689**	-0.1298	-4.0947
D(PBI_PC(-1))	--	-2.0461	2.5987*
D(PBI_PC(-2))	--	0.6258	--
D(PBI_PC2)	--	0.0088	0.5967
D(PBI_PC2(-1))	--	0.1409	-0.4265**
D(PBI_PC2(-2))	--	-0.0225	--
D(PBI_PC3)	--	--	-0.0282
D(PBI_PC3(-1))	--	--	0.0246**

\*\*\* p value < 0.01, \*\* p value < 0.05 y \* p value < 0.10

PBI\_PC = PBI per cápita, PBI\_PC2 = PBI per cápita al cuadrado, PBI\_PC3 = PBI per cápita al cubo, HE\_PC = Huella ecológica per cápita.

Fuente: Elaboración propia

Es preciso indicar que las inferencias que se presentan a continuación, se encuentran respaldadas tanto por los resultados econométricos obtenidos como por la revisión de otras investigaciones empíricas y bases teóricas relacionadas a la problemática identificada en la presente investigación; en ese sentido, se procede a contrastar las hipótesis formuladas.

1. *Impacto del PBI per cápita sobre la Huella ecológica per cápita, bajo la especificación lineal*

H<sup>1</sup>: Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación lineal de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

De la tabla N° 9 se observa que, con un nivel de significancia del 1%, la dirección de la causalidad es de un solo sentido que va del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita; a su vez, de la tabla N° 14 se observa que, con un nivel de significancia del 1% se puede aceptar la hipótesis de que el PBI per cápita tiene un efecto directo sobre la huella ecológica per cápita bajo un modelo lineal de la Curva de Kuznets.

En ese sentido, por cada mil soles que se incremente el PBI per cápita, la huella ecológica per cápita se incrementará 0.15 hectáreas globales en el largo plazo (Ver tabla N° 14); con este resultado se cumple con el primer objetivo planteado en la presente investigación, el cual fue identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación lineal de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

2. *Impacto del PBI per cápita sobre la Huella ecológica per cápita, bajo la especificación cuadrática*

H<sup>2</sup>: Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cuadrática de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

De la tabla N° 9 se observa que, con un nivel de significancia del 1%, la dirección de la causalidad es de un solo sentido que va del PBI per cápita al cuadrado hacia la huella ecológica per cápita; a su vez, de la tabla N° 14 se observa que, con un nivel de significancia del 1% se puede aceptar la hipótesis de que el PBI per cápita tiene un efecto directo sobre la huella ecológica per cápita bajo un modelo cuadrático de la Curva de Kuznets, mientras que el efecto del PBI per cápita al cuadrado fue inverso y de una magnitud mucho menor que el efecto del PBI per cápita, siendo el efecto neto directo.

En ese sentido, por cada mil soles que se incremente el PBI per cápita, la huella ecológica per cápita se incrementará alrededor 0.27 hectáreas globales en el largo plazo (Ver tabla N° 14); con este resultado se cumple con el segundo objetivo planteado en la presente investigación, el cual fue identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cuadrática de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

3. *Impacto del PBI per cápita sobre la Huella ecológica per cápita, bajo la especificación cúbica*

H<sup>3</sup>: Existe una causalidad unidireccional y un efecto directo del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación cúbica de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

De la tabla N° 9 se observa que, con un nivel de significancia del 1%, la dirección de la causalidad es de un solo sentido que va del PBI per cápita al cubo hacia la huella ecológica per cápita; a su vez, de la tabla N° 14 se observa que, con un nivel de significancia del 1% se puede aceptar la hipótesis de que el PBI per cápita tiene un efecto directo sobre la huella ecológica per cápita bajo un modelo cúbico de la Curva de Kuznets, mientras que el efecto del PBI per cápita al cuadrado fue inverso y el efecto del PBI per cápita al cubo directo, ambos efectos de magnitud mucho menor que el efecto del PBI per cápita, siendo el efecto neto directo.

En ese sentido, por cada mil soles que se incremente el PBI per cápita, la huella ecológica per cápita se incrementará alrededor de 0.31 hectáreas globales en el largo plazo (Ver tabla N° 14); con este resultado se cumple con el tercer objetivo planteado en la presente investigación, el cual fue identificar la causalidad y el efecto del PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita del Perú a un nivel regional, bajo la especificación c de la Curva de Kuznets, durante el periodo 2003 – 2016.

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 7.1 Conclusiones

1. Se concluye que, bajo una especificación lineal de la curva de Kuznets, existe un efecto directo por parte PBI per cápita hacia la huella ecológica per cápita. Específicamente, ante un incremento de mil soles en el PBI per cápita regional, se genera un incremento en el largo plazo de la huella ecológica per cápita regional de 0.15 hectáreas globales, lo que indica que se necesitaría una mayor extensión por habitante para producir los recursos que satisfagan sus necesidades y a su vez asimilar los residuos generados por la producción de dichos recursos, lo que ocasiona una degradación ambiental producto del crecimiento económico. Esta situación guarda relación con lo señalado por autores como Gazi et al. (2016), Martínez et al. (2017) y Minaya (2018) que indican que en países en vía de desarrollo en la etapa inicial del periodo de crecimiento las economías tienden a ser altamente contaminantes debido a que adoptan tecnologías que no son amigables con el medio ambiente, además de ser intensas en actividades extractivas como minería, tala, pesca entre otros.
2. Se concluye que, bajo una especificación cuadrática de la curva de Kuznets, ante un incremento del PBI per cápita regional, se genera un incremento en el largo plazo de la huella ecológica per cápita regional, lo que indica que se necesitaría una mayor extensión por habitante para producir los recursos que satisfagan sus necesidades y a su vez asimilar los residuos generados por la producción de dichos recursos, lo que ocasiona una degradación ambiental producto del crecimiento económico. Asimismo, se concluye que si bien es cierto que ante incrementos del PBI per

cápita la huella ecológica per cápita incrementa, este incremento se da cada vez a una tasa menor hasta llegar a un nivel en el cual la huella ecológica per cápita se reduce por el incremento del PBI per cápita, es decir se genera un efecto inverso, lo cual evidencia la forma de U invertida de la Curva de Kuznets. Esta situación guarda relación con lo señalado por autores como Al – mulali et al (2014), Díaz & Cancelo (2016), Gazi et al (2016) y Ulucak & Bilgil (2018) que indican que en países en vía de desarrollo en la etapa inicial del periodo de crecimiento, la degradación ambiental se incrementa a medida que el crecimiento económico tiende a aumentar hasta alcanzar un alto nivel económico a partir del cual la degradación ambiental empieza a disminuir, dando como resultado una Curva de Kuznets en forma de U invertida.

3. Se concluye que, bajo una especificación cúbica de la curva de Kuznets, ante un incremento del PBI per cápita regional, se genera un incremento en el largo plazo de la huella ecológica per cápita regional, lo que indica que se necesitaría una mayor extensión por habitante para producir los recursos que satisfagan sus necesidades y a su vez asimilar los residuos generados por la producción de dichos recursos, lo que ocasiona una degradación ambiental producto del crecimiento económico. Asimismo, se concluye que si bien es cierto que ante incrementos del PBI per cápita la huella ecológica per cápita incrementa, este incremento se da cada vez a una tasa menor hasta llegar a un nivel en el cual la huella ecológica per cápita se reduce por el incremento del PBI per cápita, es decir se genera un efecto inverso, sin embargo, esta disminución se da para un determinado tramo, ya que a partir de un nivel muy elevado de PBI per cápita el crecimiento de este generará nuevamente

incrementos en la huella ecológica per cápita, lo cual evidencia la forma de N de la Curva de Kuznets. Esta situación guarda relación con lo señalado por autores como Pinzón & González (2018) que indican que en países en vía de desarrollo (como los de América Latina) en un primer momento el crecimiento económico ocasiona degradación ambiental, luego en un nivel mayor de crecimiento la degradación ambiental empieza a disminuir para ciertos niveles de crecimiento hasta alcanzar un punto mínimo, para luego nuevamente incrementarse producto del crecimiento económico, dando como resultado una Curva de Kuznets en forma de N.

## **7.2 Recomendaciones**

Quedan como recomendaciones de esta investigación las siguientes:

1. Teniendo en cuenta el efecto directo del PBI per cápita sobre la huella ecológica per cápita, y que el nivel del PBI per cápita de las regiones del Perú no es alto lo cual los ubica en el primer tramo de la Curva en forma de N de Kuznets, se recomienda que las entidades encargadas en formular las políticas públicas en temas ambientales, así como aquellos que regulan y supervisan las mismas, orienten sus actividades a la promoción y cuidado del medio ambiente con la finalidad de que las empresas mejoren sus procesos productivos y extractivos teniendo una mayor eficiencia en el uso de los recursos.
2. Considerando que en el segundo tramo de la Curva en forma de N de Kuznets, para cierto nivel de PBI per cápita, la huella ecológica per cápita se reduce, y que las

regiones del Perú han mostrado un crecimiento económico sostenido lo cual podrían llegar al nivel antes señalado, se recomienda que las autoridades encargadas del cuidado del ambiente implementen políticas de prevención en temas medioambientales, así como políticas orientadas a remediar los efectos causados por las actividades primarias como la minería, la tala y la pesca las cuales son fuentes de crecimiento económico en muchas regiones.

3. Finalmente, Considerando que el tercer tramo de la Curva en forma de N de Kuznets, para un nivel elevado de PBI per cápita, la huella ecológica per cápita se vuelve a incrementar y que el Perú es un país en vías de desarrollo lo cual apunta a ser un país desarrollado, se recomienda que tanto las políticas económicas y ambientales vayan de la mano para generar una economía sostenible y amigable con el medio ambiente, para lo que las autoridades encargadas promuevan esquemas de incentivos para que las empresas adopten tecnologías más limpias en sus actividades, esta promoción se debe dar tanto por parte del gobierno central, así como los gobiernos regionales y locales.

## REFERENCIAS

- Al-mulalia, U., Weng-Waib, C., Sheau-Tingc, L. y amp; Mohammedd, A. H., (2014). “Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation” en *Ecological Indicators* número 48. Agosto de 2014 pp. 315-323
- Atwi M., Barberán R., Mur J. y Angulo A., (2018) “CO2 Kuznets curve revisited: from cross-sections to panel data models” en *Journal of Regional Research*. Número 40. Enero 2018. Pp. 169-196
- BCRP. (enero de 13 de 2019). Glosario de Terminos Económicos. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/glosario/t.html>
- BCRP. (12 de Enero de 2019). Series Estadísticas . Obtenido de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/pbi-gasto>
- Breitung, J. ,(2000) The local power of some unit root tests for panel data, *Advances in Econometrics*, 15, 161–178.
- Case, K. E., Fair, R. C., & Oster, S. M. (2012). *Principios de Macroeconomía*. Décima Edición . México: Pearson Educación.
- Cipolla, C. M., (1974). *Storia economica dell' Europa pre-industriale*. España: Critica.
- Choi, I. (2001) Unit root test for panel data, *Journal of International Money and Finance*, 20(2), 249–272.

- Díaz Vázquez, M. R. y Canelo, M. T., (2009). “Emisiones de CO<sub>2</sub> y azufre y crecimiento económico: ¿una curva de Kuznets ambiental?” en *Regional and Sectoral Economic Studies*. Año 2009.
- Dumitrescu, E.-I. & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4):1450–1460.
- Enders, W. (2004). *Applied Econometric Time Series*. 2nd Edition. Alabama: Wiley.
- Engle, R.F. y Granger, C.W., (1987) Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing, *Econometrica*, 55(2), 251–276.
- Fisher, R.A. (1932) *Statistical Methods for Research Workers*, 4th Edition, Edinburgh: Oliver & Boyd.
- Flores, J., Albert, L. A., & López-Moreno, S. (1994). *Diccionario de la Contaminación*. México: Centro de Ecología y Desarrollo .
- Gutiérrez, C. G. (2013). EL DESARROLLO SOSTENIBLE. Retrieved from <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>
- Gazi A. Uddin, Khorshed Alam, Jeff Gow, (2016) “Does ecological footprint impede economic growth? An empirical analysis based on the environmental kuznets curve hypothesis” en *Australian Economic Papers*. Numero. Septiembre 2016 pp. 301-3017

- Hadri, K. (2000) Testing for stationarity in heterogeneous panel data, *Econometrics Journal*, 3, 148–161
- Hamann Pastorino, A. (2013). El marketing verde, un compromiso de todos. *Tiempo de Opinión*, 36-45.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). México: McGraw Hill.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (06 de mayo de 2019). Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>
- Kao, C. (1999) Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration, in panel data, *Journal of Econometrics*, 90, 1-44.
- Kuznets, S. ,(1955). Economic growth and income inequality. American Economic Association.
- Larraín, F., & Sachs, J. (2002). *Macroeconomía en la economía global* 2da Edición. Buenos Aires: Pearson Education.
- Levin, A., Lin, C.-F. y Chu, C.-S.J. ,(2002) Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties, *Journal of Econometrics*, 108(1) 1-24.
- Maddala, G.S. y Wu, S. ,(1999) A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test, *Oxford bulletin of economics and statistic*, 108(1), 1-24.

Martínez D., Salcedo V., Vega C. y Varela G., (2017) “Crecimiento económico y medio ambiente en Sudamérica: ¿existe la curva ambiental de Kuznets en la región?” en Conference Paper. Numero. Diciembre 2017 pp. 1-12

MINAM. (2011). Huella Ecológica en el Perú; cálculo nacional y departamental. Lima: SINIA.

MINAM. (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Lima: Ministerio del Ambiente.

MINAM. (12 de enero de 2019). Sistema Nacional de Información Ambiental. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1208>

Minaya, G, (2018) La Curva de Kuznets Ambiental (CKA) basada en el Indicador de Consumo Material Doméstico (CDM): Perú, 1970-2015 Tesis de Licenciatura, Perú. Facultad de ciencias sociales pontificia universidad católica del Perú

MINISTERIO DEL AMBIENTE. ,(2018). Retrieved 09 05, 2018, from <http://sinia.minam.gob.pe/fuente-informacion/ministerio-ambiente-minam>

Naciones Unidas . ,(1998). Protocolo de Kyoto de la Convencion Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climatico. Kioto, Japon.

Network, G. F. ,(2012). Global Footprint Network. Retrieved from <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>

ONU. ,(2013). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Retrieved from <https://www.unenvironment.org/es>

- Parkin, M. (2007). *Macroeconomía*. Séptima edición. México: Pearson Educación.
- Pedroni, P. (1999) Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple Regressors, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 653-670.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ,(1999). An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch centennial Symposium*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., Smith, R.J., ,(2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationship. *Journal of Applied Economics* 16, 289-326.
- Panapoulou, E., Pittis, N., 2004. A comparison of autoregressive distributed lag and dynamic OLS cointegration estimators in the case of a serially correlated cointegration error. *The Econometrics Journal* 7, 585–617.
- Pinzón, D. & González C., 2018. *Curva de Kuznets Ambiental: Evidencia empirica para Colombia 1971 – 2014*. Universidad Católica de Colombia
- Romer, D. ,(1996). *Macroeconomía avanzada* (3ª ed. ed.). España: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Sarlingo, M. ,(1998). *Venenos en la sangre. Breve descripción de la contribución de la especie humana a la contaminación del planeta*. Tandil, Argentina.
- Ulucak y Bilgili (2018) “A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries” en *Journal of Cleaner*

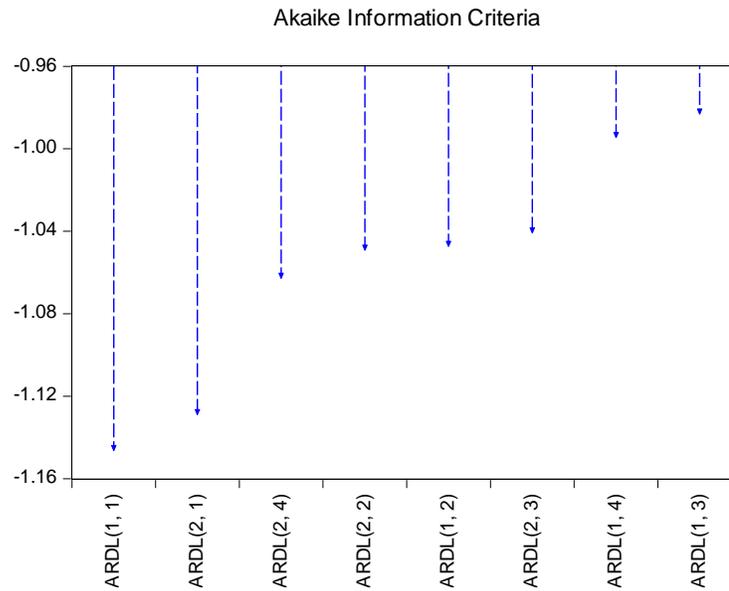
Production. Numero 188. Marzo 2018 pp. 144-157

Wackernagel, M., & Rees, W. (2001). Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra. Santiago: Lom Ediciones.

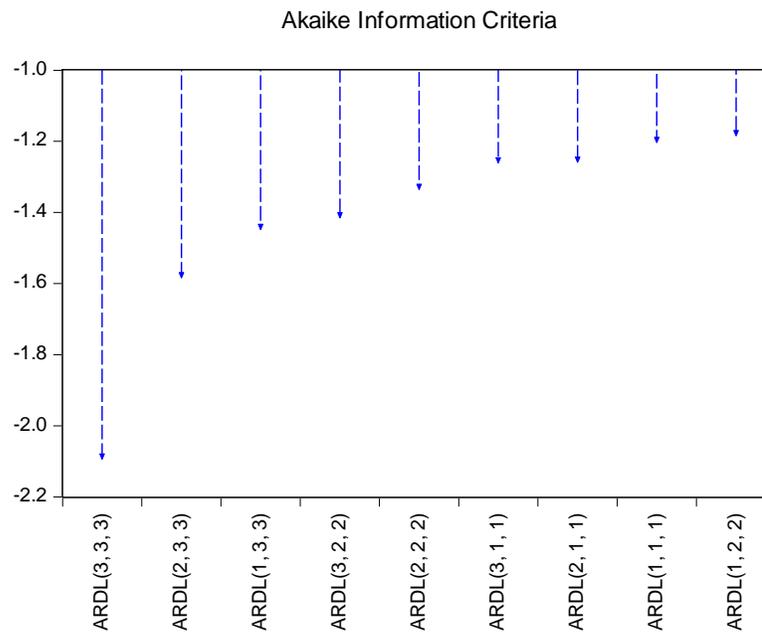
Wang Y. , Kang L., Xiaoqing Wu, Yang Xiao (2013) “Estimating the environmental Kuznets curve for ecological footprint at the global level: A spatial econometric approach” en Ecological Indicators. Numero 34. Marzo 2013 pp. 15-21

## APÉNDICE

**Apéndice A:** Criterios de información de Akaike para la especificación lineal.



**Apéndice B:** Criterios de información de Akaike para la especificación cuadrática



**Apéndice C:** Criterios de información de Akaike para la especificación cúbica.

Akaike Information Criteria

