



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

**Facultad Jurídica, Social y Administrativa.**

**Carrera de Economía**

**Impacto del crecimiento económico sobre la huella  
ecológica en Ecuador periodo 1980-2020**

**Trabajo de Integración Curricular previo a  
la obtención del título de Economista.**

**AUTORA:**

Heydi Jackeline Paladines Arévalo

**DIRECTOR:**

Econ. José Rafael Alvarado López, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Loja, 09 de enero de 2023

Econ. José Rafael Alvarado López, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Impacto del crecimiento económico sobre la huella ecológica en Ecuador periodo 1980-2020**, previo a la obtención del título de **Economista**, de la autoría de la estudiante **Heydi Jackeline Paladines Arévalo**, con **cédula de identidad Nro. 0924390966**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE RAFAEL  
ALVARADO  
LOPEZ**

Econ. José Rafael Alvarado López, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, **Heydi Jackeline Paladines Arévalo**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**

**Cédula de Identidad:** 0924390966

**Fecha:** Loja, 09 de enero de 2023

**Correo electrónico:** heydi.paladines@unl.edu.ec

**Teléfono o celular:** 0969650857

**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Heydi Jackeline Paladines Arévalo**, declaro ser la autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Impacto del crecimiento económico sobre la huella ecológica en Ecuador periodo 1980-2020**, como requisito para optar por el título de **Economista**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenido la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copias del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 09 días del mes de enero de dos mil veintitres.

**Firma:** .....

**Autora:** Heydi Jackeline Paladines Arévalo.

**Cédula:** 0924390966

**Dirección:** Loja

**Correo electrónico:** heydi.paladines@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0969650857

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:** Econ. José Rafael Alvarado López, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación se le dedico a mis padres, por ser siempre el apoyo incondicional y la fuerza que he necesitado para conseguir cada uno de mis logros, por ser ejemplo de perseverancia y valentía en mi vida e impulsarme siempre hacia delante en cada una de mis caídas.

A mis hermanas Mari y Viviana, por los consejos y ánimos brindados, el amor y la amistad que siempre ha perdurado.

*Heydi Jackeline Paladines Arévalo*

## **Agradecimiento**

Habiendo culminado mi trabajo de investigación le extiendo un agradecimiento a mi familia, y de manera especial a mi madre, quien fue la persona más involucrada en este largo camino, por su compañía y amor incondicional y por ser mi principal fuerza y motivación.

También, quiero agradecer a los docentes que compartieron sus amplios conocimientos con mi persona a lo largo de mi preparación, de manera muy especial al director de mi Trabajo de Integración Curricular el Econ. José Rafael Alvarado López, quien fue un excelente guía y apoyo para la realización de la presente investigación.

Finalmente, a los amigos que siempre estuvieron presentes y llenaron esta etapa de mi vida con experiencias y momentos inolvidables.

*Heydi Jackeline Paladines Arévalo*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenidos</b> .....	vii
Índice de tablas: .....	
Índice de figuras: .....	
Índice de anexos: .....	
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
2.1 Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico</b> .....	7
4.1 Antecedentes .....	7
4.2 Evidencia empírica .....	11
<b>5. Metodología</b> .....	16
5.1 Tratamiento de datos .....	16
5.2 Estrategia econométrica .....	18
5.2.1 Objetivo específico 1 .....	18
5.2.2 Objetivo específico 2 .....	19
5.2.3 Objetivo específico 3 .....	24
<b>6. Resultados</b> .....	25
6.1 Objetivo específico 1 .....	25
6.1.1 Análisis de evolución .....	25
6.1.2 Análisis de correlación .....	31
6.2 Objetivo específico 2 .....	34
6.2.1 Relación de largo plazo entre las variables .....	35
6.2.2 Relación de corto plazo entre las variables .....	41
6.3 Objetivo específico 3 .....	43
<b>7. Discusión</b> .....	48
7.1 Objetivo específico 1 .....	48
7.2 Objetivo específico 2 .....	51
7.3 Objetivo específico 3 .....	55

8. Conclusiones .....	58
9. Recomendaciones .....	60
10. Bibliografía .....	62
11. Anexos .....	72

#### Índice de tablas:

Tabla 1. Descripción de las variables. ....	17
Tabla 2. Estadísticos descriptivos. ....	18
Tabla 3. Matriz de correlación.....	33
Tabla 4. Prueba de raíz unitaria de Zivot y Andrews.....	35
Tabla 5. Resultados de la prueba de cointegración Hatemi-J.....	36
Tabla 6. Resultados de la prueba de cointegración Maki.....	40
Tabla 7. Regresión de cointegración FMOLS, DOLS y CCR.....	41
Tabla 8. Resultados del modelo de corrección de error (VEC). ....	43
Tabla 9. Prueba de causalidad gradual de Toda y Yamamoto. ....	44

#### Índice de figuras:

Figura 1. Evolución de la variable huella ecológica en Ecuador, periodo 1980-2020.....	27
Figura 2. Evolución de la variable crecimiento económico en Ecuador, periodo 1980-2020. .....	29
Figura 3. Evolución de la variable renta de recursos naturales en Ecuador, periodo 1980- 2020.....	30
Figura 4. Evolución de la variable educación en Ecuador, periodo 1980-2020.....	31
Figura 5. Correlación para Ecuador en el periodo 1980-2020 entre: (a) huella ecológica y crecimiento económico, (b) Curva de Kuznets Ambiental. ....	32
Figura 6. Correlación para Ecuador en el periodo 1980-2020 entre: (a) huella ecológica y renta de recursos naturales, (b) huella ecológica y educación. ....	33
Figura 7. Coherencia de ondículas entre huella ecológica y PIB. ....	45
Figura 8. Coherencia de ondículas entre huella ecológica y renta de recursos naturales	46
Figura 9. Coherencia de ondículas entre huella ecológica y educación.....	47



**Índice de anexos:**

<b>Anexo 1. Pruebas de normalidad.....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo 2. Matriz de factor de inflación en la varianza (VIF). .....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo 3. Pruebas para la identificación del número de rezagos. ....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo 4. Certificación de traducción del Abstract. ....</b>	<b>83</b>

## **1. Título**

*Impacto del crecimiento económico sobre la huella ecológica en Ecuador periodo  
1980-2020.*

## 2. Resumen

La humanidad se percató por primera vez del déficit ecológico a principios de la década de 1970, no obstante, ya para el año 2018 la HE mundial era de 2.8 per cápita, es decir, que se necesitaba 1.6 planetas para satisfacer las necesidades de los humanos en ese año. En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo general evaluar el impacto del crecimiento económico sobre la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un análisis estadístico y econométrico, con el fin de proponer estrategias que generen sustentabilidad ambiental en este país. Para ello, se utilizan técnicas de cointegración con rupturas estructurales y los estimadores Mínimos Cuadrados Completamente Modificados (FMOLS), Mínimos Cuadrados Dinámicos (DOLS), y Regresión de Cointegración Canónica (CCR), a corto plazo el estimador Vector de Corrección de Error (VEC) en base a datos del Banco Mundial (2020), Global Footprint Network (2020) y Penn World Table (2020). Los principales resultados muestran que se cumple la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) para Ecuador, además la educación impacta de manera positiva a la huella ecológica en el largo plazo, mientras que la renta de recursos lo hace en el corto plazo, por su parte, la prueba de causalidad reveló retroalimentación estadísticamente significativa entre todas las variables. En consecuencia, se recomienda que, el gobierno se enfoque en un uso más sostenible de los recursos naturales en paralelo al aumento de los ingresos, en respuesta a esto, el impulso de las energías renovables es una alternativa viable.

**Palabras claves:** Huella ecológica; Crecimiento económico; Kuznets; Educación; Rupturas estructurales.

**Códigos JEL:** Q5; O47; O57; I25; C32

## 2.1 Abstract

Humanity first became aware of the ecological deficit in the early 1970s, however, by the year 2018 the world's HE was 2.8 per capita, that is, 1.6 planets were needed to meet the needs of humans in that year. In this sense, the general objective of this research is to evaluate the impact of economic growth on the ecological footprint of Ecuador during 1980-2020, through a statistical and econometric analysis, in order to propose strategies that generate environmental sustainability in this country. For this purpose, co-integration techniques with structural breaks and the Fully Modified Least Squares (FMOLS), Dynamic Least Squares (DOLS), and Canonical Cointegration Regression (CCR) estimators are used, and in the short term the Vector Error Correction (VEC) estimator based on data from the World Bank (2020), Global Footprint Network (2020) and Penn World Table (2020). The main results show that the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis is fulfilled for Ecuador, and that education has a positive impact on the ecological footprint in the long term, while resource rent has a positive impact in the short term, and the causality test revealed statistically significant feedbacks between all variables. Consequently, it is recommended that the government focus on a more sustainable use of natural resources in parallel to the increase in income, and in response to this, the promotion of renewable energies is a viable alternative.

**Key words:** Ecological footprint; Economic growth; Kuznets; Education; Structural breaks.

**JEL Codes:** Q5; O47; O57; I25; C32

### 3. Introducción

Hoy en día la preocupación ambiental ha aumentado debido a las consecuencias evidentes a partir de la sobre explotación de los recursos naturales y la industrialización. Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2013) para solventar las necesidades de la humanidad se requiere de los bienes y servicios que provee la naturaleza, sin embargo, el consumo de recursos genera un impacto sobre el planeta. La Huella Ecológica (HE) es el indicador que permite medir este impacto y compararlo con la disponibilidad de recursos naturales renovables. El Global Footprint Network (GFN, 2016) menciona que, la humanidad se percató por primera vez del déficit ecológico a principios de la década de 1970. No obstante, para el año 2018 la HE mundial era de 2.8 per cápita, sin embargo, el planeta tan solo es capaz de otorgar 1.8 hectáreas por persona, es decir, que se necesitaba 1.6 planetas para satisfacer las necesidades de los humanos en ese año (GFN, 2022). Dentro de este marco, Castillo (2008) alude a que, el actual exceso de consumo reduce las superficies naturales del mundo, además señala que, el continuo incremento de la HE conlleva a la reducción de recursos naturales, áreas eficientemente productivas, y, por ende, se puede llegar al punto en que se torne imposible el proceso de regeneración del ciclo natural.

Latinoamérica en comparación con la huella ecológica mundial, según Castillo (2007) posee no sólo una HE per cápita inferior, sino que además se presenta como una importante fuente de biocapacidad para la humanidad. A pesar de ello, existen países latinoamericanos que se suman a la lista de países con huellas ecológicas altas que sobrepasan el nivel promedio, entre ellos para el año 2018 están Chile (4.3 gha), Guayana (3.4 gha), Argentina (3.3 gha), según los datos de la organización GFN (2022). El caso de Ecuador, aunque se encuentra dentro de los niveles promedio de huella ecológica, ha mostrado constantes incrementos de la misma. El MAE (2014) expone que, en tan solo tres años, la huella ecológica total del Ecuador se incrementó en 34.5%. De seguir incrementando los niveles de contaminación con la frecuencia en la que lo viene haciendo, el país se enfrentara con consecuencia socioeconómicas devastadoras que perjudicarán a su población. Actualmente, según datos del GFN (2022) la HE promedio mundial de 2018 supera por 1.1 gha per cápita a la HE de Ecuador, aunque parece un valor amplio, con el acelerado crecimiento que tiene la misma en los últimos años no se está lejos de sobrepasar la marca mundial sino se aplican políticas correctivas.

En este sentido, el punto principal del problema radica en el incremento consecutivo de la huella ecológica de Ecuador en los últimos años y las consecuencias a corto y largo plazo

que esto traerá, por ello, la presente investigación se basa en la Teoría de Kuznets Ambiental (CKA) planteada por Panayotou (1993) quien se basó a su vez en la hipótesis de que en el curso del desarrollo económico las disparidades de ingresos aumentan al principio y luego comienzan a disminuir, esta relación en forma de U invertida se conoce como la curva de Kuznets propuesta por Simón Kuznets en 1965. De esta forma, se constituye la CKA que, plantea la hipótesis en que la contaminación aumenta con el crecimiento económico hasta cierto nivel de ingreso, después del cual empieza a reducirse. Dicha hipótesis está fundamentada en algunos estudios como los realizados por Germani (2020); Lazăr et al. (2019); Pinzón et al., (2018) que al realizar sus respectivos trabajos confirman el cumplimiento de la CKA para países como Italia, la Unión Europea y Colombia.

Con el fin de dar respuesta a la problemática antes mencionada, la presente investigación plantea las siguientes tres hipótesis: 1) Los índices de la huella ecológica han incrementado en los últimos años debido al crecimiento económico; 2) El crecimiento económico tiene un efecto a corto y largo plazo en el incremento de los índices de la huella ecológica en Ecuador; y, 3) Existe causalidad entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador, respectivamente. Asimismo, para cumplir con el objetivo general se formularon los siguientes objetivos específicos: 1) Analizar la evolución y correlación entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un análisis gráfico y estadístico, para estudiar los factores que determinan la contaminación a lo largo del tiempo; 2) Determinar la relación de corto y largo plazo entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un modelo econométrico de series de tiempo, con el fin de estimar la relación de equilibrio entre las variables; y, 3) Estimar la relación causal entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un modelo de causalidad, para determinar las causas de la degradación ambiental en el largo plazo.

Esta investigación se realizó en base a datos del Banco Mundial (2020), Global Footprint Network (2020) y Penn World Table (2020). En este sentido, las variables incluidas son datos de series temporales, donde, la variable dependiente es la huella ecológica, la variable independiente es el PIB, y, como variables de control, capital humano, como un índice que mide el nivel de educación de la población y la renta de recursos naturales. A su vez, la metodología emplea técnicas de cointegración con rupturas estructurales, los estimadores de largo plazo Mínimos cuadrados completamente modificados, Mínimos cuadrados dinámicos y Regresión de cointegración canónica, a corto plazo el estimador Vector de corrección de error, y,

finalmente, para la comprobación de la existencia de causalidad se utiliza la prueba de causalidad de Toda y Yamamoto (1995).

Los resultados revelan que, en efecto, se cumple la CKA para el caso ecuatoriano, ya que, los estimadores empleados revelan que a corto plazo el crecimiento económico incrementa la huella ecológica de Ecuador, sin embargo, a largo plazo se obtiene una relación negativa entre las mismas, demostrando que el crecimiento económico tiene una relación en forma de U invertida con la contaminación como lo plantea Panayotou (1993). Además, se obtiene también que, la educación tiene un efecto incrementador sobre la huella ecológica a largo plazo, revelando las deficiencias en este sector. Por su parte, la renta de recursos naturales mostró no estar vinculada a la degradación ambiental en el largo plazo, pero si en el corto. Asimismo, según la prueba de causalidad utilizada se confirma la retroalimentación entre las variables incluidas, aludiendo los efectos que causan las unas a las otras.

Debido a los devastadores efectos que han presenciado las economías desarrolladas por su rápido crecimiento las investigaciones de la relación entre huella ecológica y crecimiento económico han tomado fuerza en los últimos años, no obstante, los países latinoamericanos al no presenciar en mayor medida estos efectos no le dan la respectiva atención, lo que a futuro podrá terminar en la misma situación, de allí parte la importancia del presente trabajo. Si bien es cierto, existen investigaciones que estudian la relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, sin embargo, la huella ecológica es una medida más integral que las emisiones de CO<sub>2</sub> con la que se trabaja comúnmente. Además, este trabajo supone una contribución a la literatura disponible en forma de mejora metodológica, ya que, permite posibles rupturas endógenas en los datos mientras se comprueba la cointegración.

El resto de la investigación está estructurada de la siguiente manera. La sección (4) presenta el marco teórico que, a su vez, contiene los subapartados, antecedentes y evidencia empírica, en los que, se analizan las principales teorías y estudios previos relacionados con el tema de estudio. En la sección (5) se plasma el tratamiento que se le dio a los datos y la estrategia metodológica a detalle que se empleó para dar cumplimiento a los objetivos propuestos. Por su parte, la sección (6) exhibe los resultados de las pruebas y estimaciones, con sus respectivos análisis dando cumplimiento a cada objetivo planteado. Seguidamente, la sección (7) detalla la discusión de los resultados antes descritos. El apartado (8) expone las conclusiones, elaboradas de acuerdo a cada resultado de la investigación. En la sección (9) se esbozan las recomendaciones planteadas por cada una de las conclusiones expresadas. Y finalmente, en los

apartados (10) y (11) se presenta la bibliografía y anexos que permitieron el desarrollo oportuno de la investigación.

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Antecedentes**

En el presente apartado se plasma las teorías desarrolladas a lo largo del tiempo por los autores más relevantes y que más impacto han tenido en la evolución de los conceptos de medio ambiente, crecimiento económico y de la relación que existe entre las mismas, incluyendo la teoría base de la presente investigación. Entonces, se inicia con las teorías medioambientales resaltando que la introducción de la importancia de la misma, aunque hoy en día es más popular no es nueva, existen autores clásicos que ya la tomaron en cuenta, a pesar de ello no se le dio mayor importancia sino hasta cuando se empezaron a notar las consecuencias de la explotación desmedida del medio ambiente.

A inicios de la ciencia occidental (siglo XV) se encuentra ya un interés sobre temas climáticos que influyen en el desarrollo de la vida, donde se incluyen planteamientos deterministas, se destacan Hipócrates y Heródoto con estudios enfocados en el medio y el clima como factores determinantes de un territorio específico para obtener características del mismo (González, 2005). Sin embargo, aun con el incremento de la explotación agrícola y la llegada de la revolución industrial (siglo XVIII), se sigue sin dar mayor atención a la degradación ambiental, ya que, se creía que los recursos naturales eran ilimitados. En este sentido, Quesnay (1758) afirma que la explotación agrícola es la base del progreso económico de un territorio, y que esta proporciona bienes consumibles sin reducir su fuente de producción. Aunque, es Ricardo (1829) quien introduce su teoría de rendimientos decrecientes, en la que se reconoce que los recursos son finitos, y que a medida que se incrementan los factores, capital y trabajo los rendimientos agrícolas tienden a decrecer generando un efecto negativo perjudicial si no es equilibrado.

No es sino hasta los años 80 y 90 que la atención empieza a recaer sobre el medio ambiente debido al evidente incremento de la producción y de los efectos que esta ya provocaba. Así pues, Pigou (1920) plantea aportaciones a la teoría del Bienestar donde hace referencia a la existencia de externalidades constituyendo la teoría de externalidades, además, genera propuestas para corregir las distorsiones en los sistemas de precios por la presencia de las mismas, mediante el cobro de un impuesto (Impuesto Pigouviano) que compense los consecuentes daños ambientales. Por otro lado, Hotelling (1931) se centra en los recursos



agotables, postulando la regla sobre explotación óptima que habla de la rentabilidad que genera la relación entre el costo de oportunidad de la explotación de recursos con el costo de oportunidad del capital inmovilizado. Posteriormente, el neoliberalismo postula en su premisa central que el mercado es la mejor fuente de recursos a través del precio, fijando los precios de los bienes y servicios ambientales, lo que vino siendo un intento por reducir los efectos ambientales externos de procesos económicos y sociales (Recio, 1959).

Años más tarde, la escuela Coasiana hace algunos arreglos a la propuesta del Impuesto Pigouviano de Pigou, es así como, Coase (1960) expone su famoso teorema, partiendo de la crítica al trabajo de Pigou, puesto que, considera innecesaria la intervención del Estado para igualar los costos afirmando que no siempre resulta viable la aplicación de un impuesto, sino que deben evaluarse los costos que cada posible solución causaría, es decir, que de acuerdo al Teorema de Coase, debe evaluarse hasta qué punto la sociedad está dispuesta a tolerar la actividad que genera la contaminación en función de los beneficios que dicha actividad produce; a pesar de ello, postula que las externalidades causadas por un agente económico no necesariamente son negativas, por tanto, una comparación entre la utilidad y el daño producido es un elemento para decidir si un efecto nocivo debe ser considerado como una molestia.

Algunas de las teorías más relevantes de los años 90 son las de Giddens (1991), quien sugiere analizar la sociedad a partir de otro criterio; no como una composición determinante del comportamiento de las personas en las instituciones, ni como el análisis de la suma de dichas conductas, sino como una mezcla de los dos; tomando en cuenta el medio ambiente como un sistema cuyas estructuras facilitan y limitan el quehacer humano, y a su vez permiten observar cómo ese quehacer modifica el medio ambiente. Un planteamiento bastante importante es el de Harris (1991), haciendo énfasis en la importancia de la educación, y como una visión comparativa mundial y evolutiva sobre la humanidad puede generar conciencia. Otro criterio nuevo de trascendencia es el de modernización ecológica, desarrollado por Mol (1997), quien aplica el término de coevolución al entorno ambiental, basándose en la modernización mediante un proceso de constante cambio de carácter consciente, que transforma a las instituciones, las organizaciones y los clientes, haciéndolos reconocer el costo ambiental.

En el segundo segmento se hace mención a las teorías correspondientes al crecimiento económico. La teoría surge con la revolución industrial a mediados del siglo XVIII cuando Smith (1776) resalta la importancia de las manufacturas en el crecimiento económico de un país, planteando el concepto de excedente económico, mismo que se produce a partir de la

agricultura y las manufacturas basado en los valores de cambio de los productos. Mientras tanto, Malthus (1798) a este concepto le adiciona conceptos incluyendo los avances tecnológicos de la época y los rendimientos decrecientes que aluden a los limitantes que existen en el incremento desmedido de un factor productivo. Por el contrario, Romer (1986) sugiere que el crecimiento económico no se debe a factores exógenos y que a largo plazo el capital se vuelve positivo y constante.

Más adelante, en el siglo XX nacen nuevas teorías de autores bastante relevantes como las de Keynes (1936), que introduce dos factores explicativos del crecimiento económico, la inversión que estimula el crecimiento y el ahorro que, a su vez, impulsa la inversión. Por su parte, Solow (1956) mediante modelos matemáticos buscaba explicar el crecimiento económico, más precisamente con su modelo exógeno de crecimiento, mismo que establece que el crecimiento de una economía debe basarse en la oferta, productividad e inversión y no solo en la demanda. Con una idea similar, Hirschman (1958) sostiene que la inversión en base a la acumulación de capital es la vía más factible para los países con bajo crecimiento económico, generando un proceso de desarrollo en estas economías. Posteriormente, surgen teorías y modelos neoclásicos de crecimiento exógeno planteadas por Solow (1965); Swan (1956) quienes destacan el impacto que genera el crecimiento poblacional en el crecimiento económico, mediante el proceso de acumulación de conocimiento.

De acuerdo a Verspagen (1966) el cambio tecnológico puede influir de manera positiva en el crecimiento económico, a través del conocimiento de las empresas, o a su vez, de manera negativa, por el incremento de las exportaciones. En el mismo contexto, el economista húngaro Kaldor (1967) hace referencia a la importancia que tiene la industria manufacturera en el crecimiento económico, mediante su modelo compuesto por tres leyes para explicar las diferencias en las tasas de crecimiento económico entre países, de lo que concluía que, una economía debía enfocarse en la producción de bienes manufacturados (especialmente bienes tecnológicos), para conseguir incrementar las tasas de crecimiento. Años después, Kautsky (1974) postula que es fundamental vincular la agricultura y la tecnología, ya que, estos dos factores son claves para un crecimiento económico eficiente, al ocupar menos extensión de suelo, y, por consiguiente, aprovechando los recursos e incrementando la productividad. Asimismo, Schejtman (1994) menciona que el crecimiento económico se puede impulsar a través del progreso productivo a pequeños productores del sector agrícola, dado que sería una vía de articulación capaz de elevar los niveles de producción y productividad de la pequeña agricultura.

Para culminar con este subapartado se expone la evolución de las teorías que explican la relación existente entre el medio ambiente y el crecimiento económico. Como se evidenció en la primera parte de la sección, existen fuertes postulados sobre el medio ambiente, sin embargo, un enfoque ambiental relacionado más estrechamente al área económica se da a mediados de los años 50, a partir del artículo que publicó Kuznets (1955) acerca de la relación entre la distribución del ingreso y el crecimiento económico, en el que se concreta la relación en forma de U invertida entre el crecimiento económico y la desigualdad, se comienza a realizar estudios direccionados a comprobar si existe una relación entre el crecimiento económico y la calidad ambiental de un territorio. También, como menciona Labandeira et al. (2004) la teoría de economía de los recursos naturales y del medio ambiente es una subdisciplina relativamente reciente del ámbito de la economía aplicada y su desarrollo se sitúa en las décadas de los 60 y 70; hasta la aparición de la economía ambiental, la economía se ocupaba de los procesos de producción y consumo, de las relaciones entre ambos y del contexto en el que éstas tenían lugar.

Es así como la primera ola de conciencia ambiental fue iniciada por científicos preocupados que advertían las consecuentes catástrofes ambientales y para lo cual el crecimiento económico era la principal causa, esto abrió paso a investigaciones que establecían una relación entre medio ambiente y crecimiento económico llevada a cabo principalmente por Boulding (1966); Mishan (1967); Beckerman (1972); Daly (1977). Asimismo, Stockey (1998) argumenta que la influencia del crecimiento económico sobre el medio ambiente parece un asunto matemático, ya que, en algunos modelos se puede relacionar el crecimiento económico con el medio ambiente, y en otros, estos dos factores pueden resultar para nada compatibles.

Los estudios de Grossman y Krueger (1995); Shafik y Bandyopahyay (1992); Panayotou (1993); Selden y Song (1994) plantean los inicios de la Teoría Ambiental de Kuznets que será en la que se apoyará principalmente la presente investigación, estos autores mostraron que hay una relación en forma de U invertida entre diversos tipos de contaminantes y niveles de ingreso; de esta manera se llega a que en las primeras etapas de crecimiento la calidad ambiental se va a deteriorar, sin embargo, después de alcanzar cierta riqueza la calidad ambiental experimentará notables mejoras. Después de analizar los primeros avances de la Teoría Ambiental de Kuznets se pronuncian algunos autores que apoyan estas afirmaciones, Beckerman (1992) concuerda con la idea de que el crecimiento económico en algún punto llega a mejorar el medio ambiente, basándose en evidencias que muestran economías desarrolladas con bajos niveles de contaminación.

Otros autores como Opschoor (1992) exponen que las reducciones en la presión ambiental tan solo son fenómenos temporales y que pasarán una vez agotadas las oportunidades tecnológicas, y así obtener mayores reducciones. Posteriormente, Grossman y Krueger (1995) en concordancia con Beckerman interpretan la Curva Ambiental de Kuznets como un indicador de que una economía que crece va a tener mejor calidad ambiental. Por el contrario, Arrow et al. (1995) hace referencia a que nada ha sido probado todavía, argumentando que, aunque la teoría ambiental de Kuznets puede mostrar que la política ambiental es efectiva en la reducción de algunos factores contaminantes, esto no cumple en su totalidad con el concepto de calidad ambiental, como la resiliencia de los ecosistemas o las capacidades de carga de la tierra. Uno de los aportes al medio ambiente más actuales es el de Wackernagel y Rees (1996), con el desarrollo del indicador Huella Ecológica, con el objetivo de evaluar la sustentabilidad de los patrones de consumo de una determinada población, y demostrar que los países ricos tienen impactos ambientales mucho peores que los países pobres, y así, sustentar su preocupación de que la economía global ha traspasado los límites del planeta, en cuanto a su capacidad para producir materias primas y absorber residuos.

#### **4.2 Evidencia empírica**

El tema del deterioro medioambiental en las diferentes economías es bastante relevante hoy en día, la huella ecológica sin duda es uno de los indicadores que mejor lo explica, sin embargo, al día de hoy aún hay países que no le dan mayor relevancia a la hora de plantear políticas. En primera instancia se exponen los estudios que han investigado la relación entre huella ecológica y crecimiento económico, como la de Yang et al. (2021) aplicada a los países de la OCDE, donde, utilizando un enfoque econométrico avanzado obtienen que a largo plazo el crecimiento económico y la renta de los recursos naturales incrementan la HE contribuyendo así al deterioro ambiental. En concordancia, una investigación hecha por Ali et al. (2021) confirma esta relación, en su investigación incluyen a 128 países clasificados por ingresos aplicando un modelo econométrico de datos panel, donde se demuestra que la hipótesis ambiental de Kuznets es validada para los 48 países en vías de desarrollo, y se confirma que en ellos el crecimiento económico incrementa la HE, mientras que, la urbanización la reduce.

En el mismo sentido, un estudio bastante interesante es el que plantea Hassan et al. (2019) en el que también examinan la relación entre el crecimiento económico y la HE, de la mano del capital humano, teniendo como resultado que el crecimiento económico aumenta la huella ecológica, no obstante, el capital humano la reduce. En el mismo año, Danish y Wang (2019) publican un artículo que investiga los factores impulsores de la huella ecológica en

economías emergentes, en él aplican un estimador que compara la heterogeneidad y la dependencia entre países, y se vuelve a comprobar la influencia positiva del crecimiento económico sobre la HE, sin embargo, un resultado curioso es que, si el crecimiento económico y la urbanización son moderados estos reducen la HE, pero solo por su parte, el incremento de la urbanización también es perjudicial para el medio ambiente, aumentando la HE.

En la misma línea, el estudio del medio ambiente y el crecimiento económico también se fundamenta en investigaciones sustentadas en la Teoría Ambiental de Kuznets, por ello, se exhiben a continuación algunas de ellas. Con resultados a favor se incluyen las investigaciones de Germani (2020), quien postula que en Italia la relación entre HE y crecimiento económico es exacta a Kuznets donde el impacto ambiental aumenta con el ingreso per cápita hasta que alcanza un máximo y luego disminuye a medida que el ingreso sigue aumentando. Del mismo modo, Lazăr et al. (2019) en su estudio desarrollado en Europa presentan que la relación entre el PIB y el CO<sub>2</sub> si muestra una parte ascendente y otra descendente. De igual manera, Wang et al. (2020) llegan a la conclusión de que, la intensidad energética primero aumenta y luego disminuye, mostrando una forma de U invertida, es decir, a pesar de cierta asimetría el crecimiento económico reduce en el largo plazo la contaminación. Algo semejante ocurre con la investigación de Churchill et al. (2020), quienes sugieren que al aplicar una metodología de estimación no paramétrica la Curva Ambiental de Kuznets convencional se cumple en países con altos ingresos y con altas emisiones de CO<sub>2</sub> en el territorio australiano, alcanzando su punto máximo en 2010 y disminuyendo a partir de entonces.

En un panorama más cercano al de Ecuador se referencia la investigación realizada por Pinzón et al (2018), donde, confirma la validación de la CKA para Colombia. Por el contrario, hay quienes han obtenido resultados que no favorecen la teoría ambiental de Kuznets, como Aydın et al. (2019) que, al investigar los efectos no lineales del crecimiento económico sobre las huellas ecológicas como indicador de la degradación del medio ambiente en 26 países de la Unión Europea, concluyen que la presión ambiental tiende a aumentar con el desarrollo económico, pero luego no disminuye con el crecimiento de todas las huellas ecológicas, resultando que no existe una relación asociada a la Curva Ambiental de Kuznets. Inclusive, He et al. (2021) en su estudio para 290 ciudades chinas afirman que, aunque en la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets propone un nexo entre economía y medio ambiente en forma de U invertida, es una configuración demasiado restrictiva, ya que, se debe tener en cuenta la contaminación diversificada, la heterogeneidad regional y la fuerte intervención del gobierno en China.

En adelante se hace mención a investigaciones que sustentan la relación entre el medio ambiente a través de la HE con la renta de recursos naturales. A continuación, se referencian autores que obtuvieron resultados a favor de la misma como, Ulucak y Khan (2020) quienes encontraron que en economías BRICS (economías emergentes con gran potencial), la renta de los recursos naturales y la urbanización disminuyen la HE, lo que implica que tienen un efecto positivo sobre la calidad ambiental, también, los resultados aprueban la EKC para los países BRICS cuando la HE se utiliza como indicador de degradación ambiental. Asimismo, Gupta et al. (2022) utilizando una prueba de cointegración obtienen que en Bangladesh los recursos naturales están reduciendo la huella ecológica, en cambio, la urbanización y densidad poblacional la incrementa.

No obstante, son más las investigaciones que obtienen que la renta de recursos naturales interviene como degradador de la calidad ambiental, Ahmad et al. (2020) confirman una relación estable a largo plazo entre la HE y los recursos naturales, siendo la misma una relación positiva, además la prueba de causalidad que aplicaron muestra que cualquier política dirigida a los recursos naturales, y el crecimiento económico altera significativamente la huella ecológica y viceversa. Por su parte, Nathaniel et al. (2021) llega a la misma conclusión para las economías BRICS. Semejante a lo ya mencionado, Ahmed (2020) utilizando una prueba de cointegración y causalidad obtienen que existe una relación a largo plazo entre las variables de estudio, y en efecto, la renta de los recursos naturales y la urbanización aumentan la HE en China, mientras que, el capital humano ayuda a su mitigación; además, la prueba de causalidad revela una causalidad unidireccional desde los recursos naturales hasta la huella ecológica, y que la urbanización también causa huella ecológica Granger.

En el mismo sentido, Alvarado (2021) analiza la degradación ambiental asociada a la huella ecológica en América latina examinando el efecto de la complejidad económica y la renta de los recursos naturales sobre la HE per cápita de la región, del que de igual manera se obtiene una relación positiva entre la renta de recursos naturales y la HE. Más investigaciones como las elaboradas por Ullah et al. (2021); Shehzad et al. (2022); Jahanger et al. (2022); Awosusi et al. (2022) confirman que la relación positiva entre la renta de recursos naturales y la huella ecológica se cumple también en países en desarrollo de las regiones de África, Asia y América latina y el Caribe. Además, en la investigación realizada por Shehzad et al. (2022) se obtuvo mediante el método de cointegración ARDL una relación causal unidireccional entre los recursos naturales y la HE al pasar de los recursos naturales a la degradación ambiental en Argelia.

Seguidamente se exponen las investigaciones que obtuvieron una relación positiva entre la urbanización y la huella ecológica. En este sentido, Rivera (2020) en su investigación dirigida a la estimación de las relaciones de la CKA para Colombia obtiene entre uno de sus resultados que existe relación positiva entre la HE y la urbanización, afirmando que el crecimiento de la población urbana repercute directamente sobre la huella ambiental, haciendo muy notorio su incremento. Similar a ello, para los países de la ASEN-4 integrado por Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia, Salman et al. (2022) encuentra que la urbanización y las huellas ecológicas no exhiben una curva en forma de U invertida tanto a corto como a largo plazo, sin embargo, el impacto de la urbanización registró una huella ecológica relativamente mayor en Indonesia y Tailandia, además, se confirmó la causalidad bidireccional entre la urbanización y la huella ecológica en estos países. Algo semejante ocurre con las naciones del G7, donde Ahmad et al. (2021) manifiesta que la urbanización estimula la degradación ambiental al aumentar las huellas ecológicas.

La urbanización es la principal fuerza impulsora del desarrollo económico social regional, por ello, Luo et al. (2018) investiga la relación entre la urbanización y la huella ecológica china, estimando la presión ecoambiental del proceso de urbanización en el medio oeste de China de 2005 a 2020, los resultados mostraron que la urbanización en el medio oeste de China aumentó gradualmente la presión ecológica y se prevé que continúe aumentando hasta 2020, además, se reveló que la región central tiene la mayor presión ecológica, porque es la principal zona de producción de cereales de China y aquí se han formado un gran número de aglomeraciones urbanas. Son pocas las investigaciones que han conseguido una relación negativa entre urbanización y HE, como Udemba (2020) para Nigeria, donde aplica el método de retraso distribuido autorregresivo y causalidad de Granger, obtiene que existe una relación positiva entre el ingreso y la HE, sin embargo, se revela una relación negativa entre el ingreso y la población del país.

La educación es un factor clave para un desarrollo sostenible, por ello, algunos investigadores la postulan como una solución a la constante degradación ambiental. En efecto, Ahmed et al. (2020) analiza la relación entre la HE y el capital humano para los países del G7 utilizando estimadores de datos de panel avanzados en datos y obtiene que la urbanización aumenta la HE, mientras que el capital humano la reduce. Por su parte, Zafar et al. (2019) explora el efecto de las cantidades de recursos naturales, capital humano e inversión extranjera directa sobre la huella ecológica en EE. UU. mediante el método de raíz unitaria de Zivot-Andrews del que obtuvo que, en definitiva, los recursos naturales y el capital humano son útiles

para reducir la HE. Con resultados similares, Ahmed et al. (2020) en su estudio aplicado a la población China ya antes mencionado, confirman la relación de equilibrio a largo plazo entre las variables, y que, la urbanización y el crecimiento económico contribuyen a la degradación ambiental, mientras que el capital humano mitiga el deterioro ambiental reduciendo la HE.

Para Chen et al. (2019) la conciencia (educación) ambiental del gobierno y de los ciudadanos, sobre todo en los países menos adelantados tiene un impacto beneficioso en la calidad ambiental, puesto que, en los países que haya más conciencia dedicarán más recursos a combatir la contaminación y, en efecto, provocan que los puntos de inflexión de la curva de Kuznets lleguen más rápido y con niveles de ingresos más bajos. No obstante, Chakravarty y Mandal (2020) establecen que, el crecimiento puede no afectar al medio ambiente a través de la tecnología, es así como las economías desarrolladas elevan su eficiencia ambiental a medida que su ingreso per cápita aumenta, en cambio, las economías en desarrollo mantienen una relación negativa entre la eficiencia ambiental e ingresos debido a la falta de tecnología. Asimismo, Langnel et al. (2021) en su estudio analizan el efecto heterogéneo de la desigualdad de ingresos, el capital humano y los recursos naturales en la huella ecológica de los países miembros de la Comunidad Económica de los Estados de África Occidental, del mismo se obtiene que la acumulación de capital humano es importante para la sostenibilidad ambiental, dado que, ejerce un efecto reductor en el nivel de la huella ecológica de Burkina Faso y Gambia, además se observa también que la abundancia de recursos naturales no es amigable con el medio ambiente para Camerún y Nigeria.

Debido a los devastadores efectos que han presenciado las economías desarrolladas por su rápido crecimiento las investigaciones de la relación entre huella ecológica y crecimiento económico han tomado fuerza en los últimos años, no obstante, los países latinoamericanos al no presenciar en mayor medida estos efectos no le dan la respectiva atención, lo que a futuro podrá terminar en la misma situación. Si bien es cierto, existen investigaciones que estudian la relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, sin embargo, la huella ecológica es una medida más integral que las emisiones de CO<sub>2</sub>, además la mayoría de investigaciones son en relación a economías desarrolladas, pocas son las investigaciones aplicadas para países latinoamericanos como Ecuador, además la presente investigación añade variables de control que según la literatura son las principales causas del deterioro ambiental pero que, a pesar de ello no han sido estudiadas en un solo modelo, por ello, se espera generar un aporte socioeconómico positivo para el país.



## **5. Metodología**

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron varios métodos de investigación, entre ellos, el método deductivo, empleado con el fin de obtener conclusiones en base a las hipótesis planteadas y así conseguir delimitar la problemática en cuestión; además, se empleó un método analítico y estadístico, ya que, la idea es que mediante números y estadísticas se pueda comprobar que el crecimiento económico causa el incremento de la huella ecológica de Ecuador y por ende empeora su calidad ambiental; asimismo, dado que las variables utilizadas son medibles se pudo aplicar técnicas matemáticas y econométricas para predecir e identificar el comportamiento de las variables de control con respecto a la huella ecológica, y de esta manera determinar, medir y evaluar sus efectos sobre la misma; adicionalmente, se utilizó un método correlacional para evaluar la relación estadística y la influencia existente entre unas variables a otras.

### **5.1 Tratamiento de datos**

Este trabajo de investigación se realizó en base a datos del Banco Mundial (2020), del Global Footprint Network (2020) y Penn World Table (2020) para Ecuador, determinado de forma temporal en el periodo 1980-2020; se toma este periodo de tiempo, ya que, la disponibilidad de datos para los países latinoamericanos como es el caso de Ecuador es limitado, más aún los datos de años recientes. Las variables incluidas son datos de series temporales, donde, la variable dependiente es la huella ecológica medida en hectáreas globales y la variable independiente es el PIB medido en dólares a precios constantes de 2015. Además, para darle un mayor ajuste al modelo, se incluyeron las siguientes variables de control: capital humano, como un índice que mide el nivel de educación de la población ecuatoriana, y la renta de recursos naturales como porcentaje del PIB. La finalidad de agregar variables de control es encontrar determinantes adicionales que incidan en el incremento de la HE, además, las variables huella ecológica y crecimiento económico se convirtieron a logaritmos para obtener mejores resultados (Tabla 1).

La importancia de tomar el crecimiento económico como variable independiente radica en la evidente influencia que tiene la misma sobre la huella ecológica, ya que, los países incurren en todo tipo de explotación para su crecimiento económico incrementando la huella ecológica; además, se incluyó como variable de control el capital humano, debido a que una mejora o desmejora de la misma puede generar conciencia ambiental e influir sobre la variable dependiente; por otra parte, la importancia de tomar en cuenta la renta de recursos naturales es

que al ser una de los principales ingresos de un país que depende mayormente del sector primario como Ecuador se explota intensiva y desmedidamente el mismo sin concientizar en consecuencias ambientales.

**Tabla 1.**

*Descripción de las variables.*

<b>Variable</b>	<b>Notación</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Definición</b>	<b>Fuente</b>
<u><i>Dependiente</i></u>				
Huella Ecológica	loghe	Hectáreas globales	Es una medida de la cantidad de tierra y agua biológicamente productiva que requiere un individuo, población o actividad para producir todos los recursos que consume y para absorber los desechos que genera.	Global Footprint Network (2020)
<u><i>Independiente</i></u>				
Producto Interno Bruto	logpib	US\$ a precios constantes del 2015	Es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más el impuesto a los productos, menos el subsidio no incluido en el valor de los productos.	Banco Mundial (2020)
<u><i>Controles</i></u>				
Capital humano	edu	Índice	Mide la productividad de una persona cuando sea un trabajador en el futuro basado en años de escolaridad y retornos a la educación.	Penn World Table (2020)
Renta de recursos naturales	rn	Porcentaje del PIB	Se considera a la suma de la renta del petróleo, gas natural, carbón, mineral y forestal de un determinado.	Banco Mundial (2020)

*Nota.* Adaptado con información del Banco Mundial (2020), Global Footprint (2020) y Penn World Table (2020).

Es necesario analizar las principales características de las variables que se incluyeron en el modelo econométrico, por ello a continuación en la Tabla 2 se presentan los estadísticos descriptivos en el que se expone media, desviación estándar, mínimo y máximo de las observaciones. Es así que, se obtiene que la variable dependiente huella ecológica en Ecuador para el periodo de estudio presenta una media de 16.95, su desviación estándar es de 0.26 con respecto a la media (datos poco dispersos), y muestra un mínimo de 16.52 y un máximo de 17.31; por otra parte, la variable independiente posee una media de 24.70 y una desviación estándar de 0.36, un mínimo de 24.24 y un máximo de hasta 25.35; en el caso de las variables de control resalta la desviación estándar de la renta de recursos naturales, ya que, se visualiza

que esta es más elevada en comparación a las demás, es decir, que sus datos están más dispersos de su media.

**Tabla 2.**

*Estadísticos descriptivos.*

<b>Variable</b>	<b>Obs.</b>	<b>Media</b>	<b>Std. Dev.</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Log (Huella Ecológica)	41	16.952	0.260	16.523	17.312
Log (PIB)	41	24.702	0.360	24.245	25.356
Capital humano	41	2.439	0.264	1.974	2.773
Renta de recursos naturales	41	9.922	4.044	3.722	18.864

## **5.2 Estrategia econométrica**

Con la finalidad de evaluar el comportamiento y relación entre la huella ecológica y el crecimiento económico a lo largo del tiempo se emplea un modelo econométrico de series de tiempo en base a técnicas de cointegración y causalidad para verificar la relación a corto y largo plazo de las variables, y la existencia de una relación causal entre las mismas, Méndez (2020) realiza una investigación sobre urbanización y crecimiento económico donde analiza la relación entre dichas variables en Ecuador en el periodo 1961-2015, utilizando las técnicas de cointegración y causalidad; otra investigación que aplica la metodología a utilizar en la presente investigación es la de Armijos y Ludeña (2021) para el análisis del comportamiento de la función de importaciones en Ecuador desde el papel de la política comercial.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se aplicó un modelo econométrico de series de tiempo para Ecuador en el periodo 1980 a 2020, mismo que se detalla a continuación.

### **5.2.1 Objetivo específico 1**

*Analizar la evolución y correlación entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un análisis gráfico y estadístico, para estudiar los factores que determinan la contaminación a lo largo del tiempo.*

Se realizan gráficos de evolución que permiten visualizar el comportamiento de la huella ecológica de Ecuador entre los años 1980 y 2020, y del crecimiento económico de Ecuador entre los años 1980 y 2020, además, se elaboran gráficos de correlación entre las variables principales para determinar la asociación o correlación entre las mismas a lo largo del periodo de estudio. La teoría de la correlación tiene su origen en el siglo XIX propuesta por el científico inglés Francis Galton en 1869. Otras investigaciones como las de Maldonado (2019); Masache (2021) emplearon esta metodología para comprobar los determinantes del deterioro ambiental.

Seguidamente, se exhibe la ecuación (1) correspondiente para la obtención del coeficiente de correlación de Pearson (1896).

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (1)$$

Donde  $r$  es el coeficiente de producto-momento de correlación;  $\sigma_{xy}$  es la covarianza de las variables  $X$  y  $Y$ ;  $\sigma_x$  es la desviación de  $X$ ;  $\sigma_y$  es la desviación de  $Y$ .

Para detectar la multicolinealidad se emplea el método de Factor de Inflación de la Varianza (VIF), del que, si se obtiene un VIF menor a 10, se concluye que no hay problema multicolineal.

### 5.2.2 Objetivo específico 2

*Determinar la relación de corto y largo plazo entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un modelo econométrico de series de tiempo, con el fin de estimar la relación de equilibrio entre las variables.*

Para cumplir con el segundo objetivo; se plantean primero las ecuaciones (2) y (3), como ecuaciones bases; como punto de partida para determinar la relación de corto y largo plazo de la variable de crecimiento económico sobre la huella ecológica; también se integran dos variables de control para examinar el efecto que tienen sobre la variable dependiente.

$$\text{Loghe}_t = f(\text{logpib}_t) \quad (2)$$

$$\text{Loghe}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{logpib}_t + \beta_2 \text{edu}_t + \beta_3 \text{rn}_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Donde,  $\text{Loghe}_t$  es la variable dependiente, misma que representa el impacto de la producción requerida para la satisfacción de las necesidades humanas sobre la naturaleza en el periodo ( $t$ );  $\beta_0$  es el intercepto en el tiempo;  $\beta_1 \text{logpib}_t$  es la variable independiente, que mide el efecto del crecimiento económico sobre el medio ambiente de Ecuador;  $\beta_2 \text{edu}_t$  es el capital humano como medida de la educación ( $\text{edu}$ );  $\beta_3 \text{rn}_t$  la renta de recursos naturales; y  $\varepsilon_{it}$  es el término de error, el cual agrupa todas las variables que inciden en la variable dependiente pero que no están expresadas en el modelo.

Luego, se verifica la normalidad del modelo mediante las pruebas de Shapiro-Wilk (1965), Jarque-Bera (1980) y Skewness-Kurtosis, con el fin de verificar si los errores están distribuidos simétricamente y, por lo tanto, si la probabilidad  $\chi^2$  es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula de disponibilidad, en caso contrario se acepta  $H_0$ .

Antes de la estimación de los modelos de corto y largo plazo esta investigación analiza las propiedades de estacionariedad de las variables porque los modelos a aplicar solo son pertinentes si las variables modeladas se integran al nivel 1(0) o 1(1). Para ello, se utiliza la prueba de raíz unitaria de Zivot y Andrews (1992), que puede detectar una propiedad estacionaria en presencia de una ruptura estructural, con el fin de asegurar que las variables no tengan efecto tendencial y se pueda trabajar correctamente más adelante. Esta prueba fue aplicada también por Zafar et al (2019) para determinar si el capital humano, los recursos naturales y la IED eran determinantes de la HE en Estados Unidos. Además, el autor que desarrollo dicha metodología fue Christopher Baum en 2015 en Boston College con el comando `zandrews` en el software Stata, calculando la prueba de raíces unitarias de Zivot-Andrews, ya mencionada, para una serie de tiempo que permite una ruptura estructural en la serie, que puede aparecer en intersección, tendencia o ambas. De este modo, si se verifica que existe problemas de no estacionariedad, se aplica primeras diferencias para corregir el mismo. Dicha prueba se expresa a continuación en las ecuaciones (4), (5) y (6).

$$\Delta y = \sigma + u y_{t-1} + \beta_t + r DU_t + \sum_{j=i}^t d_j \Delta y_{t-j} + \epsilon_t \quad (4)$$

$$\Delta y = \sigma + u y_{t-1} + \beta_t + \theta DT_t + \sum_{j=i}^t d_j \Delta y_{t-j} + \epsilon_t \quad (5)$$

$$\Delta y = \sigma + u y_{t-1} + \beta_t + \theta DT_t r DU_t + \sum_{j=i}^t d_j \Delta y_{t-j} + \epsilon_t \quad (6)$$

Donde:  $DU_t$  representa la variable ficticia para un cambio medio que tiene lugar en cada pausa de tiempo potencial;  $DT_t$  representa el cambio de tendencia de la variable utilizada. Formalmente se expresa en la ecuación (6).

Tomando en cuenta las rupturas estructurales en serie, se aplica la prueba de cointegración de Hatemi-J (2008) para examinar las características de cointegración entre crecimiento económico, renta de recursos naturales, educación y huella ecológica en Ecuador en el largo plazo. Por lo cual, Hatemi-J (2008) propone tres estadísticos de prueba basados en residuos para la cointegración teniendo en cuenta dos posibles cambios de régimen. Este enfoque es más apropiado para probar la cointegración con dos cambios de régimen desconocidos. Además, la metodología empírica permite determinar las fechas de los quiebres

de forma endógena en lugar de exógena, a diferencia de las pruebas de quiebres estructurales convencionales.

Otros investigadores utilizaron también esta prueba de cointegración, Charfeddine (2017) la aplica para corroborar si existe cointegración en presencia de dos rupturas estructurales entre consumo de energía, desarrollo económico, huella ecológica y emisiones de CO<sub>2</sub>; también Mrabet y Alsamara (2017) utilizan dicha metodología para comprobar el cumplimiento de la CKA en Qatar. Esta prueba fue estimada en el software estadístico Gauss y fue desarrollada por Nazlioglu en el año 2021. En este sentido, Hatemi-J generaliza a la siguiente ecuación (7):

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \beta_0 x_t + \beta_1 D_{1t} x_t + \beta_2 D_{2t} x_t + u_t \quad (7)$$

Donde,  $D_{1t}$  y  $D_{2t}$  son variables ficticias definidas seguidamente en las ecuaciones (8) y (9).

$$D_{1t} = \begin{cases} 0 & \text{if } t \leq \lfloor \eta\tau_1 \rfloor \\ 1 & \text{if } t > \lfloor \eta\tau_1 \rfloor \end{cases} \quad (8)$$

$$D_{2t} = \begin{cases} 0 & \text{if } t \leq \lfloor \eta\tau_2 \rfloor \\ 1 & \text{if } t > \lfloor \eta\tau_2 \rfloor \end{cases} \quad (9)$$

Donde,  $\tau_1 \in (0,1)$  son los parámetros desconocidos y  $\tau_2 \in (0,1)$  significan el tiempo relativo del punto de cambio de régimen y el paréntesis indica la parte entera. Para probar la hipótesis nula de no cointegración, Hatemi J propuso el ADF modificado con corrección de sesgo,  $Z_a^*$  y  $Z_t^*$  mismas que se exhiben en las ecuaciones (10), (11) y (12).

$$ADF^* = \inf ADF(\tau), (\tau) \in T \quad (10)$$

$$Z_a^* = \inf Z_a(\tau), (\tau) \in T \quad (11)$$

$$Z_t^* = \inf Z_t(\tau), (\tau) \in T \quad (12)$$

Este trabajo supone una contribución a la literatura disponible en forma de mejora metodológica, ya que, permite posibles rupturas endógenas en los datos mientras se comprueba la cointegración. Sin embargo, cuando el número de rupturas es mayor a dos, la prueba de Hatemi-J (2008) tendría un desempeño pobre. Por lo tanto, es preferible tomar un número no especificado de rupturas en la prueba de cointegración. Para superar esta desventaja, se aplica la prueba de Maki (2012), quien introduce su prueba de cointegración que permite un número desconocido de rupturas. Más autores han utilizado dicha prueba, Pata (2021) la ejecuta en su

investigación para los países BRICS, donde, comprueba la existencia de cointegración entre energías renovables, globalización, agricultura, emisiones de CO2 y huella ecológica; para el caso de Brasil, Adebayo et al (2021) evalúan la relación entre el desempeño económico y la sostenibilidad ambiental teniendo en cuenta el papel del consumo de energía, la urbanización y la apertura comercial. Al igual que la prueba Hatemi-J (2008), el comando en el software utilizado fue desarrollado por Nazlioglu en 2021.

Con el objeto de probar la cointegración que permite rupturas múltiples, se pueden considerar los siguientes modelos de regresión; la ecuación (13) presenta el modelo 0 con cambios de nivel, la ecuación (14) muestra el modelo 1 con cambios de nivel con tendencia, la ecuación (15) exhibe el modelo 2 de cambios de régimen, y la ecuación (16) presenta un modelo 3 con tendencia y régimen.

$$\log he_t = \rho + \sum_{i=1}^k \rho_i D_{i,t} + \theta' Z_t + \epsilon_t \quad (13)$$

$$\log he_t = \rho + \sum_{i=1}^k \rho_i D_{i,t} + \theta' Z_t + \sum_{i=1}^k \theta' Z_t D_{i,t} + \epsilon_t \quad (14)$$

$$\log he_t = \rho + \sum_{i=1}^k \rho_i D_{i,t} + \theta' Z_t + \sigma t + \sum_{i=1}^k \theta' Z_t D_{i,t} + \epsilon_t \quad (15)$$

$$\log he_t = \rho + \sum_{i=1}^k \rho_i D_{i,t} + \theta' Z_t + \sigma t + \sum_{i=1}^k \sigma' D_{i,t} + \sum_{i=1}^k \theta' Z_t D_{i,t} + \epsilon_t \quad (16)$$

En todas las ecuaciones presentadas anteriormente; el subíndice t indica tiempo,  $\log he_t$  denota la variable dependiente;  $Z_t$  denota las variables independientes y  $\epsilon_t$  denota término de error.

Después de haber cumplido con las pruebas anteriores se procede a identificar el impacto que tienen las variables independientes sobre la huella ecológica a largo plazo, para ello, se estima inicialmente un modelo Mínimos cuadrados completamente modificados (FMOLS, por sus siglas en inglés para Fully Modified Ordinary Least Square), desarrollada por Pedroni (2000) como una prueba basada en residuos que proporciona resultados para variables cointegradas. Además, FMOLS se considera como una estimación confiable cuando el tamaño de la muestra es pequeño y elimina los problemas de endogeneidad y correlación serial entre los variables. Seguidamente, se estima un modelo de Mínimos cuadrados dinámicos (DOLS,

por sus siglas en inglés para Dynamic Ordinary Least Square) desarrollado por Stock y Watson (1993), ya que, proporciona mejores resultados que FMOLS y elimina la correlación entre los regresores Kao y Chiang. Finalmente, se estimó una Regresión de cointegración canónica (CCR, por sus siglas en inglés para Canonical Cointegrating Regression) como una estimación robusta para validar los resultados de FMOLS y DOLS.

El estudio de la cointegración tiene su origen en el trabajo de Cochrane y Orcutt de 1949, mediante el cual analizaron los residuales de una regresión clásica como un proceso autoregresivo, sin embargo, es Granger (1981) quien introduce el concepto de cointegración para establecer si variables que siguen sendas de crecimiento evolucionan o no de forma paralela. Además, otros investigadores han utilizado los ya mencionados estimadores para analizar los determinantes del incremento de la huella ecológica, entre ellos se puede referenciar a Danish y Wang (2019); Ulucak y Khan (2020). Dichas estimaciones se ejecutaron en el software estadístico Stata, mediante el comando ktointreg desarrollado por Khodzhimatov en 2018. De las estimaciones realizadas se obtuvo con claridad la dependencia existente entre la huella ecológica (loghe), crecimiento económico (logpib), capital humano (edu), y renta de recursos naturales (rn) en el periodo de estudio, el sistema de ecuaciones se plantea así:

$$\Delta \log h e_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=0}^n \Delta \log p i b_{t-1} + \alpha_2 \sum_{i=0}^n \Delta e d u_{t-1} + \alpha_3 \sum_{i=0}^n r n_{t-1} + \alpha_4 \sum_{i=0}^n \Delta \log h e_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (17)$$

$$\Delta \log p i b_t = \alpha_5 + \alpha_6 \sum_{i=0}^n \Delta e d u_{t-1} + \alpha_7 \sum_{i=0}^n \Delta r n_{t-1} + \alpha_8 \sum_{i=0}^n \Delta \log h e_{t-1} + \alpha_9 \sum_{i=0}^n \Delta \log p i b_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (18)$$

$$\Delta e d u_t = \alpha_{11} + \alpha_{12} \sum_{i=0}^n \Delta r n_{t-1} + \alpha_{13} \sum_{i=0}^n \Delta \log h e_{t-1} + \alpha_{14} \sum_{i=0}^n \Delta \log p i b_{t-1} + \alpha_{15} \sum_{i=0}^n e d u_{t-1} + \varepsilon_{3t} \quad (19)$$

$$\Delta r n_t = \alpha_{16} + \alpha_{17} \sum_{i=0}^n \Delta \log h e_{t-1} + \alpha_{18} \sum_{i=0}^n \Delta \log p i b_{t-1} + \alpha_{19} \sum_{i=0}^n \Delta e d u_{t-1} + \alpha_{20} \sum_{i=0}^n \Delta r n_{t-1} + \varepsilon_{4t} \quad (20)$$

Seguidamente, para determinar el número de rezagos óptimos que se deben utilizar en el modelo de corto plazo, entre las variables incluidas en el modelo en primeras diferencias, el estudio toma cuatro criterios de información: el error de predicción final (FPE), el Criterio de Akaike (AIC), el de Hannan y Quinn (HQIC) y el Bayesiano de Schwarz (SBIC). Habiendo identificado el número de rezagos necesarios se procede con la segunda etapa de la estrategia econométrica, la estimación del Vector de corrección de error (VEC) para verificar si existe relación en el corto plazo. Mas investigaciones ya han utilizado dicha metodología, como la de Yang et al (2021) para la estimación sobre los efectos a largo y corto plazo de la globalización



y el envejecimiento de la población sobre la huella ecológica en los países de la OCDE; asimismo, Saidi y Mbarek (2016) lo emplearon para estimar la relación de corto plazo entre energía nuclear, emisiones de CO2 y crecimiento económico para nueve países desarrollados. A continuación, se plantean las ecuaciones (21), (22), (23) y (24) correspondientes.

$$\Delta \log he_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{i=0}^n \Delta \log pib_{t-1} + \alpha_2 \sum_{i=0}^n \Delta edu_{t-1} + \alpha_3 \sum_{i=0}^n rn_{t-1} + \alpha_4 \sum_{i=0}^n \Delta \log he_{t-1} + \alpha_5 \varepsilon_{t-1} + \lambda_{1t} \quad (21)$$

$$\Delta \log pib_t = \alpha_6 + \alpha_7 \sum_{i=0}^n \Delta edu_{t-1} + \alpha_8 \sum_{i=0}^n \Delta rn_{t-1} + \alpha_9 \sum_{i=0}^n \Delta \log he_{t-1} + \alpha_{10} \sum_{i=0}^n \Delta \log pib_{t-1} + \alpha_{11} \varepsilon_{t-1} + \lambda_{2t} \quad (22)$$

$$\Delta edu_t = \alpha_{12} + \alpha_{13} \sum_{i=0}^n \Delta rn_{t-1} + \alpha_{14} \sum_{i=0}^n \Delta \log he_{t-1} + \alpha_{15} \sum_{i=0}^n \Delta \log pib_{t-1} + \alpha_{16} \sum_{i=0}^n edu_{t-1} + \alpha_{17} \varepsilon_{t-1} + \lambda_{3t} \quad (23)$$

$$\Delta rn_t = \alpha_{18} + \alpha_{19} \sum_{i=0}^n \Delta \log he_{t-1} + \alpha_{20} \sum_{i=0}^n \Delta \log pib_{t-1} + \alpha_{21} \sum_{i=0}^n \Delta edu_{t-1} + \alpha_{22} \sum_{i=0}^n \Delta rn_{t-1} + \alpha_{23} \varepsilon_{t-1} + \lambda_{4t} \quad (24)$$

### 5.2.3 Objetivo específico 3

*Estimar la relación causal entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un modelo de causalidad, para determinar las causas de la degradación ambiental en el largo plazo.*

Para cumplir con el tercer objetivo, se evalúa el sentido de causalidad entre las variables, además, se comprueba si los efectos de una variable sirven para predecir a otra, dicho en otras palabras, si las variables incluidas en el modelo tienen alguna relación causal y directa con la huella ecológica. Gujarati y Porter (2010) explican que, la prueba de causalidad implica la estimación de dos regresiones:

$$X_t = \sum_{i=1}^n a_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i X_{t-i} + u_{1t} \quad (25)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_i X_{t-i} + u_{2t} \quad (26)$$

Donde,  $X_t$  y  $Y_t$  son dos variables estacionarias con  $t = 1, \dots, T$  y las perturbaciones  $U_t$  no están correlacionadas. Conjuntamente, las variables  $X$  y  $Y$  deben ser estacionarias, la

dirección de la causalidad depende de manera crítica del número de retardos incluidos en la regresión y los valores estimados de los coeficientes en esta prueba no son importantes. Es decir, que Y está relacionada con sus valores pasados y con los valores pasados de X.

Para ello, se aplica el test de causalidad basado en Toda y Yamamoto (1995). Esta prueba examina la causalidad direccional entre las variables usando un estadístico de Wald modificado. La prueba, por lo tanto, tiene ventajas deseables sobre el enfoque de causalidad de Granger convencional, como su capacidad para realizar la causalidad en presencia de un orden mixto de integración de los variables y su cointegración. Por lo tanto, esta prueba se realiza en el marco de Mínimos cuadrados completamente modificados (FMOLS), de Mínimos cuadrados dinámicos (DOLS) y Regresión de cointegración canónica (CCR). La hipótesis nula establece inequívocamente la ausencia de causalidad. Más autores han utilizado dicha prueba, Pata (2021); Ahmed et al (2020) para economías BRICS y China, respectivamente. Dicha prueba se la estimó en Gauss mediante el comando creado por Nazlioglu en 2021.

Adicionalmente, para sustentar la prueba de Toda y Yamamoto (1995) se emplea la prueba gráfica de Coherencia de ondículas (WTC, por sus siglas en inglés para Wavelete coherence) en la que se visualiza la intensidad de la relación existente entre las variables, la causalidad espectral y el periodo causal, es decir, si las variables se causan a corto, medio o largo plazo. La intensidad de la relación se identifica por los tonos que presentan los gráficos, el periodo causal por la escala ubicada a la izquierda de la figura y la dirección y existencia de causalidad por las flechas e inclinación de las mismas.

## **6. Resultados**

### **6.1 Objetivo específico 1**

*Analizar la evolución y correlación entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un análisis gráfico y estadístico, para estudiar los factores que determinan la contaminación a lo largo del tiempo.*

#### **6.1.1 Análisis de evolución**

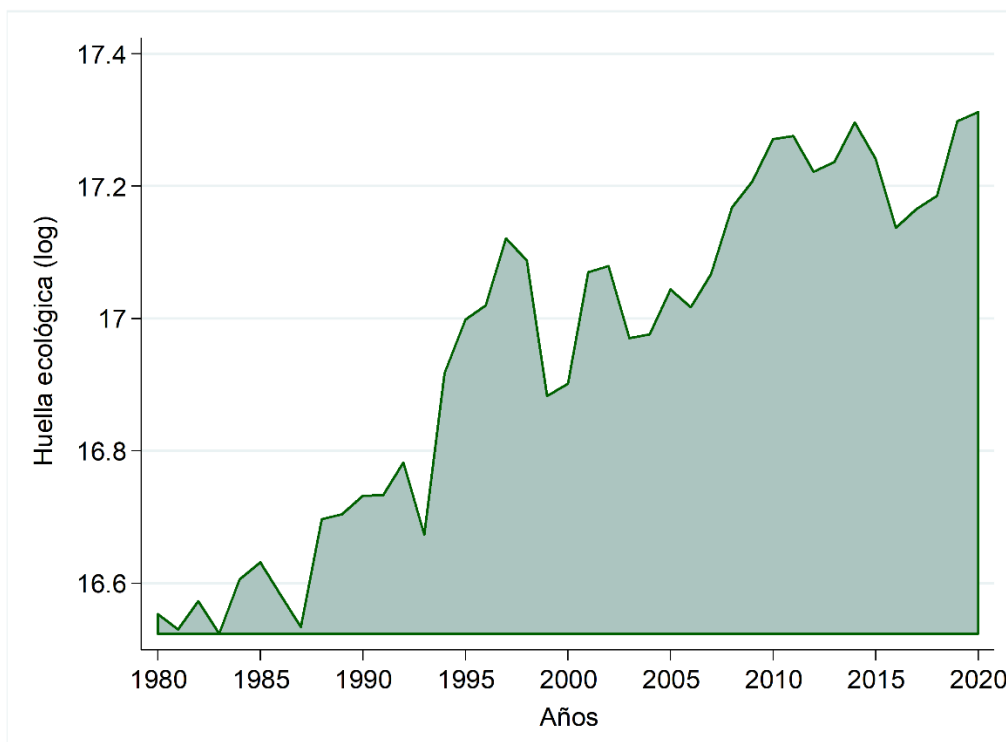
Para dar cumplimiento al objetivo específico 1 se realizaron gráficas de evolución de cada una de las variables incluidas en el modelo. A continuación, la Figura 1 muestra la evolución que ha tenido la huella ecológica de Ecuador en el periodo 1980-2020, en ella, se puede notar un comportamiento ascendente con ciertos declives. A pesar de su continuo ascenso, este era moderado entre los años 1980 y 1987, sin embargo, es a partir de 1990 que la

huella ecológica ecuatoriana se dispara, este comportamiento se le acredita al incremento que tuvieron las actividades extractivas en la década de los 80s y 90s, ya que, según Tomaseli (2004) se llegaron a talar entre 60 000 y 340 000 hectáreas anuales, fue tanta la explotación de esta área que la cobertura pasó del 0.5% al 2.4%.

En adelante, el incremento de la huella ecológica fue inevitable, a tal punto que entre los años 1990 al 2009 la huella ecológica aumentó de 16.73 a 17.21 debido a diversos sucesos de la época como el crecimiento económico, la dolarización, el boom del petróleo, entre otros. Según el MAE (2014) el mayor aumento de la HE se registra en el periodo 2010 a 2011, mismo que fue causado en su mayoría por el aumento global de la Huella de la Pesca. Sin embargo, después del 2011 se nota un pequeño deceso del nivel de HE, mismo que se justifica por la implementación de varias leyes, como menciona Marx (2012) se establece la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los ingresos del Estado, la cual tuvo tres objetivos principales: i) reducir las emisiones contaminantes, ii) cambiar los patrones de consumo, y iii) motivar el uso de transporte público, provocando una reducción de la huella ecológica en ese año. No obstante, más adelante, entre los años 2012 y 2014, Ecuador presentó sus mayores aumentos con el 16% y 14%, debido al incremento desmedido del carbono emitido por la quema de combustibles fósiles, consumo de productos pecuarios, agrícolas y productos forestales. Cabe recalcar que las áreas que más aportaron en el año 2012 al incremento de la Huella Ecológica ecuatoriana fueron los alimentos, el transporte y los bienes. Por el contrario, en los años 2015 y 2016 presentaron una mayor disminución de cifras negativas con - 12% y -11%, esto debió a que el país utilizó sus propios recursos para satisfacer las necesidades de consumo de la población nacional. Sin embargo, esta vuelve a incrementar considerablemente para el 2020 alcanzando el 17.31 considerando que Ecuador sigue siendo un país exportador de biodiversidad.

**Figura 1.**

*Evolución de la variable huella ecológica en Ecuador, periodo 1980-2020.*



Seguidamente, la Figura 2 exhibe la evolución de la variable independiente en Ecuador en el periodo 1980-2020, se observa una tendencia ascendente constante, de 1980 a 1984 el PIB de Ecuador no atravesaba por una buena situación, las estrategias de gobierno eran inestables, el previo retorno al régimen democrático en 1979 y demás desequilibrios económicos arrastrados desde la década anterior, provocó un mínimo incremento del PIB, a esto se le sumó el conflicto bélico con el Perú en enero de 1981 y las inundaciones que afectaron la Costa ecuatoriana en 1982, lo que, redujo la oferta agregada y generó pérdidas de alrededor de 400 millones de dólares en términos de exportaciones de banano, café y cacao. La dependencia que tenía el país sobre los ingresos petroleros y la adquisición de deuda externa fue también una de las principales causas del lento crecimiento económico; años más tarde, con la aplicación de la austeridad fiscal, restricción de la política monetaria, y demás programas de ajustes, el PIB parecía volver a presentar un comportamiento positivo, sin embargo, en 1986 el país atraviesa por una caída del precio del petróleo y el PIB vuelve a tener un declive.

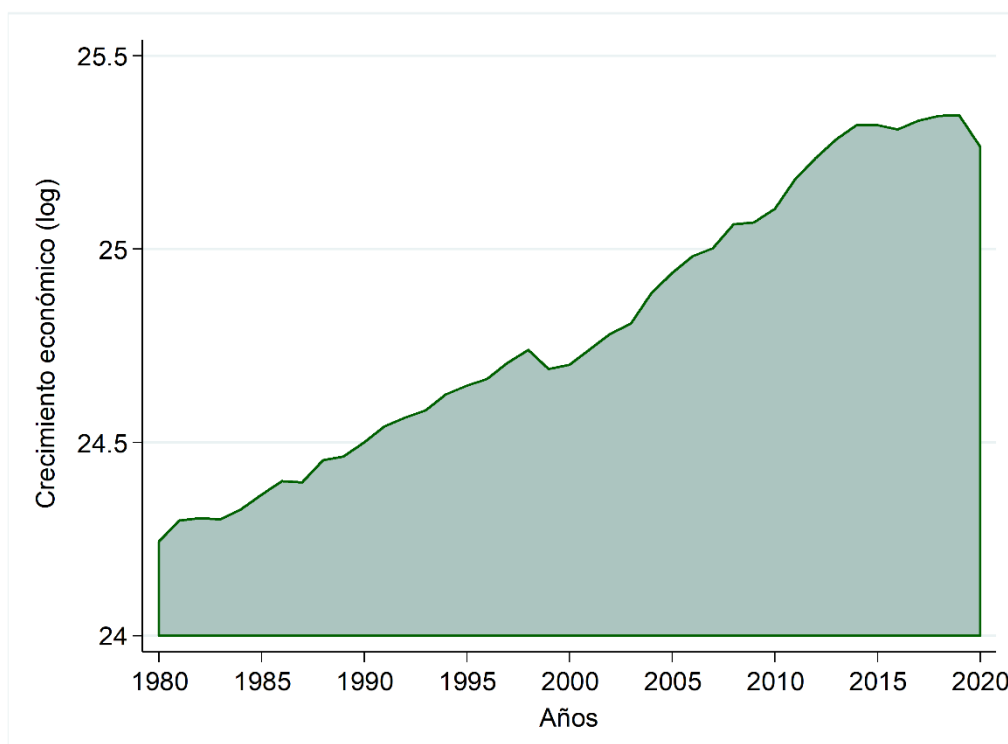
En 1990 la economía ecuatoriana empieza a recuperarse cuando inicia a prevalecer una política de apertura externa y liberalización, siendo el manejo del tipo de cambio la principal causa de su mejora. No obstante, en 1997 y 1998 con la llegada del fenómeno de El Niño la producción nacional se vio afectada provocando un descenso de la economía ecuatoriana,

adicionalmente la crisis financiera internacional de 1999, la continua guerra del Cenepa, el feriado bancario y el congelamiento de los depósitos en la banca marcó un año de inestabilidad en Ecuador. Es así, que en el 2000 el gobierno ecuatoriano liderado por Jamil Mahuad adopta la dolarización, dando como resultado tasas crecientes en los próximos años, gracias al beneficio que representaban las remesas de los emigrantes y la mejora del precio del petróleo.

Nuevamente, en el 2008 la economía ecuatoriana presenta una desaceleración en su crecimiento debido a la crisis financiera mundial de ese año iniciada en Estados Unidos por el problema de solvencia en los créditos hipotecarios que generaron la caída en cadena de importantes entidades financieras a nivel mundial principalmente por la pérdida de credibilidad de las mismas, sin embargo, la caída de la economía ecuatoriana no estuvo asociada a la crisis financiera mundial, ya que, en esa época estaba aislado de los mercados financieros internacionales porque se encontraba en moratoria de la deuda externa, pero el contagio vino por la caída del precio del petróleo desde fines de 2008 hasta mediados de 2009. Por eso, en el año 2009 la economía del Ecuador creció poco (0,6%) pero no se contrajo como las de Chile o Brasil. El problema para el país fue en el año 2010, cuando las economías de América del Sur se recuperaban gracias al renovado influjo de créditos, mientras que, Ecuador seguía aislado de los mercados financieros globales. Así su crecimiento en el 2010 fue relativamente pobre (2,8%), mientras que América del Sur crecía al 6,1%. Por eso, si se compara los años 2008 y 2010, el Ecuador es la segunda economía que menos creció en América del Sur. Para el 2020 se observa una nueva caída de la economía ecuatoriana, misma que se le acredita a la pandemia de Covid-19 de ese año.

**Figura 2.**

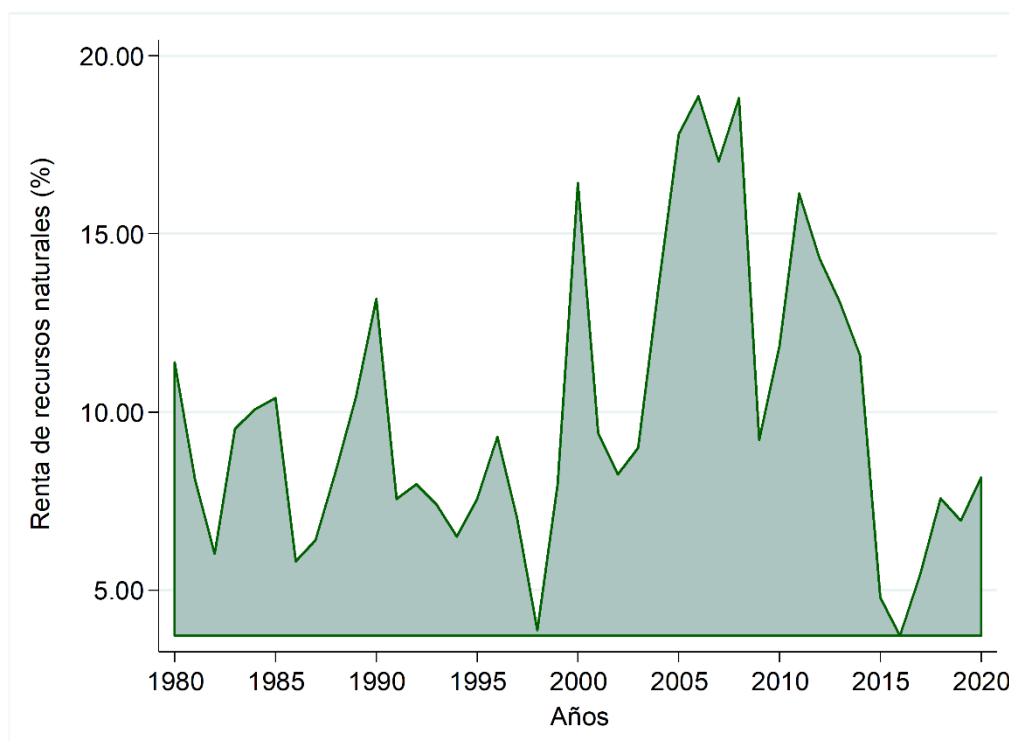
*Evolución de la variable crecimiento económico en Ecuador, periodo 1980-2020.*



Para un mejor análisis y cumplimiento del objetivo específico 1 se realizaron las gráficas de evolución de las variables de control, en este sentido, la Figura 3 muestra la evolución de la renta de recursos naturales en Ecuador en el periodo de estudio, la misma presenta un comportamiento irregular, con picos tanto altos como bajos bastante pronunciado justificados por los cambios constantes en el precio del petróleo, de ellos se destaca el incremento que hubo del año 1986 a 1990, pasando de 5.81% a 13.17% debido al crecimiento que tuvieron las actividades extractivas y la subida del precio del petróleo. Años más tarde, en 1998 la renta de recursos naturales presenta uno de sus puntos más bajos con un 3.88% igualmente ocasionado por una baja en el precio del petróleo y por los daños ocasionados por el fenómeno del Niño de este año. En el 2006 la renta de recursos naturales alcanza su punto más alto con una tasa de 18.86% debido justamente a que en este mismo año la cotización del crudo de la OPEP llegó a su punto máximo de \$72.68 por barril. Sin embargo, para el año 2016 la renta de recursos naturales experimenta una drástica caída, la más baja en el periodo de estudio, registrando 3.72 puntos porcentuales debido a la crisis financiera internacional suscitada en ese año, además hubo una sobreoferta por parte de los principales socios de la OPEP generando una baja en el petróleo.

**Figura 3.**

*Evolución de la variable renta de recursos naturales en Ecuador, periodo 1980-2020.*



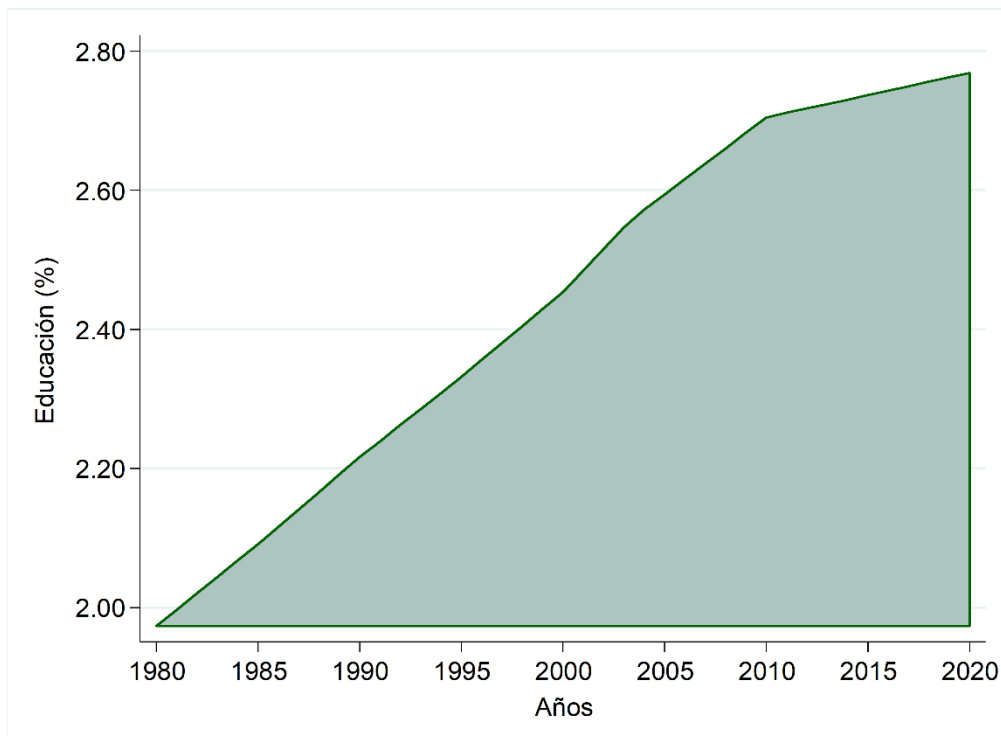
Por su parte, la Figura 4 ilustra la evolución de la educación en Ecuador en el periodo de 1980 a 2020 manteniendo un comportamiento ascendente en ausencia de declives, con la presidencia de Jaime Roldós en 1980 se impulsó el desarrollo de la educación con El Plan Nacional de Alfabetización y se llevó a efecto el Desayuno Escolar para combatir la desnutrición escolar. En 1990 continua el ascenso de la misma, uno de los principales motivos fue la implementación del programa Ecuador Estudia y de los resultados del año de la Post Alfabetización, además, se crea también, la Dirección Nacional de Educación Intercultural Bilingüe. Más adelante, en el período correspondiente a los años 2001 al 2005 se dan varios cambios en las reformas educativas, como el establecimiento del reglamento de educación especial, además, se creó un programa de educación inicial responsable de brindar atención a niños de 0 a 5 años de edad.

Para el 2000, con la dolarización y mejoras económicas se genera una paulatina recuperación de la inversión educativa, puesto que se impulsaron varios programas de educación como el mejoramiento de escuelas unidocentes, alimentación escolar y beca escolar. En este sentido, se obtuvo una mejora en la tasa de alfabetización puesto que incrementó un 3% de 1990 al 2000. A partir del 2010 se evidencia una nueva mejora significativa en el sistema educativo de Ecuador, justificado por una la aplicación de nuevas políticas públicas,

crecimiento económico constante y equitativo, reducción de las brechas del acceso a la educación, aumento del gasto en educación, etc., cabe mencionar que el Gobierno de Rafael Correa, fue uno de los principales impulsores del sector, sus políticas progresistas cambiaron al Estado en sí, su filosofía de cambio social estaba enfocada a la educación y a la salud como elementos fundamentales de matriz productiva.

**Figura 4.**

*Evolución de la variable educación en Ecuador, periodo 1980-2020.*



**6.1.2 Análisis de correlación**

Con la finalidad de observar de manera gráfica la incidencia del crecimiento económico sobre la huella ecológica en Ecuador en el periodo de estudio, se elaboró una gráfica de dispersión, misma que se exhibe en la Figura 5 dividida en dos paneles, en el panel (a) se presenta la correlación entre la variable huella ecológica y crecimiento económico en Ecuador en el periodo 1980-2020, en la que se evidencia una relación positiva, es decir, que un incremento o disminución del crecimiento económico repercute en los niveles de huella ecológica de Ecuador de manera directa, además, se observa que la dispersión de los datos es mínima, ya que, los mismo se encuentran cerca de la línea de tendencia, lo que significa que existe una precisión significativa de la relación encontrada.

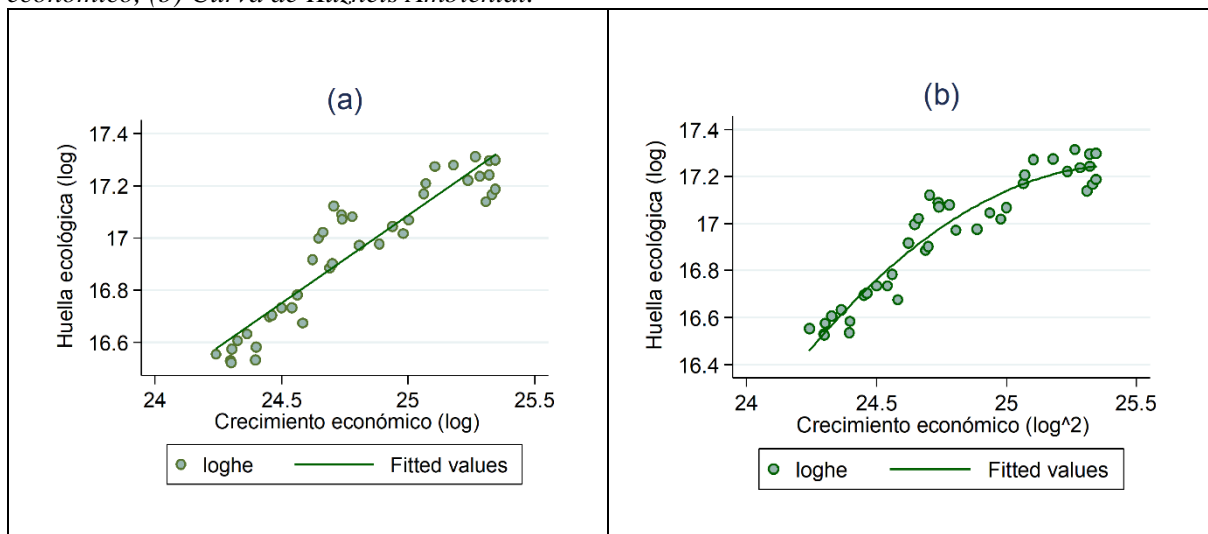
Por otro lado, para verificar si se cumple la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental en el panel (b) se graficó la relación entre huella ecológica y crecimiento económico en su forma



cuadrática, en ella se observa que, en efecto, se cumple la teoría, Ecuador se encuentra en la etapa inicial de la relación, se notan ya pequeñas reducciones en el incremento de la huella ecológica por causa del crecimiento económico, ya que, aunque Ecuador aún depende principalmente de sus recursos naturales se han ido introduciendo, políticas y exigencias ambientales, e incentivos para la creación de producciones más industrializadas que aporten al crecimiento económico, sin embargo, como muestra el panel (b) aún no se consigue el punto máximo en que los niveles de contaminación empiezan a decrecer con el incremento del PIB.

**Figura 5.**

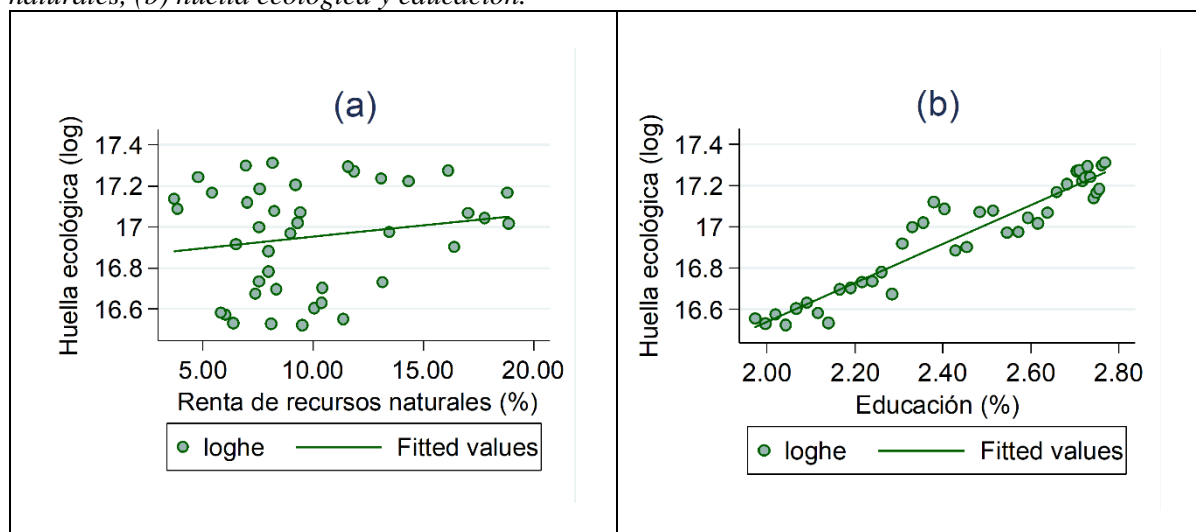
*Correlación para Ecuador en el periodo 1980-2020 entre: (a) huella ecológica y crecimiento económico, (b) Curva de Kuznets Ambiental.*



Adicionalmente, se realizaron gráficas que muestran la relación entre las variables de control y la huella ecológica, en este sentido, la Figura 6 se divide en dos paneles, en el panel (a) se ilustra la correlación existente entre huella ecológica y la renta de recursos naturales en Ecuador en el periodo 1980-2020, obteniendo una leve relación positiva, sin embargo, esta relación no es precisa y puede variar en el tiempo, ya que, de la misma se deduce que no existe una correlación significativa, debido a que la dispersión de los datos se localiza bastante alejados de la línea de tendencia, en otras palabras, una variación en la renta de recursos naturales no causará un efecto impactante sobre la huella ecológica. Por su parte, el panel (b) ilustra la correlación entre la huella ecológica y la educación en Ecuador en el periodo de estudio, se concluye que la influencia que tiene la educación sobre la huella ecológica es positiva, es así que, el incremento de la educación induce un incremento de la huella ecológica y viceversa, de la misma manera, se encuentra que los datos están poco dispersos, denotando que la relación es precisa y ausente de mayores variaciones de su dirección.

**Figura 6.**

Correlación para Ecuador en el periodo 1980-2020 entre: (a) huella ecológica y renta de recursos naturales, (b) huella ecológica y educación.



Para obtener un análisis mejor sustentado sobre la relación entre las variables se obtuvo la Tabla 3 en la que se presenta la matriz de correlación de las variables incluidas en el modelo, corroborando que existe una correlación positiva entre las variables principales del modelo, huella ecológica y crecimiento económico, con un grado de asociación estadísticamente significativo de 93.12%, de esta forma se evidencia que el crecimiento económico si es una variable que se relaciona directamente con la contaminación ambiental. Asimismo, se confirma que no existe una correlación significativa entre renta de recursos naturales y huella ecológica, dado que se obtuvo una asociación mínima de 17.47% estadísticamente no significativa. De igual manera, la correlación obtenida anteriormente entre educación y huella ecológica se sustenta en la matriz de correlación conseguida, con una asociación estadísticamente significativa de 94.90% se concluye que la educación tiene una relación directa con la huella ecológica en Ecuador para el periodo de estudio.

**Tabla 3.**

*Matriz de correlación*

	Huella ecológica	Crecimiento económico	Renta de recursos naturales	Educación
Huella ecológica	1.0000			
Crecimiento económico	0.9312*	1.0000		
Renta de recursos naturales	0.1747	0.1595	1.0000	
Educación	0.9490*	0.9787*	0.2383	1.0000

Nota: \*, \*\*, y \*\*\* representan un nivel de 1%, 5%, y 10% de significancia.

## 6.2 Objetivo específico 2

*Determinar la relación de corto y largo plazo entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un modelo econométrico de series de tiempo, con el fin de estimar la relación de equilibrio entre las variables.*

Para determinar la relación a corto y largo plazo entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador es necesario antes de probar las propiedades de cointegración de las variables, verificar sus propiedades de integración (estacionarias); para ello, la Tabla 4 reporta los resultados de la prueba de raíz unitaria de Zivot y Andrews expresada en las ecuaciones (4), (5) y (6). Los resultados de dicha prueba revelan que solo la variable renta de recursos naturales es estacionaria en niveles, por ello, se procedió a aplicar primeras diferencias, con lo que se logró la estacionariedad de todas las variables, es decir, que las series están integradas en  $I(1)$  y se puede continuar con las pruebas de cointegración. Además, una ventaja de la prueba utilizada es que es capaz de identificar rupturas estructurales en las series de datos, la importancia de ello es que, si en la especificación del modelo de la serie de tiempo no se tiene en cuenta la presencia de estas rupturas, el análisis estaría basado en una aceptación errónea de la hipótesis de raíz unitaria.

En el caso de la presente investigación se observa que, en efecto, existen rupturas estructurales en niveles y en primeras diferencias, en el año 1998 para la huella ecológica causado por varios fenómenos de la época, como las consecuencias de los desastres naturales (principalmente la del Fenómeno del Niño de 1997 y 1998) que generaron una caída en el sector agropecuario, y, la adopción de la nueva carta magna en el gobierno de Fabian Alarcón, en la que se añadió el derecho a los colectivos de los ciudadanos a un medio ambiente sano, provocando esta reducción de la huella ecológica. En la misma línea, los resultados muestran una ruptura estructural en 2011 para el crecimiento económico a causa de la expansión de la inversión y del consumo, la primera tanto por la continuación de los importantes planes de inversión pública como por la inversión en vivienda financiada por gasto público, por su parte, el dinamismo del consumo estuvo determinado por el alza de los salarios reales, los subsidios directos que entrega el Estado a los hogares y el notable aumento del crédito.

Continuando con el análisis, en 2009 para la renta de recursos naturales se reporta otra ruptura estructural, producto de la caída del precio del petróleo de ese año y de la reducción de las inversiones de compañías privadas por su infraestructura de producción obsoleta, en consecuencia, persistió la caída de la producción del conjunto de yacimientos, se cerraron

cientos de pozos por daños sufridos en las estructuras y equipos, sumado a esto, la ausencia de programas para la aplicación de nuevas tecnologías no permitía un avance en el sector; en 2011 para la educación se observa una ruptura estructural justificada por el aumento del gasto público en programas educativos a través de la Ley Orgánica de Educación Intercultural, el Reglamento de la Ley Orgánica de Educación Intercultural, y la Estrategia Nacional Intersectorial para el desarrollo infantil integral.

**Tabla 4.**  
*Prueba de raíz unitaria de Zivot y Andrews*

	<i>At Level I (0)</i>		<i>First Difference I (1)</i>	
	<b>I and T</b>	<b>Break-Time</b>	<b>I and T</b>	<b>Break-Time</b>
Huella ecológica	-4.67	1994	-6.96***	1998
Crecimiento económico	-1.75	2011	-6.11***	2011
Renta recursos naturales	-5.11**	2004	-6.67***	2009
Educación	-4.73	2008	-5.90***	2011

*Nota:* \*, \*\*, y \*\*\* representan un nivel de 10%, 5%, y 1% de significancia. I y T significan intersección y tendencia.

### 6.2.1 Relación de largo plazo entre las variables

Una vez verificada la estacionariedad de las variables, se procedió a verificar la cointegración existente mediante la prueba de Hatemi-J (2008) planeada en la ecuación 7, este enfoque es más apropiado para probar la cointegración, ya que, incluye dos rupturas estructurales desconocidas. Además, la metodología empírica permite determinar las fechas de los quiebres de forma endógena en lugar de exógena, a diferencia de las pruebas de quiebres estructurales convencionales. Como se puede evidenciar en los resultados de la prueba de cointegración presentados en la Tabla 5, las pruebas ADF (Dickey-Fuller aumentada) y Zt modificadas rechazan la hipótesis nula de no relación de cointegración entre las variables al nivel de 1% de significancia, ya que, el estimador de ambas pruebas es mayor en valores absolutos al estimador de los valores críticos, mientras que Za no rechaza la hipótesis de no cointegración. Por lo tanto, la prueba de cointegración basada en rupturas estructurales endógenas indica una fuerte evidencia del impacto a largo plazo del crecimiento económico, la renta de recursos naturales y de la educación sobre la huella ecológica en Ecuador con dos cambios de régimen, es decir, los cambios de las variables independientes (crecimiento económico, renta de recursos naturales y educación) provocan un cambio en la huella ecológica de Ecuador.

Las pruebas ADF y Zt coinciden en la selección de la primera ruptura estructural, siendo esta en el año 2000, que se debe a dos principales razones, la primera, corresponde a los resultados de la mayor crisis económica que vivió Ecuador en 1999, en la que la inflación anual

fue de hasta 60,8%, y, la segunda, a la dolarización en enero del 2000, que a su vez, fue una medida adoptada para contrarrestar los niveles de inflación, sin embargo, pese a la dolarización y al impedimento de emitir moneda la inflación anual fue de 91% la más alta de Latino América debido principalmente a la especulación, en consecuencia, en diciembre de 2000, el costo de la canasta básica fue de USD 252.9 mientras que el ingreso familiar mensual promedio fue de USD 163.6, es decir, una restricción de USD 89.4 para acceder a la canasta básica, a partir de estos sucesos el país vivió un proceso de adaptación y cambios políticos, sociales, económicos e institucionales influyendo directamente en cada una de las variables incluidas en el modelo generando un cambio en la tendencia de los datos.

Dentro de este marco, la segunda ruptura según la prueba ADF se da en 2010 producto de las secuelas de la desestabilización del gobierno de ese año que desembocó en una crisis política causada principalmente por la protesta policial contra la Ley Servicio Público aprobada por la asamblea en el gobierno de Rafael Correa. Asimismo, de acuerdo a la prueba Zt también hay una segunda ruptura en el año 2005, justificada por la drástica deflación del año previo, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2004) Ecuador registró una inflación anual de 1,95% en el 2004, una fuerte desaceleración frente al 6,07% del 2003 y uno de los niveles más bajos en más de tres décadas, adicional a esto, en el año 2005 se suscitó el derrocamiento del gobierno del en ese entonces presidente Lucio Gutiérrez a manos de la Rebelión de los Forajidos que fue un movimiento golpista civil respaldado por el comando conjunto de las fuerzas militar.

**Tabla 5.**  
*Resultados de la prueba de cointegración Hatemi-J.*

	Test Stat.	Valores críticos			Años de ruptura	
		1%	5%	10%	Primera	Segunda
ADF	-8.46***	-7.83	-7.35	-7.12	2000	2010
Zt	-8.76***	-7.83	-7.35	-7.12	2000	2005
Za	-50.21	-118.58	-204.86	-97.15	1998	1999

- Resultado de la prueba ADF: Rechazar la hipótesis nula de no cointegración al nivel del 1%.
- Resultado de la prueba Zt: Rechazar la hipótesis nula de no cointegración al nivel del 1%.
- Resultado de la prueba Za: No se puede rechazar la hipótesis nula de no cointegración.

En la misma línea, para obtener mejores resultados al estimar la relación entre las series, es esencial examinar la asociación a largo plazo entre los parámetros tomando en cuenta un número indefinido de rupturas estructurales. Cuando el número de rupturas es menor a dos, el test de Hatemi-J (2008) tiene un buen desempeño, dado que, una relación de cointegración tiene un número desconocido de rupturas, es preferible tomar un número no especificado de rupturas

en la prueba de cointegración. En este sentido, para superar esta desventaja, Maki (2012) introduce la prueba de cointegración que permite un número desconocido de rupturas. Basado en esto, el estudio actual aplicó la cointegración Maki expresada en las ecuaciones (13), (14), (15) y (16) que puede capturar tanto la cointegración y cinco descansos en serie respectivamente.

Los resultados del Maki se representan en la Tabla 6, se logra evidenciar que la huella ecológica y el crecimiento económico, y demás variables de control están cointegradas con rupturas múltiples en el largo plazo. Más específicamente, en cuanto al comportamiento de cointegración del modelo, se obtuvo que, existe cointegración cuando hay un cambio de nivel (modelo 0) siendo este resultado estadísticamente significativo a un nivel del 1% con dos rupturas estructurales en 1997 y 2016; cuando hay un cambio en el nivel de tendencia (modelo 1) también estadísticamente significativo con tres rupturas estructurales en 1992, 1996, y 2002; cuando hay un cambio en el régimen (modelo 2) estadísticamente significativo con tres rupturas estructurales en 1998, 2001, y 2011; y cuando hay un cambio de régimen y tendencia a la vez (modelo 3) con significancia estadística del 1% con tres rupturas estructurales en los años 1992, 2001 y 2014.

En este sentido, Maki además de dos rupturas encontradas en la prueba de cointegración de Hatemi-J (2008), es capaz de detectar varias rupturas más, como la de 1992 por las medidas neoliberales del gobierno de Durán Ballén, que trajo consigo la apertura comercial, la disminución del tamaño del Estado, la desregulación y la flexibilización financiera como principales ejes de reforma, además, se pone en marcha un programa basado en el ajuste fiscal para romper la inercia inflacionaria, en la recuperación de reservas monetarias internacionales y en la reducción de la volatilidad cambiaria. Meses más tarde, se expide la Ley de Mercado de Valores y se crean las unidades de valor constante para impulsar el ahorro a largo plazo, se promulga la Ley de Modernización del Estado, Privatizaciones y Prestación de Servicios Públicos por Iniciativa Privada y se inicia el proceso de desinversión en la Corporación Financiera Nacional, Banco del Estado, Banco Nacional de Fomento y Banco Ecuatoriano de la Vivienda.

Una nueva ruptura identificada por Maki es la de 1996 producto de las consecuencias tras la confrontación limítrofe con Perú en el año previo, el conflicto bélico de la época, efectos de la crisis mexicana sobre América Latina y la crisis del sector petrolero en 1996 debido a que los campos petroleros amazónicos carecían de mantenimiento preventivo, y falta de equipos y

repuestos. Frente a estas circunstancias, el manejo económico en la coyuntura logró mantener la estabilidad cambiaria y externa, aunque se registraron inevitables impactos negativos como las dificultades en el sistema financiero, altas tasas reales de interés, desaceleración de la producción y del consumo privados, disminución importante del precio de los activos, el aumento de la participación del sector informal en la economía, entre otros sucesos que hicieron que este año refleje una ruptura estructural en los datos.

Años más tarde, las políticas aplicadas empezaban a dar frutos, sin embargo, este proceso, prematuramente interrumpido, fue seguido por una segunda etapa, de desorden, recesión y crisis general agravada por el fenómeno de El Niño. Los años 1997 y 1998 justamente los siguientes años en los que la prueba de Maki identifica nuevas rupturas estructurales, era de esperarse ya que con la llegada del fenómeno de El Niño la producción nacional se vio afectada provocando un descenso de la economía ecuatoriana, al mismo tiempo el ascenso al poder del régimen demócrata cristiano de Jamil Mahuad estuvo signado por el conflicto social y político, el desgobierno y la corrupción, lo cual, condujo al país a una de las peores crisis de su historia económica. Presionado por los partidos políticos cuyos bastiones electorales se encontraban en la región de la Costa ecuatoriana, en diciembre de 1998 el gobierno garantizó ilimitadamente los depósitos en el sistema financiero, en consecuencia, la autonomía del Banco Central del Ecuador saltó en pedazos frente a los intereses de la oligarquía costeña y la emisión monetaria se desbocó, lo que no impidió la quiebra del 50% de los bancos, pero imposibilitó seguir pagando los bonos Brady.

En el 2000 se adopta la dolarización y este quiebre estructural lo captura Hatemi-J, sin embargo, Maki fue capaz de identificar la ruptura estructural que se produjo en Ecuador en el año siguiente con los resultados de dicho acontecimiento, y sí, la dolarización cumplió con algunos de los ejes planteados, pero la relativa estabilización de la economía se dio mucho más tarde de lo que se aseguraba a inicios del 2000. No obstante, pese a que la dolarización se benefició de elementos externos inesperados pero significativos, como el incremento de las remesas enviadas por los emigrantes, los altos precios del petróleo y el aumento del endeudamiento, las optimistas expectativas con que se tomó la medida fueron desvaneciéndose aceleradamente, aun así, la aplicación del esquema de dolarización generó un importante nivel de confianza para los empresarios, especialmente por la eliminación del riesgo cambiario, así como la disminución del nivel de inflación, dadas estas condiciones, en el año 2001 se consiguió

un importante crecimiento económico (5.6%), el más alto de los países de América Latina y uno de los más altos del mundo en aquel año.

La ruptura estructural identificada por Maki se extiende hasta el año 2002, en el que se siguieron evidenciando drásticos cambios producto de la dolarización y por lo que se genera esta ruptura estructural. El ajuste de precios relativos por la depreciación del tipo de cambio real al dolarizar la economía ya habría terminado y la inflación anual bajó de 37,7% en 2001 a 12,5% en 2002 según datos del Banco Central del Ecuador. Sin embargo, se empezaban a notar las deficiencias del esquema planteado, por una parte, la relación con la limitante de la política fiscal establecida en la Ley Orgánica de Responsabilidad, Estabilización y Transparencia Fiscal promulgada en junio de 2002 que priorizaba el pago del servicio de la deuda externa y su recompra, y que además restringía el crecimiento de gasto primario; por otro lado, se hacía evidente que el ancla nominal extrema no había logrado modificar la conducta de los agentes, pues los problemas distributivos seguían arbitrándose como cuando no se había perdido la relativa soberanía monetaria que procuraba un banco central emisor. La necesidad de divisas que experimentaba el Estado incentivaba a los agentes privados o públicos a incurrir en un comportamiento que implica mayor explotación de los recursos naturales, sin que necesariamente se consideren las normas ambientales vigentes, es más, esos agentes tenían un mayor respaldo del sector público, que parecía autorizarles una explotación más agresiva de los recursos naturales.

Para concluir con el análisis de los quiebres capturados por Maki, se hace referencia al del año 2014, mismo que se justifica por tres principales puntos, el cierre del acuerdo comercial con la Unión Europea en ese año con una esperanza de crecimiento de exportaciones de al menos USD 500 millones gracias a la exportación de productos primarios como flores, brócoli, cacao, banano, camarón, atún, conservas; la creación de nuevas leyes y normas económicas como el Código Monetario y Financiero que consigo traía el principal beneficio de la ampliación del Seguro de Depósitos para los clientes de las cooperativas y de las aseguradoras, y finalmente el mantenimiento de la refinería más importante del país ubicada en Esmeraldas que se inició el 1 de octubre hasta el 10 de noviembre de 2014, y se reanudó en este año con mejores resultados productivos y mayores beneficios después de una inversión de aproximadamente USD 1 000 millones sin tomar en cuenta la importación adicional de derivados que representa unos USD 400 millones más.



**Tabla 6.***Resultados de la prueba de cointegración Maki.*

	<i>Modelos</i>	<i>Test Statistics</i>	<i>Años de ruptura</i>		
			<b>Primera</b>	<b>Segunda</b>	<b>Tercera</b>
loghe=f (logpib, nr, edu)	Modelo 0	-6.13***	1997	2016	
loghe=f (logpib, nr, edu)	Modelo 1	-7.00***	1992	1996	2002
loghe=f (logpib, nr, edu)	Modelo 2	-7.27***	1998	2001	2011
loghe=f (logpib, nr, edu)	Modelo 3	-9.50***	1992	2001	2014

*Nota:* \*, \*\*, y \*\*\* representan un nivel de 10%, 5%, y 1% de significancia.

Modelo 0: cambio de nivel

Modelo 1: cambio de nivel con tendencia

Modelo 2: cambios de régimen

Modelo 3: cambio de régimen y tendencia

La Tabla 7 muestra los resultados de los FMOLS, DOLS y CCR plasmados en las ecuaciones (17), (18), (19) y (20) con la variable dependiente como huella ecológica, mientras que PIB, educación y renta de recursos naturales como variables explicativas capaces. Observamos que el crecimiento económico empeora la huella ecológica según los resultados de DOLS, entonces un aumento del 1% en el crecimiento económico aumenta la huella ecológica en una magnitud 0.37% en el largo plazo, sin embargo, según FMOLS y CCR el crecimiento económico en el largo plazo contribuye a la reducción del impacto ambiental, y un aumento en 1% del crecimiento económico tiende a reducir en 2.01% y 4.25% la huella ecológica, respectivamente. En efecto, como dos de tres de las estimaciones muestran una relación negativa entre crecimiento económico y huella ecológica es esta posición la que se acepta. Este resultado implica que la huella ecológica ecuatoriana tiende a reducirse por los incrementos del crecimiento económico en el largo plazo cumpliendo la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental en la que la relación entre contaminación y crecimiento económico alcanza un punto de inflexión y se torna negativa.

En el caso de la renta de recursos naturales se obtiene que solo los estimadores DOLS Y CCR consideran que esta afecta a la huella ecológica de Ecuador, sin embargo, se concluye que el impacto de la renta de los recursos naturales sobre la huella ecológica no es consistente, debido, a que los dos únicos modelos que aprueban su aporte se contradicen, por lo que, no hay suficiente evidencia para concluir una sólida relación entre las variables en el largo plazo. Esto se debe principalmente a que la tasa de cobertura forestal se ha estancado debido a la reducción de la deforestación, en el promedio nacional, la deforestación tiende a caer porque en cada ciclo en promedio se ganan pequeñas eficiencias en el uso del suelo o porque los nuevos costos de transformación del bosque son más altos que su costo de oportunidad. A su vez, este suceso es

producto de la migración campo-ciudad de los jóvenes, que genera la disminución de la explotación de estas áreas haciendo que en el largo plazo una variación en la renta de recursos naturales no tenga mayor influencia en los incrementos de huella ecológica.

Finalmente, con respecto a la variable educación, esta resulta influyente de acuerdo a FMOLS, DOLS Y CCR, es así que, un aumento de 1% de educación a largo plazo según el modelo DOLS la huella ecológica se reducirá en 1.29%, pero un aumento de 1% de la educación según FMOLS Y CCR incrementará la huella ecológica en 3.16% y 3.92% respectivamente, en este caso, dado que dos de tres modelos afirman que la educación incrementa la huella ecológica, es esta la conclusión a la que se llega, sin embargo, es de esperarse que a mayor educación la contaminación a largo plazo sea menor debido al conocimiento que adquiere la población, pero por el contrario, en Ecuador el incremento de la educación se traduce en mejores oportunidades de empleos para la población generando mayores ingresos en la misma e incrementando el consumo, y es por ello, que los niveles de huella ecológica reflejan un empeoramiento de la calidad ambiental; esta relación obtenida también se puede justificar bajo el contexto de que la educación en el país aún no alcanza un nivel deseable para la contribución a la mitigación del deterioro ambiental.

**Tabla 7.**  
*Regresión de cointegración FMOLS, DOLS y CCR.*

	<i>FMOLS</i>	<i>DOLS</i>	<i>CCR</i>
Crecimiento económico	-2.01** (-7.30)	0.37*** (3.72)	-4.25*** (-12.06)
Renta de recursos naturales	0.001 (0.41)	0.01*** (10.11)	-0.01*** (-3.85)
Educación	3.16** (3.15)	-1.29*** (-7.61)	3.92** (2.65)
Constante	0.002 (0.10)	0.04*** (11.43)	0.04 (1.32)

*Nota:* \*, \*\*, y \*\*\* representan un nivel de 10%, 5%, y 1% de significancia.

### **6.2.2 Relación de corto plazo entre las variables**

Con el objeto de examinar la relación de equilibrio de corto plazo entre las variables huella ecológica, crecimiento económico, renta de recursos naturales y educación, primero se aplicó las pruebas de diagnóstico de normalidad, estabilidad y autocorrelación, dichos resultados se reportan en el Anexo 1. Una vez realizadas las pruebas de diagnóstico se procede a estimar el modelo de corrección de error (VEC), para el que se consideró la aplicación de un

rezago de acuerdo a los criterios del error de predicción final (FPE), el de Hannan y Quinn (HQIC) y el Bayesiano de Schwarz (SBIC) (ANEXO 3). La Tabla 8 resume los resultados de la estimación del modelo VEC expresada en las ecuaciones (21), (22), (23) y (24), mismos que, revelan que el coeficiente asociado al CEL rezagado es estadísticamente significativo dado que ( $P > Z = 0,000$ ), de este modo se afirma, que existe relación de equilibrio de corto plazo entre las variables.

En cuanto a la relación específica que tienen cada variable a corto plazo sobre la huella ecológica se obtiene que el crecimiento económico incrementa la huella ecológica, es así que, un aumento de 1% en el PIB incrementará en 4.94% la huella ecológica a un nivel de significancia del 1%, de esta forma, se corrobora el cumplimiento de la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental para el caso de Ecuador, ya que, el crecimiento económico impacta de manera positiva a la huella ecológica en el corto plazo, mientras que como se comprobó anteriormente este la reduce a largo plazo. Entonces, es válido afirmar que el crecimiento económico en Ecuador se encuentra en un marco favorecedor, porque, aunque en la actualidad los niveles de contaminación se están incrementando existe la evidencia para afirmar que el mismo crecimiento económico a largo plazo mitigará este suceso, siempre y cuando las políticas de gobierno se vayan reformando a favor del medio ambiente al tener una economía más próspera y sostenible.

Con respecto al impacto que genera a corto plazo la renta de recursos naturales se obtuvo que esta guarda una relación positiva y estadísticamente significativa con la huella ecológica, es decir, que un aumento de 1% de la renta de recursos naturales incrementa en 0.06% la huella ecológica, esto se justifica porque la explotación minera, petrolera, camaronera, entre otras, de las que depende mayormente el país generan un impacto inmediato en los niveles de huella ecológica, y por ello, un incremento o descenso de la renta de recursos naturales genera explotación de estos sectores y se ve reflejado en la variación de la huella ecológica. Por otra parte, la educación genera un impacto favorecedor en los niveles de contaminación en el corto plazo, ya que, un incremento de 1% de capital humano se traduce en una reducción de 6.58% de la huella ecológica, esto se debe principalmente a que las campañas de conciencia ambiental que se hacen en los centros educativos no son frecuentes, y aunque generan conciencia en los jóvenes esta no perdura.

**Tabla 8.***Resultados del modelo de corrección de error (VEC).*

Beta	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
_ce1						
dlogpib	4.941	6.32E-08	7.80E+07	0.000	4.941	4.941
drn	0.064	4.48E-10	1.40E+08	0.000	0.064	0.064
dedu	-6.587	1.87E-07	-3.50E+07	0.000	-6.587	-6.587
cell	-1	5.78E-09	-1.70E+08	0.000	-1	-1
cons	-0.042	.	.	.	.	.

### 6.3 Objetivo específico 3

*Estimar la relación causal entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un modelo de causalidad, para determinar las causas de la degradación ambiental en el largo plazo.*

El estudio empleó la prueba de causalidad de cambio gradual de Toda y Yamamoto (1995) para capturar los impactos causales del crecimiento económico, renta de recursos naturales y educación sobre la huella ecológica, esta prueba es capaz de captar la interacción causal entre series incluso en la existencia de quiebre estructural, que es la novedad de la causalidad del Gradual shift, dicho en otras palabras, se logra verificar si el comportamiento temporal de una variable causa el comportamiento de otra o ambas a la vez. La hipótesis nula es no causalidad, se acepta dicha hipótesis si la probabilidad es mayor a 0,05. En este sentido, en la Tabla 9, se informa el análisis de causalidad planteado en las ecuaciones (25) y (26), los resultados confirman que el PIB causa la huella ecológica en Ecuador, validando así que las variaciones en los rezagos del crecimiento económico es un factor contribuyente clave de los niveles actuales de la huella ecológica, además, la huella ecológica también causa al crecimiento económico en Ecuador, es decir, que existe una relación bidireccional, esto se debe a que un incremento del PIB en Ecuador radica en la explotación del sector primario incrementándose los niveles de huella ecológica, y a su vez, un incremento de la huella ecológica se traduce en mejoras del PIB, más específicamente, para que la economía ecuatoriana pueda crecer necesita de la explotación de sus recursos aumentando la huella ecológica, y la huella ecológica necesita que el PIB se incremente para reflejar incrementos de la misma.

En la misma línea, se obtuvo que existe una retroalimentación bidireccional entre la huella ecológica y la renta de recursos naturales en Ecuador en el periodo de estudio, este resultado es estadísticamente significativo, deduciendo que las variaciones en los rezagos de la

renta de recursos naturales tienen un impacto en los niveles de la huella ecológica en el presente y viceversa, este comportamiento se acredita a la estrecha relación entre las mismas, ya que, la capacidad para satisfacer las necesidades de una población depende de los bienes y servicios que provee la naturaleza y en el caso de Ecuador con más importancias sobre el petróleo, por ello, para que exista un incremento en la renta de recursos naturales estos deben ser comercializados a mejores precios y mayores cantidades, este proceso deteriora el medio ambiente viéndose reflejado en el incremento de la huella ecológica, asimismo, la huella ecológica debe incrementar para poder obtener un incremento en la renta de recursos naturales.

En cuanto a la relación entre huella ecológica y educación los resultados denotan una relación bidireccional estadísticamente significativa, es decir, que la variación en los rezagos de la educación en Ecuador genera un impacto en los niveles de huella ecológica en el presente, esto se debe principalmente a los fuertes gastos hacia este campo de los últimos años, de manera más puntual los gastos en infraestructura, además, es importante considerar el enfoque que toma el gasto en educación, si esté es principalmente en educación primaria y secundaria y no en la universitaria o viceversa, esto generará diferentes rendimientos dependiendo del área específica seleccionada, también, los resultados obtenidos están en función de la eficiencia en la asignación del gasto en educación y de la calidad del mismo, de igual forma, se necesita que la huella ecológica incremente para que la educación pueda mejorar.

**Tabla 9.**  
*Prueba de causalidad gradual de Toda y Yamamoto.*

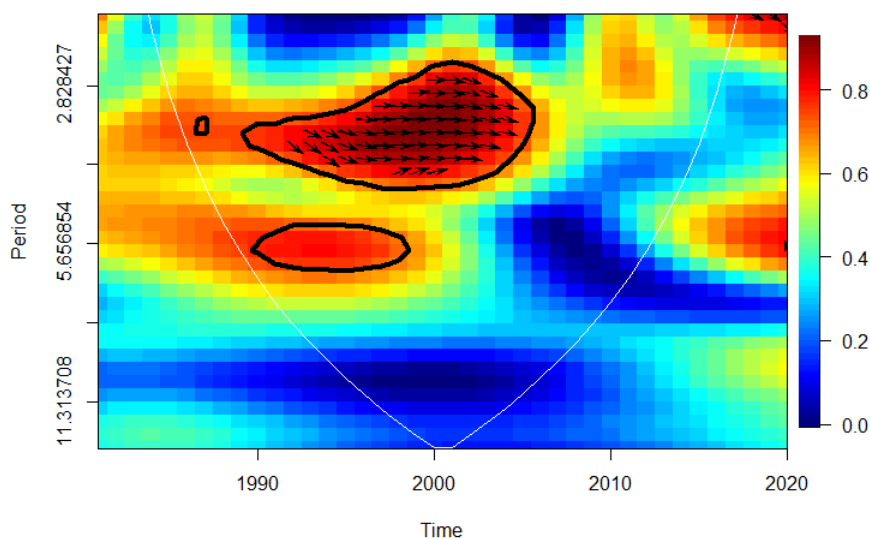
<i>Dirección de la causalidad</i>	<i>Wald</i>	<i>p-value</i>	<i>Bootstrap p-value</i>	<i>Decisión</i>
logpib → loghe	179.06***	0.00	0.00	Rechaza Ho
loghe → logpib	287.69***	0.00	0.00	Rechaza Ho
nr → loghe	113.40***	0.00	0.00	Rechaza Ho
loghe → nr	53.00***	0.00	0.00	Rechaza Ho
edu → loghe	15.17***	0.00	0.00	Rechaza Ho
loghe → edu	2.24***	0.13	0.00	Rechaza Ho

Se captura la correlación y causalidad espectral entre la huella ecológica y sus determinantes en Ecuador simultáneamente a diferentes frecuencias (baja, media y alta) utilizando la coherencia de ondículas. Los lados derechos de las figuras tienen una barra de color que representa las frecuencias en términos de fuerza de correlación, pasando de rojo (alta frecuencia) a azul (baja frecuencia). En el lado izquierdo el período (escala) se puede clasificar en largo, medio y corto plazo, que es de 8 a 16, de 4 a 8 y de 0 a 4, respectivamente. Además,

las flechas en la dirección hacia la derecha representan una correlación positiva mientras que la correlación negativa está representada por flechas en la dirección hacia la izquierda. Finalmente, cuando la dirección de la flecha es hacia la derecha (arriba) y hacia la izquierda (abajo), significa que la segunda variable está adelantando a la primera variable y también cuando el movimiento de la flecha es hacia la derecha (abajo) y hacia la izquierda (arriba), indica que la primera variable está adelantando a la segunda variable. Los colores azul y amarillo representan baja y alta dependencia entre las series.

El WTC entre huella ecológica y crecimiento económico en Ecuador en el periodo de 1980-2020 es presentado en la Figura 7, la presencia de un color rojo fuerte refleja una frecuencia alta entre 1990 y 2006 denotando la existencia de correlación y causalidad espectral entre las variables, lo que precisa un movimiento correlacional en el tiempo entre huella ecológica y crecimiento económico, además, dado que la dirección de las flechas son hacia la derecha y la escala está comprendida entre 0 y 8 se afirma que las variables se correlacionan y causan positivamente a corto y medio plazo, dicho de otra manera, el crecimiento económico tiene un efecto incrementador sobre la huella ecológica y viceversa en Ecuador a corto plazo, también se puede observar un comportamiento similar del año 2015 al 2020, sin embargo, para este periodo las flechas son hacia la derecha abajo, lo que indica que la primera variable está adelantando a la segunda variable a corto plazo con frecuencia alta por su tono rojo, es decir, que el crecimiento económico está causando positivamente a corto plazo a la huella ecológica. Por el contrario, a largo plazo se nota un tono azul que alude a un impacto espectral menor entre las variables.

**Figura 7.**  
*Coherencia de ondículas entre huella ecológica y PIB.*

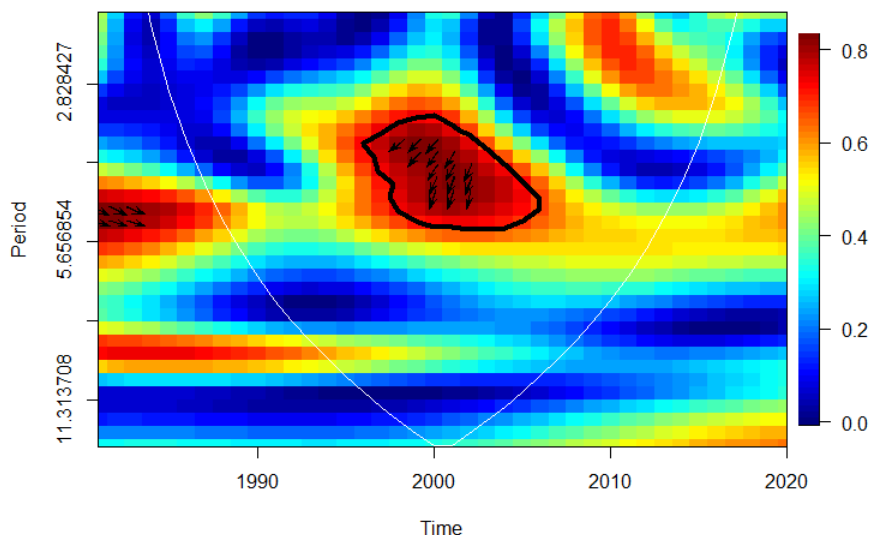


Seguidamente en la Figura 8 se muestra el WTC entre la huella ecológica y la renta de recursos naturales en Ecuador entre 1980 y 2020. La presencia del color rojo refleja una frecuencia alta entre 1980 y 1990 evidenciando la correlación y causalidad espectral existente entre las variables, es decir, que hay un fuerte movimiento correlacional en el tiempo entre huella ecológica y renta de recursos naturales, de manera más puntual, se precisa que la renta de recursos naturales está causando espectralmente a la huella ecológica por la dirección de las flechas (derecha abajo) y por la escala que esta relación se da a medio plazo. Nuevamente de 1992 a 2008 se observa un tono rojizo que denota una fuerte existencia de correlación y causalidad espectral entre las variables, pero en este periodo la dirección de las flechas es hacia la izquierda abajo y la escala está comprendida entre 2 y 8, por lo que, se afirma que la huella ecológica está causando espectralmente a la renta de recursos naturales a mediano plazo, dicho de otra manera, las variables se causan bidireccionalmente en el caso de Ecuador a mediano plazo.

El comportamiento obtenido coincide con el de la prueba de causalidad de cambio gradual presentada anteriormente, ya que, se corrobora la relación bidireccional entre huella ecológica y renta de recursos naturales. Sin embargo, a largo plazo hasta el año 2010 predominan los tonos azules lo que evidencia un bajo impacto espectral entre las variables, a partir del 2011 hay presencia de tonos rojos mostrando una leve relación entre las variables.

**Figura 8.**

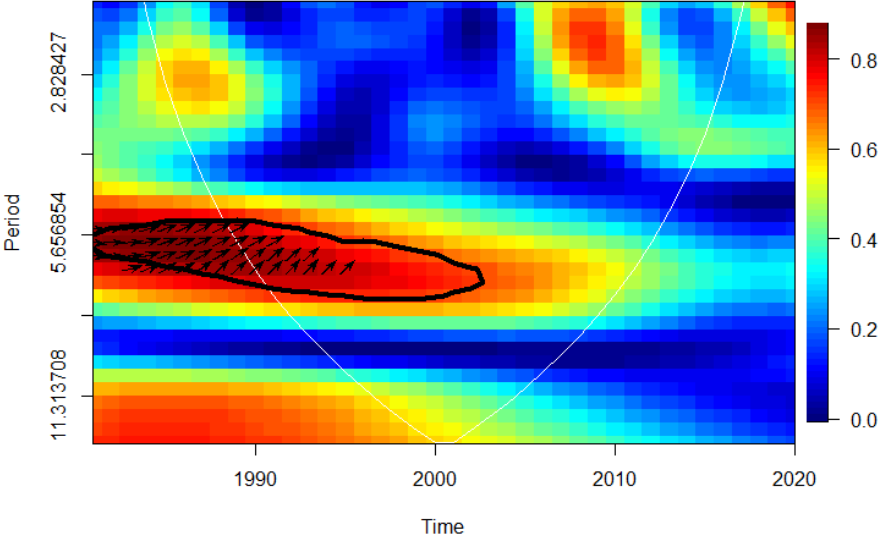
*Coherencia de ondículas entre huella ecológica y renta de recursos naturales.*



La Figura 9 representa la WTC entre huella ecológica y educación en Ecuador entre 1980 y 2020. Se observa con precisión un tono naranja que refleja una frecuencia alta entre 1980 y 2003 mostrando la existencia de correlación y causalidad espectral entre las variables,

en así que, se deduce la presencia de un fuerte movimiento correlacional en el tiempo entre huella ecológica y educación, además, dado que la dirección de las flechas son hacia la derecha arriba y la escala está comprendida entre 4 y 8 se afirma que la segunda variable está causando espectralmente a la primera variable a mediano plazo, dicho de otra manera, la educación tiene un efecto sobre la huella ecológica en Ecuador a mediano plazo.

**Figura 9.**  
*Coherencia de ondículas entre huella ecológica y educación.*





## 7. Discusión

En esta sección se desarrolla un contraste entre los resultados obtenidos y las investigaciones previas consideradas en la evidencia empírica, en base a cada objetivo específico planteado, con el fin de determinar si el crecimiento económico es la causa del incremento de la contaminación ambiental en Ecuador.

### 7.1 Objetivo específico 1

*Analizar la evolución y correlación entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un análisis gráfico y estadístico, para estudiar los factores que determinan la contaminación a lo largo del tiempo.*

De acuerdo a los resultados obtenidos, como se presentó en la Figura 1, la huella ecológica en Ecuador en el periodo de estudio muestra una tendencia positiva. A pesar de ciertos declives, los niveles de contaminación en el país han mostrado un ascenso continuo preocupante. Semejante a ello, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013) exterioriza su inquietud haciendo una comparación entre la situación de Ecuador y la situación a nivel global, en la que menciona que, de 1961 a 2008, la población mundial se incrementó en un 118% mientras que la Huella Ecológica per cápita aumentó de 2.4 a 2.7 gha, datos bastante alarmantes; en contraste con ello, la población en Ecuador se incrementó 1.8% de 2008 a 2009, y la huella ecológica per cápita por su parte aumentó hasta 6,11%, pasando de un consumo de 1,53 gha a 1,62 gha per cápita en tan solo 1 año.

En este sentido, se torna importante la comparación entre el panorama ecuatoriano y el global, de acuerdo con Global Footprint Network la huella ecológica viene en aumento durante los últimos 50 años y desde 1977 el impacto ambiental causado por la demanda en el ecosistema superó la capacidad natural del planeta de generar recursos de forma sostenible. Bajo este marco, Escobar (2015) señala que las tendencias mundiales en el uso de los recursos naturales muestran niveles mucho más altos de emisiones debido al aumento del consumo y la producción, si bien la mayoría de los países desarrollados tienen un mayor impacto en el medio ambiente, también son países que brindan la mayor parte de las iniciativas para promover el cuidado ambiental; en América Latina hay países con altos niveles de huella ecológica, sin embargo, países como Ecuador, en cambio, presentan niveles de contaminación mucho menores, pero con iniciativas de gestión ambiental rezagadas frente al resto de países de la región. Con un criterio más centrado en Ecuador, Salazar (2009) alude a que, a pesar de que

Ecuador es un país megadiverso, la falta de planificación y la explotación de sus recursos naturales, se encuentra en déficit, a tal punto de ser preocupante, puesto que la última tendencia del país muestra un ligero déficit.

En cuanto a la evolución de la variable independiente, crecimiento económico, ilustrada en la Figura 2, la presente investigación concluyó que la misma tiene rendimientos crecientes en Ecuador en el periodo 1980-2020, no obstante, en los periodos de crisis el comportamiento de la variable ha tenido desaceleraciones notorias y algunos estancamientos. Estos resultados son similares a los obtenidos por CELAG (2016), quien evidencia de igual manera un crecimiento per cápita incrementador constante, además, menciona que hay cuatro países que lideran el crecimiento per cápita de las últimas dos décadas en la región, Panamá, Perú, República Dominicana y Cuba. Asimismo, los resultados son consistente con los obtenidos por Rosales et al (2020) donde comprueban que existe una evolución positiva del crecimiento económico desde el año 2000 hasta 2007 en Ecuador, mostrando una caída del mismo en el año 2008 a causa de la crisis económica y financiera, es así que, el contexto externo estuvo rodeado de incertidumbre y dudas sobre la recuperación en las economías más avanzadas.

En la misma línea, se encontró que en la década de los 80 el crecimiento económico fue lento, en este sentido, De Gregorio (2008) alude a que este comportamiento se debió al endeudamiento que se generó en la década anterior, y sobre todo por los precios del petróleo, lo que conculca que en este periodo las economías Latinoamericanas experimentaron las más bajas tasas de crecimiento del PIB producidas por la crisis de la deuda. Otro pico relevante encontrado fue en el periodo de la pre-dolarización, Cuesta y Duta (2012) coinciden con este hallazgo, atribuyendo esta conducta a la colosal deuda externa registrada por el país, a ello se sumó el fracaso de la política monetaria en el intento de la renegociación de la deuda externa lo que perjudicó aún más la economía nacional. Más adelante, Ecuador experimenta un boom petrolero entre 2004 y 2014, según el Banco Mundial (2020) menciona que la caída de los precios del petróleo del anterior 2014, puso en evidencia algunas debilidades estructurales como la carencia de amortiguadores macroeconómicos y una limitada inversión privada.

Los resultados encontrados de la renta de recursos naturales en Ecuador en el periodo 1980-2020 mostraron la volatilidad de los mismos, no se logró identificar una tendencia, sino picos altos y picos bajos, esto se debe a la dependencia que tiene esta variable del precio del petróleo, mismo que varía demasiado. En efecto, Cadena (2005) postula que los países andinos (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia) son algunos de los más expuestos a la

volatilidad externa porque más del 55% de su canasta exportadora está concentrada en productos primarios (principalmente petróleo), y que, por el contrario, sus importaciones están mucho menos concentradas e incluyen manufacturas de todo tipo, por lo que, se dificulta el diseño de políticas fiscales prudentes. Por su parte, la evolución de la educación determinada por el índice de capital humano en Ecuador en el periodo de estudio reflejó un continuo incremento. En concordancia, Ponce (2010) hace referencia a la notoria mejora de los indicadores de educación en el Ecuador, pasando de altas tasas de analfabetismo a mayores porcentajes de estudiantes de bachillerato, sin embargo, Tamayo y Astorga (2011) resalta el decrecimiento de los resultados de aprendizaje del sistema educativo, mismo que se debe a factores socioeconómicos, malas infraestructuras y equipos, y al modelo educativo que se maneja en el país.

A fin de corroborar la relación entre las variables principales de la investigación se obtuvo la Figura 5, en la que, en el panel (a) se comprueba que existe una relación directa entre huella ecológica y crecimiento económico en Ecuador en el periodo de 1980-2020, concretando que un incremento del PIB genera un empeoramiento ambiental. Esta relación se planteó en base a la percepción de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA), introducida por Panayotou (1993), donde se postula que un aumento del PIB incrementa la degradación ambiental, hasta alcanzar el punto de inflexión a partir del cual los niveles de degradación comienzan a reducirse. En el panel (b) se logra evidenciar el cumplimiento de dicha teoría para Ecuador, sin embargo, aún este país no alcanza el anhelado punto de inflexión, pero se empieza a evidenciar la reducción del impacto ambiental por causa del crecimiento económico. Análogamente, se considera la investigación de Ortiz y Gómez (2021) para el panorama de América Latina, donde evidencian que la CKA efectivamente se cumple, lo que significa que cuando crece la actividad económica las emisiones contaminantes también lo hacen.

Por su parte, Bonilla (2016) obtiene resultados parecidos a los de la presente investigación, concluyendo que, en efecto, la CKA se cumple para el caso ecuatoriano y que el país se encuentra en la fase creciente de dicha curva, pero que está cerca de su punto de inflexión. Asimismo, Ulucak y Khan (2020) aprueban la CKA para países BRICS cuando la HE se utiliza como indicador de degradación ambiental. Un caso diferente es el de Aydin et al. (2019), quienes obtuvieron que para 26 países de la Unión Europea no existe una relación asociada a la Curva Ambiental de Kuznets. Por el contrario, Churchill et al. (2020), sugieren que la CKA convencional tiende a cumplirse en países con altos ingresos y con altas emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cual, es válido, ya que, este comportamiento es más evidente en dichas economías.

Finalmente, la relación existente entre huella ecológica y las variables de control planteadas se ilustró en la Figura 6, de la que se obtuvo que la educación guarda una relación positiva con la huella ecológica, mientras que la relación entre renta de recursos naturales y huella ecológica resultó positiva pero no significativa según la matriz de correlación presentada en la Tabla 3. Contradictorio a este resultado Ahmed (2020) si encuentra una relación significativa entre renta de recursos naturales y huella ecológica, y, además, también obtiene que la educación es un factor mitigante en el caso chino. Varias investigaciones más como las de Ullah et al. (2021); Shehzad et al. (2022) afirman la existencia de relación entre la renta de recursos naturales y huella ecológica, y de manera conjunta que esta es una relación positiva. Además, Luo et ál. (2018) sugiere a la urbanización como un factor clave en el incremento de la huella ecológica, ya que, encontró que, para el caso chino el proceso de urbanización aumentó gradualmente la precisión ecológica.

## **7.2 Objetivo específico 2**

*Determinar la relación de corto y largo plazo entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un modelo econométrico de series de tiempo, con el fin de estimar la relación de equilibrio entre las variables.*

A través de las pruebas de cointegración con dos rupturas estructurales y un número indefinido de rupturas estructurales respectivamente Hatemi-J (2008); Maki (2012) respectivamente (Tablas 6 y 7), se comprobó que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre el crecimiento económico y la huella ecológica y demás variables de control. En concordancia con estos resultados, Yang et al. (2021) concluye mediante la prueba de cointegración de Westerlund (2007) que para los países de la OCDE se rechaza la hipótesis nula de no cointegración a una significancia del 1%, confirmando cointegración a largo plazo entre las variables seleccionadas (crecimiento económico, globalización, renta de recursos naturales, capital humano y la variable dependiente huella ecológica) y lo corrobora con la prueba de Pedroni (1999).

Para un mejor análisis se hace un contraste con investigación con una economía similar a la de Ecuador. En este sentido, un estudio para Pakistán un país en desarrollo semejante a Ecuador, Hassan et al. (2019) obtiene mediante la prueba de Bayer-Hanck que, en efecto, en Pakistán existe cointegración a largo plazo entre huella ecológica, crecimiento económico, y capital humano. De igual manera, Pinzón et al (2018), evidencia la existencia de equilibrio a largo plazo entre las variables para Colombia. Asimismo, Abid et al (2022) confirman

cointegración con rupturas estructurales entre el consumo de energía renovables, crecimiento económico, capital humano, apertura comercial y huella ecológica como variable dependiente para Arabia Saudita un país que aún depende en gran parte del sector petrolero.

Después de haberse confirmado que las variables incluidas en el modelo se mueven de manera conjunta a lo largo del tiempo, se estimaron los modelos FMOLS, DOLS, y CCR para obtener la relación que existe entre las variables a largo plazo (Tabla 7), los resultados revelaron que el crecimiento económico en Ecuador tiene un efecto reductor sobre la huella ecológica en el largo plazo, mientras que la educación contribuye al empeoramiento ambiental, y en el caso de la renta de recursos naturales no se encontró suficiente evidencia para afirmar que esta influye sobre la huella ecológica en el largo plazo. Con resultados similares para países emergentes Danish y Wang (2019) mediante los estimadores FMOLS y DOLS confirman la existencia de una relación negativa a largo plazo entre el crecimiento económico (de la mano de la urbanización) y la huella ecológica a excepción de los casos de Filipinas y Vietnam. Asimismo, Ulucak y Khan (2020) obtuvieron mediante los estimadores FMOLS y DOLS que en economías BRICS a largo plazo el PIB reduce la huella ecológica, mientras que la renta de recursos naturales la aumenta. Por su parte, un estudio que coincide con los resultados obtenidos para la relación entre educación y huella ecológica es la de Nathaniel et al. (2021), quienes obtienen que en economías BRICS el capital humano aún no se encuentra en un nivel en que aporte a la mitigación del deterioro ambiental, además, coincide también en que el PIB y la renta de recursos naturales incrementan la HE.

Contrario a los resultados obtenidos, Hassan et al. (2019) obtiene que el efecto positivo del crecimiento económico sobre la huella ecológica se mantiene en el largo plazo, este comportamiento se les atribuye a tecnologías obsoletas que afectan la productividad económica, el aumento de la intensidad energética y la reducción de la eficiencia energética. De manera similar, Ahmed et al (2020) mediante un modelo ARDL indica un vínculo positivo entre la huella ecológica y crecimiento económico a largo plazo para el caso chino, este comportamiento se le acredita a la explotación excesiva del sector industrial de este país, mismo que, es considerado líder mundial en valor bruto de producción industrial. Semejante a ello, Ikram et al (2021) encuentra que, en Japón, este comportamiento se repite, es decir, que la relación positiva entre crecimiento económico y huella ecológica se mantiene en el tiempo.

Inclusive en el caso de Arabia Saudita Abid et al (2022) obtienen que en el largo plazo el crecimiento económico sigue teniendo un impacto positivo sobre la huella ecológica, no

obstante, el capital humano si se posiciona como un factor mitigante de la degradación ambiental, esta discrepancia de resultados con los obtenido en la presente investigación se puede deber a la metodología utilizada. Además, estudios como los de Alvarado et al (2021); Ullah et al (2021) encuentran que la renta de recursos naturales si es un factor influyente sobre huella ecológica para América Latina y para 15 economías de consumo de energía renovable del mundo, respectivamente, resultados contrarios a los obtenido para el caso ecuatoriano, debido al periodo y bases de datos utilizadas.

Otra investigación que discrepa con los resultados obtenidos es la de Ahmed et al (2020), quienes obtienen que para los países del G-7 el capital humano guarda una relación negativa a largo plazo con la huella ecológica, lo que puede vincularse con la ventaja de mano de obra calificada y educación que aporta a la conciencia ambiental que tienen estos países, sin embargo, coincide con los resultados de la relación con el crecimiento económico. Asimismo, varias investigaciones como las de Shehzad et al. (2022); Jahanger et al. (2022); Awosusi et al. (2022) confirman que sí existe relación a largo plazo entre la renta de recursos naturales y la huella ecológica en países en desarrollo de las regiones de África, Asia y América latina y el Caribe.

De igual manera, es decir, con resultados contrarios a los obtenidos en la presente investigación, Zafar (2019) encontró que en E.E.U.U. el coeficiente del capital humano es negativo y estadísticamente significativo a largo plazo con respecto a la huella ecológica, esto se debe a que se trata de un país desarrollado con niveles altos de educación. En el mismo sentido, Langnel et al (2021) concluyen que, el capital humano es negativo y muestra un impacto estadísticamente significativo en la huella ecológica de Burkina Faso y Gambia. No obstante, Chakravarty y Mandal (2020) establecen que, el crecimiento puede no afectar al medio ambiente a través de la tecnología y capital humano, es así como las economías desarrolladas elevan su eficiencia ambiental a medida que su ingreso per cápita aumenta, en cambio, las economías en desarrollo mantienen una relación negativa entre la eficiencia ambiental e ingresos debido a la falta de tecnología.

Seguidamente, en la Tabla 8 se presentaron los resultados de la estimación a corto plazo en base al modelo VEC, en ella, se corroboró que existe una relación de equilibrio a corto plazo entre las variables incluidas en el modelo, y que, en efecto, en el corto plazo el crecimiento económico y la renta de recursos naturales tienen un efecto positivo sobre la huella ecológica, mientras que la educación tiende a reducirla. Con resultados semejantes, Yang et al (2021)

evidencian que para las economías del G-7 un incremento a corto plazo del crecimiento económico y de la renta de recursos naturales potencian la huella ecológica. De igual manera, Zafar et al (2019) obtienen que el crecimiento económico en E.E.U.U. incrementan la huella ecológica a corto plazo, pero que la renta de recursos naturales no tiene influencia sobre la degradación ambiental, esto se debe a que E.E.U.U. no es un país que depende de la comercialización de sus recursos naturales a diferencia de Ecuador, no obstante, si existe relación con respecto a educación y la huella ecológica en el corto plazo, reflejando también una impacto negativo entre las mismas.

Para el caso japonés Ikram et al (2021) obtiene un resultado semejante también, mediante una estimación QARDL muestra que la corriente de los valores de la huella ecológica se ve afectados positivamente por los valores del PIB. Con una investigación más cercana a la realidad ecuatoriana, se contrasta los resultados obtenidos por Udemba (2020) para Nigeria, un país que al igual que Ecuador, su economía depende principalmente de la comercialización de sus recursos naturales (especialmente petróleo), en este sentido, bajo una estimación ADRL obtiene que el crecimiento económico incrementa la huella ecológica en el corto plazo, reflejando la dependencia del sector primario del país.

Los resultados de las estimaciones de corto y largo plazo obtenidas, corroboran el cumplimiento de la teoría de la Curva de Kuznets Ambiental para el caso ecuatoriano, ya que, a corto plazo un incremento del PIB genera incrementos de los niveles de huella ecológica, sin embargo, a largo plazo el mismo es capaz de impactar de manera negativa a la degradación ambiental. Dentro de este contexto, Ali et al. (2021) exhiben resultados similares en su investigación para 128 países clasificados por ingresos, donde demuestran que la CKA es validada para los 48 países en vías de desarrollo. Asimismo, Rivera (2020); Pinzón et al., (2018) también confirman la existencia y cumplimiento de la CKA para el caso colombiano, ya que las variables fueron significativas y los signos obtenidos con las variables del logaritmo del PIB y el logaritmo del PIB al cuadrado indican que Colombia se encuentra al igual que Ecuador en la parte creciente de la CKA, lo que sugiere un inicio ya de un freno en pro de mejorar el medioambiente y ser sensatos al aceptar que es necesario cuidarlo para el futuro. Más investigaciones como las de Germani et al (2020); Lazăr et al (2019); Wang et al. (2020); Churchill et al. (2020) son consistentes con la validez de la hipótesis de la CKA.

No obstante, existen investigaciones que invalidan la CKA, como Aydin et al. (2019) que, determina al investigar los efectos no lineales del crecimiento económico sobre las huellas

ecológicas como indicador de la degradación del medio ambiente en 26 países de la Unión Europea, que la presión ambiental tiende a aumentar con el desarrollo económico, pero luego no disminuye con el crecimiento de todas las huellas ecológicas, resultando que no existe una relación asociada a la CKA, esto puede deberse a que las economías de este grupo tienen como objetivo principal su crecimiento, y aunque han incluido políticas ambientales, éstas no están siendo capaces de mitigar el daño ambiental causado por el crecimiento económico. Por su parte, He et al. (2021) en su estudio para 290 ciudades chinas afirman que, a pesar de que, en la hipótesis de la CKA se propone un nexo entre economía y medio ambiente en forma de U invertida, esta es una configuración demasiado restrictiva, ya que, se debe tener en cuenta la contaminación diversificada, la heterogeneidad regional y la fuerte intervención del gobierno en China.

### **7.3 Objetivo específico 3**

*Estimar la relación causal entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador durante 1980-2020, mediante un modelo de causalidad, para determinar las causas de la degradación ambiental en el largo plazo.*

Después de que los parámetros a largo y corto plazo son estimados, el siguiente paso es encontrar las direcciones de causalidad entre las variables incluidas en la investigación, los hallazgos revelaron que, en definitiva, existe una relación causal entre las variables incluidas. En el caso de la relación causal entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador, los resultados mostraron que existe una relación de retroalimentación bidireccional entre las variables que, es más fuerte en el corto plazo que en el largo plazo, este hallazgo coincide con las estimaciones a corto plazo que implica que Ecuador logra el desarrollo económico a costa del medio ambiente. Este resultado se asemeja con el reportado por Shehzad et al (2022) donde encuentran que, el crecimiento económico y su cuadrado tienen un efecto de causalidad bidireccional con la degradación ambiental en Pakistán.

En Japón sucede algo similar, ya que, Ikram et al (2021), mediante la prueba de causalidad de Granger en cuantiles obtienen una relación causal bidireccional entre crecimiento económico y huella ecológica, sin embargo, esta relación se da únicamente en colas extremas, es decir, que los resultados explican que las fluctuaciones de valores más altos y más bajos en crecimiento económico y huella ecológica conducen a cambios extremos entre sí. De igual manera, Sharif et al (2020) obtienen una retroalimentación bidireccional entre las variables en cuestión, lo que deja en evidencia que, en Turquía al igual que en Ecuador, el énfasis está en el



crecimiento económico en relación con la degradación ambiental. Un estudio dirigido a economías industrializadas realizado por Destek y Sarkodie (2019) demuestra también que, existe una causalidad bidireccional entre el crecimiento económico y la huella ecológica, lo que confirma la hipótesis de la CKA, concluyendo que, el desarrollo económico en las economías industrializadas acelera la extracción de recursos naturales y explotación, reduciendo la biocapacidad del medio ambiente mientras aumenta la huella ecológica.

Por el contrario, Udemba (2020) obtiene únicamente una relación unidireccional que pasa del crecimiento económico a la huella ecológica en Nigeria, lo que sugiere un marco de política de las autoridades de Nigeria con enfoque en las operaciones tanto de petróleo y agricultura para reducir las emisiones basadas en el crecimiento. Asimismo, en base a la prueba de causalidad de Dumitrescu y Hurlin (2012); Amhad et al (2021); Amhed et al (2020) muestran que para el grupo de los G-7 existe una relación causal unidireccional del crecimiento económico a la huella ecológica. Un caso muy similar al de Ecuador es el investigado por Çakmak y Acar (2022), quienes en su estudio a países productores de petróleo confirmaron que el crecimiento económico causa a la huella ecológica en la mayoría de estos países, lo cual, discrepa con el resultado de esta investigación, esto puede deberse a la metodología empleada. De igual manera, Abid et al (2022) demuestra que en Arabia Saudita el crecimiento económico provoca la huella ecológica, mientras que el capital humano provoca el consumo de energías renovables, más no, que la huella ecológica cause también al crecimiento económico, lo que, se le acredita a la diferencia en las bases de datos. Por su parte, Baz et al (2020) concluye en la inexistencia de una relación causal entre crecimiento económico de la mano del consumo de energía y huella ecológica para Pakistán, resultado que varía con el de la presente investigación debido a la diferencia de datos y metodología utilizada.

En la misma línea, los resultados de la relación causal entre renta de recursos naturales y huella ecológica evidenciaron la existencia de causalidad bidireccional significativa entre las mismas, más fuertemente en el corto plazo, resultado que coincide con las estimaciones de corto y largo plazo, donde se encontró una ausencia de relación entre las variables a largo plazo, pero una relación significativa en el corto plazo. Este hallazgo es consistente con el de Ulucak y Khan (2020) para el caso de las economías BRICS, donde, mediante la prueba de causalidad de Granger se obtiene la existencia de una retroalimentación bidireccional entre huella ecológica y renta de recursos naturales. No obstante, Shehzad et al (2022) expone que los recursos naturales guardan un sentido de causalidad únicamente unidireccional hacia la degradación ambiental. El resultado es igualmente contradictorio para el panorama chino, ya que, según

Amhed et al (2020) solo existe una relación causal unidireccional de la renta de recursos naturales a la huella ecológica, y que además la urbanización y el capital humano causan a su vez a la renta de recursos naturales. Estas discrepancias se deben a la prueba de causalidad diferente empleada.

Con respecto a la relación causal entre educación y huella ecológica la prueba de Toda y Yamamoto (1995) encontró causalidad bidireccional entre las mismas para Ecuador, por su parte, la prueba de coherencia de ondículas, reveló que es más frecuente la causalidad de educación hacia la huella ecológica en el mediano plazo y con menos intensidad a largo plazo. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Zafar et al (2019) para E.E.U.U. evidenciando un efecto de retroalimentación bidireccional entre capital humano y huella ecológica, además, encontraron causalidad entre capital humano y renta de recursos naturales. De igual manera, Hassan et al (2019) corrobora la existencia de retroalimentación bidireccional entre capital humano y huella ecológica para Pakistan, sin embargo, alude a que no existe causalidad entre crecimiento económico y huella ecológica.

En un panorama contrario, Amhed et al (2020) encuentran para los países del G-7, que el capital humano causa en el sentido de Granger a la huella ecológica y consumo de energía, y a su vez, el capital humano causa al PIB, esto indica que el capital humano estimula la calidad del medio ambiente e impulsa el desarrollo económico. Asimismo, Langnel et al (2021) encuentran evidencia de causalidad direccional del capital humano hacia la huella ecológica para la Comunidad Económica de los Estados de África Occidental (CEDEAO). Otros hallazgos localizados por Nathaniel et al. (2021) sugieren una causalidad de retroalimentación entre el capital humano, la urbanización y la huella ecológica. Además, Salman et al (2022) sugiere tomar en cuenta la relación causal bidireccional entre urbanización y huella ecológica misma que se ausenta en el caso de capital humano y huella ecológica para Indonesia y Tailandia en su estudio para los ASEN-4.

## 8. Conclusiones

Le evolución de las variables permitió visualizar que, en efecto, el deterioro medioambiental medido a través de la huella ecológica en Ecuador en el periodo 1980-2020, muestra continuos incrementos debido principalmente a la dependencia económica del sector primario del país, y del incremento de las emisiones de carbono por quema de combustibles fósiles. Por ello, la atención a la inclusión de políticas ambientales es fundamental, ya que, mediante las mismas se puede mitigar este incremento. El crecimiento económico y la educación mostraron de igual manera una tendencia positiva, sin embargo, la renta de recursos naturales reveló una conducta cíclica producto de la variación impredecible del precio del petróleo.

A medida que la huella ecológica fue incrementando, el crecimiento económico lo hizo también, así pues, se corroboró la existencia de una correlación positiva estadísticamente significativa, que evidencia la influencia que hay entre el crecimiento económico y le deterioro ambiental en Ecuador en el periodo 1980-2020. Con un comportamiento similar, la educación demostró estar correlacionada directamente con la huella ecológica, no obstante, la renta de recursos naturales guarda una correlación estadísticamente no significativa. De esta forma, una mejora en las políticas socioeconómicas generaría que el crecimiento económico y el incremento de la educación impacten de forma consciente y equilibrada al medio ambiente de Ecuador.

Basado en la confirmación de cointegración la investigación realiza estimadores de Mínimos cuadrados completamente modificados, Mínimos cuadrados dinámicos y Regresión de cointegración canónica. Los hallazgos revelan que el crecimiento económico tiene un efecto reductor sobre la huella ecológica en el largo plazo, resultados estadísticamente significativos que confirman el cumplimiento de la CKA en Ecuador, en otras palabras, el constante incremento de la huella ecológica, aunque es perjudicial muestra poder ser contrarrestada si se toman decisiones en pro del cuidado ambiental. Asimismo, se obtuvo que la educación tiene un impacto positivo sobre la huella ecológica a largo plazo, dejando en evidencia que el avance educativo genera mayor consumo, mas no concientización ambiental. Por el contrario, la renta de recursos naturales no resultó ser una determinante a largo plazo del deterioro ambiental.

Los resultados de las estimaciones de corto plazo obtenidas mediante el modelo de Vector de corrección de error (VEC) confirmó la existencia de equilibrio a corto plazo entre las

variables incluidas, además, se corrobora la validación de la CKA, dado el efecto positivo del crecimiento económico sobre la huella ecológica, es decir, que en la actualidad los formuladores de políticas de Ecuador priorizan el aumento del crecimiento económico, dejando en desventaja el panorama ambiental. En el mismo sentido, el impacto de la renta de recursos naturales resultó positiva en el corto plazo, mostrando el requerimiento de modificación e implementación de políticas que regulen la extracción y explotación del sector primario. La educación reflejó tener una relación negativa con la degradación ambiental, probando que las campañas de conciencia ambiental no son eficientes, y que, este sector debe ser corregido. En consecuencia, se acepta la hipótesis planteada de que el crecimiento económico tiene un efecto a corto y largo plazo en el incremento de los índices de la huella ecológica en Ecuador.

En base a la prueba de causalidad de Toda y Yamamoto (1995), se comprobó la existencia de causalidad bidireccional entre el crecimiento económico y la huella ecológica, es decir, que el crecimiento económico conduce a aumentos de la huella ecológica, y viceversa en el Ecuador. Por esta razón, es necesario implementar ajustes tanto en el sector económico, como en el ambiental para una mejor calidad de vida de los ecuatorianos. Así pues, se confirma el cumplimiento de la tercera hipótesis esbozada, misma que afirma que existe causalidad entre el crecimiento económico y la huella ecológica de Ecuador. Además, se confirma también una retroalimentación bidireccional entre la renta de recursos naturales y educación con la huella ecológica. Resultado que permite afirmar que el país requiere ajustes de políticas más eficientes que generen conciencia ambiental.

## 9. Recomendaciones

Dado el continuo incremento de la huella ecológica asociado al crecimiento económico en Ecuador el gobierno necesita corregir la dirección del crecimiento económico porque no está en el camino correcto considerando su efecto sobre la huella ecológica del país, en este sentido, es necesario que los formuladores de políticas disminuyan el patrón insostenible de consumo, entiendan los impactos del crecimiento económico y el uso de los recursos en los ecosistemas, y dado el favorecedor incremento económico vayan introduciendo progresivamente más políticas que equilibren el mismo con el cuidado ambiental.

El estudio actual destaca la validación de la CKA para Ecuador, por ello, desde el punto de vista de Panayotou (1993) es recomendable estimular el crecimiento, por ende, se sugiere impulsar la liberación del comercio, y la reforma de los precios, para conseguir un rápido crecimiento económico para pasar a la etapa favorable para el medio ambiente. Sin embargo, aunque el panorama ecuatoriano acepte la CKA, es importante considerar que es el momento crucial en el que el gobierno debe equilibrar el afán por el crecimiento económico con la preocupación ambiental, por lo tanto, las políticas de ciencia, tecnología e innovación constituyen un instrumento estratégico para transitar un sendero de desarrollo sustentable.

La dependencia económica del sector primario que tiene el país es una limitante para la inclusión de políticas direccionadas a la conservación ambiental como tal, por ello, una vía recomendable sería que el gobierno se enfoque en un uso más sostenible de los recursos naturales en paralelo al aumento de los ingresos, en respuesta a esto, el impulso de las energías renovables puede ser una alternativa viable, por lo tanto, con el aumento de los ingresos se debe destinar más presupuesto a innovaciones en proyectos de energías renovables para lograr sostenibilidad económica, social y ambiental. Además, el impulso de recursos financieros e investigación sobre fuentes de energía renovable reducirán el problema potencial de la seguridad energética y el agotamiento de los recursos naturales.

En el mismo sentido, los resultados empíricos obtenidos de la relación entre la educación y degradación ambiental sugieren un papel inexistente del capital humano en la reducción del estrés ambiental a largo plazo, lo que insinúa que la población del país no está bien informada sobre la degradación ambiental. Frente a ello, el gobierno ecuatoriano debería alentar a las universidades e instituciones a introducir programas de concientización que están relacionados con la calidad ambiental y se consiga que el capital humano tome conciencia de que las actividades humanas tienen un impacto en el medio ambiente, consiguiendo un arma

poderosa en la lucha contra la degradación ambiental. Además, las políticas para aumentar la conciencia ambiental pueden aumentar la demanda de soluciones de energía verde, sin embargo, la implementación exitosa de políticas de energía verde requerirá una cuidadosa consideración de sus efectos potenciales sobre el crecimiento económico y suficiente planificación financiera para administrar el costo.

El fomento de investigación, desarrollo y aplicación de nuevos tratamientos contra la contaminación a medida que el crecimiento económico aumenta es fundamental, el apoyo a la construcción de plataformas innovadoras como centros de ingeniería de protección ambiental ecológica para mejorar la capacidad de eliminación de la contaminación también es una recomendación útil y favorable. Para futuras investigaciones se recomienda incluir las variables de estudio urbanización y tecnología que en el presente trabajo mostraron problemas de alta multicolinealidad por lo que se optó por excluirlas.

## 10. Bibliografía

- Abid, M., Gheraia, Z., y Abdelli, H. (2022). Does renewable energy consumption affect ecological footprints in Saudi Arabia? A bootstrap causality test. *Renewable Energy*, 189, 813-821.
- Adebayo, T. S., Awosusi, A. A., Odugbesan, J. A., Akinsola, G. D., Wong, W. K., & Rjoub, H. (2021). Sustainability of energy-induced growth nexus in Brazil: do carbon emissions and urbanization matter?. *Sustainability*, 13(8), 4371.
- Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z., y Muhammad, S. (2020). The dynamic impact of natural resources, technological innovations and economic growth on ecological footprint: an advanced panel data estimation. *Resources Policy*, 69, 101817.
- Ahmad, M., Jiang, P., Murshed, M., Shehzad, K., Akram, R., Cui, L., y Khan, Z. (2021). Modelling the dynamic linkages between eco-innovation, urbanization, economic growth and ecological footprints for G7 countries: does financial globalization matter?. *Sustainable Cities and Society*, 70, 102881.
- Ahmed, Z., Asghar, M. M., Malik, M. N., y Nawaz, K. (2020). Moving towards a sustainable environment: the dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China. *Resources Policy*, 67, 101677.
- Ahmed, Z., Zafar, M. W., y Ali, S. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: an empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102064.
- Ali, Q., Yaseen, M. R., Anwar, S., Makhdom, M. S. A., y Khan, M. T. I. (2021). The impact of tourism, renewable energy, and economic growth on ecological footprint and natural resources: A panel data analysis. *Resources Policy*, 74, 102365.
- Alvarado, R., Tillaguango, B., Dagar, V., Ahmad, M., Işık, C., Méndez, P. y Toledo, E. (2021). Ecological footprint, economic complexity and natural resources rents in Latin America: Empirical evidence using quantile regressions. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128585.
- Ansari, M. A., Haider, S. y Khan, N. (2020). Environmental Kuznets curve revisited: An analysis using ecological and material footprint. *Ecological Indicators*, 115.

- Armijos, Y. y Ludeña, X. (2021). Comportamiento de la función de importaciones en Ecuador: papel de la política comercial. *Revista Económica*, Vol.9. Núm. 2 (2021).
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., ... y Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, 15(2), 91-95.
- Awosusi, A. A., Adebayo, T. S., Altuntaş, M., Agyekum, E. B., Zawbaa, H. M., y Kamel, S. (2022). The dynamic impact of biomass and natural resources on ecological footprint in BRICS economies: A quantile regression evidence. *Energy Reports*, 8, 1979-1994.
- Aydin, C., Esen, Ö. y Aydin, R. (2019). Is the ecological footprint related to the Kuznets curve a real process or rationalizing the ecological consequences of the affluence? Evidence from PSTR approach. *Ecological indicators*, 98, 543-555.
- Banco Mundial. (2020). Data Bank. Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/pais/ecuador?view=chart>.
- Baum, C. (2015). ZANDREWS: Stata module to calculate Zivot-Andrews unit root test in presence of structural break.
- Baz, K., Xu, D., Ali, H., Ali, I., Khan, I., Khan, M. M., y Cheng, J. (2020). Asymmetric impact of energy consumption and economic growth on ecological footprint: using asymmetric and nonlinear approach. *Science of the total environment*, 718, 137364.
- Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?. *World development*, 20(4), 481-496.
- Bonilla Montero, M. I. (2016). Evidencia de la Curva de Kuznets para el Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2016).
- Boulding, K. E. (1966). *The economics of the coming spaceship earth*. New York.
- Cadena, M. A. F. (2005). La Abundancia de Recursos Naturales y el Crecimiento Económico en América Latina. *Cuestiones Económicas*, 21(1), Mario-Andrés.
- Çakmak, E. E., y Acar, S. (2022). The nexus between economic growth, renewable energy and ecological footprint: An empirical evidence from most oil-producing countries. *Journal of Cleaner Production*, 352, 131548.



- Castillo, R. M. (2007). Algunos aspectos de la huella ecológica. *Intersedes: Revista de las sedes regionales*, 8(14), 11-25.
- Castillo, R. M. (2008). Educación y huella ecológica. *Revista Electrónica" Actualidades Investigativas en Educación"*, 8(1), 1-28.
- CELAG (2016). Crecimiento económico en América Latina. Obtenido de <https://www.celag.org/tag/crecimiento-economico/>
- Chakravarty, D. y Mandal, S. K. (2020). Is economic growth a cause or cure for environmental degradation? Empirical evidences from selected developing economies. *Environmental and Sustainability Indicators*, 7, 100045.
- Charfeddine, L. (2017). The impact of energy consumption and economic development on ecological footprint and CO2 emissions: evidence from a Markov switching equilibrium correction model. *Energy Economics*, 65, 355-374.
- Chen, F. y Chen, Z. (2020). Cost of economic growth: Air pollution and health expenditure. *Science of The Total Environment*, 755, 142543.
- Churchill, S. A., Inekwe, J., Ivanovski, K. y Smyth, R. (2020). The environmental Kuznets curve across Australian states and territories. *Energy economics*, 90, 104869.
- Cuesta Bueno, P. A., y Duta Uyaguary, E. M. (2012). Análisis del impacto de la deuda externa sobre el producto interno bruto (PIB) en el Ecuador, período 1970-2010 (Tesis de licenciatura).
- Coase R. (1960). El problema del coste social. *The Journal of Law and Economics*. 1-44
- Daly, H.E. (1991). *Steady-State Economics*. Island Press, Washington, DC. EU (Directorate General for Research) (2001) Ecological footprinting. Final Study, Working document for the STOA panel.
- Danish, y Wang, Z. (2019). Investigation of the ecological footprint's driving factors: What we learn from the experience of emerging economies. *Sustainable Cities and Society*, 49.
- De Gregorio, J. (2008). El crecimiento económico de la América Latina: Del desencanto del siglo XX a los desafíos del XXI. *El Trimestre Económico*, 5-45.

- Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: the role of energy and financial development. *Science of the Total Environment*, 650, 2483-2489.
- Ekeocha, D. O. (2021). Urbanization, inequality, economic development and ecological footprint: Searching for turning points and regional homogeneity in Africa. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125244.
- Escobar, E. C. (2015). Panorama regional del desarrollo sostenible en América Latina. *Revista Luna Azul*, (40), 195-212.
- Germani, A. R., Ker, A. P. y Castaldo, A. (2020). On the existence and shape of an environmental crime Kuznets Curve: A case study of Italian provinces. *Ecological Indicators*, 108, 105685.
- Giddens, A. (1991). *Modernity and self-identity: Self and society in the late modern age*. Stanford university press.
- Global Footprint Network. (2020). Data Footprint Network. Recuperado de: [https://data.footprintnetwork.org/?\\_ga=2.223679387.1456487342.1658253331-1140586809.1637638578#/](https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.223679387.1456487342.1658253331-1140586809.1637638578#/)
- González, J. A. G. (2005). El determinismo ambiental en dos autores clásicos: Hipócrates y Heródoto. *BAETICA. Estudios de Historia Moderna y Contemporánea*, (27), 307-329.
- Granger, C. W. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal of econometrics*, 16(1), 121-130.
- Grossman, G. M., y Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377.
- Gupta, M., Saini, S., y Sahoo, M. (2022). Determinants of Ecological Footprint and PM2. 5: Role of Urbanization, Natural Resources and Technological Innovation. *Environmental Challenges*, 100467.
- Harris, M. (1991). *Nuestra especie*. Alianza Editorial. Madrid.
- Hassan, S. T., Baloch, M. A., Mahmood, N. y Zhang, J. (2019). Linking economic growth and ecological footprint through human capital and biocapacity. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101516.

- Hatemi-j, A. (2008). Tests for cointegration with two unknown regime shifts with an application to financial market integration. *Empirical economics*, 35(3), 497-505.
- He, L., Zhang, X., y Yan, Y. (2021). Heterogeneity of the Environmental Kuznets Curve across Chinese cities: How to dance with ‘shackles’?. *Ecological Indicators*, 130, 108128.
- Hirschman, A. (1958). The Strategy of Economic Development. *The Canadian Journal of Economics and Political Science*, 27(1), 110-112.
- Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175.
- Ikram, M., Xia, W., Fareed, Z., Shahzad, U., y Rafique, M. Z. (2021). Exploring the nexus between economic complexity, economic growth and ecological footprint: contextual evidences from Japan. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 101460.
- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H., y Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations. *Resources Policy*, 76, 102569.
- Jarque, C. y Bera, A. (1980) Efficient tests for normality homoscedasticity and serial independence of regression residuals, *Econometric Letters*, 6, pp. 255–259.
- Kaldor, N. (1967). Strategic factors in economic development.
- Kautsky, K. (1974). La cuestión agraria: estudios de las tendencias de la agricultura moderna y de la política agraria de la socialdemocracia.
- Keynes, J. M. (2014). Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero. Fondo de cultura económica.
- Khodzhimatov, R. (2018). XTCOINTREG: Stata module for panel data generalization of cointegration regression using fully modified ordinary least squares, dynamic ordinary least squares, and canonical correlation regression methods.
- Kuznets, S. (1955). Crecimiento económico y desigualdad de ingresos. *The American Economic Review*, 45 (1), 1-28.
- Labandeira, X., León, C. y Vázquez, M. (2007). Capítulo 1 Introducción. En A. Cañizal (Ed.), *Economía Ambiental*. PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

- Langnel, Z., Amegavi, G. B., Donkor, P., y Mensah, J. K. (2021). Income inequality, human capital, natural resource abundance, and ecological footprint in ECOWAS member countries. *Resources Policy*, 74, 102255.
- Lazăr, D., Minea, A. y Purcel, A. A. (2019). Pollution and economic growth: Evidence from Central and Eastern European countries. *Energy Economics*, 81, 1121-1131.
- Luo, W., Bai, H., Jing, Q., Liu, T., y Xu, H. (2018). Urbanization-induced ecological degradation in Midwestern China: an analysis based on an improved ecological footprint model. *Resources, Conservation and Recycling*, 137, 113-125.
- Maki, D. (2012). Tests for cointegration allowing for an unknown number of breaks. *Economic Modelling*, 29(5), 2011-2015.
- Maldonado, L. (2019). Huella ecológica, crecimiento económico y consumo de energía: un análisis de cointegración para el Ecuador, periodo 1970-2016.
- Malthus, T. R. (1798). *On population*.
- Marx, C. (2012). *Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado*. Servicio de Rentas Internas (SRI), Ministerio de Salud Pública, Ministerio del Ambiente, y Ministerio de Finanzas del Ecuador.
- Masache, J. (2019). Degradación ambiental y crecimiento económico: un análisis de datos panel para América Latina durante el periodo 1961 – 2016.
- Mrabet, Z., y Alsamara, M. (2017). Testing the Kuznets Curve hypothesis for Qatar: A comparison between carbon dioxide and ecological footprint. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1366-1375.
- Méndez, P. (2020). Urbanization and economic growth: a cointegration and causality analysis for the Ecuadorian case. *Revista Económica*, Vol.9. Núm. 1 (2021).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013). *Reporte de la Huella Ecológica del Ecuador: 2008 y 2009*. Primera edición, Quito - Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2014). *Reporte de la Huella Ecológica del Ecuador 2008 - 2011*. Quito - Ecuador.
- Mishan, E. J. y Mishan, E. J. (1967). *The costs of economic growth* (p. 112). London: Staples Press.

- Mol, A. P. (2000). Globalization and environment: between apocalypse-blindness and ecological modernization. In *Environment and Global Modernity* (pp. 121-151). Sage.
- Nathaniel, S. P., Yalçiner, K., y Bekun, F. V. (2021). Assessing the environmental sustainability corridor: Linking natural resources, renewable energy, human capital, and ecological footprint in BRICS. *Resources Policy*, 70, 101924.
- Nazlioglu, S (2021) TSPDLIB: GAUSS Time Series and Panel Data Methods (Versión 2.0).
- Opschoor, J. B. (1992). Sustainable development, the economic process and economic analysis. *Environment, Economy and Sustainable Development*, Amsterdam, Wolters-Noordhoff.
- Ortiz-Paniagua, C. F., y Gómez, M. (2021). Crecimiento económico y calidad ambiental en América Latina, perspectiva desde Kuznets, 1970-2016. *Economía: teoría y práctica*, (55), 17-36.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development (No. 992927783402676). International Labour Organization.
- Pata, U. K. (2021). Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. *Renewable Energy*, 173, 197-208.
- Pearson, K. (1896). *Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. III. Regression, Heredity and Panmixia*, *Philos. TR Soc. A*, 187, 253–318.
- Pedroni, P. (2000). Fully MODIFIED OLS for heterogeneous cointegrated panels (no. 2000-03). Department of Economics, Williams College.
- Penn World Table. (2020). Recuperado de: <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/?lang=en>
- Pigou, A. C., y Aslanbeigui, N. (2017). *The economics of welfare*. Routledge.
- Pinzón, D., González, C., y Robledo, J. C. (2018). Curva De Kuznets Ambiental: Evidencia Empírica Para Colombia 1971-2014. 1–35.
- Ponce, J. (2010). Políticas educativas y desempeño: Una evaluación de impacto de programas educativos focalizados en Ecuador. FLACSO Ecuador.

- Quesnay, F. (1758). La tabla económica. Máximas generales del gobierno económico de un reino agrícola.
- Rees, W., Wackernagel, M., y Testemale, P. (1996). Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth (pp. 3-12). Gabriola Island, BC: New Society Publishers.
- Recio, E. M. (1959). Neoliberalismo alemán: algunas acotaciones a su eficiencia. *Revista de Fomento Social*, 169-176.
- Ricardo, D. (1937). Principios de economía política y tributación. Biblioteca de Obras Famosas.
- Rivera Reyes, D. Y. (2020). Estimación de las relaciones de la curva ambiental de Kuznets para Colombia.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037.
- Rosales, V. Q., Leverone, M. B., Vargas, M. S., y Murillo, C. M. (2020). Multidimensional Poverty Index and its relationship with Ecuadorian public spending. *Universidad y Sociedad*, 430–436.
- Saidi, K., y Mbarek, M. B. (2016). Nuclear energy, renewable energy, CO2 emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel Granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy*, 88, 364-374.
- Salazar, D. G. (2009). La huella ecológica y los países andinos, una reflexión sobre la sustentabilidad y la biocapacidad. *Letras Verdes*, (5), 21-23.
- Salman, M., Zha, D., y Wang, G. (2022). Interplay between urbanization and ecological footprints: Differential roles of indigenous and foreign innovations in ASEAN-4. *Environmental Science y Policy*, 127, 161-180.
- Schejtman, A. (1994). Agroindustria y transformación productiva de la pequeña agricultura. *Revistas de la CEPAL*.
- Selden, T. M., y Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. *Journal of Environmental Economics and management*, 27(2), 147-162.
- Shafik, N., y Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence (Vol. 904). World Bank Publications.

- Sharif, A., Baris-Tuzemen, O., Uzuner, G., Ozturk, I., y Sinha, A. (2020). Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach. *Sustainable Cities and Society*, 57, 102138.
- Shehzad, K., Zeraibi, A., y Zaman, U. (2022). Testing the N-shaped environmental Kuznets Curve in Algeria: An imperious role of natural resources and economic globalization. *Resources Policy*, 77, 102700.
- Smith, A. (1776). *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations: Volume One*. London: printed for W. Strahan; and T. Cadell, 1776.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. (1965). Contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 65-94.
- Stock, J. H., y Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 783-820.
- Tamayo, M., y Astorga, A. (2011). *Educación 1950-2010*. Flacso Ecuador. Tamayo, T. M. (2019). El Sistema educativo de Ecuador: un sistema, dos mundos. *Revista Andina de Educación*, 2(1), 8-17.
- Toda, H. Y., y Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of econometrics*, 66(1-2), 225-250.
- Tomaselli Crespo, M. F. (2004). *Investigación de la huella ecológica en la Universidad San Francisco: cálculo y creación de un reportaje* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2004).
- Shapiro, S. S., y Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.
- Stokey, N. L. (1998). Are there limits to growth?. *International economic review*, 1-31.
- Udemba, E. N. (2020). A sustainable study of economic growth and development amidst ecological footprint: New insight from Nigerian Perspective. *Science of the total environment*, 732, 139270.
- Ullah, A., Ahmed, M., Raza, S. A. y Ali, S. (2021). A threshold approach to sustainable development: Nonlinear relationship between renewable energy consumption, natural

- resource rent, and ecological footprint. *Journal of Environmental Management*, 295, 113073.
- Ulucak, R. y Khan, S. U. D. (2020). Determinants of the ecological footprint: role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101996.
- Verspagen, B. (1993). *Uneven Growth Between Interdependent Economies. The Evolutionary Dynamics of Growth and Technology*, Avebury: Aldershot.
- Wang, Z., Zhao, L. y Wang, Y. (2020). An empirical correlation mechanism of economic growth and marine pollution: A case study of 11 coastal provinces and cities in China. *Ocean y Coastal Management*, 198, 105380.
- Yang, X., Li, N., Mu, H., Zhang, M., Pang, J. y Ahmad, M. (2021). Study on the long-term and short-term effects of globalization and population aging on ecological footprint in OECD countries. *Ecological Complexity*, 47, 100946.
- Zafar, M. W., Zaidi, S. A. H., Khan, N. R., Mirza, F. M., Hou, F. y Kirmani, S. A. A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: the case of the United States. *Resources Policy*, 63, 101428.
- Zivot, E., y Andrews, D. W. K. (2002). Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of business y economic statistics*, 20(1), 25-44.



## 11. Anexos

### Anexo 1.

Pruebas de normalidad.

	Huella ecológica	Crecimiento económico	Renta de recursos naturales	Educación
Mean	16.95	24.70	9.92	2.44
Std. Dev	0.26	0.36	4.04	0.26
Minimum	16.52	24.24	3.72	1.97
Maximum	17.31	25.35	18.86	2.77
Jarque-Bera	3.53	3.05	3.99	3.46
Skewness	-0.31	0.16	0.75*	-0.26
Kurtosis	1.71*	1.70*	2.70	1.67*
Shapiro-Wilk	0.91**	0.93*	0.93*	0.91**
Observation	41	41	41	41

### Anexo 2.

Matriz de factor de inflación en la varianza (VIF)

Variable	VIF	1/VIF
Crecimiento económico	1.03	0.966
Renta de recursos naturales	1.00	0.999
Educación	1.04	0.965
Mean VIF	1.02	

### Anexo 3.

Pruebas para la identificación del número de rezagos.

Rezago	LL	LLR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	140.571				6.00E-09	-7.587	-7.526	-7.411
1	195.471	109.8	16	0.000	6.9e-10*	-9.748	-9.441*	-8.869*
2	211.599	32.256	16	0.009	7.10E-10	-9.755*	-9.203	-8.172
3	221.412	19.626	16	0.238	1.10E-09	-9.412	-8.613	-7.124
4	237.972	33.121*	16	0.007	1.30E-09	-9.443	-8.399	-6.452

#### **Anexo 4.**

*Certificación de traducción del Abstract.*

#### **2.1 Abstract**

Humanity first became aware of the ecological deficit in the early 1970s, however, by the year 2018 the world's HE was 2.8 per capita, that is, 1.6 planets were needed to meet the needs of humans in that year. In this sense, the general objective of this research is to evaluate the impact of economic growth on the ecological footprint of Ecuador during 1980-2020, through a statistical and econometric analysis, in order to propose strategies that generate environmental sustainability in this country. For this purpose, cointegration techniques with structural breaks and the Fully Modified Least Squares (FMOLS), Dynamic Least Squares (DOLS), and Canonical Cointegration Regression (CCR) estimators are used, and in the short term the Vector Error Correction (VEC) estimator based on data from the World Bank (2020), Global Footprint Network (2020) and Penn World Table (2020). The main results show that the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis is fulfilled for Ecuador, and that education has a positive impact on the ecological footprint in the long term, while resource rent has a positive impact in the short term, and the causality test revealed statistically significant feedbacks between all variables. Consequently, it is recommended that the government focus on a more sustainable use of natural resources in parallel to the increase in income, and in response to this, the promotion of renewable energies is a viable alternative.

**Key words:** Ecological footprint; Economic growth; Kuznets; Education; Structural breaks.

**JEL Codes:** Q5; O47; O57; I25; C32

Yo, Paulina Patricia Montalvo Zúñiga, por la presente certifico que traduje el documento adjunto del idioma español al inglés y que, es una traducción correcta de acuerdo a los documentos originales. Así lo certifico, en base a la formación de grado y posgrado en la Enseñanza de Inglés como lengua extranjera.

**Mgs. Paulina Patricia Montalvo Zúñiga**

**Docente de inglés de la UEMBV**