



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA**

**CARRERA DE ECONOMÍA**

**Título:**

**“Degradación ambiental y crecimiento económico: un análisis de datos panel para América Latina durante el periodo 1961 – 2016”**

*Tesis previa a la obtención del grado de Economista*

**Autor:** Jorge Eduardo Masache Tandazo

**Director de tesis:** Econ. Roberto Felipe Erazo Castro, Mg. Sc.

**Loja – Ecuador**

**2021**

**CERTIFICACIÓN****ECONOMÍA**  
Facultad Jurídica, Social y Administrativa

Loja, 24 de noviembre de 2021

Econ. Roberto Felipe Erazo Castro, Mg. Sc.

**DOCENTE DE LA CARRERA DE ECONOMÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA****CERTIFICA:**

Que el trabajo de tesis titulado **"DEGRADACIÓN AMBIENTAL Y CRECIMIENTO ECONÓMICO: UN ANÁLISIS DE DATOS PANEL PARA AMÉRICA LATINA DURANTE EL PERIODO 1961 – 2016"**, desarrollado por **JORGE EDUARDO MASACHE TANDAZO**, estudiante egresada de la Carrera de Economía, previo a la obtención del Grado de Economista, ha sido realizado bajo mi dirección, control y supervisión, cumpliendo los requerimientos establecidos en el Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja, la misma que ha sido culminada satisfactoriamente con un avance del 100%, motivo por el cual autorizo su presentación para que continúe con los siguientes trámites respectivos.

Esto es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Firmado electrónicamente por:  
**ROBERTO FELIPE  
ERAZO CASTRO**Eco. Roberto Felipe Erazo Castro  
**DIRECTOR DE TESIS**

## AUTORÍA

Yo, Jorge Eduardo Masache Tandazo declaro ser autor del presente trabajo de Tesis, titulado “Degradación ambiental y crecimiento económico: un análisis de datos panel para América Latina durante el periodo 1961 – 2016”, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Autor:** Jorge Eduardo Masache Tandazo.

**Firma:**



Firmado electrónicamente por:  
JORGE EDUARDO  
MASACHE TANDAZO

**Cédula:** 1104000128

**Fecha:** Loja, 24 de noviembre de 2021

## **CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL AUTOR PARA LA CONSULTA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo Jorge Eduardo Masache Tandazo declaro ser el autor de la Tesis titulada “Degradación ambiental y crecimiento económico: un análisis de datos panel para América Latina durante el periodo 1961 – 2016”, como requisito para optar por el grado de **ECONOMISTA**.

Además, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en RDI, 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 de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinticuatro días del mes de noviembre de dos mil veintiuno, firma el autor.

**Firma:**



**Autor:** Jorge Eduardo Masache Tandazo

**Cédula:** 1104000128

**Dirección:** Loja

**Correo electrónico:** jorge.masache@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0968616137

### **DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de tesis:** Econ. Roberto Erazo.

**Tribunal de Grado:**

**Presidente del Tribunal de Grado:** Econ. José Rafael Alvarado López Mg. Sc.

**Vocal del Tribunal de Grado:** Econ. José Vicente Ordoñez Yaguache Mg. Sc.

**Vocal del Tribunal de Grado:** Lic. Fanny Yolanda Gonzáles Vilela Mg. Sc.

## DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía y fortaleza, por haber estado conmigo siempre.

A mis queridos padres Segundo y Enid, quienes con su incondicional apoyo, paciencia y esfuerzo, me han permitido llegar a cumplir esta meta.

A mi hermana Maribel y mi sobrina Madeleine por su cariño y compañía durante todo este proceso.

A mis abuelitos paternos y maternos (+) por sus oraciones y consejos.

A mi tío, Rvdo. Padre. Rolando Masache (+) por todo su apoyo y gran ejemplo.

*Jorge Eduardo Masache T.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Loja por ser la fuente de todos los conocimientos adquiridos en este proceso de preparación.

A todos quienes conforman la carrera de Economía, especialmente a sus docentes por su dedicación y generosidad para impartir sus conocimientos.

A mi director de tesis Econ. Roberto Erazo por su apoyo y orientación en el desarrollo de esta tesis.

*Jorge Eduardo Masache T.*

ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN											
<b>BIBLIOTECA:</b> Facultad Jurídica, Social y Administrativa											
TIPO DE DOCUMENTO	AUTOR/NOMBRE DEL DOCUMENTO	FUENTE	FECHA AÑO	ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN							NOTAS OBSERVACIÓN
				INTERNACIONAL	NACIONAL	REGIONAL	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	OTRAS DEGRADACIONES	
<b>TESIS</b>	Jorge Eduardo Masache Tandazo  “Degradación ambiental y crecimiento económico: un análisis de datos panel para América Latina durante el periodo 1961 – 2016”	UNL	2021	17  países HIC <sup>1</sup> , UMIC <sup>2</sup> , LMIC <sup>3</sup>	--	--	--	--	--	--	Economista

HIC<sup>1</sup> = Países de Ingresos altos

UMIC<sup>2</sup> = Países de ingresos medios-altos

LMIC<sup>3</sup> = Países de ingresos medios-bajos

Figura 1

*Mapa de cobertura*

*Nota.* Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2021), Global Footprint Network (2021).

## INDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL AUTOR PARA LA CONSULTA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	viii
INDICE DE CONTENIDOS .....	ix
a. TITULO.....	1
b. RESUMEN .....	2
ABSTRACT.....	3
c. INTRODUCCIÓN .....	4
d. REVISION DE LITERATURA.....	6
e. MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
f. RESULTADOS.....	36
g. DISCUSIÓN .....	54
h. CONCLUSIONES .....	63
i. RECOMENDACIONES .....	65
j. BIBLIOGRAFÍA .....	67
k. ANEXOS .....	75

**a. TITULO**

“Degradación ambiental y crecimiento económico: un análisis de datos panel para América Latina durante el periodo 1961 – 2016”

## **b. RESUMEN**

La situación ambiental de América Latina es bastante preocupante, debido a que las actividades económicas realizadas por el ser humano están provocando la degradación de los ecosistemas, conllevando a la pérdida de 18,5% de biodiversidad. En este contexto, esta investigación examina el efecto del crecimiento económico sobre los niveles de degradación ambiental para América Latina durante el periodo de 1961 – 2016. Se analizan 17 países con datos obtenidos del World Development Indicators (WDI) de la base del Banco Mundial (BM, 2019) y de la Global Footprint Network (GFN, 2021). Se utilizó técnicas econométricas de datos panel, un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS), técnicas de cointegración de Westerlund para el largo plazo, FMOLS para comprobar la elasticidad de las variables en equilibrio en el largo plazo y finalmente se utilizó la prueba de causalidad tipo Granger de panel de Dumitrescu y Hurlin (2012). Los resultados obtenidos muestran una relación positiva y significativa entre la huella ecológica, las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico. Existe cointegración de todas las variables en el largo plazo y una causalidad bidireccional entre la huella ecológica y el PIB per cápita de manera general. De igual manera se encontró una causalidad unidireccional entre la huella ecológica y el PIB per cápita para el panel LMIC y una causalidad unidireccional entre las emisiones de dióxido de carbono y el PIB per cápita para todos los grupos de países.

***Palabras clave:*** Degradación. Crecimiento económico. Datos Panel. Cointegración.

***Clasificación JEL:*** Q56. O40. C33. C49.

## **ABSTRACT**

The environmental situation in Latin America is quite worrying, since human economic activities are causing the degradation of ecosystems, leading to the loss of 18.5% of biodiversity. In this context, this research examines the effect of economic growth on the levels of environmental degradation, for Latin America during the period 1961 - 2016. Seventeen countries are analyzed with data obtained from the World Bank's World Development Indicators (WDI) database (WB, 2019) and the Global Footprint Network (GFN, 2019). Panel data econometric techniques such as a Generalized Least Squares (GLS) model, Westerlund cointegration techniques for the long run and FMOLS were used to test the elasticity of variables in equilibrium in the long run and finally the panel Granger-type causality test of Dumitrescu and Hurlin (2012) was used. The results obtained show a positive and significant relationship between the ecological footprint, carbon dioxide emissions and economic growth. There is cointegration of all the variables in the long term and a bidirectional causality between the ecological footprint and the GDP per capita in general. Similarly, a unidirectional causality was found between the ecological footprint and GDP per capita for the LMIC panel and a unidirectional causality between carbon dioxide emissions and GDP per capita for all groups of countries.

**Key words:** Degradation. Economic growth. Panel data. Cointegration.

**JEL classification:** Q56. O40. C33. C49.

### **c. INTRODUCCIÓN**

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2020) por sus siglas en inglés, determina que América Latina está perdiendo rápidamente su biodiversidad y muestra que esta región es la que mayores impactos ambientales ha sufrido a nivel mundial, tal como: la dramática disminución del 89% de poblaciones de especies en comparación con 1970 y el dramático 20% de Amazonía que ha desaparecido en solo 50 años. Para WWF la conclusión es clara: "La actividad humana está empujando hasta el límite los sistemas naturales del planeta de los que depende la vida sobre la Tierra".

En cuanto a la evidencia empírica para el problema de investigación se ha tenido diferentes aportes, las investigaciones realizadas por (Almeida et al., 2017; Andréé et al., 2019; Ng et al., 2020) concluyen que el daño ecológico aumenta en las primeras y últimas etapas de crecimiento económico, disminuyendo solo en la zona media de crecimiento económico. Por su parte, (Özokcu y Özdemir, 2017; Churchill et al., 2018; Chakravarty y Mandal, 2020) no apoyan la hipótesis de Kuznets debido a que el comportamiento de las variables Pib per cápita y huella ecológica se dan en forma de N invertida.

Además, se han planteado tres hipótesis: la primera, la degradación ambiental en América Latina ha disminuido durante el periodo de estudio; la segunda, existe un equilibrio en el largo plazo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico y la tercera, la relación causal entre el crecimiento económico y la degradación ambiental es bidireccional.

Para cumplir con el objetivo general del trabajo de investigación se ha desarrollado tres objetivos específicos que son: 1) Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución y correlación de los indicadores ambientales y el crecimiento económico de América Latina. 2) Determinar el nexo a largo plazo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico

de los países de América Latina y 3) Estimar la relación de causalidad entre la degradación ambiental y el crecimiento económico de los países de América Latina.

La investigación se diferencia de otros estudios por su temporalidad, la cantidad de países utilizados y especialmente en el modelo econométrico planteado ya que incluye dos variables que analizan la contaminación ambiental como son: la huella ecológica y las emisiones de dióxido de carbono, las cuales se complementan de forma satisfactoria logrando de esta forma un abordaje más completo de la problemática medio ambiental.

El presente estudio después de la introducción, posee la siguiente estructura dividida en apartados: el apartado d) corresponde a la revisión de la literatura conformada por los antecedentes y la evidencia empírica relacionada al tema planteado; en el apartado e) constan los materiales y métodos utilizados; en el apartado f) se describen los resultados; en el apartado g) se muestra la discusión; en el apartado h) las conclusiones; el apartado i) las recomendaciones; en el apartado j) se ubica la bibliografía y finalmente, en el apartado k) los anexos.

La principal conclusión es que la huella ecológica y las emisiones de dióxido de carbono en la región de América Latina evidencian que la actividad humana y el crecimiento económico no sostenible, ejercen continuamente una gran presión sobre el planeta que pone en riesgo la biodiversidad y la calidad de vida, por lo cual es indispensable que se tomen acciones inmediatas.

## **d. REVISION DE LITERATURA**

### **1. ANTECEDENTES**

Las teorías de crecimiento económico han tenido relevancia desde hace tiempo y son abordadas desde diferentes perspectivas, de acuerdo a la evolución de las actividades económicas y de la sociedad; sin embargo, la discusión de la dimensión ambiental en el crecimiento económico es más reciente, puesto que se ha demostrado que, con el paso del tiempo, el modelo económico caracterizado por la explotación excesiva de recursos naturales genera altos niveles de la contaminación al medio ambiente.

Los primeros estudios de crecimiento económico se desarrollan bajo la corriente de pensamiento del mercantilismo, quienes tenían la convicción de que los factores monetarios, más que los factores reales, son los determinantes principales de la actividad y el crecimiento económico; además, afirmaban que una adecuada oferta de dinero resultaba particularmente esencial para el crecimiento del comercio, tanto doméstico como internacional y creían que los cambios en la cantidad de dinero generaban cambios en el nivel del producto real (Márquez y Silva, 2008).

Posteriormente, los fisiócratas en la mitad del siglo XVIII afirmaban que lo importante era desarrollar un sistema económico nacional abastecido con las materias primas proporcionadas por la naturaleza, o sea, la promoción de la explotación de los recursos naturales del país para impulsar su crecimiento económico. Asimismo, consideraban que la agricultura era la única actividad que generaba un producto neto y por ello se debía utilizar varias técnicas que ayuden a una abundante producción, en la cual se sustentaría el sistema económico de las naciones (Domínguez, 2014).

En el siglo XX, cuando Estados Unidos y Europa experimentan la crisis de 1929, surge la teorías económica de Keynes (1936) donde analiza el crecimiento económico con la

dinámica del corto plazo y la demanda agregada como un motor de crecimiento económico; además, reconoce que en las etapas recesivas hay una disminución de eficacia marginal del capital que depende de las tasas de interés y de la capacidad empresarial lo cual lleva a disminuir el crecimiento. De acuerdo con Lavoie (1992) el aplicar esta teoría también da lugar a un proceso de estancamiento acompañado de desempleo donde se debe adoptar políticas de expansión en la demanda agregada para que impulsen la inversión, haya más fuentes de trabajo y finalmente se consiga un crecimiento económico.

A mediados de la década de los cincuenta del siglo XX se dieron los modelos neoclásicos de crecimiento exógeno planteados por Solow y Swan (1956) quienes proponen una situación de equilibrio a largo plazo cuya función de producción con rendimientos constantes a escala y decrecientes en los factores productivos conjuntamente con el supuesto de mercados perfectamente competitivos; el modelo considera el factor exógeno del progreso tecnológico para que existan tasas de crecimiento de la renta per cápita a largo plazo.

En esta misma época, Kuznets (1955) formula una teoría para explicar la evolución de la distribución del ingreso a través del crecimiento económico que evidencia una relación de U invertida entre ambas variables, donde se planteó que, al inicio del proceso de desarrollo las economías presentan una distribución del ingreso bastante equitativa; pero que, a medida que incrementa su ingreso per cápita, esta relación comienza a deteriorarse hasta alcanzar un nivel máximo de desigualdad y a partir de ese máximo la equidad comienza a mejorar.

En la década de 1970 surge el ambientalismo bajo el enfoque de la visión neoclásica y representa una alternativa a un paradigma productivista a raíz de un comportamiento de confort y consumismo derivado del boom tecnológico que intensificaba el uso de recursos y factores. En consecuencia, el medio ambiente se convirtió en una cuestión de importancia internacional con la Conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (1972) donde se

menciona que la protección y mejoramiento humano es una cuestión fundamental que afecta el bienestar de los pueblos y al desarrollo económico del mundo entero, un deseo urgente de los pueblos de todo el mundo y un deber de todos los gobiernos (Handl, 2012).

El informe denominado “Límites al crecimiento” dirigido por Meadows (1972) e impulsado por el Club de Roma y el Instituto Tecnológico de Massachusetts, plasma la gravedad de la crisis ecológica y pone en riesgo gran parte de la vida en la Tierra. Las previsiones realizadas a 50 años fueron tratadas de alarmistas, pero años más tarde las conclusiones se han ido cumpliendo. Otro aporte de relevancia es el Informe de Brundtland, (1987) para las Naciones Unidas titulado “Nuestro Futuro Común” donde se expone por primera vez el concepto de desarrollo sostenible, donde se debe satisfacer las necesidades del presente sin comprometer los recursos para las futuras generaciones.

Los primeros modelos que incorporan variables ambientales aparecen en la década de los noventa, siendo el estudio pionero el Informe de Desarrollo del BM (1992) denominado Desarrollo y Medio Ambiente, el mensaje transmitido en el informe es la necesidad de integrar las consideraciones ambientales en la formulación de políticas de desarrollo. Asimismo, se menciona que se requiere de una estrategia doble: en primer lugar, se deben explotar agresivamente los vínculos entre el crecimiento eficaz de los ingresos y el medio ambiente, y en segundo lugar, se deben poner en práctica políticas e instituciones sólidas que obliguen a quienes toman decisiones a adoptar formas de comportamiento menos nocivas.

En la misma década, la relación mostrada por Kuznets (1955) encuentra su aplicación en el ámbito del medioambiente. Los trabajos precursores son los realizados por Shafik y Bandyopadhyay (1992); como también los de Grossman y Krueger (1995) quienes llegan a la conclusión de que la relación entre algunos indicadores de contaminación y el ingreso per cápita se comportan en forma de U invertida. Selden y Song (1994) retoma las variables

utilizadas por Grossman y Krueger (1995) e incluyen el óxido de nitrógeno y el monóxido de carbono, comprobándose la relación de U invertida, que significa que en las primeras etapas del desarrollo de un país el crecimiento económico era perjudicial para el medio ambiente hasta que este alcance un cierto nivel de ingreso per cápita, que le permita revertir esa tendencia, con lo cual el crecimiento económico estaría aportando positivamente al medio ambiente. Sin embargo, la hipótesis de Kuznets ha sido criticada por considerar que el crecimiento económico no puede llevar a una mejor calidad ambiental (De Bruyn, 2000).

La crítica clave la realiza Arrow et al. (1996) quienes mencionan que no existe retroalimentación del daño ambiental a la producción económica debido a que se supone que el ingreso es una variable exógena; además, indican que si un país tiene altos niveles de actividad económica no sostenible y si intenta crecer rápidamente en las primeras etapas de desarrollo donde la degradación ambiental va en aumento, se tendrá un efecto negativo para el crecimiento en el futuro.

De acuerdo con Komen et al. (1997) las economías desarrolladas pueden invertir mayor cantidad de recursos en investigación y desarrollo que permitirán mejorando la calidad del medio ambiente. Asimismo, el aporte de Panayotou (1997) señala la importancia de la calidad política y las instituciones para mitigar la degradación ambiental en los países de niveles de bajos ingresos y acelerar las mejoras en los niveles de ingresos más altos, aplanando así la curva de Kuznets y reduciendo el precio medioambiental del crecimiento económico.

Stern (2004) realizó un estudio analítico sobre la curva de Kuznets en algunos países y concluye que esta curva no es muy confiable, ya que en varios países hay bajos niveles de crecimiento económico y tienen menor cantidad de emisiones de carbono en tanto que, los países de alto crecimiento también tienen un alto incremento de contaminación; por lo tanto,

esta investigación asegura que la teoría es obsoleta y se debe tomar nuevas teorías para analizar el impacto ambiental.

## **2. EVIDENCIA EMPÍRICA.**

La evidencia empírica referente al tema de investigación se organiza en dos partes: primero, se presentan algunos estudios que analizan la relación de entre las emisiones de carbono y crecimiento económico, y segundo, se revisan estudios que muestren la relación entre la huella ecológica y el crecimiento económico.

En relación a la primera parte, bajo el contexto global Almeida et al. (2017) realizan un estudio para 152 países clasificados en tres conjuntos distintos por nivel de desarrollo en un periodo de 6 años, mediante el índice compuesto modificado de desempeño ambiental para medir el daño ambiental y el PIB per cápita para representar el crecimiento económico utilizando datos de panel con el Mínimo Cuadrado Generalizado; concluyen que el daño ecológico aumenta en las primeras y últimas etapas de crecimiento económico, disminuyendo solo en la zona media de crecimiento económico; por tanto, argumentan es fundamental la creación de un marco de política ambiental consistente, coherente y eficaz para mejorar la calidad ambiental que respalda el bienestar y permite el desarrollo económico a largo plazo.

Por su parte, Özokcu y Özdemir (2017) examinan la relación entre el ingreso per cápita y las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita y el uso de energía per cápita, durante el periodo de estudio comprendido entre 1980 y 2010, utilizando las técnicas de estimación de datos de panel con la aplicación de Errores estándar de Driscoll-Kraay. El primer modelo, los datos se analizan para 26 países de la OCDE con altos niveles de ingresos, mientras que, para el segundo modelo, los datos se examinan para 52 países emergentes. En ambos modelos muestran que se observan la forma de N entre la relación de emisiones de carbono y PIB per cápita; por lo tanto, los

resultados no apoyan la hipótesis de EKC, que implica que la degradación ambiental no puede resolverse automáticamente mediante el crecimiento económico.

Abid (2017) prueba la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (EKC) con una muestra de 58 países MEA (Oriente Medio y África) y 41 países de la UE (Unión Europea) para el período 1990 a 2011 mediante el método del sistema GM para resolver el problema de las variables endógenas; por tanto, se enfocan en los efectos directos e indirectos de la calidad institucional (a través de la eficiencia del gasto público, desarrollo financiero, apertura comercial y la inversión extranjera directa) y la relación ingreso-emisión. Los resultados evidencian una relación monótonamente creciente entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB en las regiones de MEA y de la UE; la implicación de la política es clara: para tener un desempeño económico positivo sostenible y para reducir las emisiones de dióxido de carbono en el país al mismo tiempo, los responsables de la formulación de políticas deben regular y mejorar el papel y la eficiencia de las instituciones nacionales.

La aportación de Churchill et al. (2018) prueban la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets (EKC) para un panel de 20 países de la OCDE, para el período de 1870 a 2014. Utilizan estimadores de datos de panel desarrollados recientemente que dan cuenta de la dependencia transversal y la heterogeneidad de los parámetros, conjuntamente con el método de GMM. Se encontró evidencia de EKC para nueve de los 20 países, exhibiendo una relación tradicional en forma de U invertida, tres exhibiendo una relación en forma de N y uno, una relación en forma de N invertida. Los puntos de inflexión en los ingresos per cápita se encuentran entre \$ 18,955 y \$ 89,540 (en dólares de 1990).

Por su parte, Andrée et al. (2019) incluyen 95 países en el período de 1999–2014 mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados, para garantizar la comparabilidad entre países, usan el PIB per cápita en dólares internacionales constantes de 2011 ajustados por

la paridad del poder adquisitivo (PPA). También, utilizan la variable de deforestación (porcentaje anual de pérdida de árboles), densidad de la población, tasa de desnutrición, urbanización y pobreza. Los resultados muestran que hay una relación de U leve entre la deforestación y los ingresos per cápita. El efecto de la tasa de desnutrición aumenta la deforestación, mientras que la transición para salir de la pobreza se correlaciona con una disminución en la intensidad de la deforestación. Un aumento en la densidad de población aumenta inequívocamente la contaminación. La tendencia de la intensidad de la contaminación a lo largo de la tasa de urbanización es alta y evidencia la degradación ambiental en el largo plazo.

La investigación realizada por Chakravarty y Mandal (2020) evalúan la validez de la relación tipo Kuznets (en forma de U) entre el crecimiento económico y la eficiencia ambiental en determinadas economías en desarrollo para el período 1992-2011 mediante el Método Generalizado de Momentos (GMM) siendo las variables el PIB per cápita y los contaminantes de emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ); los resultados no confirman ninguna relación tipo Kuznets entre el crecimiento económico y la eficiencia ambiental en términos de ambos contaminantes, mientras que la eficiencia ambiental en términos de  $\text{CO}_2$  per cápita exhibe una relación “en forma de N invertida” con el crecimiento económico, se observa un impacto insignificante del crecimiento en la eficiencia en el caso del  $\text{SO}_2$ .

Ng et al. (2020) analizan la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental mediante el uso de estimaciones que dan cuenta de efecto de dependencia (CSD) y asimetría en 76 países durante el período 1971-2014; los resultados apoyan moderadamente la hipótesis de EKC, donde 11 países (Australia, China, República Democrática del Congo, Costa Rica, Gabón, Hong Kong, India, Corea, Myanmar, Turquía y Uruguay) presentan una curva en forma de U

invertida, por tanto, se menciona que la hipótesis de EKC no se ajusta a todos los países, ya que solo la cuarta parte de los países investigados apoyan la hipótesis y que algunos países en desarrollo están a favor de la curva en forma de U invertida probablemente debido a la energía renovable en estos países.

A nivel regional ha habido varios aporte, entre los cuales tenemos: Apergis y Ozturk (2015) prueban la validez de la curva de Kuznets ambiental (EKC) utilizando enfoques metodológicos basados en paneles y series de tiempo de cointegración, empleando datos sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita y el PIB real per cápita de quince países asiáticos que abarca el período 1960-2013. El estudio prueba la cointegración entre las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, el PIB real per cápita y los valores al cuadrado del PIB real per cápita. Los enfoques de cointegración variables en el tiempo proporcionan una fuerte evidencia a favor de los parámetros de cointegración variables en el tiempo. Además, con base en el enfoque de cointegración cuantílica, los resultados indican que la hipótesis EKC se mantiene en 12 de los 15 países. Sin embargo, incluso para estos tres países, la hipótesis de EKC parece mantenerse en ciertos cuantiles.

Kasperowicz (2015) investiga la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico de 18 países miembros de la UE entre 1995 y 2012. El crecimiento económico de los países impulsa un uso intensivo de energía que se traduce en un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que la contaminación es directamente relacionada con el crecimiento económico y el desarrollo. Utilizando la estimación básica de ECM verificamos que la relación a largo plazo entre el PIB y las emisiones de CO<sub>2</sub> es negativa, porque el desarrollo de nuevas tecnologías bajas en carbono permite a largo plazo alcanzar el mismo nivel de producción con menores emisiones de CO<sub>2</sub> y que a corto plazo la relación de funcionamiento entre el PIB y las emisiones de CO<sub>2</sub> es positiva, porque el rápido aumento de la producción se puede alcanzar

debido al uso más intensivo de energía por parte de las tecnologías existentes, entonces la capacidad aumenta también las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Otro estudio realizado por Apergis (2016) analiza la hipótesis de la curva ambiental de Kuznet (EKC) para 14 países asiáticos que abarcan el período 1990-2011. Se centran en cómo los ingresos y las políticas de estos países afectan la relación ingresos-emisiones (medio ambiente). La metodología GMM que utiliza datos de panel se emplea en un marco multivariado para probar la hipótesis. El marco multivariado incluye: emisiones de CO<sub>2</sub>, PIB per cápita, densidad de población, tierra, participación de la industria en el PIB y cuatro indicadores que miden la calidad de las instituciones. La asociación en forma de U invertida entre las emisiones y el ingreso per cápita se cumple, la densidad de la población tiene un efecto directo sobre la contaminación ambiental al igual que la participación de la industrial.

Azam (2016) realizó una investigación en 11 países asiáticos entre 1990 y 2011. Utilizó un modelo econométrico derivado de una función de producción, en la que el nivel de producción de un país depende de la degradación ambiental medida por las emisiones de CO<sub>2</sub>, consumo de energía, entrada neta de inversión extranjera y capital humano. Los resultados empíricos muestran que la degradación ambiental tiene un impacto significativamente negativo en el crecimiento económico. Las entradas de IED, el consumo de energía y el capital humano por esperanza de vida muestran que se relaciona positivamente con el crecimiento económico.

Shahbaz et al. (2017) examina el nexo entre el crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para los países del G7 durante casi dos siglos desde 1820 hasta 2015. Las variables utilizadas son las emisiones de dióxido de carbono y el PIB per cápita. Utiliza pruebas no paramétricas de cointegración y causalidad junto con el análisis de regresión lineal local validado de forma cruzada. Los resultados demostraron la existencia de la curva de Kuznets ambiental en seis de los países del G7 (Canadá, Francia, Alemania, Italia, Reino Unido

y EE. UU.) Y la única excepción es Japón. Asimismo, se encuentra que las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico están cointegrados y estrechamente interrelacionados en el sentido de Granger.

Wang (2018) examina empíricamente la relación entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico mediante la aplicación del análisis de cointegración y la prueba de causalidad de Granger a los datos de series de tiempo de las emisiones de carbono y el producto interno bruto (PIB) de los 20 principales emisores del mundo de 1990 a 2015. El análisis de integración muestra que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico en la mayoría de los países. La prueba de causalidad de Granger verifica un vínculo causal unidireccional entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico en la mayoría de los principales emisores. En los países desarrollados, el crecimiento económico es la causa principal de las emisiones de carbono, mientras que en los países en desarrollo ocurre lo contrario.

Liu et al. (2019) emplean mapeo cruzado convergente (CCM) multiespacial para revisar la causalidad energía-carbono-economía para China, India y los países del G7 utilizando tanto datos agregados como datos per cápita. Los hallazgos indican que existen diferencias significativas entre los países en desarrollo y los países desarrollados. Se encuentra un nexo bidireccional entre el consumo de energía, las emisiones de carbono y el crecimiento económico. Los resultados confirman que el fenómeno del desacoplamiento es común en la mayoría de los países del G7. Sugieren que las autoridades de políticas formulen políticas específicas de cada país para obtener una mejor calidad ambiental al tiempo que se logra un crecimiento económico sostenible.

Erdoğan et al. (2019) investigan la relación entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico para los países BRICS-T para el período 1992-2016. Aplicando

enfoques de cointegración de panel de Pedroni y Westerlund y Edgerton para examinar la cointegración entre las variantes. El enfoque OLS totalmente modificado se aplica para probar la relación a largo plazo entre el crecimiento económico y las emisiones de carbono. Los resultados empíricos indican que un aumento del 1% en el crecimiento económico aumenta las emisiones de carbono en un 0,79%, pero un aumento del 1% en las emisiones de carbono conduce al crecimiento económico en un 0,5%. El análisis de causalidad revela la presencia de una relación bidireccional entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico.

En cuanto a la evidencia encontrada para los diferentes países del mundo consideramos los trabajos realizados por, Tutulmaz (2015) quien investiga la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets (EKC) utilizando series de tiempo de 40 años para el caso de Turquía, en el período 1968-2007. Se utilizan series de emisiones de CO<sub>2</sub> que representan la presión ambiental y los valores del PIB per cápita que representan el desarrollo económico. Se ha determinado una cointegración entre series no estacionarias, en donde las primeras fases de crecimiento se da una relación EKC en forma de U invertida y tienen puntos de inflexión en la banda de nivel de ingresos de \$ 6000–7000.

Posteriormente, Kang et al. (2016) examinan la hipótesis de CO<sub>2</sub> EKC de China utilizando un modelo de datos de panel espacial para evitar el error de estimación de coeficientes que cubre el período 1997-2012. Los resultados muestran que la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub> se configura como una trayectoria de N invertido. Se confirma que los efectos de los derrames espaciales afectan la forma de la curva de Kuznets ambiental del CO<sub>2</sub>, específicamente, las emisiones tienen un aumento relativamente fuerte desde las regiones orientales hacia las regiones central y occidental de China. También se ha encontrado que la urbanización y la combustión de carbón son factores principales en el

aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Mientras que la apertura comercial contribuye a una ligera disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El estudio de Alam et al. (2016) examinan los impactos de los ingresos, el consumo de energía y el crecimiento de la población en las emisiones de CO<sub>2</sub> empleando una serie de datos anuales para el período 1970–2012 en India, Indonesia, China y Brasil. El estudio utilizó el enfoque de prueba de límites de retardo distribuido autorregresivo (ARDL) considerando los supuestos lineales y no lineales para los datos de series de tiempo. Los resultados muestran que las emisiones de CO<sub>2</sub> han aumentado de manera estadísticamente significativa con aumentos en los ingresos y el consumo de energía en los cuatro países. Si bien la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico son estadísticamente significativos para India y Brasil, y ha sido estadísticamente insignificante para China e Indonesia tanto a corto como a largo plazo.

Pal y Mitra (2017) analizan la cointegración entre las emisiones de dióxido de carbono, el PIB per cápita, el uso de energía y el comercio, y examina la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets (EKC) para India y China durante el período 1971-2012 utilizando el modelo de rezago distribuido autorregresivo de Pesaran et al. (2001). El estudio establece un efecto a largo plazo de la actividad económica y la apertura comercial y un efecto a corto plazo del uso de energía sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. Este estudio no solo encontró apoyo para la hipótesis de EKC, sino que también mostró la relación en forma de N entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB per cápita. Esto significa que, tanto en India como en China, las emisiones de CO<sub>2</sub> primero aumentaron junto con el PIB per cápita y luego disminuyeron a medida que el PIB per cápita alcanzó un cierto nivel, pero nuevamente mostró una tendencia al alza con mayor crecimiento económico. La característica en forma de N fue más prominente en el caso de India que en China.

Shahbaz et al. (2019) investiga la relación de Kuznets entre las emisiones de carbono e ingresos mediante una muestra de datos anuales de 1974–2016 de Vietnam utilizando un enfoque de prueba de límites ARDL para examinar la cointegración entre las variables y la prueba de causalidad VECM Granger. Los resultados mencionan que no existe EKC a corto plazo, sino solo a largo plazo. Sin embargo, la forma de N describe mejor la relación entre los ingresos y la contaminación a largo plazo. Esto implica que Vietnam puede esperar una reducción temporal de las emisiones de CO<sub>2</sub> en una etapa determinada de crecimiento económico. Sin embargo, esto será seguido por un nuevo aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> después de alcanzar otro punto de inflexión en los ingresos. Por tanto, el gobierno vietnamita debería centrarse en estrategias económicas y medioambientales a largo plazo.

Por su parte, Chontanawat (2020) examina la relación causal entre el consumo de energía con el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub> de los cuatro países asiáticos seleccionados: Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia entre los años 1971-2017 utilizando el método de cointegración de Johansen combinado con el modelo de causalidad de Granger. Los principales muestran la evidencia de una causalidad unidireccional que va desde el crecimiento económico hasta el consumo de energía y las emisiones de carbono en Indonesia, Malasia y Tailandia, mientras que en Filipinas se encontró la dirección opuesta. Los resultados de Indonesia, Malasia y Tailandia apoyan la “hipótesis conservadora” que sugiere que se podrían adoptar políticas de conservación de energía en estos países, ya que no limitarían el crecimiento de las economías.

En América Latina se ha realizado varios estudios de esta temática. Al-Mulali et al. (2015) exploran el efecto del crecimiento económico (PIB), el consumo de energía renovable (ER) y el desarrollo financiero (FD) sobre las emisiones de carbono en los países de América Latina y el Caribe, mediante un modelo de panel durante el período 1980-2010. Los resultados

de OLS completamente modificados (FMOLS) indicaron una relación en forma de U invertida entre el CO<sub>2</sub> y el PIB. Además, los resultados de FMOLS también revelaron que la FD puede mejorar la calidad ambiental por su efecto negativo a largo plazo sobre el CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la energía renovable no tiene un efecto a largo plazo sobre el CO<sub>2</sub>, lo que indica que la energía renovable no contribuye a la reducción de CO<sub>2</sub>. Los resultados de causalidad de VECM Granger revelaron una causalidad de retroalimentación entre el PIB, la energía renovable, la FD y el CO<sub>2</sub> tanto a corto como a largo plazo.

En la misma línea de investigación Jardón et al. (2017) analizan la relación empírica entre las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) per cápita y el crecimiento económico en un panel de 20 países de América Latina y el Caribe durante el período 1971-2011. Utilizan pruebas recientes de raíz unitaria y técnicas de cointegración que son robustas a la presencia de dependencia transversal. Los resultados bajo el supuesto de independencia cruzada, se confirma la existencia de un EKC con un punto de inflexión realista. Sin embargo, este supuesto se rechaza posteriormente debido a la presencia de dependencia cruzada en el panel, no se puede establecer una relación de equilibrio de largo plazo entre las variables y rechazamos la existencia de una EKC.

En la investigación desarrollada por Polloni et al. (2021) analizan los impactos del crecimiento económico y la IED en las emisiones de CO<sub>2</sub> del estado de São Paulo, Brasil. Para realizar este estudio, se construyó un conjunto de datos únicos sobre IED regional y se incluyeron 592 municipios. Los análisis combinan estimaciones lineales y no lineales, y los resultados sugieren una relación no lineal entre el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita y las emisiones de CO<sub>2</sub>, junto con una asociación negativa entre IED y CO<sub>2</sub>.

En la segunda parte, Aşici y Acar (2015) investigan si los países tienden a reubicar su huella ecológica a medida que se enriquecen. El análisis se lleva a cabo para un panel de 116

países mediante un modelo econométrico GMM empleando los componentes de producción e importación de los datos de la huella ecológica de la Red Global de la Huella para el período 2004-2008, conjuntamente con las variables de PIB per cápita, apertura comercial, densidad de población, participación de la industria y energía per cápita. Se evidenció una relación de tipo EKC solo entre el ingreso per cápita y la huella de la producción nacional. Además, las variables de control como la apertura comercial, la densidad de la población y la participación de la industria mostraron un efecto positivo y significativo con la huella ecológica.

Por su parte, Al-Mulali et al. (2015) investiga la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets utilizando la huella ecológica. Se examinaron 93 países, clasificados por ingresos. Se utilizaron datos panel de 1980-2008 con el método generalizado de momentos. Las variables utilizadas son: huella ecológica, PIB, consumo de energía, apertura comercial y desarrollo financiero. Los resultados mostraron claramente una relación en forma de U invertida entre la huella ecológica y el crecimiento del PIB, lo que representa la hipótesis EKC en países de ingresos medios y altos, pero no en países de ingresos bajos y medianos bajos. Esta relación solo se da en una etapa de desarrollo económico. Además, el consumo de energía, la urbanización y la apertura comercial aumentan el daño ambiental a través de su efecto positivo en la huella ecológica de la mayoría de los países en todos los grupos de ingresos.

A su vez Ozturk et al. (2016) examinan la hipótesis ambiental de la curva de Kuznets (EKC) utilizando la huella ecológica como indicador ambiental y el PIB del turismo como indicador económico. Se estableció un modelo de degradación ambiental durante el período 1988-2008 para 144 países. Los resultados del método generalizado de momentos de series de tiempo (GMM) revelaron que el número de países que tienen una relación negativa entre la huella ecológica y sus determinantes (crecimiento del PIB por turismo, consumo de energía, apertura comercial y urbanización) es más existente en los países de ingresos medios y altos.

Además, la hipótesis EKC está más presente en los países de ingresos medios y altos que en los demás países de ingresos.

Ulucak y Bilgili (2018) realiza su estudio con datos panel para 15 países en el período 1961 a 2013. Los resultados muestran que la huella ecológica primero tiende a aumentar en los niveles iniciales de ingresos, luego tiende a disminuir a través de crecimiento económico en los países de cada grupo de ingresos. En este marco, la apertura comercial lleva a que la huella aumente y el capital humano disminuya en los países de cada grupo de ingresos. Asimismo, indican que gran parte de los problemas ambientales son consecuencia de la falta de educación sobre los impactos ambientales de las acciones humanas. El capital humano no solo es necesario para desarrollar nuevas tecnologías más ambientales, sino también para desarrollar una conciencia ambiental suficiente.

Aydin et al. (2019) investigan empíricamente los efectos no lineales del crecimiento económico sobre las huellas ecológicas como indicador de degradación ambiental. La muestra consta de 26 países de la Unión Europea (UE) y cubre el período 1990-2013. Emplean el modelo de regresión de transición suave de panel (PSTR) desarrollado recientemente, que puede predecir el nivel de umbral de forma endógena. Estas huellas ecológicas se dividen en las que ocurren en seis categorías principales de áreas ecológicamente productivas, que incluyen tierras de cultivo, tierras de pastoreo, áreas forestales, zonas de pesca, tierras construidas y tierras de absorción de carbono. Los resultados empíricos indican que la presión ambiental tiende a aumentar con el desarrollo económico, pero luego no disminuye con un mayor crecimiento para todas las huellas ecológicas excepto la huella de caladeros (FGF).

Danish et al. (2019) realizan un estudio para los países BRICS para el período de 1992 a 2016. Se emplean estimadores de mínimos cuadrados ordinarios completamente modificados (FMOLS) y los estimadores de largo plazo de mínimos cuadrados ordinarios dinámicos

(DOLS). Las variables utilizadas son: huella ecológica, ingresos reales, energías renovables, urbanización y la renta de los recursos naturales. Los hallazgos empíricos documentan que la renta de los recursos naturales, la energía renovable y la urbanización disminuyen la huella ecológica, lo que implica que tienen una contribución positiva a la calidad ambiental. Los resultados aprueban la curva de Kuznets ambiental (EKC) para los países BRICS. Sobre la base de los resultados empíricos, el estudio desarrolla importantes implicaciones políticas para que estos países logren los objetivos de desarrollo sostenible.

Świąder et al. (2020) investiga la hipótesis de EKC para 45 países y clasifica en tres grupos de ingresos: grupo de ingresos altos, grupo de ingresos medios, y grupo de ingresos bajos. Emplea la variable huella ecológica per cápita (EF) como indicador de deterioro ambiental, el producto interno bruto (PIB) a precios constantes para observar el crecimiento económico y el PIB al cuadrado. Utiliza técnica de datos panel mediante modelos corregidos (CUP-BC). Los resultados indican que la huella ecológica primero tiende a aumentar en los niveles iniciales de ingresos, luego tiende a disminuir a través de crecimiento económico en los países de cada grupo de ingresos. En este marco, la apertura comercial lleva a que la huella aumente y el capital humano hace que la FE disminuya en los países de cada grupo de ingresos.

Altıntaş y Kassouri (2020) analizan el nexo entre medio ambiente y desarrollo económico. El trabajo se centra en dos indicadores de degradación ambiental, incluida la huella ecológica (EF) y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se utiliza un modelo de panel heterogéneo con datos de 14 países europeos durante el período 1990-2014. Los resultados concluyen que existe una relación en forma de U invertida entre FE y crecimiento, apoyando la hipótesis EKC, mientras que un nexo en forma de U describe perfectamente la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento en Europa. En cuanto a las variables explicativas, los resultados muestran que la

energía renovable es una fuente amigable con el medio ambiente mientras que los combustibles fósiles contribuyen a la degradación ambiental.

Existe evidencia a nivel de países, en este sentido Mrabet y Alsamara (2017) realizan un estudio para Qatar durante el período 1980-2011. Explora la validez de la curva de Kuznets ambiental (EKC) utilizando dos indicadores ambientales diferentes: las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), la huella ecológica (EF), el producto interno bruto real (RGDP), el cuadrado de RGDP, el uso de energía, el desarrollo financiero y la apertura comercial. Emplean el modelo de retardo distribuido autorregresivo (ARDL) con presencia de rupturas estructurales desconocidas para estudiar la elasticidad de corto y largo plazo entre las variables. Los hallazgos infieren que existe una relación a largo plazo entre las variables seleccionadas con un cambio en el vector de cointegración en 1991 y 2000. El resultado empírico indica que la hipótesis en forma de U invertida no es válida en Qatar cuando usamos las emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que la forma de U invertida se mantuvo al usar el EF.

Mirza y Kanwal (2017) exploran la presencia de una causalidad dinámica entre el crecimiento económico, el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> para Pakistán. Prueban la presencia de relaciones bivariadas a largo plazo entre estas variables usando la prueba de cointegración de Johansen-Julius. Utilizan un enfoque ARDL para la cointegración. La existencia de causalidades fuertes a largo y corto plazo de Granger se ha estudiado en un marco de VECM. Los resultados de causalidad de Granger a corto y largo plazo indican la presencia de causalidades bidireccionales entre el consumo de energía, el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las implicaciones de los resultados sugieren que el gobierno debería centrarse en la creación de recursos para garantizar un suministro energético adecuado en la economía aumentando gradualmente la proporción de recursos de energía renovable en la combinación energética general.

Encontramos el aporte de Bello et al. (2018) quienes investigan en Malasia los impactos de las diferentes medidas de degradación ambiental incluida la huella ecológica, la huella de carbono, la huella hídrica y la emisión de CO<sub>2</sub> sobre el PIB, el PIB cuadrado y la urbanización para el período 1971 a 2016. Utilizan una prueba de raíz unitaria con rupturas, el enfoque de prueba de límites para la cointegración y la técnica de causalidad de VECM Granger. Los resultados muestran evidencia de una relación en forma de U invertida entre la degradación ambiental y el PIB real. Se encuentra que la hidroelectricidad reduce significativamente la degradación ambiental mientras que la urbanización resulta dañina para el medio ambiente, aparte de su efecto sobre la contaminación del aire. Los resultados de causalidad de VECM Granger muestran evidencia de causalidad unidireccional que va desde el consumo de energía hidroeléctrica y combustibles fósiles hasta todas las medidas de degradación ambiental y PIB real per cápita.

Seguidamente Wang et al. (2018) analiza el estado de sostenibilidad ambiental de China para el periodo de 1978-2013 utilizando un método de huella ecológica modificada (EF) y el PIB per cápita. Se aplican los modelos de media móvil integrada autorregresiva lineal (ARIMA) y de red neuronal artificial no lineal (ANN) para predecir la seguridad ecológica futura. Los resultados muestran que, la FE per cápita se multiplicó por tres entre 1978 y 2013, mientras que la capacidad de carga ecológica per cápita experimentó solo un ligero aumento, aunque los factores de equivalencia y rendimiento mejoraron. El índice de diversidad de la huella ecológica y el PIB per cápita alcanzaron su punto máximo en la década de 1990 y luego comenzaron a caer, lo que indica que el entorno ecológico de China, así como su coordinación con la economía se consideraban mejor pero luego se deterioró gradualmente.

El trabajo de Sosa y Navarro (2020) intenta validar la hipótesis medioambiental de Kuznets para Colombia, no solo a través de la medida tradicional empleada en este tipo de

análisis (es decir, PIB), sino incorporando un nuevo índice de producción conocido como Índice de Complejidad Económica, utiliza algunas técnicas de series de tiempo tradicionales (FMOLS, DOLS y CCR) los resultados no son concluyentes para la hipótesis ambiental de Kuznets, por lo que esta no puede ser validada para Colombia.

Rivera et al. (2018) relacionan el crecimiento económico y emisiones de dióxido de carbono en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Paraguay, Perú y Uruguay de 1990 al 2015. Mediante la técnica de panel de cointegración usando FMOLS, encuentran que en el 70% de los países analizados, incluyendo el consolidado de la región, no cumple la curva medio ambiental de Kuznets. En los casos de Uruguay y Colombia se cumple la Curva medio ambiental de Kuznets debido a la disminución de las elasticidades del ingreso a largo plazo con respecto a las de corto plazo. Sin embargo, el mecanismo de corrección de errores para el caso de Colombia no es estadísticamente significativo porque la relación entre las emisiones y el crecimiento económico puede ser divergente en el largo plazo.

La investigación de Loaiza (2016) utiliza datos anuales para México de 1968 a 2013 con el fin de examinar la relación de causalidad entre crecimiento económico (PIB), consumo de energía eléctrica y comercio exterior (exportaciones), además aplica técnicas econométricas de largo plazo (FMOLS) para medir el efecto de cada variable. En cuanto a las implicaciones políticas, los autores encontraron que el consumo de electricidad causa PIB en el sentido de Granger para México, es importante que sean revisadas las políticas de conservación de energía, ya que podrían tener un efecto negativo en el crecimiento económico. En cuanto a las políticas de promoción de comercio internacional, es de vital importancia su implementación para la economía mexicana, debido a que los resultados muestran una relación de causalidad bidireccional entre las exportaciones y el PIB. Finalmente, estas políticas no afectarían el

consumo de electricidad ya que no se encontró relación de causalidad alguna entre las exportaciones y el consumo de electricidad.

## **e. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. TRATAMIENTO DE LOS DATOS**

#### **1.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó datos del WDI presentando como una de las bases del BM (2021) y de la GFN (2021) el cual es un organismo sin fines de lucro que se encarga de la recolección y elaboración de la huella ecológica como indicador ambiental, en este caso la información fue obtenida para 17 países<sup>1</sup> de América Latina en el período 1961-2016 de cuya muestra fueron excluidos<sup>2</sup> algunos países por la disponibilidad de información estadística limitada para los años de estudio.

Primero, del WDI (2021) se tomaron las variables dependientes: emisiones de dióxido de carbono per cápita medida en toneladas métricas, para cada uno de los países incluidos en la muestra para América Latina, y, la variable huella ecológica que se tomó de la GFN, medida en hectáreas globales per cápita. Esta variable consta de seis categorías de áreas de superficie productiva: tierras de cultivo, tierras de pastoreo, zonas de pesca, tierras edificadas, áreas forestales y demanda de carbono en la tierra. Como variable independiente se toma el Producto Interno bruto per cápita a precios constantes del 2010 que mide el producto interno bruto dividido por la población a mitad de año. En la Tabla 1 se presenta la descripción de variables.

---

<sup>1</sup> Bolivia, El Salvador, Nicaragua, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, Guyana, México, Paraguay, Perú, Venezuela, Chile, Panamá.

<sup>2</sup> Países excluidos: Guatemala, Honduras, Puerto Rico, Uruguay, Haití.

**Tabla 1***Descripción de variables y fuentes de información*

Variable	Definición	Unidad	Fuente
<b>Dependiente</b>			
Huella ecológica (EF)	La Huella Ecológica rastrea el uso de seis categorías de áreas de superficie productiva: tierras de cultivo, tierras de pastoreo, zonas de pesca, tierras edificadas, áreas forestales y demanda de carbono en la tierra.	Gha por persona	Global Footprint Network
Emisiones de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Las emisiones de dióxido de carbono son las derivadas de la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y la quema de gas.	Toneladas métricas per cápita	World Development Indicators (WDI)
<b>Independiente</b>			
Producto interno bruto per cápita (PIB)	El PIB per cápita se mide como el producto interno bruto dividido por la población a mitad de año.	Dólar por persona	World Development Indicators (WDI)

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

La presente investigación ha clasificado los países de acuerdo al método ATLAS del BM (2021), que considera dos factores: El ingreso nacional bruto (INB) per cápita del país, que puede cambiar de acuerdo al crecimiento económico, la inflación, los tipos de cambio y la población. Asimismo, existe un umbral de clasificación los cuales se ajustan anualmente según la inflación usando el deflactor de los derechos especiales de giro (DEG); por tanto, se tiene países de ingreso bajo (LIC) con 1025 o menos INB Per cápita (USD corrientes), países de ingreso mediano bajo (LMIC) entre \$1026 y \$3995, países de ingreso mediano alto (UMIC) entre \$3996 y \$12375 y los países de ingreso alto (HIC) con \$12376 en adelante. Cabe resaltar que los LIC han sido excluidos de esta investigación debido a la falta de datos. La Tabla 2, muestra la clasificación de los 17 países latinoamericanos considerados en este estudio.

**Tabla 2**

*Clasificación de los países por nivel de ingresos según el BM (2021)*

<b>Países de ingreso mediano bajo (LMIC)</b>	<b>Países de ingreso mediano alto (UMIC)</b>	<b>Países de ingreso alto (LIC)</b>
Bolivia	Argentina	Chile
El Salvador	Brasil	Panamá
Nicaragua	Colombia	
	Costa Rica	
	Cuba	
	República Dominicana	
	Ecuador	
	Guyana	
	México	
	Paraguay	
	Perú	
	Venezuela	

*Nota:* Datos del BM (2021).

La Tabla 3 muestra los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas. Las variables forman un panel exactamente equilibrado con 952 observaciones durante 56 años ( $T = 1, 2, \dots, 56$ ) y 17 países ( $i = 1, 2, \dots, 17$ ). La variable dependiente huella ecológica (EF) presenta mayor variabilidad entre países que dentro de los países, ya que la desviación estándar (SD) entre los países es de 0,652, dentro de los países es 0,381 y tiene una media de 2,408. La variable dependiente emisiones de dióxido de carbono tiene una media de 1,983 kilotoneladas per cápita, asimismo, existe mayor variabilidad entre países (1,393), que dentro de los países (0,550). Por otro lado, la variable independiente PIB per cápita es más variable entre los países que dentro de los países ya que la desviación estándar, los valores son de 0,590 y 0,301 respectivamente y la media es de 8,304. Esto implica que, en todas las variables, existe diferencia sistémica entre los 18 países ya que la estructura y los procesos de cada uno difieren entre sí.

**Tabla 3***Estadísticos descriptivos*

Variable		Mean	Std. Dev.	Min	Max	Observations
<b>Huella ecológica</b>	overall	2,408	0,739	0,901	4,824	N = 952
	between		0,652	1,314	3,690	n = 17
	within		0,381	1,159	3,789	T = 56
<b>Emisiones de dióxido de carbono (CO2)</b>	overall	1,983	1,460	0,186	7,702	N = 952
	between		1,393	0,542	5,993	n = 17
	within		0,550	0,115	3,814	T = 56
<b>PIB per cápita</b>	overall	8,304	0,647	6,914	9,664	N = 952
	between		0,590	7,342	9,492	n = 17
	within		0,301	7,454	9,180	T = 56

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## 1.2 ESTRATEGIA ECONOMETRICA

Esta investigación busca realizar un análisis acerca del efecto del crecimiento económico sobre la degradación ambiental, para 17 países de América Latina, para su ejecución se aplicó una metodología con datos panel, la cual permite alcanzar los objetivos planteados.

### OBJETIVO ESPECÍFICO 1.

*Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución y correlación de los indicadores ambientales y el crecimiento económico de América Latina.*

Para poder cumplir con el objetivo específico 1, se realizó un análisis descriptivo de la relación de las variables del modelo para América Latina. Asimismo, se realiza un análisis de correlación entre las variables dependientes y la dependiente, para ello se utilizó graficas de evolución y correlación.

## OBJETIVO ESPECÍFICO 2.

*Determinar el nexo a largo plazo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico de los países de América Latina.*

Para dar cumplimiento al Objetivo 2, se procedió a estimar un modelo econométrico que permita conocer el grado de asociación entre las variables, mediante la utilización de regresiones básicas de mínimos cuadrados generalizados (GLS) por sus siglas en inglés, por tanto, se muestran las siguientes ecuaciones que serán utilizadas por nivel de ingreso de los países:

$$EF_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \log(PIB_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$CO2_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \log(PIB_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Donde tanto  $EF_{it}$  y  $CO2_{it}$  en las Ecuaciones (1) y (2) son las variables dependientes del modelo que representan la degradación ambiental, mientras que  $\log(PIB_{it})$  representa el crecimiento económico como variable independiente y el subíndice  $i$  y  $t$  denotan país y año, respectivamente;  $\varphi$ s son los coeficientes y  $\varepsilon$  es el término residual. Bajo la hipótesis de la curva de Kuznets, se supone que  $\varphi_1 > 0$ , y  $\varphi_2 < 0$ .

Previo a la estimación del GLS se procedió a realizar la prueba de colinealidad para determinar que las variables independientes no estén correlacionadas entre sí; de esta manera, un coeficiente de correlación superior a 0,7 determina que existe un problema de multicolinealidad entre las variables explicativas, inferior a ello se descarta la existencia de multicolinealidad. Posteriormente, se estimó la prueba de Hausman (1978), para seleccionar entre el método de efectos fijos y método de efectos aleatorios para el panel, considerando que si la probabilidad  $> \chi^2$  es mayor a 0.05 se estima un modelo con efectos aleatorios y si la probabilidad  $> \chi^2$  es menor a 0.05 se estima un modelo con efectos fijos.

Adicional, se aplicó las pruebas para detectar si existe autocorrelación y heteroscedasticidad, para ello, se utilizó la prueba de Wooldridge (1991), donde se considera que si la probabilidad  $> \chi^2$  es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de no tener autocorrelación y se concluye que el modelo presenta el problema de autocorrelación, si la probabilidad  $> \chi^2$  es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula de no tener autocorrelación y se concluye que el modelo no presenta problema de autocorrelación. Igualmente se aplicó la prueba de Lütkepohl y Burda (1997) y Breusch y Pagan (1979) para detectar si hay la heteroscedasticidad, donde si la probabilidad  $> \chi^2$  es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heteroscedasticidad.

Por otra parte, dado que los datos de los paneles no suelen ser estacionarios y son en su mayor parte sensibles a presentar raíz unitaria, se procede a verificar la existencia o no de dependencia en las secciones transversales, a través de las pruebas de Frees (2004); Pesaran (2007); Friedman (1990) y con ello determinar que pruebas de raíz unitaria serían las más apropiadas para esta investigación.

En el caso de no existir dependencia de sección transversal, se aplica las pruebas de primera generación y al existir dependencia de sección transversal se utiliza las pruebas de raíz unitaria de segunda generación de Pesaran (2003) y Pesaran (2007). Pesaran (2007) introdujo una prueba de raíz de unidad de panel utilizando la regresión de Dickey-Fuller aumentada (ADF) con los promedios de sección transversal de la variable de nivel rezagada y el operador de primera diferencia de la serie individual; donde N es la sección transversal de países y T período de tiempo. Este estudio utiliza el modelo dinámico lineal heterogéneo siguiendo a Pesaran (2007) y se escribe como:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \gamma \bar{y}_{t-1} + \delta_i \Delta \bar{y}_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Donde  $y_{t-1} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{it-1}$  y  $\Delta \bar{y}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta y_{it}$ , la media de la sección transversal de los niveles rezagados  $I_{t-1}$  y de la primera diferencia  $\Delta \bar{I}_t$  de cada serie indica la dependencia de la sección transversal a través de una estructura factorial. Pesaran (2007) obtiene las estadísticas IPS modificadas a partir del promedio de la distribución individual aumentada de Dickey-Fuller de sección transversal (CADF) que se presenta como un IPS de sección transversal aumentada (CIPS). El CIPS para la  $i$ -ésima unidad transversal se da de la siguiente manera:

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (4)$$

Además, este estudio identificará la cointegración entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, para el grupo de países de América Latina, donde la hipótesis nula de no cointegración contra cointegración entre las variables consideradas. Por lo tanto, este estudio utiliza la prueba de cointegración introducida por Westerlund (2007) para los datos del panel, donde se considera la dinámica estructural en lugar de la dinámica residual; por ello, no ponemos ninguna restricción a ningún factor común. Además, el modelo de corrección de errores de Westerlund (2007) supone que todas las variables están integradas en el orden 1 o I (1) y está escrito de la siguiente manera:

$$\Delta y_{it} = \theta_i d_t + \pi_i (y_{it-1} - \hat{\beta}_i x_{it-1}) + \sum_{j=1}^m \pi_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \varphi_{ij} \Delta x_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Donde  $d_t = (1 - t)$  contiene los componentes deterministas y  $\hat{\theta} = (\theta_{1i}, \theta_{2i})$  es el vector de coeficientes desconocidos a estimar. El coeficiente de corrección de errores  $\pi_i$  se estima utilizando el método ordinario de mínimos cuadrados. La ecuación anterior se puede escribir como:

$$\Delta y_{it} = \theta_i d_t + \pi_i (y_{it-1} - \hat{\tau}_i x_{it-1}) + \sum_{j=1}^m \pi_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \varphi_{ij} \Delta x_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Donde  $\pi_i$  indica la velocidad de ajuste para ajustar el sistema de nuevo al equilibrio. La ecuación anterior confirma que el coeficiente  $\pi_i$  no se ve afectado al imponer un arbitrario  $\hat{\tau}_i$ . Aplicamos la prueba en el estimador de mínimos cuadrados  $\pi_i$  y calculamos la relación  $t$  para cada sección transversal de países. Estos se conocen como estadísticas medias de grupo y se escriben como:

$$G_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\pi_i}{S.E(\hat{\pi}_i)} \quad \text{y} \quad G_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T\pi_i}{\hat{\pi}_i(1)} \quad (7)$$

G1 y G2 prueban la hipótesis nula de que  $H_0: \pi_i = 0$  para todo  $i$  contra  $H_1: \pi_i < 0$  para algún  $i$ . Si la hipótesis nula es rechazada, entonces muestra la relación de cointegración de al menos una unidad de sección transversal. Las otras dos estadísticas de prueba se presentan como:

$$P_1 = \frac{\hat{\pi}_i}{S.E(\hat{\pi}_i)} \quad \text{y} \quad P_2 = T\hat{\pi}_i \quad (8)$$

P1 y P2 prueban la hipótesis nula de que  $H_0: \pi_i = 0$  para todo  $i$  contra  $H_1: \pi_i = \pi < 0$  para todo  $i$ . El rechazo de la hipótesis nula implica el rechazo de una relación no cointegradora para el panel de países en su conjunto. Si existe una relación de cointegración entre variables, entonces este estudio usa la técnica de panel para estimar los coeficientes de largo y corto plazo. Asimismo, se emplea el enfoque de panel OLS heterogéneo completamente modificado (FMOLS) propuesto por Pedroni (2000), para cuantificar los impactos y la dirección del crecimiento económico, sobre las dependientes que representan la degradación ambiental después de confirmar la presencia de una relación de equilibrio a largo plazo, la ecuación de presta de la siguiente manera:

$$y_t^+ = y_y - \hat{\omega}_{12} \Omega_{22} \hat{\mu}_{2t} \quad (10)$$

Esta metodología fue aplicada en estudios revisados anteriormente en evidencia empírica, tales como: Wang (2018) y Jardon et al. (2017) quienes evidencian cointegración en las variables emisiones de dióxido de carbono y crecimiento económico. Asimismo, Loaiza (2016); Mirza y Kanwal (2017); Bello et al. (2018) y Rivera et al. (2018) quienes analizan cointegración mediante FMOLS para las variables huella ecológica y emisiones de dióxido de carbono.

### OBJETIVO ESPECÍFICO 3.

*Estimar la relación de causalidad entre la degradación ambiental y el crecimiento económico de los países de América Latina*

Para dar cumplimiento al objetivo 3, se utilizó la prueba de causalidad tipo Granger de panel de Dumitrescu y Hurlin (2012) para determinar la existencia de causalidad entre las variables de estudio y cuál es su dirección; las mismas pueden ser unidireccionales, cuando una variable causa a otra y no se produce el mismo efecto desde la otra variable hacia la primera, y causalidad bidireccional cuando se produce el mismo efecto de dirección causal de una variable hacia otra. Además, debido a la presencia de dependencia en las secciones transversales procedo a aplicar el procedimiento de bootstrap de Dumitrescu y Hurlin (2012).

$$y_{i,t} = \delta_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^{(k)} y_{it-k} + \sum_{k=1}^k \theta_i^{(k)} x_{it-k} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Donde  $\delta_i$  es la intersección de la pendiente;  $\gamma_i$  y  $\theta_i$  son los coeficientes de la pendiente;  $\varepsilon$  es el término de error y  $k$  es el número de longitudes del rezago.

Esta metodología fue aplicada en estudios revisados anteriormente en evidencia empírica, tales como: Shahbaz et al. (2017) y Chontanawat (2020) quienes evidencian

causalidad en la relación de las variables emisiones de dióxido de carbono y crecimiento económico.

## **f. RESULTADOS**

### **1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

*Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución y correlación de los indicadores ambientales y el crecimiento económico de América Latina*

En la Figura 1, se muestra la evolución del promedio anual de la huella ecológica per cápita en América Latina en el período 1961-2016. Se puede observar que existe una tendencia creciente desde 1961 a 1971, por tanto, se demuestra que la demanda de recursos ecológicos de un país (Huella Ecológica) excede la oferta de los mismos (Biocapacidad), por tanto, se tiene un déficit ecológico. En el periodo 1971-1981 se evidencia una tendencia levemente decreciente, donde nos indica que la relación entre el número de habitantes de los países latinoamericanos y el consumo de recursos naturales ha disminuido. Las acciones que llevaron a este resultado son: las políticas acordadas e implementadas en los diferentes acuerdos ambientales internacionales. Desde 1983 a 2008 la tendencia nuevamente es creciente para la huella ecológica, esto se debe a varias causas: crecimiento demográfico y pérdida de recursos como, por ejemplo, la erosión de los suelos y la desertificación. Los países con mayor huella ecológica en la región son Chile, Argentina y Paraguay.

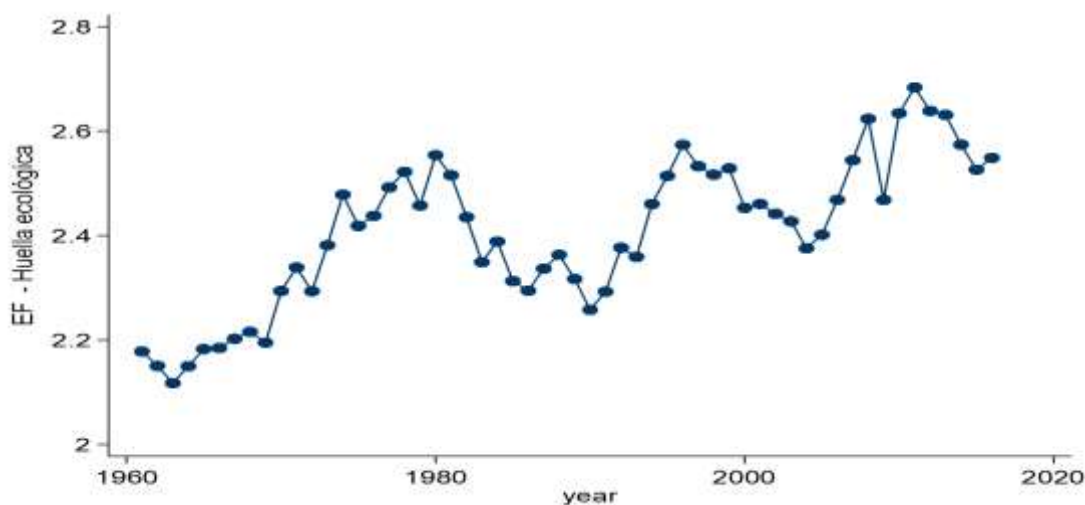
A partir del año 2010 al 2016 la participación de los países latinoamericanos en la huella ecológica mantiene la tendencia creciente, esto pone en evidencia que usamos recursos más rápido de lo que pueden regenerarse y se produce más rápido desechos de lo que pueden ser absorbidos. Algunas de las causas que explican el comportamiento creciente son: el crecimiento exponencial de la población, la producción en masa para el consumo,

sobreexplotación de los recursos naturales ya sea para cuestiones agrícolas o minería y acumulación de riqueza sin límite.

Por otro lado, es necesario considerar que en América Latina se han dado iniciativas enmarcadas en el desarrollo limpio. Es así que en Chile y Perú las empresas han comenzado a desarrollar la contabilidad de las huellas de carbono a lo largo de las cadenas productivas y eso ha llevado a que se modifiquen los sistemas de gestión y hacer inversiones en maquinaria, procesos y tecnologías más limpias.

### Figura 1

*Evolución del promedio anual de la huella ecológica per cápita en América Latina, período 1961-2016*



*Nota:* Datos del GFN (2021).

La Figura 2 muestra la evolución de las emisiones de dióxido de carbono per cápita en América Latina en el período 1961-2016. Se evidencia generalmente una tendencia creciente, que demuestra que la actividad humana cada vez ejerce mayor presión sobre el planeta. América Latina y el Caribe siendo responsables de 4.000 millones de toneladas de emisiones de dióxido de carbono anualmente; esto se traduce en cerca del 8 % de las emisiones de CO<sub>2</sub>

en el mundo (CEPAL, 2016). En el periodo 1961-1980 se presenta una tendencia positiva, esto como consecuencia de la acumulación en la atmósfera de emisiones por la quema de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas. En el período comprendido entre 1981 y 1993 la tendencia de emisiones CO<sub>2</sub> tuvo una tendencia levemente decreciente debido a ciertas medidas en países latinoamericanos, tales como: impuestos ambientales, sanciones a empresas contaminantes, etc.

A partir de 1995 a 2016 nuevamente se presenta una tendencia creciente en las emisiones de carbono, debido a la disminución de biomasa e hidroenergía en la mezcla energética, a la reducción de sumideros de carbono naturales, al uso del carbón y gas natural. Sin embargo, hay que considerar que esta problemática ha sido de interés para la comunidad científica, es así que en el año 1997 se da el Protocolo Kioto que contempla mecanismos flexibles orientados a la reducción y mitigación de emisiones, que permiten, no sólo reducir los costos de transacción, sino que, además, transparentan dichos procesos. El primero establece que los países para enfrentar sus límites de emisiones, pueden comprar “assigned amount units”, AAUs, de otros países, de acuerdo con lo dispuesto por el International Emission Trading.

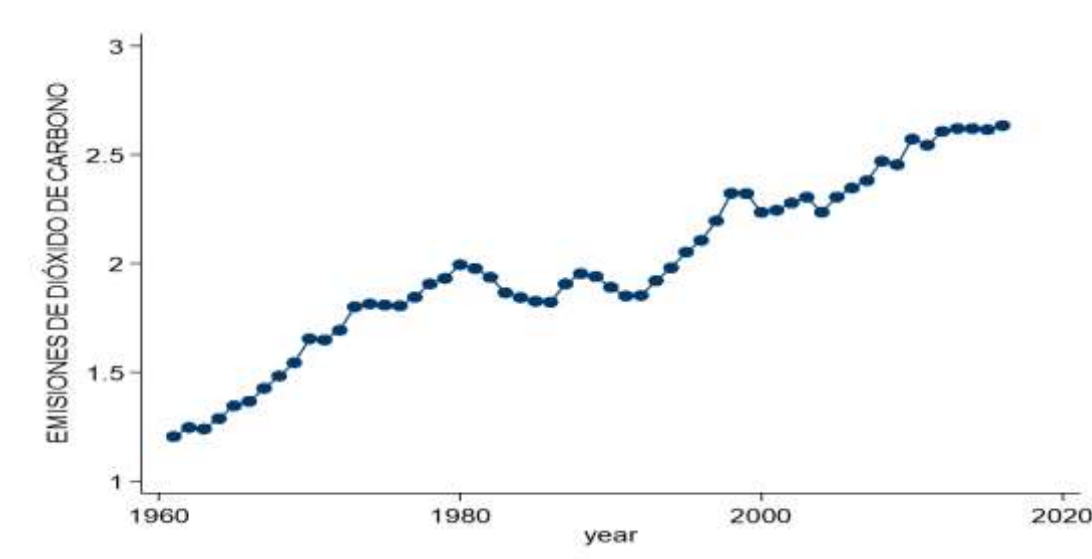
Adicionalmente, los países pueden contribuir en proyectos de reducción de emisiones en el extranjero. Para tal, se definieron dos mecanismos. El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), cuyo objetivo es ayudar a los países en desarrollo a alcanzar un desarrollo sostenible mediante la promoción de inversiones ambientalmente amigables por parte de gobiernos o empresas de los países industrializados. Y la implementación conjunta que se basa en estrategias para la aplicación de nuevas tecnologías y la generación y ampliación de sumideros.

Por otro lado, para dar cumplimiento a las obligaciones de reducción de emisiones se debe abandonar el carbono como fuente de electricidad y adoptar tecnologías sustentables,

donde se dé una mayor dependencia de energías renovables para los procesos productivos y transporte. Así, por ejemplo: Chile ha mencionado que ya no van a construir más plantas de carbón y que van a empezar a desinstalar y dismantelar las plantas existentes. México y Perú se comprometieron a promover una “dieta de salud planetaria” para el 2030, donde se reducirá la pérdida y el desperdicio de alimentos, cuya descomposición también emite dióxido de carbono a la atmósfera. Otro ejemplo de descarbonización es Costa Rica, donde ya produce un 99% de su energía eléctrica de fuentes renovables y se ha comprometido a lograr emisiones cero para 2050 en todos los sectores.

## Figura 2

*Evolución del promedio anual de las emisiones de dióxido de carbono per cápita en América Latina, período 1961-2016*



*Nota:* Datos del BM (2021).

En la Figura 3, evidencia que el crecimiento económico per cápita ha tenido una tendencia creciente a lo largo del período de estudio para América Latina. En el periodo 1961-1981 la tendencia es alcista, durante esta etapa se da la denominada “edad de oro” del capitalismo, al mismo tiempo que la región experimentó una explosión demográfica, esto

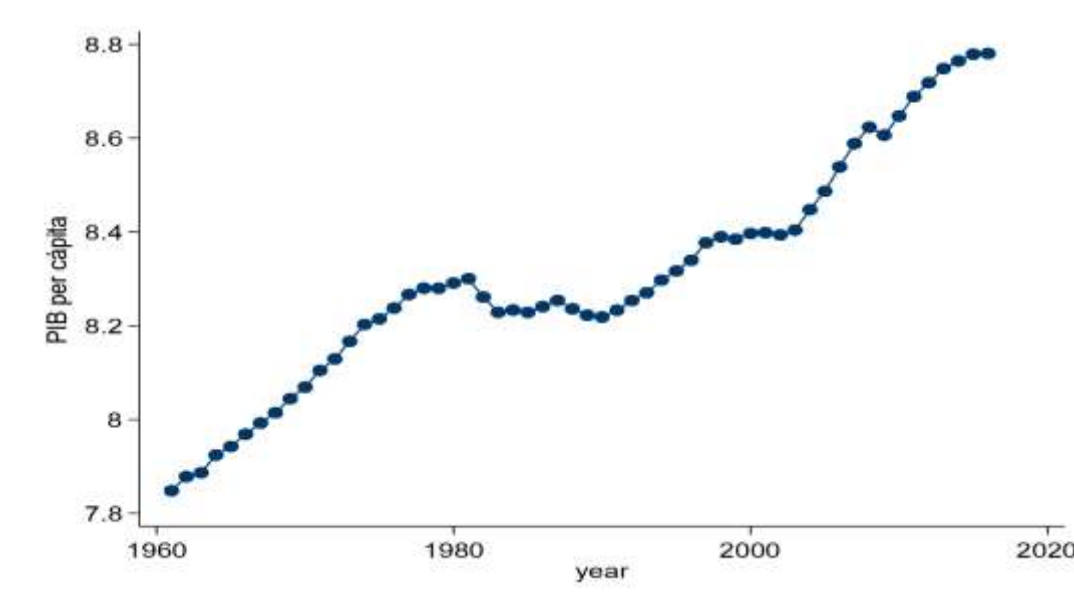
condujo a que se de en América Latina una expansión primario-exportadora. Durante la década de 1980, los países latinoamericanos enfrentaron una serie de crisis económicas, sociales y financieras. En algunos países, ese período coincidió con los procesos de redemocratización, luego de largos períodos dictatoriales.

En los años 1990, se emprendieron grandes esfuerzos para controlar la inflación, reducir los déficits públicos y ampliar las inversiones por medio del aumento de la participación del conjunto de países en el mercado internacional. El Producto Interno Bruto (PIB) de los países latinoamericanos creció en promedio el 5,2% en 1997, el Green New Deal (GND), países en desarrollo y América Latina 0,4% en 1999, y el 2% en 2000. A pesar de tales esfuerzos, que en general continuaron avanzando en los años 2000, la región llega todavía vulnerable al finalizar la primera década del siglo XX. A partir del siglo XXI la tendencia creciente en el crecimiento económico se mantiene, sin embargo, en el año 2008 se dio un decrecimiento por razones de la crisis económica mundial.

Por otro lado, a partir del año 2008 en adelante se observa una tendencia positiva en el tiempo, pero para el año 2019 el crecimiento empieza a ser más lento, debido a una desaceleración económica que sufrieron la mayoría de países acompañado por una baja demanda agregada externa (caídas en las exportaciones) y mercados financieros internacionales más frágiles, sumándose las crecientes demandas sociales por reducir la desigualdad, pobreza y aumentar la inclusión social.

**Figura 3**

*Evolución del promedio anual del crecimiento económico per cápita, período 1961-2016*



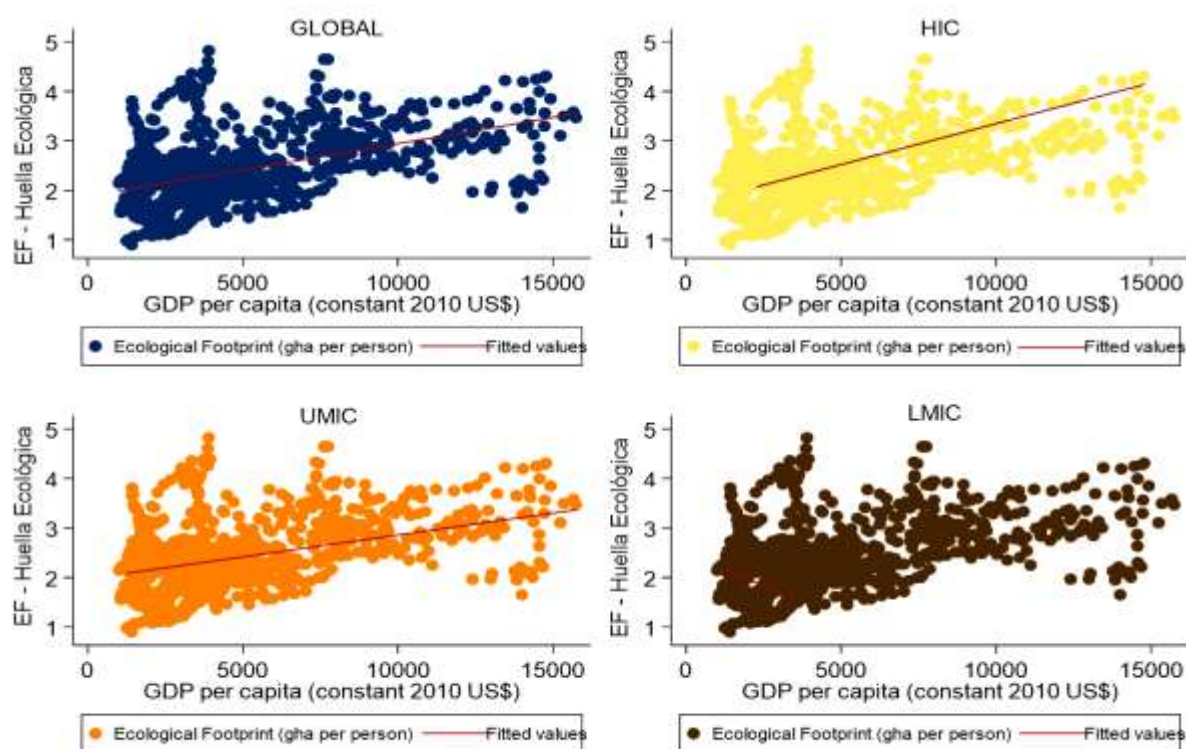
*Nota:* Datos del BM (2021)

A continuación, en la Figura 4 se presenta el gráfico de correlación entre la huella ecológica y el crecimiento económico per cápita para los países de América Latina. Se puede observar que de manera global existe una correlación fuerte positiva entre las variables, esto nos indica que a medida que se incrementa la huella ecológica también lo hace el crecimiento económico, así mismo, se observa que existen algunos puntos atípicos en la gráfica, esto es debido que ciertos países tienen casos particulares que tienen un factor causal distinto al crecimiento económico. Esta relación también se demuestra en los países de ingresos altos como Chile y Panamá, asimismo en los países de ingreso mediano altos. Para los países de ingreso mediano bajo conformados por: Bolivia, El Salvador y Nicaragua existe una correlación moderada negativa, es decir, que un aumento de la huella ecológica conduce a una disminución del crecimiento económico.

En el contexto anterior, PNUD (2020) menciona que la tendencia general es que los países ricos presentan unos niveles de emisiones según el consumo (las emisiones que corresponden al territorio donde se adquieren y se usan los bienes, no donde se manufacturan) superiores a los de las emisiones territoriales, ya que por lo general tienen procesos de fabricación más limpios, ofrecen relativamente más servicios e importan una mayor cantidad de productos primarios y secundario.

**Figura 4**

*Correlación entre la huella ecológica y el crecimiento económico per cápita, período 1961-2016*



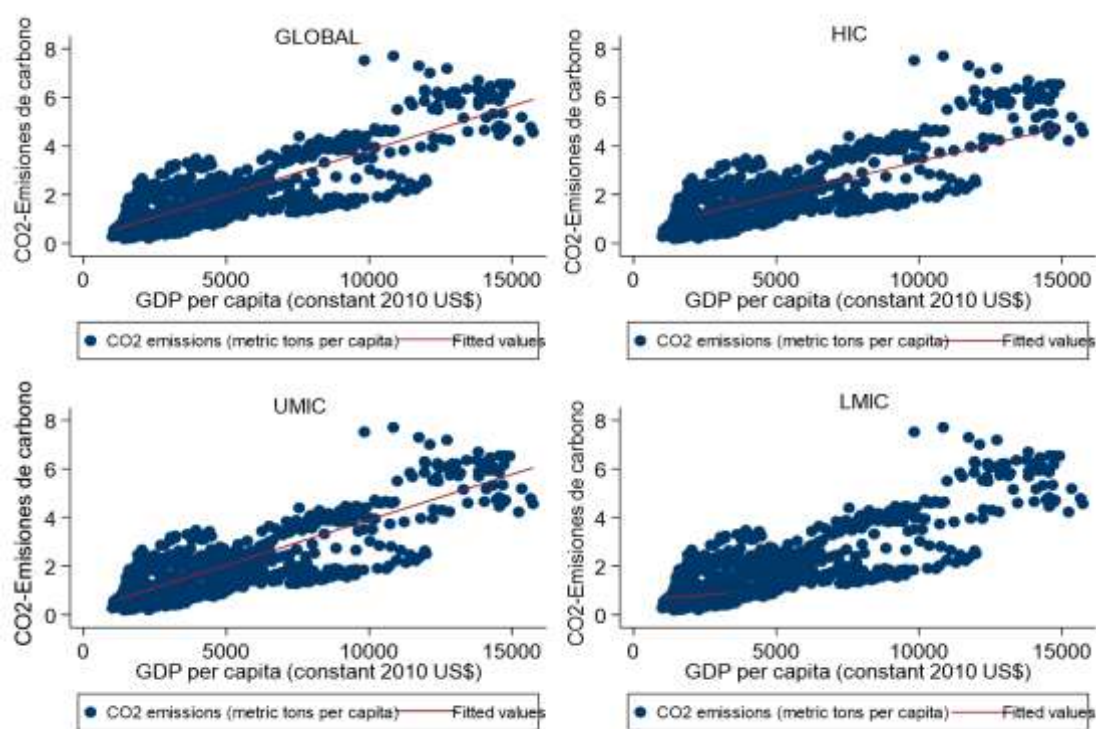
*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

En la Figura 5 se presenta el gráfico de correlación entre las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico per cápita para los países de América Latina. Se puede observar que de manera global existe una correlación fuerte positiva entre las variables, esto

nos indica que a medida que se incrementa las emisiones de carbono también lo hace el crecimiento económico, esta relación también se demuestra en los países de ingresos altos como Chile y Panamá, asimismo en los países de ingreso mediano altos. Para los países de ingreso mediano bajo conformados por: Bolivia, El Salvador y Nicaragua existe una correlación débil negativa entre las variables, es decir que a medida que aumentan las emisiones de dióxido de carbono disminuye el crecimiento económico.

**Figura 5**

*Correlación entre emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico per cápita, período 1961-2016*



*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## 2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

*Determinar el nexa a largo plazo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico de los países de América Latina.*

## 2.1 *Estimación del modelo GLS*

Antes de aplicar las estimaciones de línea base entre las variables, primero aplicamos el test de Hausman (1978) que sugiere una diferencia sistemática en los estimadores fijos (FE) y aleatorios (Re) estadísticamente diferentes de cero, por lo tanto, los estimadores tienden a ser consistentes (Taylor y Hausman, 1978). En la Tabla 4, se presenta la regresión básica entre la huella ecológica y crecimiento económico en América Latina, durante el período 1961-2016. Los hallazgos indican que de manera global existe una relación positiva y estadísticamente significativa de las variables, esto nos indica que ante un aumento de un dólar en el PIB per cápita se incrementará en 0.668 en las hectáreas globales por persona, que es la medida de la huella ecológica.

Para los países de ingreso alto (HIC) la relación entre las variables es positiva, lo cual significa que ante un aumento de un dólar en el PIB per cápita, la huella ecológica se incrementará en 1,19 hectáreas globales. Igualmente, se evidencia la misma relación positiva para los países de ingreso mediano alto (UMIC) y los países de ingreso mediano bajo (LMIC) donde el aumentar un dólar al ingreso per cápita la huella ecológica se incrementa en 0,69 y 0,90 correspondientemente.

Con base a los resultados mostrados anteriormente, se puede decir que la demanda de recursos naturales en los países latinoamericanos tiene un efecto positivo en las emisiones de carbono y su impacto es mayoritariamente en los países de ingreso alto, puesto que al tener un ingreso per cápita superior a los demás países también implica un mayor consumo de productos y recursos que luego de ser utilizados repercuten en el medio ambiente; en consecuencia, es importante analizar los patrones de consumo de recursos y la producción de desechos de la población.

**Tabla 4**

*Regresión básica entre la variable huella ecológica y crecimiento económico en América*

*Latina*

	<b>GLOBAL</b>	<b>HIC</b>	<b>UMIC</b>	<b>LMIC</b>
<b>PIB per cápita</b>	0.668*** (11.97)	1.119*** (5.23)	0.696*** (10.41)	0.901*** (5.06)
<b>Constant</b>	-3.348*** (-7.23)	-6.967*** (-3.76)	-3.641*** (-6.45)	-4.949*** (-3.60)
<b>Test Hausman sigmamore</b>	0.620	0.000	0.799	0.005
<b>Test de autocorrelación serial</b>	0.000	0.331	0.008	0.083
<b>Prueba de heteroscedastic dad</b>	0.000	0.607	0.000	0.000
<b>Observations</b>	952	112	672	168
<b>Adjusted R<sup>2</sup></b>				

*t* statistics in parentheses \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

La Tabla 5, muestra la regresión básica entre las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico en América Latina, durante el período 1961-2016. Se puede observar que existe una relación positiva y estadísticamente significativa de forma global, para los países de ingresos altos (HIC), medianos altos (UMIC) y medianos bajos (LMIC). De manera global nos indica que ante un aumento de un dólar en el PIB per cápita se incrementará en 1.074 toneladas métricas por persona, que es la medida de las emisiones de carbono.

En los países HIC la relación es superior a la considerada de forma global, es así que ante un aumento de un dólar en el PIB per cápita se tendrá un incremento de 1,958 toneladas métricas por persona. En los países UMIC la regresión estimada nos indica que un aumento

de un dólar en el PIB per cápita conducirá a un incremento en 1,2 toneladas métricas por persona y en los países LMIC por cada dólar en el PIB per cápita se aumenta 0,704 toneladas métricas por persona de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los resultados mostrados nos permiten inferir que los niveles de crecimiento de los países se relacionan directamente con la contaminación ambiental medida por las emisiones de carbono, siendo las principales causas la combustión de fósiles en el uso de automóviles, producción industrial, centrales eléctricas, aumento de la deforestación, etc.

**Tabla 5**

*Regresión básica entre la variable emisiones de carbono y crecimiento económico per cápita.*

	<b>GLOBAL</b>	<b>HIC</b>	<b>UMIC</b>	<b>LMIC</b>
<b>PIB per cápita</b>	1.074*** (16.31)	1.958*** (7.02)	1.200*** (13.52)	0.704*** (6.57)
<b>Constant</b>	-7.451*** (-13.82)	-12.44*** (-5.82)	-8.528*** (-11.42)	-4.650*** (-5.67)
<b>Test Hausman sigmamore</b>	0.228	0.000	0.167	0.039
<b>Test de autocorrelación serial</b>	0.000	0.337	0.000	0.018
<b>Prueba de heteroscedastic dad</b>	0.000	0.7863	0.000	0.033
<b>Observations</b>	952	112	672	168
<b>Adjusted R<sup>2</sup></b>				

*t* statistics in parentheses \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## 2.2 Pruebas preliminares de largo plazo y pruebas de raíz unitarias para datos de panel

La aparición de dependencia transversal implica que los estimadores violan el supuesto de independencia del término de perturbación estocástica, debido a que los errores de las secciones transversales (países) están correlacionados en la misma unidad de tiempo. En consecuencia, se sugiere el uso de métodos econométricos que consideren esta dependencia,

esto justifica la aplicación de las pruebas de raíz unitaria de segunda generación (Jensen y Schmidt, 2011). (Ver Anexo 4).

Luego de haber confirmado la dependencia de sección transversal en las variables utilizadas en el modelo, se determinó que no es apropiado utilizar las pruebas de primera generación de raíz unitaria de panel; por lo tanto, se procede a realizar el análisis de estacionalidad de las variables utilizando las pruebas de segunda generación de Pesaran (2003) y Pesaran (2007) para verificar si las series de los datos panel son estacionarias.

La Tabla 6 presenta los resultados de las pruebas de raíz unitaria para América latina, analizados a nivel global y por nivel de ingresos. La prueba de raíz unitaria de Pesaran (2003) muestra que las variables para todos los países no son estacionarios en niveles, por lo tanto, existe presencia de raíz unitaria y es necesario diferenciar las variables, presentando de esta forma que las series tienen un orden de integración  $I(1)$ , además, se procede a incluir una tendencia temporal; de esta manera, la prueba permite demostrar una alta consistencia de que las series al estar en primeras diferencias no tienen problemas de raíz unitaria y son estacionarias.

Además, los resultados son validados por la prueba de Pesaran (2007) en donde el valor del estadístico CIPS\* en niveles y con constante, muestra la existencia de raíz unitaria, la cual se corrige para algunas variables de unos grupos de países aplicando tendencia, pero no pasa lo mismo, para los demás grupos de países; por lo que es necesario diferenciar las variables, presentando de esta forma que el estadístico CIPS\* se encuentre debajo del valor crítico negativo al nivel de significación del 1%, de esta forma, este test rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria para todas las variables, determinando que son estacionarias.

**Tabla 6**

*Pruebas de raíz unitaria de Pesaran (2003) y Pesaran (2007)*

GRUPOS	Variables	Pesaran 2003				Pesaran 2007			
		Niveles		Primera diferencia		Niveles		Primera diferencia	
		Constante	Constante y tendencia	Constante	Constante y tendencia	Constante	Constante y tendencia	Constante	Constante y tendencia
		Z[t- bar]	Z[t- bar]	Z[t- bar]	Z[t- bar]	CIPS*	CIPS*	CIPS*	CIPS*
GLOBAL	EF	0.352	0.721	-15.778***	-15.024***	-2.000	-2.478	-6.099***	-6.316***
	LGDP	-1.988	0.045	-11.131***	-9.754 ***	-2.066	-1.956	-4.969***	-5.093***
	C02	-0.670	0.944	-15.473***	-14.237***	-2.127	-2.313	-5.901***	-6.079***
HIC	EF	0.130	0.736	-5.269***	-5.051***	-1.856	-2.048	-6.190***	-6.420***
	LGDP	1.060	1.976	-3.446 ***	-2.710 ***	-1.090	-1.512	-5.615***	-5.575***
	C02	-1.660	-1.557	-6.673***	-6.136***	-2.100	-3.297***	-6.121***	-6.081***
UMIC	EF	-1.240	-0.631	-13.952***	-13.335***	-2.316***	-2.876	-6.005***	-6.205***
	LGDP	-1.370	0.321	-9.669 ***	-8.613***	-1.951	-1.854	-5.224***	-5.399***
	C02	0.175	0.734	-12.839***	-11.783***	-1.832	-2.096	-5.558***	-5.716***
LMIC	EF	2.607***	0.806	-6.562***	-5.776***	-0.801	-2.787***	-6.190***	-6.420***
	LGDP	0.153	-3.194***	-4.682***	-3.731***	-1.698	-3.936*	-5.404***	-5.378***
	C02	0.233	0.581	-8.131***	-7.604***	-2.398**	-2.771**	-6.190***	-6.420***

Nota: \*\*\*, \*\*, y \* denotan el nivel de significancia al 1%, 5%, y 10%, con datos del BM (2021) y GFN (2021).

### 2.3 Relación de largo plazo entre las variables

En la Tabla 7 se presenta los resultados de cointegración de acuerdo con el test de cointegración de Westerlund (2007) según la Ecuación (5), se muestra que existe equilibrio de largo plazo, debido a que sus valores son estadísticamente significativos ( $p\text{-value} < 0,05$ ) como muestran los cuatro estadísticos aplicados (Gt, Ga, Pt y Pa) rechazando así la hipótesis nula de no existencia de cointegración y estableciendo que el crecimiento económico per cápita de acuerdo con el nivel de ingreso de los países, ejerce un efecto sobre la huella ecológica, encontrándose significancia para todos los paneles.

Con base a los resultados anteriormente expuestos, se demuestra que el crecimiento económico ejerce un efecto directo a largo plazo sobre la huella ecológica, debido a que implica una alta demanda de recursos ya sea de reservas regionales y globales de capital natural o también vertederos para depositar sus desperdicios, que terminan afectando a la huella ecológica; esto suscita serias preocupaciones en torno a la sostenibilidad económica y ecológica. Cada vez es más evidente que los niveles agregados de producción y consumo global no son sostenibles, es decir, las trayectorias modernas de desarrollo no cubren las necesidades de la generación actual, ni salvaguardan las necesidades de las próximas generaciones. Por ello es necesario la actuación política, de la comunidad, organizaciones internacionales y sociedad, con el fin de abordar una problemática grave como responsabilidad de todos los seres humanos.

**Tabla 7**

*Resultados de la prueba de cointegración de Westerlund entre la huella ecológica y el crecimiento económico en América Latina.*

Grupo	Estadístico	Valor	Valor z	Valor p	P-V. Robusto
Global	Gt	-6.510	-21.324	0,000	0,000
	Ga	-49.137	-23.083	0,000	0,000
	Pt	-25.569	-19.636	0,000	0,000
	Pa	-46.179	-25.695	0,000	0,000

<b>HIC</b>	<b>Gt</b>	-6.483	-7.268	0,000	0,000
	<b>Ga</b>	-45.820	-7.212	0,000	0,000
	<b>Pt</b>	--9.149	-7.176	0,000	0,000
	<b>Pa</b>	-45.287	-8.602	0,000	0,000
<b>UMIC</b>	<b>Gt</b>	-6.332	-17.150	0,000	0,000
	<b>Ga</b>	-49.390	-19.525	0,000	0,000
	<b>Pt</b>	-20.754	-15.648	0,000	0,000
	<b>Pa</b>	-45.332	-21.097	0,000	0,000
<b>LMIC</b>	<b>Gt</b>	-7.238	-10.529	0,000	0,000
	<b>Ga</b>	-50.338	-10.009	0,000	0,000
	<b>Pt</b>	-13.738	-11.740	0,000	0,000
	<b>Pa</b>	-56.464	-13.776	0,000	0,000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

En la Tabla 8 se presenta los resultados de cointegración de acuerdo con test de cointegración de Westerlund (2007) según la Ecuación (5), se muestra que existe equilibrio de largo plazo porque sus valores son estadísticamente significativos, rechazando así la hipótesis nula que no existen cointegración y estableciendo que el crecimiento económico ejerce un efecto sobre las emisiones de dióxido de carbono per cápita de acuerdo con el nivel de ingreso de los países, en nuestro caso se dio la significancia para todos los niveles.

Con base a los resultados se evidencia una vez más que el crecimiento económico influye a incrementar las emisiones de dióxido de carbono en la región de América Latina. En este sentido, la contaminación se genera especialmente por procesos industriales que producen varios tipos de gases de efecto invernadero, en particular grandes cantidades de dióxido de carbono, por dos motivos: emplean directamente combustible fósil para obtener el calor y vapor necesarios para las diferentes etapas en la línea de producción y consumen electricidad, especialmente en el sector manufacturero, construcción, producción minera y agricultura.

En el largo plazo, para las economías latinoamericanas es de importancia el apoyo a las tecnologías de energía renovable: por ej. Tarifas de entrada, obligaciones de cuota de energía renovable y licitaciones/subastas o mediante precios de carbono suficientemente altos para la

internalización de otros factores externos, para de esta manera aumentar su participación en el mercado.

**Tabla 8**

*Resultados de la prueba de cointegración de Westerlund entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico en América Latina.*

Grupo	Estadístico	Valor	Valor z	Valor p	P-V. Robusto
Global	Gt	-6.429	-20.912	0,000	0,000
	Ga	-48.792	-22.868	0,000	0,000
	Pt	-29.287	-23.966	0,000	0,000
	Pa	-52.838	-30.291	0,000	0,000
HIC	Gt	-5.914	-6.265	0,000	0,000
	Ga	-43.133	-6.641	0,000	0,000
	Pt	-8.321	-6.212	0,000	0,000
	Pa	-42.799	-8.013	0,000	0,000
UMIC	Gt	-6.332	-17.845	0,000	0,000
	Ga	-47.461	-18.521	0,000	0,000
	Pt	-25.388	-21.047	0,000	0,000
	Pa	-54.435	-26.376	0,000	0,000
LMIC	Gt	-6.517	-8.974	0,000	0,000
	Ga	-57.886	-11.975	0,000	0,000
	Pt	-11.288	-8.886	0,000	0,000
	Pa	-57.212	-13.993	0,000	0,000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

La Tabla 9 muestra la prueba de FMOLS la cual se usa una corrección semi-paramétrica, como herramienta para investigar la magnitud de relación de cointegración entre las variables, además produce estimaciones imparciales de las elasticidades eficientes en el largo plazo con el objetivo de lograr estimares óptimos en ecuaciones de cointegración y de lograr eficiencia asintótica.

Se determinó que en el caso de la variable Huella ecológica que existe una relación estadísticamente significativa entre esta variable dependiente y el PIB per cápita, tanto a nivel GLOBAL como para demás grupos de países, teniendo estos una relación de equilibrio en el

largo plazo. En cuanto a la variable que mide la contaminación con relación al PIB per cápita, se puede evidenciar una relación positiva estadísticamente significativa a nivel GLOBAL, HIC, UMIC, Y LMIC. Finalmente, destacamos que esta prueba nos ayuda a evidenciar que las variables de estudio se condicionan simultáneamente en el largo plazo en todos los paneles.

**Tabla 9**

*Prueba de Cointegración de FMOLS*

VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLE INDEPENDIENTE	GRUPOS	GLOBAL	HIC	UMIC	LMIC
EF	PIB per cápita	Beta	1.46**	1.72*	1.54**	0.95*
		Estadístico-t	16.19	5.84	13.47	6.82
CO2	PIB per cápita	Beta	1.30**	1.82*	1.33**	0.85**
		Estadístico-t	16.48	4.44	13.42	8.78

**Nota:** \*\*\*, \*\*, y \* denotan el nivel de significancia al 1%, 5%, y 10%

### 3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

*Estimar la relación de causalidad entre la degradación ambiental y el crecimiento económico de los países de América Latina.*

Usamos la prueba de causalidad de Granger, que emplea la idea de una serie temporal de la variable X causa a otra Y, donde se observa correlación. Dado que se confirmó la existencia de relaciones de largo plazo entre las variables analizadas se determinó la dirección de causalidad. La existencia de correlación entre dos variables no implica causalidad necesariamente, es decir que una variable correlacione a otra no implica que esta sea la causa de las alteraciones en los valores de otra.

Los resultados de la Tabla 10 presenta la prueba de causalidad de tipo Granger de panel de Dimitry y Hurlin (2012) según la Ecuación (8) los hallazgos establecen que existe una

causalidad unidireccional que va desde la huella ecológica hacia el PIB per cápita para el panel global y para los países de ingresos mediano bajos (LMIC); en tanto que, existe una causalidad unidireccional desde el PIB per cápita hacia la huella ecológica en los países de ingreso mediano altos (UMIC).

Además, se encontró una causalidad unidireccional entre las emisiones de dióxido de carbono y el PIB per cápita para todos los grupos de países latinoamericanos; en este sentido, los hallazgos reflejan que las emisiones de carbono en los países desarrollados y en desarrollo, ejercen efectos adversos para de los países; por tanto, es necesaria la implementación de una política diferenciada en la que los individuos que más contribuyan en la emisión de dióxido de carbono retribuyan en mayores pagos y de cierta manera palear los efectos a la crisis climática.

**Tabla 10**

*Causalidad de las variables*

Dirección de causalidad	Grupo	W-bar	Z-bar	Valor p
<b>EF – PIB</b>	<b>Global</b>	5.1063	6.4039	0,0000
	<b>HIC</b>	2.8841	0.6251	0.5319
	<b>UMIC</b>	4.5708	4.4528	0.0000
	<b>LMIC</b>	8.7300	5.8283	0.0000
<b>PIB-EF</b>	<b>Global</b>	3.3440	2.7708	0.0056
	<b>HIC</b>	0.2637	-1.2277	0.2195
	<b>UMIC</b>	4.1951	3.8020	0.0001
	<b>LMIC</b>	1.9933	-0.0058	0.9954
<b>CO2 – PIB</b>	<b>Global</b>	6.8815	10.0635	0.0000
	<b>HIC</b>	11.4845	6.7066	0.0000
	<b>UMIC</b>	6.2288	7.3244	0.0000
	<b>LMIC</b>	6.4239	3.8312	0.0001
<b>PIB-CO2</b>	<b>Global</b>	1.8422	-0.3253	0.7450
	<b>HIC</b>	2.8635	0.6106	0.5415
	<b>UMIC</b>	1.5778	-0.7312	0.4646
	<b>LMIC</b>	2.2190	0.1897	0.8496

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## **g. DISCUSIÓN**

### **1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

*Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución y correlación de los indicadores ambientales y el crecimiento económico de América Latina.*

Para la discusión del primer objetivo específico se toma en cuenta los resultados obtenidos en la Figura 1, la cual muestra la evolución del promedio anual de la huella ecológica per cápita, evidenciándose que existe una tendencia creciente desde 1961 a 1981 teniéndose un déficit ecológico. En el periodo 1971-1981 se evidencia una tendencia levemente decreciente y desde 1983 a 2008 es creciente, posterior al año 2011 existe una disminución de la huella ecológica. Estos resultados son respaldados por un reporte realizado por Global Footprint Network, donde se indica que la mayoría de los países de la región tienen “superávit ecológico”, o sea, tienen capacidad para generar materiales biológicos y absorber desechos de las actividades humanas (biocapacidad) superior a la demanda de su población.

Tal excedente es fundamental para el equilibrio ecosistémico del mundo y convierte a nuestra región en el principal acreedor ecológico del planeta. De la misma manera los resultados expuestos concuerdan con el estudio de Almeida et al. (2017) que al analizar 162 países determina una tendencia negativa de la huella ecológica debido al impacto de la producción.

Por otro lado, mediante los resultados obtenidos en la Figura 2, se evidenció que las emisiones de dióxido de carbono per cápita en América Latina tienen una tendencia creciente, lo que demuestra que la actividad humana cada vez ejerce mayor presión sobre el planeta. Estos hallazgos, son consistentes con los obtenidos por Zilio (2008) quien en su estudio encuentra una evolución positiva de las emisiones de carbono y argumenta que son consecuencia de las

actividades industriales, la deforestación, el transporte y malas prácticas de los ciudadanos. Además, menciona que para disminuir el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, las acciones de política ambiental deben concentrarse en el logro de mejoras de eficiencia en el sector industrial y en la disminución de la intensidad energética.

América Latina y el Caribe son responsables de 4.000 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> anualmente. Esto se traduce en cerca del 8 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo (CEPAL, 2016). En el periodo 1961-1980 se presenta una tendencia positiva, esto como consecuencia de la acumulación en la atmósfera de emisiones por la quema de combustibles fósiles. En el período comprendido entre 1981 y 1993 la tendencia de emisiones CO<sub>2</sub> tuvo una tendencia levemente decreciente debido a ciertas medidas en países latinoamericanos, tales como: impuestos ambientales, sanciones a empresas contaminantes, etc.

Los resultados también son consistentes con los obtenidos por Bárcena et al. (2020) quienes en su investigación mencionan que en América Latina las emisiones van en constante aumento y que son generalmente derivadas en un 45% por la agricultura y un 23% por la ganadería, también encontraron que un 19% de las emisiones se origina en el cambio del suelo, haciendo notar que se debe mitigar la deforestación.

Los resultados mostrados en la Figura 3, evidencian que el crecimiento económico per cápita ha tenido en promedio una tendencia creciente a lo largo del período de estudio para América Latina. Sin embargo, durante las crisis económicas mundiales el crecimiento económico ha sido afectado ya que repercute esta situación en los diferentes sectores económicos de un país. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por CELAG (2016) donde se menciona que el crecimiento per cápita ha tenido un comportamiento alcista, en este sentido mencionan que hay cuatro países que lideran el crecimiento per cápita de las últimas dos décadas: Panamá, Perú, República Dominicana y Cuba. Panamá y Cuba son las antípodas

de la relación América Latina-Estados Unidos. Por un lado, Panamá, bajo la tutela norteamericana, se ha convertido en el centro logístico financiero o “paraíso fiscal”, ligado en gran medida al manejo de enormes capitales, aunque muchas provenientes de la evasión tributaria y corrupción mundial.

En el otro extremo está Cuba, país víctima de un bloqueo de más de 60 años por parte de EEUU, que le ha impedido comerciar de forma óptima con el mundo. El bloqueo impone un corsé a las exportaciones y al acceso a divisas, sigue siendo un obstáculo para la expansión del PIB cubano. A pesar de aquello la isla está dentro del grupo de países líderes en crecimiento económico per cápita de los últimos 20 años. Después de la crisis de los '90 ha sabido reconducir su economía y las políticas dieron mejores resultados entre 2000-2008 y un modesto desempeño entre 2009 y 2019.

Asimismo, los resultados son consistente con los obtenidos por Rosales et al. (2020) quienes determinan que existe una evolución positiva del PIB per cápita desde el año 2000 hasta 2007, reflejándose en el año 2008 una disminución como consecuencia de la crisis económica y financiera, por tanto, el ambiente externo estuvo afectado por altos niveles de incertidumbre y persistentes dudas acerca de la solidez de la recuperación en las economías más avanzadas. Sin embargo, ya a fines de 2009 y con mayor intensidad en el primer semestre de 2010, se registró un significativo crecimiento tanto de la inversión como del consumo privado. El aumento de la demanda permitió elevadas tasas de crecimiento que, en muchos casos, se encuentran por encima de las tasas de crecimiento del PIB potencial.

Finalmente, podemos decir que la hipótesis planteada de que la degradación ambiental ha disminuido, se cumple en parte, debido a que si analizamos la variable de huella ecológica de la región hace pocos años nomas es que se tiene un superávit ecológico, sin embargo, no podemos asegurar en su totalidad que sea así ya que la situación ambiental y económica de los

países es distinta y está sujeta a las políticas y conciencia ambiental que tengan los países. Por otra parte, si analizamos la variable emisiones de carbono podemos evidenciar que la hipótesis no se cumple ya que la contaminación sigue en auge en la mayoría de países latinoamericanos.

## **2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

*Determinar el nexo a largo plazo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico de los países de América Latina.*

Para la discusión del segundo objetivo, consideramos los resultados de la Tabla 4 que muestra la regresión básica entre la huella ecológica y crecimiento económico en América Latina, donde observó que existe una relación positiva y estadísticamente significativa de forma global, para los países de ingresos altos (HIC), medianos altos (UMIC) y medianos bajos (LMIC). Los resultados obtenidos son consistentes con los determinados en (Aşici y Acar, 2015; Al-Mulali et al., 2016) quienes evidencian una relación positiva entre la huella ecológica y el crecimiento del PIB. Asimismo, los resultados apoyan la postura de Ulucak y Bilgili (2018) quien menciona que gran parte de los problemas ambientales son consecuencia de una falta de educación, por ello se debe desarrollar nuevas tecnologías más ambientales y mejorar la conciencia ambiental.

Los resultados no son consistentes con los trabajos de Ozturk et al. (2016) quienes revelaron una relación negativa entre la huella ecológica y el PIB, por tanto, indican que la hipótesis EKC está más presente en los países de ingresos medios y altos que en los demás países de ingresos. Al igual, Danish et al. (2019) evidencia que en su investigación se da la curva de Kuznets ambiental (EKC) y en nuestro caso no se cumple esta teoría.

Los resultados de la Tabla 5 nos muestran que existe una relación positiva y estadísticamente significativa de forma global, para los países de ingresos altos (HIC), bajos (LIC), medianos altos (UMIC) y medianos bajos (LMIC) entre las variables de emisiones de

carbono y PIB per cápita. Estos resultados son consistentes con los determinados por Almeida et al., (2017) quienes mencionan que el daño ecológico aumenta en las primeras y últimas etapas de crecimiento económico, disminuyendo solo en la zona media de crecimiento económico. Por tanto, argumentan es fundamental la creación de un marco de política ambiental consistente, coherente y eficaz para mejorar la calidad ambiental que respalda el bienestar y permite el desarrollo económico a largo plazo.

Asimismo, los resultados obtenidos son similares a los de (Abid, 2017; Chakravarty y Mandal, 2020; Ng et al., 2020) quienes encuentran una relación monótonamente creciente entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB y mencionan manifiestan que se debe tener un desempeño económico positivo sostenible para reducir las emisiones de dióxido de carbono en el país, al mismo tiempo los responsables de la formulación de políticas deben regular los recursos naturales.

Se difiere con los resultados obtenidos por Azam (2016) quien muestra que la degradación ambiental tiene un impacto significativamente negativo en el crecimiento económico de los países de ingresos altos. Asimismo, los hallazgos se contraponen con los encontrados por (Narayan y Narayan, 2010; Zilio y Caraballo, 2014; Kang et al., 2016; Özokcu y Özdemir, 2017; Churchill et al., 2018) quienes no apoyan la hipótesis de EKC e indican que la degradación ambiental no puede resolverse automáticamente mediante el crecimiento económico, por tanto, muestran la forma de N entre la relación de emisiones de carbono y Pib per cápita.

Los resultados de la Tabla 6 evidencian que existe equilibrio de corto plazo entre la huella ecológica y el crecimiento económico. Estos resultados, no son consistentes con las investigaciones de (Tutulmaz, 2015; Al-Mulali et al., 2015) quienes identifican una curva de Kuznets en las variables y mencionan que el consumo de energía, la urbanización y la apertura

comercial aumentan el daño ambiental a través de su efecto positivo en la huella ecológica de la mayoría de los países en todos los grupos de ingresos.

En relación a la Tabla 7 se indica un equilibrio de corto plazo entre las emisiones de dióxido de carbono y crecimiento económico. Los hallazgos son consistentes con los obtenidos por (Apergis y Ozturk, 2015; Pal y Mitra, 2017; Mrabet y Alsamara, 2017); quienes evidencian la existencia de una cointegración entre las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, el PIB real per cápita y los valores al cuadrado del PIB real per cápita. Asimismo, son similares con los obtenidos por (Kasperowicz, 2015; Alam et al., 2016) quienes mencionan que existe una relación positiva a corto plazo entre el PIB y las emisiones de CO<sub>2</sub>, porque el rápido aumento de la producción se puede alcanzar debido al uso más intensivo de energía por parte de las tecnologías existentes, entonces la capacidad aumenta también las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los resultados antes reportados en la Tabla 8 evidencian la existencia de cointegración a largo plazo entre la huella ecológica y el crecimiento económico. Estos hallazgos, son consistentes con los identificados por Mrabet y Alsamara (2017) quienes evidencian la existencia una relación a largo plazo entre las variables. Por el contrario, se difiere con Altıntaş y Kassouri (2020) quienes concluyen que existe una relación en forma de U invertida entre FE y crecimiento, apoyando la hipótesis EKC.

Con respecto a la Tabla 9, se evidenció el nexo a largo plazo entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico en América Latina a través de estimadores FMOLS. Este hallazgo está en concordancia con estudios desarrollados por (Andrée et al., 2019; Shahbaz et al., 2019) quienes indican que hay degradación ambiental en el largo plazo debido a las emisiones de dióxido de carbono derivado de las tasas de urbanización y su intensidad en la contaminación. Asimismo, se concuerda con lo señalado por (Kasperowicz, 2015; Wang et al., 2018) quienes verifican la existencia de una relación de equilibrio a largo plazo entre el PIB y las emisiones

de CO<sub>2</sub> es negativa, porque el desarrollo de nuevas tecnologías bajas en carbono permite a largo plazo alcanzar el mismo nivel de producción con menores emisiones de CO<sub>2</sub>.

Bajo el mismo contexto, los resultados anteriormente mostrados coinciden con el estudio realizado por Erdoğan et al. (2019) quienes demuestran la existencia de una relación a largo plazo entre el crecimiento económico y las emisiones de carbono e indican que un aumento del 1% en el crecimiento económico aumenta las emisiones de carbono en un 0,79%, pero un aumento del 1% en las emisiones de carbono conduce al crecimiento económico en un 0,5%. En contraposición, Al-Mulali y Tang, et al. (2015) evidencian una relación en forma de U invertida entre el CO<sub>2</sub> y el PIB en el largo plazo y revelan que la inversión extranjera puede mejorar la calidad ambiental y que la energía renovable no contribuye a la reducción de CO<sub>2</sub>. Además, los hallazgos encontrados Jardón et al. (2017) en un estudio para la región latinoamericana no son consistentes con los expuesto, debido a que el autor menciona que no se puede establecer una relación de equilibrio de largo plazo entre las variables.

Finalmente, podemos decir que se da el cumplimiento de la segunda hipótesis que menciona que existe un equilibrio a largo plazo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico de los países de América Latina.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO 3**

*Estimar la relación de causalidad entre la degradación ambiental y el crecimiento económico de los países de América Latina.*

La discusión de este objetivo se basa en los resultados de la Tabla 8 donde se presenta la prueba de causalidad de tipo Granger de panel de Dumitrescu y Hurlin (2012) y se establece que existe una causalidad unidireccional entre la huella ecológica y el PIB per cápita para el panel global y los países de ingresos mediano bajos (LMIC) y una causalidad unidireccional

que va desde el PIB per cápita hacia la huella ecológica en los países mediano altos (UMIC). Estos resultados son consistentes con los de Bello et al. (2018) que evidencian una causalidad unidireccional de la huella ecológica al crecimiento económico.

Además, se encontró una causalidad unidireccional entre las emisiones de dióxido de carbono y el PIB per cápita para todos los grupos de países. Estos hallazgos son consistentes con los obtenidos por Wang et al. (2018) quienes mediante la prueba de causalidad de Granger evidencian un vínculo causal unidireccional entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico en los países desarrollados. Se difiere con los resultados de (Liu et al., 2019; Erdoğan et al., 2019) quienes encuentran un nexo bidireccional entre las emisiones de carbono, consumo de energía y el crecimiento económico, y sugieren que las autoridades formulen políticas específicas de cada país para obtener una mejor calidad ambiental al tiempo que se logra un crecimiento económico sostenible.

Asimismo, de acuerdo con los resultados para los países de ingresos mediano bajos se concuerda con las investigaciones desarrolladas por (Tang et al., 2015; Shahbaz et al., 2017; Wang, 2018) quienes revelaron una causalidad de retroalimentación entre el PIB, la energía renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Igualmente, estas relaciones de causalidad nos permiten coincidir con lo expresado por (Altıntaş y Kassouri, 2020; Chontanawat, 2020) quienes mencionan que la energía renovable es una fuente amigable con el medio ambiente y que se debe adoptar los mecanismos para la descarbonización. Finalmente, se puede establecer que no se cumple de la tercera hipótesis ya que se ha evidenciado relaciones causales unidireccionales.

Por el contrario, los resultados difieren con lo expuesto por (Mirza y Kanwal, 2017; Erdoğan et al., 2019) quienes encuentran que hay presencia de causalidades bidireccionales entre el consumo de energía, el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub> en Pakistán. Asimismo, Liu et al. (2019) evidencian una causalidad bidireccional de las variables

para los países del G7. Indican que existen diferencias significativas entre los países en desarrollo y los países desarrollados. Sugieren que las autoridades de políticas formulen políticas específicas de cada país para obtener una mejor calidad ambiental al tiempo que se logra un crecimiento económico sostenible.

## **h. CONCLUSIONES**

Luego de haber dado cumplimiento a los objetivos específicos planteados, mediante el uso de técnicas econométricas y con base a los resultados expuestos se presentan las siguientes conclusiones.

La huella ecológica en América Latina se acerca cada vez más al límite para exceder su biocapacidad, debido a que la demanda de recursos ecológicos sigue una tendencia creciente desde la última década de estudio. Asimismo, las emisiones de dióxido de carbono per cápita evidencian que la actividad humana y el crecimiento económico no sostenible ejercen continuamente presión sobre el planeta y pone en riesgo la biodiversidad y la calidad de vida.

Se evidenció una correlación fuerte positiva entre la huella ecológica y el crecimiento económico para los países de ingreso alto (HIC) y países mediano altos (UMIC). De igual manera, se encontró una correlación fuerte positiva entre las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico para los HIC y UMIC, esto implica que a medida que aumenta el crecimiento económico las emisiones de dióxido de carbono también lo hacen.

Por medio de la estimación GLS se evidenció una relación positiva y estadísticamente significativa para todos los grupos de países de América Latina entre la huella ecológica y crecimiento económico, donde se observa que ante un aumento de un dólar en el PIB per cápita se incrementa la contaminación en 0,668 en las hectáreas globales por persona. Asimismo, se encontró una relación positiva y significativa entre el crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono, mostrando que ante un aumento de un dólar en el PIB per cápita se incrementará en 1,074 toneladas métricas por persona.

Existió una cointegración de todas las variables en el largo plazo, estableciendo que el crecimiento económico per cápita ejercen un efecto directo sobre la huella ecológica y las emisiones de carbono, de acuerdo con el nivel de ingreso de los países.

Se determinó que existe una causalidad unidireccional entre la huella ecológica y el PIB per cápita para los países de ingresos medianos bajos (LMIC) y una causalidad unidireccional que va desde el PIB per cápita hacia la huella ecológica en los países mediano altos (UMIC), es decir, que la región latinoamericana depende en gran medida de los recursos naturales para realizar las actividades económicas, produciendo contaminación ambiental.

Finalmente, se encontró una causalidad unidireccional entre las emisiones de dióxido de carbono y el PIB per cápita para los países de ingresos altos (HIC), países de ingresos mediano altos (UMIC) y países de ingreso mediano bajo (LMIC), por lo que podemos decir que el crecimiento económico causa degradación ambiental y por ello es relevante el diseño de políticas para lograr reducir las emisiones.

## **i. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se derivan las siguientes recomendaciones para la toma de decisiones de política económica.

La tendencia creciente de la huella ecológica debe afrontarse con la participación de la sociedad para que tenga conciencia y responsabilidad con el medio ambiente, y que las futuras generaciones puedan, al menos, disfrutar del capital natural con el que actualmente contamos; por ello, se debe ahondar esfuerzos en crear una economía circular que estimule actividades de producción y consumo sostenibles.

Adicionalmente, para disminuir las emisiones de dióxido de carbono es recomendable que los gobiernos de los países de América Latina, incentiven las prácticas empresariales sustentables a través de exoneraciones tributarias o incentivos fiscales con la finalidad de promover el uso de energías limpias, tecnología no contaminante y eficiencia de procesos que sean amigables con el medio ambiente. A la par se deberían normar las sanciones y hacerlas más severas para que las prácticas contaminantes sean cada vez menores.

De igual forma, es importante que se considere la cooperación internacional conjuntamente con normas y reglas para la conservación y protección ambiental, para que de esta manera las políticas aplicadas por los países latinoamericanos estén orientadas y en mayor sintonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible que pretenden una mejora progresiva hasta 2030 del consumo de recursos y una desvinculación de la degradación ambiental con el crecimiento económico empezando por los países más desarrollado.

Finalmente, es relevante la cooperación entre las distintas instituciones de los Estados latinoamericanos, puesto que una buena articulación entre los actores gubernamentales, organizaciones y sociedad civil harán que las políticas o estrategias ambientales propuestas se

lleven a cabo de manera eficiente y aseguren el equilibrio ambiental, la rentabilidad económica y la equidad social.

## j. BIBLIOGRAFÍA

- Abid, M. (2017). Does economic, financial and institutional developments matter for environmental quality? A comparative analysis of EU and MEA countries. *Journal of Environmental Management*, 188(2), 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.007>
- Al-Mulali, U., Tang, C. F., & Ozturk, I. (2015). Estimating the Environment Kuznets Curve hypothesis: Evidence from Latin America and the Caribbean countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 918–924.
- Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A. H. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 48, 315–323.
- Alam, M. M., Murad, M. W., Noman, A. H. M., & Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466–479.
- Almeida, T. A. das N., Cruz, L., Barata, E., & García-Sánchez, I. M. (2017). Economic growth and environmental impacts: An analysis based on a composite index of environmental damage. *Ecological Indicators*, 76(x), 119–130.
- Altıntaş, H., & Kassouri, Y. (2020). Is the environmental Kuznets Curve in Europe related to the per-capita ecological footprint or CO<sub>2</sub> emissions? *Ecological Indicators*, 113(February).
- Andrée, B. P. J., Chamorro, A., Spencer, P., Koomen, E., & Dogo, H. (2019). Revisiting the relation between economic growth and the environment; a global assessment of deforestation, pollution and carbon emission. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114(April), 109221.
- Apergis, N. (2016). Environmental Kuznets curves: New evidence on both panel and country-level CO<sub>2</sub> emissions. *Energy Economics*, 54, 263–271.
- Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16–22.

- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., & Holling, C. S. (1996). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Environment and Development Economics*, 1(1), 104–110.
- Aşici, A. A., & Acar, S. (2015). Does income growth relocate ecological footprint? *Ecological Indicators*, 61, 707–714.
- Apergis, N., & Ozturk, I. (2015). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16–22.
- Aydin, C., Esen, Ö., & 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(November), 543–555.
- Azam, M. (2016). Does environmental degradation shackle economic growth? A panel data investigation on 11 Asian countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 175–182.
- Banco Mundial. (1992). Informe sobre el desarrollo mundial. Obtenido de <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documents-reports/documentdetail/682651468778802192/resumen-del-informe-sobre-el-desarrollo-mundial-1992-desarrollo-y-medio-ambiente>
- Banco Mundial (2019). Banco de datos. Obtenidos de <https://databank.bancomundial.org/home.aspx>
- Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe. In Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Informe sobre el impacto económico en América Latina y el Caribe de la enfermedad por coronavirus (COVID-19): estudio elaborado (CEPAL).
- Bello, M. O., Solarin, S. A., & Yen, Y. Y. (2018). The impact of electricity consumption on CO<sub>2</sub> emission, carbon footprint, water footprint and ecological footprint: The role of hydropower in an emerging economy. *Journal of Environmental Management*, 219, 218–230.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *Econometrica*, 47(5), 1287.
- Brundtland, G. H. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el

Desarrollo: Nuestro futuro común. Documentos de las Naciones Unidas, 416.

CELAG (2016). Crecimiento económico en América Latina. Obtenido de <https://www.celag.org/tag/crecimiento-economico/>

CEPAL (2016). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe. Obtenido de [https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/19-00711\\_lbc\\_160\\_emergencia-cambio-climatico\\_web.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/19-00711_lbc_160_emergencia-cambio-climatico_web.pdf)

Chakravarty, D., & 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(July), 100045.

Chontanawat, J. (2020). Dynamic modelling of causal relationship between energy consumption, CO2 emission, and economic growth in SE Asian countries. *Energies*, 13(24).

Churchill, S. A., Inekwe, J., Ivanovski, K., & Smyth, R. (2018). The Environmental Kuznets Curve in the OECD: 1870–2014. *Energy Economics*, 75, 389–399.

Danish, Ulucak, R., & Khan, S. U. D. (2019). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101996.

Domínguez, M. (2014). El Papel De La Fisiocracia En Nuestros Días: Una Reflexión Sobre El Análisis Económico De Los Recursos Naturales Y El Medio Ambiente. *Revista Galega de Economía*, 13(1–2), 12.

Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460.

Erdoğan, S., Yıldırım, D. Ç., & Gedikli, A. (2019). Investigation of causality analysis between economic growth and CO2 emissions: The case of BRICS - T countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(6), 430–438.

Frees, E. (2004) *Longitudinal and Panel Data: Analysis and Applications in the Social Sciences*. Cambridge University Press, New York.

Friedman, Milton. (1990). "Bimetallism Revisited." *Journal of Economic Perspectives*, 4 (4): 85-104.

- Global Footprint Network (2021). Obtenido de [https://data.footprintnetwork.org/?\\_ga=2.231629791.1322202350.1637601883-1933853460.1637601883](https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.231629791.1322202350.1637601883-1933853460.1637601883)
- Grossman, GM y Krueger, A. (1995). Economic Growth and the Individual. *The Journal of Finance*, 21(3), 550.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research*, 3914.
- Handl, G. (2012). Declaración De La Conferencia De Las Naciones Unidas Sobre El Medio Humano (Declaración De Estocolmo), De 1972, Y Declaración De Río Sobre El Medio Ambiente Y El Desarrollo, De 1992. *United Nations Audiovisual Library of International Law*, 1–14.
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251.
- Jardón, A., Kuik, O., & Tol, R. S. J. (2017). Economic growth and carbon dioxide emissions: An analysis of Latin America and the Caribbean. *Atmosfera*, 30(2), 87–100.
- Kang, Y. Q., Zhao, T., & Yang, Y. Y. (2016). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions in China: A spatial panel data approach. *Ecological Indicators*, 63, 231–239.
- Kasperowicz, R. (2015). Economic growth and CO2 emissions: The ECM analysis. *Journal of International Studies*, 8(3), 91–98.
- Keynes, J. M. (1936). *Teoría general de la ocupación , el interés y el dinero*. Nueva York. Harcourt Brace Jovanovich.
- Komen, M. H. C., Gerking, S., & Folmer, H. (1997). Income and environmental R&D: empirical evidence from OECD countries. *Environment and Development Economics*, 2(4), 505–515.
- Kuznets, S. (1955). *The American Economic Review*. American Economic Association, 45(1), 1–28.
- Liu, H., Lei, M., Zhang, N., & Du, G. (2019). The causal nexus between energy consumption, carbon emissions and economic growth: New evidence from China, India and G7 countries using convergent cross mapping. *PLoS ONE*, 14(5).
- Loaiza, J. C. (2016). Las emisiones de dióxido de carbono en América Latina, un enfoque

- especial para México. Universidad Michoacana De San Nicolas De Hidalgo.
- Lütkepohl, H., & Burda, M. M. (1997). Modified wald tests under nonregular conditions. *Journal of Econometrics*, 78(1), 315–332.
- Meadows, D. H. (1972). Limits to growth. A report for the club of rome's project on the predicament of mankind, 367–369.
- Mirza, F. M., & Kanwal, A. (2017). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in Pakistan: Dynamic causality analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72(May 2011), 1233–1240.
- Mrabet, Z., & Alsamara, M. (2017). Testing the Kuznets Curve hypothesis for Qatar: A comparison between carbon dioxide and ecological footprint. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70(December 2015), 1366–1375.
- Narayan, P. K., & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 38(1), 661–666.
- Ng, C. F., Choong, C. K., & Lau, L. S. (2020). Environmental Kuznets curve hypothesis: asymmetry analysis and robust estimation under cross-section dependence. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18685–18698.
- O'Connell, P. G. J. (1998). The overvaluation of purchasing power parity. *Journal of International Economics*, 44(1), 1–19. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(97\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(97)00017-2)
- Özokcu, S., & Özdemir, Ö. (2017). Economic growth, energy, and environmental Kuznets curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72(January), 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.059>
- Ozturk, I., Al-Mulali, U., & Saboori, B. (2016). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis: the role of tourism and ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(2), 1916–1928. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5447-x>
- Pal, D., & Mitra, S. K. (2017). The environmental Kuznets curve for carbon dioxide in India and China: Growth and pollution at crossroad. *Journal of Policy Modeling*, 39(2), 371–385. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2017.03.005>
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2(4), 465–484.

<https://doi.org/10.1017/S1355770X97000259>

- Pedroni, P. (2000). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. In *Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels*, (Vol. 15, pp. 93–130). [https://doi.org/10.1016/S0731-9053\(00\)15004-2](https://doi.org/10.1016/S0731-9053(00)15004-2)
- Pesaran H., M. (2003). General diagnostic tests for cross-section dependence in panels. *Faculty of Economics*, 1240, 1–39. <https://doi.org/10.17863/CAM.5113>
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Rivera, M., Díaz-Rodríguez, C., & Sánchez-Buendía, E. E. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO2 en América Latina, 1990-2015. *Semestre Económico*, 21(49), 41–55. <https://doi.org/10.22395/seec.v21n49a2>
- PNUD. (2020). Informe sobre la brecha en las emisiones del 2020. 1–16.
- Polloni-Silva, E., Ferraz, D., Camiato, F. de C., Rebelatto, D. A. D. N., & Morales, H. F. (2021). Environmental kuznets curve and the pollution-halo/haven hypotheses: An investigation in brazilian municipalities. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8), 1–19.
- Rosales, V. Q., Leverone, M. B., Vargas, M. S., & Murillo, C. M. (2020). Multidimensional Poverty Index and its relationship with Ecuadorian public spending. *Universidad y Sociedad*, 430–436.
- Selden, T. M., & Song, D. (1994). Environmental quality and development: Is there a kuznets curve for air pollution emissions? In *Journal of Environmental Economics and Management* (Vol. 27, Issue 2, pp. 147–162).
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). Compatibles: Economic Growth and Environmental Quality. *Battelle Res Outlook*, 4(2), 12–15.
- Shahbaz, M., Haouas, I., & Hoang, T. H. Van. (2019). Economic growth and environmental degradation in Vietnam: Is the environmental Kuznets curve a complete picture? *Emerging Markets Review*, 38(November 2017), 197–218.
- Shahbaz, M., Shafiullah, M., Papavassiliou, V. G., & Hammoudeh, S. (2017). The CO2–growth nexus revisited: A nonparametric analysis for the G7 economies over nearly two

- centuries. *Energy Economics*, 65, 183–193.
- Solow. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth Author ( s ): Robert M . Solow Source : The Quarterly Journal of Economics , Vol . 70 , No . 1 ( Feb ., 1956 ), pp . 65-94 Published by : The MIT Press Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1884513>. Growth (Lakeland), 70(1), 65–94.
- Sosa, P. V., & Navarro, D. M. (2020). Crecimiento, Complejidad Económica y Emisiones de CO2: Un Análisis para Colombia. *Revista CIFE: Lecturas de Economía Social*, 22(37).
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419–1439.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems. *Econometrica*, 61(4), 783. <https://doi.org/10.2307/2951763>
- Swan. (1956). ECONOMIC GROWTH AND CAPITAL ACCUMULATION A Comment. *Economic Record*, 33(64), 103–108.
- Świąder, M., Lin, D., Szewrański, S., Kazak, J. K., Iha, K., van Hoof, J., Belčáková, I., & Altıok, S. (2020). The application of ecological footprint and biocapacity for environmental carrying capacity assessment: A new approach for European cities. *Environmental Science and Policy*, 105(December 2019), 56–74.
- Tutulmaz, O. (2015). Environmental Kuznets Curve time series application for Turkey: Why controversial results exist for similar models? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 73–81.
- Ulucak, R., & Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. *Journal of Cleaner Production*, 188, 144–157.
- Wang, M. (2018). A Granger Causality Analysis between the GDP and CO 2 Emissions of Major Emitters and Implications for International Climate Governance. *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, 06(01), 1850004.
- Wang, Z., Yang, L., Yin, J., & Zhang, B. (2018). Assessment and prediction of environmental sustainability in China based on a modified ecological footprint model. *Resources, Conservation and Recycling*, 132(July 2016), 301–313.

- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709–748.
- Wooldridge, J. M. (1991). On the application of robust, regression- based diagnostics to models of conditional means and conditional variances. *Journal of Econometrics*, 47(1), 5–46.
- WWF. (2020). Informe Planeta Vivo 2020: Revertir la curva de la pérdida de biodiversidad. Resumen. Fondo Mundial Para La Naturaleza, 130.
- Yang, Y., & Cai, Z. (2020). Ecological security assessment of the Guanzhong Plain urban agglomeration based on an adapted ecological footprint model. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120973. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120973>
- Zilio, M., & Caraballo, M. Á. (2014). El final de la curva de Kuznets de carbono?: Un análisis semiparamétrico para la América Latina y el Caribe. *Trimestre Economico*, 81(321), 241–270. <https://doi.org/10.20430/ete.v81i321.114>
- Zilio, M. I. (2008). Emisiones de dióxido de carbono en américa latina Un aporte al estudio. *Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe, España y Portugal*, XIV, 133–161

**k. ANEXOS****Anexo 1****ANTEPROYECTO DE TESIS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**ÁREA JURÍDICA SOCIAL Y ADMINISTRATIVA**  
**CARRERA DE ECONOMÍA**

**Tema**

**“Degradación ambiental y crecimiento económico: un análisis de datos panel para  
América Latina durante el periodo 1961 – 2016”**

**Autor**

*Jorge Eduardo Masache*

**Loja – Ecuador**

2020

## 1. TEMA

Degradación ambiental y crecimiento económico: un análisis de datos panel para América Latina durante el periodo 1961 – 2016.

## 2. INTRODUCCIÓN

El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2020) por sus siglas en inglés, señala que América Latina está perdiendo rápidamente su biodiversidad y muestra que esta región es la que mayores impactos ambientales recoge a nivel mundial, tal como: la dramática disminución del 89% de poblaciones de especies en comparación con 1970 y que el 20% de la Amazonía ha desaparecido en solo 50 años. Para WWF la conclusión es clara: "La actividad humana está empujando hasta el límite los sistemas naturales del planeta de los que depende la vida sobre la Tierra".

El crecimiento económico en los países en desarrollo, activa el agotamiento de más recursos naturales, daña el medio ambiente y reduce la biocapacidad, de acuerdo con Świąder et al., (2020). Es por eso que los recursos naturales se están convirtiendo en uno de los factores que obstaculizan el desarrollo económico, la eficiencia de la utilización de los recursos naturales debería mejorarse y el estrés ecológico debería reducirse para garantizar un desarrollo económico sostenible, según Yang y Cai (2020). Por lo tanto, es vital conocer, el efecto provocado por la actividad económica sobre la degradación ambiental, tal como Wang, Yang, Yin, y Zhang (2018) confirman que la degradación ambiental aumento, a la vez que el proceso de industrialización de China se aceleró en los 1978 – 2013.

La hipótesis de la Curva de Kuznets (1955), en la cual Kuznets planteó la relación entre crecimiento y distribución, muestra que al comienzo del crecimiento económico de una nación (medido a través del PIB per cápita), se produce inequidad en la distribución del ingreso (medido a través del Índice de Gini), hasta alcanzar el punto de inflexión (máximo nivel que

alcanza la curva), donde la situación cambia y comienza a disminuir la inequidad en términos de concentración de riqueza, es así que encontró una relación entre la desigualdad y la renta en forma de U-invertida a largo plazo. Esto a su vez motivó y despertó el interés por parte otros teóricos del desarrollo como Grossman y Krueger (1991) a profundizar los estudios empíricos empleando la Curva de Kuznets (1955), con la finalidad de explicar la relación existente entre crecimiento económico y calidad ambiental.

En este contexto, la investigación examina el efecto del crecimiento económico sobre los niveles de degradación ambiental, para América Latina. El proyecto de investigación abarca el periodo de 1961 – 2016 para 17 países que tienen datos para todas las variables, lo que nos permite formar un panel de datos. Se aplicarán varias técnicas de estimación de datos de panel, además, del uso técnicas de cointegración de segunda generación la considera a la dependencia de sección cruzada (CD), con el objetivo de examinar la relación no lineal a largo plazo y finalmente se aplican pruebas de causalidad para la elaboración de implicaciones de política. Adicional a la introducción presentada, en la segunda sección consta la revisión de la literatura y evidencia empírica. En la tercera sección describimos los datos y planteamos la estrategia metodológica. En la cuarta sección presentamos los resultados y los discutimos con la teoría y la evidencia empírica. Finalmente, en la quinta sección constan las conclusiones.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Nuestro medio ambiente se está deteriorando desde hace dos siglos y casi todas las partes del planeta se han visto afectadas de una forma u otra. De acuerdo con Choudhary y Chauhan (2015) la causa principal de la degradación del medio ambiente es la perturbación humana. La revolución industrial del siglo XIX mecanizó la producción y la fabricación de bienes e introdujo el uso de maquinaria y otros equipos pesados que, a su vez, utilizan combustibles como fuente de energía, lo que deteriora el medio ambiente.

Por su parte, la mayoría de los estudios sobre el vínculo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, consideran como indicador principal del deterioro la variable emisiones de CO<sub>2</sub>, siendo este indicador solo una parte de esta degradación (Pazienza, 2019). Por otro lado, un indicador más amplio que recoge el verdadero impacto de la actividad humana, es la huella ecológica el cual servirá como indicador para generar una comparativa entre ambas medidas ambientales para los países de muestra de América Latina.

La evidencia empírica demuestra que el crecimiento económico en los países en desarrollo, activa el agotamiento de más recursos naturales, daña el medio ambiente y reduce la biocapacidad, de acuerdo con Świąder et al. (2020). Es por eso que los recursos naturales se están convirtiendo en uno de los factores que obstaculizan el desarrollo económico, la eficiencia de la utilización de los recursos naturales debería mejorarse y el estrés ecológico debería reducirse para garantizar un desarrollo económico sostenible, según Yang y Cai (2020). Por lo tanto, es vital de conocer, el efecto provocado por la actividad económica sobre la degradación ambiental, tal como Wang, Yang, Yin, y Zhang (2018) confirman que la degradación ambiental aumento, a la vez que el proceso de industrialización de China se aceleró en los 1978 – 2013. De acuerdo al Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2020) por sus siglas en inglés, América Latina está perdiendo rápidamente su biodiversidad y muestra que esta región es la que mayores impactos ambientales recoge a nivel mundial, tal como: la dramática disminución del 89% de poblaciones de especies en comparación con 1970 y que el 20% de la Amazonía ha desaparecido en solo 50 años. Para WWF la conclusión es clara: "La actividad humana está empujando hasta el límite los sistemas naturales del planeta de los que depende la vida sobre la Tierra".

De acuerdo a la evidencia empírica, tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> y la huella ecológica son usadas como los principales indicadores para medir la degradación ambiental, generada principalmente por el aumento del impacto de las actividades humanas. De igual forma, se usa

el crecimiento de la producción per cápita, para medir este aumento progresivo de las actividades humanas.

#### **4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El progreso tecnológico moderno, del que estamos tan orgullosos, es en realidad la causa fundamental del deterioro medioambiental. Los cambios ambientales se basan en factores como la urbanización, el crecimiento demográfico y económico, el aumento del consumo de energía y la intensificación de la agricultura. La degradación tiene efectos adversos en los seres humanos, las plantas, los animales y los microorganismos. Para hacer frente a esta situación crítica, es necesario hacer un uso y una gestión óptimos de los recursos, un desarrollo sostenible, la adopción del concepto verde y, sobre todo, la participación de la comunidad en todas las actividades de desarrollo (Lavandeira et al., 2003).

#### **5. ALCANCE DEL PROBLEMA**

El presente trabajo para desarrollarse se delimitará en el análisis de la influencia del crecimiento económico sobre la degradación ambiental en los países de América Latina durante el periodo 1961 – 2016. Se considera este periodo debido a la disponibilidad de datos de las fuentes oficiales de información de las variables utilizadas. Por lo tanto, el periodo de tiempo que se ha establecido abarca datos de suma importancia, con el objetivo de desarrollo de la presente tesis.

Este análisis se lo realizará considerando información proporcionada de fuentes oficiales como la son los World Development Indicators (WDI) del Banco Mundial (2020) y la Global Footprint Network (GFN) (2020). Así mismo, para la realización del presente estudio se dispondrá de los recursos y tiempo necesarios.

#### **6. EVALUACIÓN DEL PROBLEMA**

El impacto negativo de la actividad humana sobre el medio ambiente se concibe, en la perspectiva convencional, como una externalidad negativa del crecimiento económico,

generada por un aumento progresivo de las actividades de consumo Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2020). Dado que la sociedad enfrenta cambios climáticos potencialmente rápidos provocados por actividades humanas que afectan a la composición de la atmósfera y al balance de la radiación solar (Giménez, Castaño, Baethgen, y Lanfranco, 2009). Existe una amplia literatura que explica los principales mecanismos de contaminación atmosférica, causantes del incremento nocivo de sustancias perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

## **7. PREGUNTAS DIRECTRICES**

La investigación será llevada a cabo, teniendo en cuenta las siguientes preguntas directrices:

- ¿Cuál es la correlación y evolución del crecimiento económico en la degradación ambiental de América Latina?
- ¿Existe un nexo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico en los países de América Latina?
- ¿Mantiene una relación de causalidad la degradación ambiental y el crecimiento económico en los países de América Latina?

## **8. JUSTIFICACIÓN**

### **a. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA**

La presente investigación es un nuevo aporte a la academia, ya que contribuirá con nueva evidencia sobre la relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, para quienes se interesan por los temas relacionados con la economía ambiental ya sea estudiantes o profesionales de la investigación, además la misma ayudara a mejorar las destrezas del investigador, con la finalidad de ser un profesional competitivo e íntegro que aporte al desarrollo de la sociedad, finalmente es considerada requisito obligatorio por la Universidad Nacional de Loja previo a la obtención del título de Economista.

## **b. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

A partir de este estudio se pretende evaluar el nexo existente entre crecimiento económico y la degradación ambiental, esto se hace con la finalidad de dar nuevas perspectivas sobre el manejo de los recursos naturales y su preservación a futuras generaciones, en la región de América Latina considerada en el presente estudio. Una vez evaluado este nexo entre degradación ambiental y crecimiento económico, se podrá dar paso a plantear posibles estrategias o recomendaciones en la formulación de política económica, por parte de los tomadores de decisiones, con el fin de indagar en mecanismos que permitan la formación de un crecimiento sostenible sin tener que comprometer al medio ambiente y disminuir los recursos para las generaciones futuras de América Latina.

## **c. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

Las sociedades de todo el mundo están estrecha vinculadas al entorno natural en el que están insertas. Las actividades humanas productivas y sociales, y por lo tanto las estructuras y relaciones sociales, están moldeadas en un grado significativo por la combinación de recursos naturales disponibles, la geografía física, los patrones climáticos, la capacidad de transformación de las condiciones naturales y una variedad de otras características del medio ambiente. La degradación ambiental, incluido el agotamiento de los recursos renovables y no renovables y la contaminación del aire, el agua y los suelos, puede ser una fuente importante de estrés para las sociedades. Puede actuar sobre la integración social de manera indirecta, a través de las limitaciones que impone a las actividades productivas, y también puede tener impactos sociales más directos. El deterioro ambiental puede inducir cambios en los patrones de asentamiento y, por lo tanto, perturbar las relaciones sociales establecidas, puede acelerar la estratificación social o promover la solidaridad social y estimular la acción colectiva (Vivian, 1994).

## **9. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Examinar la relación entre la degradación ambiental y el crecimiento económico en América Latina en el periodo 1961 – 2016, mediante un estudio descriptivo y econométrico de datos panel.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución y correlación de los indicadores ambientales y el crecimiento económico de América Latina.
- Determinar el nexo entre los indicadores ambientales y el crecimiento económico de los países de América Latina.
- Estimar la relación de causalidad entre los indicadores ambientales y el crecimiento económico de los países de América Latina.

### **Hipótesis**

- La degradación ambiental en América Latina ha disminuido durante el periodo de estudio.
- Existe un equilibrio en el largo plazo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico.
- La relación causal entre el crecimiento económico y degradación ambiental es bidireccional.

## **10. MARCO TEÓRICO**

### **a. Antecedentes**

El medio ambiente es algo con lo que estamos muy familiarizados. Es todo lo que conforma nuestro entorno y afecta a nuestra capacidad de vivir en la tierra. La degradación del medio ambiente es un problema muy grave en todo el mundo que abarca una serie de cuestiones como

la contaminación, la pérdida de biodiversidad y la extinción de animales, la deforestación y la desertificación, el calentamiento global y muchas otras (Brown et al., 1987).

La degradación medioambiental es el deterioro del medio ambiente por el agotamiento de los recursos, que incluye todos los elementos bióticos y abióticos que forman nuestro entorno, es decir, el aire, el agua, el suelo, las plantas, los animales y todos los demás elementos vivos y no vivos del planeta Tierra (Biology et al., 2005; Brown et al., 1987). La degradación del medio ambiente también tiene un aspecto útil, ya que se han creado más genes nuevos y algunas especies han crecido mientras otras han disminuido. En cuanto a la selección natural, las especies se regeneran constantemente a medida que cambia el medio ambiente, y la actividad humana es la principal impulsora. El ser humano también es un producto de la naturaleza; este cambio es a la sustitución natural.

La evidencia empírica demuestra que el crecimiento económico puede ser el peor adverso con el medio ambiente hasta el punto de generar un crecimiento decreciente, no obstante, existen investigaciones que mencionan que el crecimiento económico, pueden generar efectos positivos para el medio ambiente (Grossman y Krueger, 1991). El enfoque de forma reducida de la relación entre ingresos y medio ambiente ha sido un primer paso útil para responder a la pregunta de cómo afecta el crecimiento económico al medio ambiente. Sin embargo, sin una consideración explícita de los determinantes subyacentes de la calidad del medio ambiente, el alcance de la intervención política queda indebidamente circunscrito. En este documento se hace un modesto intento de incorporar consideraciones políticas explícitas a la relación entre la renta y el medio ambiente y de explorar sus determinantes como un paso hacia una mejor comprensión de esta relación y de su potencial como herramienta política. También se explora el papel de la tasa de crecimiento económico y la densidad de población. Una de las principales conclusiones es que, al menos en el caso de los niveles de SO<sub>2</sub> en el ambiente, las políticas y las instituciones pueden reducir significativamente la degradación del medio ambiente en los

niveles de renta bajos y acelerar las mejoras en los niveles de renta altos, aplanando así el EKC y reduciendo el precio medioambiental del crecimiento económico (Panayotou, 1993, 1997).

La hipótesis de la Curva de Kuznets (1955), en la cual Kuznets planteó la relación entre crecimiento y distribución, muestra que al comienzo del crecimiento económico de una nación (medido a través del PIB per cápita), se produce inequidad en la distribución del ingreso (medido a través del Índice de Gini), hasta alcanzar el punto de inflexión (máximo nivel que alcanza la curva), donde la situación cambia y comienza a disminuir la inequidad en términos de concentración de riqueza, es así que encontró una relación entre la desigualdad y la renta en forma de U-invertida a largo plazo. Esto a su vez motivó y despertó el interés por parte otros teóricos del desarrollo como Grossman y Krueger (1991) a profundizar los estudios empíricos empleando la Curva de Kuznets (1955), con la finalidad de explicar la relación existente entre crecimiento económico y calidad ambiental.

## **b. Fundamentación teórica**

### **1. Huella ecológica**

La Huella Ecológica es una herramienta utilizada para medir la demanda de recursos naturales de la humanidad sobre la capacidad regenerativa del planeta (Biocapacidad mundial). Estos recursos se obtienen de seis superficies (tierras de cultivo, pastizales, bosques, zonas de pesca, terreno construido, bosques para absorción de CO<sub>2</sub>) que pueden ser locales o ubicadas en lugares distantes alrededor del mundo, clasificadas en función de los bienes y servicios que proveen. El indicador de Huella Ecológica se mide en hectáreas globales (gha), definidas como hectáreas con productividad media mundial (Global Footprint Network, 2019).

### **2. Emisiones de dióxido de carbono**

Este indicador presenta información sobre las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), totales, por habitante, por unidad de producto interno bruto y las tasas de variación anual. Estas emisiones corresponden a las generadas por la quema de combustibles fósiles, la producción

de cemento y las emisiones generadas por los cambios en el uso del suelo y silvicultura. El CO<sub>2</sub> es un gas incoloro, inodoro y no venenoso que se desprende de la combustión de combustibles fósiles y normalmente forma parte del aire ambiente. Se considera el principal gas de efecto invernadero, al contribuir a los cambios del clima. También se denomina anhídrido carbónico (Banco Mundial, 2020).

### **3. Crecimiento económico**

Smith (1776) afirma que la riqueza de las naciones depende de dos factores: el factor trabajo, y el grado de eficacia de la actividad productiva. Los mismos dependen de la división del trabajo, la tendencia al intercambio, el tamaño de los mercados, y finalmente la acumulación de capital, la cual se la considera el motor del crecimiento de un país. Por su parte, Cobb y Douglas (1928) en su enfoque neoclásico relaciona un producto y las variaciones de los insumos tecnología, trabajo y capital con el fin de estimar la función de producción de un país 82 y proyectar así, su crecimiento económico esperado.

De igual forma Samuelson y Solow (1960), uno de los pioneros de la teoría neoclásica menciona que el crecimiento requiere del desarrollo del capital por medio de la inversión y el aumento de la población. Por otra parte, Kuznets (1973) señala que el crecimiento económico es un aumento sostenido del producto per cápita o por trabajador. En este escenario es un aumento del valor de los bienes y servicios producidos por una economía durante un período determinado.

#### **c. Evidencia empírica**

La revisión de la literatura se divide en dos secciones. La primera sección que resume estudios del análisis entre la huella ecológica y el crecimiento económico y la segunda abarca investigaciones que relacionan las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico.

En la primera sección los estudios realizados por Altıntaş y Kassouri (2020), Dogan y Inglesi-Lotz (2020) y Destek, Ulucak, y Dogan (2018) para países de la UE, sus resultados demuestran la validez de la hipótesis EKC para EF (Ecological Footprint), revelando que el largo plazo la EF se ve reducida al aumentar el crecimiento económico. Del mismo modo, Danish, Ulucak, y Khan (2020) mediante técnicas de cointegración para los BRICS, al utilizar diferentes medidas para medir la degradación ambiental, los resultados aprueban la EKC únicamente con la EF, esto al superar el umbral, donde el crecimiento económico disminuye la degradación ambiental. En esta misma línea, Charfeddine y Mrabet (2017) cuyo estudio para 15 países MENA (Middle East and North Africa), reveló que PIB real afecta de manera positiva y se encuentra entre 0,543 y 0,757 y el coeficiente del PIB real al cuadrado varía entre  $-0.032$  y  $-0.061$ , lo que exhibe una relación invertida en forma de U con EF en la muestra en su conjunto.

Así mismo, Aşici & Acar (2015) para una muestra de 116 países entre 2004 – 2008, mencionan que existe una relación de tipo EKC solo entre el ingreso per cápita y la huella ecológica de producción, con puntos de inflexión en el ingreso, que varían entre alrededor de 32,000 y 34,000 USD (a precios constantes de 2000). Al-Mulali, Weng-Wai, Sheau-Ting, & Mohammed (2015) también observaron a partir de los modelos de efectos fijos y el método generalizado de momentos (GMM) para un panel de 93 países, que existe una relación invertida en forma de U entre la EF y el crecimiento del PIB, que representa la hipótesis EKC en países de ingresos medios altos y altos. Esta forma de relación solo ocurre cuando hay tecnologías disponibles que mejoran la eficiencia energética, el consumo energías renovables, además de un aumento de la conciencia ecológica (Mrabet & Alsamara, 2017; Ulucak & Bilgili, 2018; Ng, Choong, & Lau, 2020).

En cuando a la segunda sección, la relación entre el medio ambiente y el crecimiento económico, ha atraído la atención de numerosos investigadores que utilizan diversas metodologías en diferentes países o regiones. Los resultados varían según el tamaño y los

períodos que cubre la muestra con la que se realiza el estudio. También existe un vínculo entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, como lo demostraron Adu y Denkyirah (2019) al emplear un análisis de cointegración a corto y largo plazo, para investigar las influencias del crecimiento económico sobre los residuos de combustible renovable (CoWaste), en un grupo de países de África occidental entre 1970 y 2013. Los resultados mostraron que el crecimiento económico en el corto plazo aumento significativamente las emisiones de CoWaste y en el largo plazo el crecimiento económico, no disminuyó significativamente la contaminación ambiental.

Al verificar la relación entre emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB per cápita entre los 10 países con mayor consumo energético, desde 197 – 2013, Rahman (2020) demuestra que de forma global existe un punto de inflexión, donde se genera una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El mismo resultado también se encuentra para Japón, Alemania y Corea del Sur por separado cuando se realiza un análisis específico por país. Sin embargo, una relación opuesta entre el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub> también se encuentra individualmente para China, Estados Unidos y el Reino Unido. El crecimiento económico conduce a una disminución de la intensidad de emisiones de carbono; la disminución resulta de la contribución combinada del rápido crecimiento económico, de la aplicación de tecnología y prácticas de reducción en los procesos productivos de las industrias de cada país (Raza, Shah, y Sharif, 2019; Akadiri, Bekun, y Sarkodie, 2019; Chen y Taylor, 2020).

Además, un número creciente de estudios han investigado el nexo entre el nivel de deforestación como proxy de la degradación ambiental y el crecimiento económico. Benedek y Fertő (2020) sugieren para una muestra de 72 países con recuperación forestal entre 1990 – 2015, que el desarrollo económico promueve, a largo plazo no solo una reducción de la deforestación, sino también un aumento de la extensión y calidad ambiental de los bosques.

## 11. MATERIALES Y MÉTODOS

### Fuentes estadísticas

Los datos que se utilizaran en la presente investigación van desde el año 1961 al 2016 para 17 países de América Latina, las observaciones para cada uno de los países fueron tomados de los Word Development Indicators (WDI) presentando como una de las bases del Banco Mundial (2019) y de la Global Footprint Network (GFN) el cual, es un organismo sin fines de lucro que se encarga de la recolección y elaboración de la huella ecológica como indicador ambiental, para cada uno de los países anualmente mismas que se muestran en la Tabla 1.

Primero, del WDI se tomaron las variables del producto interno bruto per cápita a precios constantes del 2010 y las emisiones de dióxido de carbono per cápita, para cada uno de los países incluidos en la muestra para América Latina, por otro lado, la variable huella ecológica se tomó de la GFN, medida en hectáreas globales per cápita. Como variable dependiente se toma tanto la huella ecológica y las emisiones de dióxido de carbono per cápita, y como variable independiente se considera el producto interno bruto per cápita, para la muestra de los países de América Latina antes mencionada.

**Tabla 1.**

Descripción de variables y fuentes de información

Variable	Definición	Unidad	Fuente
EF	La Huella Ecológica rastrea el uso de seis categorías de áreas de superficie productiva: tierras de cultivo, tierras de pastoreo, zonas de pesca, tierras edificadas, áreas forestales y demanda de carbono en la tierra.	gha por persona	Global footprint network
CO2	Las emisiones de dióxido de carbono son las derivadas de la quema de combustibles fósiles y la fabricación de cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y la quema de gas.	toneladas métricas per cápita	World Delopment Indicators (WDI)
PIB	El PIB per cápita se mide como el producto interno bruto dividido por la población a mitad de año.	dólar por persona	World Delopment Indicators (WDI)

La Tabla 2 muestra las estadísticas descriptivas de la serie. Las variables forman un panel exactamente equilibrado con 952 observaciones durante 56 años ( $T = 1, 2, \dots, 56$ ) y 17 países ( $i = 1, 2, \dots, 17$ ). La Ecological Footprint (EF) es más estable dentro de los países que entre de los países, la desviación estándar (SD) dentro de los países es 0.381 y entre los países es de 0.652.

**Tabla 2.**

*Estadísticos descriptivos*

Variable		Mean	Std. Dev.	Min	Max	Observaciones	
EF	overall	2.408	0.739	0.901	4.823	N =	952
	between		0.652	1.314	3.689	n =	17
	within		0.381	1.158	3.789	T =	56
CO2	overall	8.304	0.647	6.914	9.663	N =	952
	between		0.590	7.341	9.491	n =	17
	within		0.301	7.453	9.179	T =	56
Log (GDP)	overall	1.983	1.460	0.185	7.701	N =	952
	between		1.393	0.542	5.992	n =	17
	within		0.550	0.115	3.813	T =	56

**Estrategia econométrica**

Esta investigación busca realizar un análisis acerca del efecto del crecimiento económico sobre la degradación ambiental, para 17 países de América Latina, para su ejecución se aplicó una metodología con datos panel, la cual me permitirá alcanzar los objetivos planteados.

**Objetivo específico 1**

*Realizar un análisis descriptivo sobre la evolución y correlación de los indicadores ambientales y el crecimiento económico de América Latina.*

Para poder cumplir con el objetivo específico 1, se realizó un análisis descriptivo de la relación de las variables del modelo para América Latina, así mismo, se realiza un análisis de correlación entre las variables dependientes y la dependiente, para ello se utilizó graficas de evolución y correlación.

**Objetivo específico 2**

*Determinar el nexo entre los indicadores ambientales y el crecimiento económico de los países de América Latina.*

Para dar cumplimiento al objetivo 2, se procederá a estimar el modelo econométrico que permita conocer el grado de asociación entre las variables, mediante la utilización de una regresión básica de mínimos cuadrados generalizados (GLS), el cual se muestra siguiente ecuación:

$$EF_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \log(PIB_{it}) + \varphi_2 \log(PIB_{it})^2 + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$CO2_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \log(PIB_{it}) + \varphi_2 \log(PIB_{it})^2 + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Donde tanto  $EF_{it}$  y  $CO2_{it}$  en las Ecuaciones (1) y (2) son las variables dependientes del modelo que representan la degradación ambiental, mientras que  $\log(PIB_{it})$  representa el crecimiento económico como variable independiente y  $\log(PIB_{it})^2$  representa la aceleración del crecimiento en la segunda etapa. El subíndice  $i$  y  $t$  denotan país y año, respectivamente;  $\varphi$ s son los coeficientes y  $\varepsilon$  es el término residual. Bajo la hipótesis de la curva de Kuznets, se supone que  $\varphi_1 > 0$ , y  $\varphi_2 < 0$ .

Previo a la estimación del GLS se procederá a realizar la prueba de colinealidad para determinar que las variables independientes no estén correlacionadas entre sí; de esta manera, un coeficiente de correlación superior a 0,7 determina que existe un problema de multicolinealidad entre las variables explicativas, inferior a ello se descarta la existencia de multicolinealidad. Posteriormente, se estimó la prueba de Hausman (1978), para seleccionar entre el método de efectos fijos y método de efectos aleatorios para el panel, considerando que si la probabilidad  $> \chi^2$  es mayor a 0.05 se estima un modelo con efectos aleatorios y si la probabilidad  $> \chi^2$  es menor a 0.05 se estima un modelo con efectos fijos.

Adicional, se aplicó las pruebas para detectar si existe autocorrelación y heteroscedasticidad, para ello, se utilizó la prueba de Wooldridge (1991), donde se considera que si la probabilidad  $> \chi^2$  es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de no tener autocorrelación y se concluye

que el modelo presenta el problema de autocorrelación, si la probabilidad  $> \chi^2$  es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula de no tener autocorrelación y se concluye que el modelo no presenta problema de autocorrelación. Adicional a esto también se aplicó la prueba de Lütkepohl y Burda (1997) y Breusch y Pagan (1979) para detectar si hay la heterocedasticidad, donde si la probabilidad  $> \chi^2$  es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

Posterior a esto se aplica una prueba de dependencia de sección cruzada (CD), que es un problema común en los datos del panel, ya que dichos datos pasan por alto los errores transversales y ofrecen resultados poco confiables y sesgados (O'Connell, 1998). Por lo tanto, probamos el CD entre los países del panel empleando el enfoque de CD, como lo sugieren Pesaran (2004). La prueba de CD utiliza la siguiente Ecuación (3):

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left[ \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{ij} \right] \quad (3)$$

donde  $CD$  es la dependencia de la sección transversal,  $N$  es la sección transversal del panel,  $T$  es el período y  $\rho_{ij}$  es la correlación transversal de los errores entre  $i$  y  $j$ .

Con la finalidad de probar la posible presencia de raíces unitarias en los conjuntos de series empleadas, utilizamos pruebas de raíz unitaria de segunda generación de Pesaran (2003) y Pesaran (2007). Pesaran (2007) introdujo una prueba de raíz de unidad de panel utilizando la regresión de Dickey-Fuller aumentada (ADF) con los promedios de sección transversal de la variable de nivel rezagada y el operador de primera diferencia de la serie individual. Con  $N$  sección transversal de países y  $T$  período de tiempo, este estudio utiliza el modelo dinámico lineal heterogéneo siguiendo a Pesaran (2007) y se escribe como:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \gamma \bar{y}_{t-1} + \delta_i \Delta \bar{y}_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Donde  $y_{t-1} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{it-1}$  y  $\Delta \bar{y}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{it}$ , la media de la sección transversal de los niveles rezagados  $I_{t-1}$  y de la primera diferencia  $\Delta \bar{I}_t$  de cada serie indica la dependencia de la

sección transversal a través de una estructura factorial. Pesaran (2007) obtiene las estadísticas IPS modificadas a partir del promedio de la distribución individual aumentada de Dickey-Fuller de sección transversal (CADF) que se presenta como un IPS de sección transversal aumentada (CIPS). El CIPS para la  $i$ -ésima unidad transversal se da de la siguiente manera:

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (5)$$

Además, este estudio identificará la cointegración entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, para el grupo de países de América Latina. Donde la hipótesis nula de no cointegración contra cointegración entre las variables consideradas. Por lo tanto, este estudio utiliza la prueba de cointegración introducida por Westerlund (2007) para los datos del panel. Esta considera la dinámica estructural en lugar de la dinámica residual; por lo tanto, no ponemos ninguna restricción a ningún factor común. Además, el modelo de corrección de errores de Westerlund (2007) supone que todas las variables están integradas en el orden 1 o  $I(1)$  y está escrito de la siguiente manera:

$$\Delta y_{it} = \theta_i d_t + \pi_i (y_{it-1} - \hat{\beta}_i x_{it-1}) + \sum_{j=1}^m \pi_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \varphi_{ij} \Delta x_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Donde  $d_t = (1 - t)$  contiene los componentes deterministas y  $\hat{\theta} = (\theta_{1i}, \theta_{2i})$  es el vector de coeficientes desconocidos a estimar. El coeficiente de corrección de errores  $\pi_i$  se estima utilizando el método ordinario de mínimos cuadrados. La ecuación anterior se puede escribir como:

$$\Delta y_{it} = \theta_i d_t + \pi_i (y_{it-1} - \hat{\tau}_i x_{it-1}) + \sum_{j=1}^m \pi_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \varphi_{ij} \Delta x_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Donde  $\pi_i$  indica la velocidad de ajuste para ajustar el sistema de nuevo al equilibrio. La ecuación anterior confirma que el coeficiente  $\pi_i$  no se ve afectado al imponer un arbitrario  $\hat{\tau}_i$ . Aplicamos la prueba en el estimador de mínimos cuadrados  $\pi_i$  y calculamos la relación  $t$  para

cada sección transversal de países. Estos se conocen como estadísticas medias de grupo y se escriben como:

$$G_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\pi_i}{S.E(\hat{\pi}_i)} \quad y \quad G_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T\pi_i}{\hat{\pi}_i(1)}$$

G1 y G2 prueban la hipótesis nula de que  $H_0: \pi_i = 0$  para todo  $i$  contra  $H_1: \pi_i < 0$  para algún  $i$ . Si la hipótesis nula es rechazada, entonces muestra la relación de cointegración de al menos una unidad de sección transversal. Las otras dos estadísticas de prueba se presentan como:

$$P_1 = \frac{\hat{\pi}_i}{S.E(\hat{\pi}_i)} \quad y \quad P_2 = T\hat{\pi}_i$$

P1 y P2 prueban la hipótesis nula de que  $H_0: \pi_i = 0$  para todo  $i$  contra  $H_1: \pi_i = \pi < 0$  para todo  $i$ . El rechazo de la hipótesis nula implica el rechazo de una relación no cointegradora para el panel de países en su conjunto. Si existe una relación de cointegración entre variables, entonces este estudio usa la técnica de panel para estimar los coeficientes de largo y corto plazo. Así mismo, se emplea el enfoque de panel OLS heterogéneo completamente modificado (FMOLS) propuesto por Pedroni (2000) y mínimos cuadrados ordinarios dinámicos (DOLS) desarrollados por Stock y Watson (1993), para cuantificar los impactos y la dirección del crecimiento económico, sobre las dependientes que representan la degradación ambiental después de confirmar la presencia de una relación de equilibrio a largo plazo.

### **Objetivo específico 3**

*Estimar la relación de causalidad entre los indicadores ambientales y el crecimiento económico de los países de América Latina.*

Y finalmente, para dar cumplimiento al objetivo 3, se utilizó la prueba de causalidad tipo Granger de panel de Dumitrescu y Hurlin (2012) para determinar la existencia de causalidad entre las variables de estudio y cuál es su dirección; las mismas pueden ser unidireccionales, cuando una variable causa a otra y no se produce el mismo efecto desde la otra variable hacia la primera, y causalidad bidireccional cuando se produce el mismo efecto de dirección causal



Elaboración de Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.	
Resumen	
Presentación del borrador de tesis	
Revisión del informe escrito del borrador de tesis	
Correcciones del informe escrito del borrador de tesis	
Aprobación del informe escrito por parte del tribunal	

## 14. Bibliografía

- Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A. H. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 48, 315–323. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.029>
- Aşici, A. A., & Acar, S. (2015). Does income growth relocate ecological footprint? *Ecological Indicators*, 61, 707–714. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.022>
- Biology, G. C., Management, E., Brunswick, N., Canada, N. R., Service, C. F., Centre, A. F., Canada, N. R., Service, C. F., Lakes, G., Centre, F., Street, Q., & Ste, S. (2005). *Spatial extent of winter thaw events in eastern North America : historical weather records in relation to yellow birch decline. October 2003*, 1477–1492. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00956.x>
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *Econometrica*, 47(5), 1287. <https://doi.org/10.2307/1911963>
- Brown, B. J., Hanson, M. E., Liverman, D. M., & Merideth, R. W. (1987). Global sustainability: Toward definition. *Environmental Management*, 11(6), 713–719. <https://doi.org/10.1007/BF01867238>
- Choudhary MP, Chauhan GS, K. Y. (2015). Environmental Degradation : Causes , Impacts and

Mitigation. *ResearchGate*, February, 1–4.

Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A Theory of Production. *American Economic Association A*, 20(4), 139–165. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1989.tb01410.x>

Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>

Global Footprint Network. (2019). National Footprint and Biocapacity Accounts, 2019 Edition. *Global Footprint Network*.

Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economic Research*, 3914. <https://doi.org/10.3386/w3914>

Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251. <https://doi.org/10.2307/1913827>

Kuznets, S. (1955). The American Economic Review. *American Economic Association*, 45(1), 1–28. <https://doi.org/10.1257/aer.99.1.i>

Kuznets, S. (1973). Modern Economic Growth: Findings and Reflections. *American Economic Association*, 63(3), 247–258.

Lavandeira, X., Carmelo, J. L., & Vazquez, X. (2003). *Economía ambiental* (2nd ed.).

Lütkepohl, H., & Burda, M. M. (1997). Modified wald tests under nonregular conditions. *Journal of Econometrics*, 78(1), 315–332. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(97\)80015-](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(97)80015-2)

2

Mrabet, Z., & Alsamara, M. (2017). Testing the Kuznets Curve hypothesis for Qatar: A

- comparison between carbon dioxide and ecological footprint. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70(December 2015), 1366–1375. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.039>
- Ng, C., Choong, C., & Lau, L. (2020). Environmental Kuznets curve hypothesis: asymmetry analysis and robust estimation under cross-section dependence. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08351-w>
- O’Connell, P. G. J. (1998). The overvaluation of purchasing power parity. *Journal of International Economics*, 44(1), 1–19. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(97\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(97)00017-2)
- Panayotou, T. (1993). *Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development*. <https://econpapers.repec.org/RePEc:ilo:ilowps:992927783402676>
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2(4), 465–484. <https://doi.org/10.1017/S1355770X97000259>
- Pazienza, P. (2019). The impact of FDI in the OECD manufacturing sector on CO2 emission: Evidence and policy issues. *Environmental Impact Assessment Review*, 77(March), 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.04.002>
- Pedroni, P. (2000). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. In *Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels*, (Vol. 15, pp. 93–130). [https://doi.org/10.1016/S0731-9053\(00\)15004-2](https://doi.org/10.1016/S0731-9053(00)15004-2)
- Pesaran H., M. (2004). General diagnostic tests for cross-section dependence in panels. *Faculty of Economics*, 1240, 1–39. <https://doi.org/Doi.org/10.17863/CAM.5113>
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section

- dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312.  
<https://doi.org/10.1002/jae.951>
- Samuelson, P. A., & Solow, R. M. (1960). Analytical Aspects of Anti-Inflation Polity. *American Economic Review*, 50(2), 174–194.
- Smith, A. (1776). *The wealth of nations*.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems. *Econometrica*, 61(4), 783. <https://doi.org/10.2307/2951763>
- Świąder, M., Lin, D., Szewrański, S., Kazak, J. K., Iha, K., van Hoof, J., Belčáková, I., & Altiok, S. (2020). The application of ecological footprint and biocapacity for environmental carrying capacity assessment: A new approach for European cities. *Environmental Science and Policy*, 105(October 2019), 56–74.  
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.12.010>
- Ulucak, R., & Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. *Journal of Cleaner Production*, 188, 144–157. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.191>
- Vivian, J. (1994). Environmental degradation and social integration. *Briefing Paper - United Nations Research Institute for Social Development*, 3(3).
- Wang, Z., Yang, L., Yin, J., & Zhang, B. (2018). Assessment and prediction of environmental sustainability in China based on a modified ecological footprint model. *Resources, Conservation and Recycling*, 132(July 2016), 301–313.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.05.003>
- Westerlund, J. (2007). Testing for Error Correction in Panel Data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709–748. <https://doi.org/10.1111/j.1468->

0084.2007.00477.x

Wooldridge, J. M. (1991). On the application of robust, regression- based diagnostics to models of conditional means and conditional variances. *Journal of Econometrics*, 47(1), 5–46.

[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(91\)90076-P](https://doi.org/10.1016/0304-4076(91)90076-P)

World, B. (2020). *World development indicators*.

WWF. (2020). Informe Planeta Vivo 2020: Revertir la curva de la pérdida de biodiversidad.

Resumen. *Fondo Mundial Para La Naturaleza*, 130.

Yang, Y., & Cai, Z. (2020). Ecological security assessment of the Guanzhong Plain urban agglomeration based on an adapted ecological footprint model. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120973. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120973>

## Anexo 2

### PRUEBA DE HAUSMAN PARA LA HUELLA ECOLOGICA

#### GLOBAL

*Resultados de la Prueba de Hausman de manera Global*

	Coeficientes			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	Fixed	Random	Difference	S.E
lgdp	.3608321	.628339	.0024931	.0050344

b = consistente bajo Ho y Ha; obtenido de xtreg B = inconsistente bajo Ha, eficiente bajo Ho;

obtenido de xtreg Prueba: Ho: diferencia en coeficientes no sistemática

$$\chi^2(4) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B)$$

$$= 0.25$$

$$\text{Prob}>\chi^2 = 0.6204$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob>Chi2 de 0,6204 es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula (Ho) y se asume las estimaciones de efectos aleatorios.

## HIC

Coeficientes				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	Fixed	Random	Difference	S.E
lgdp	1.018946	1.127224	-.1082771	.0307539

b = consistente bajo Ho y Ha; obtenido de xtreg B = inconsistente bajo Ha, eficiente bajo Ho;

obtenido de xtreg Prueba: Ho: diferencia en coeficientes no sistemática

$$\text{chi2 (4)} = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B)$$

$$= 12.40$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.0004$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob>Chi2 de 0,0004 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se asume las estimaciones de efectos fijos.

## UMIC

Coeficientes				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	Fixed	Random	Difference	S.E
lgdp	.4367584	.4380599	-.0012775	.0050393

b = consistente bajo Ho y Ha; obtenido de xtreg B = inconsistente bajo Ha, eficiente bajo Ho;

obtenido de xtreg Prueba: Ho: diferencia en coeficientes no sistemática

$$\chi^2(4) = (b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b-B)$$

$$= 0.06$$

$$\text{Prob} > \chi^2 = 0.7999$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob>Chi2 de 0.7999 es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula (Ho) y se asume las estimaciones de efectos aleatorios.

## LMIC

	Coeficientes			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	Fixed	Random	Difference	S.E
lgdp	1.209482	1.186927	.0225553	.0081329

b = consistente bajo Ho y Ha; obtenido de xtreg B = inconsistente bajo Ha, eficiente bajo Ho;

obtenido de xtreg Prueba: Ho: diferencia en coeficientes no sistemática

$$\chi^2(4) = (b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b-B)$$

$$= 7.69$$

$$\text{Prob} > \chi^2 = 0.0055$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob>Chi2 de 0,0055 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se asume las estimaciones de efectos fijos.

## PRUEBA DE HAUSMAN PARA EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO

Coeficientes				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	Fixed	Random	Difference	S.E
lgdp	1.351051	1.36607	-.0050193	.0041633

b = consistente bajo Ho y Ha; obtenido de xtreg B = inconsistente bajo Ha, eficiente bajo Ho;

obtenido de xtreg Prueba: Ho: diferencia en coeficientes no sistemática

$$\text{chi2 (4)} = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}] (b-B)$$

$$= 1.45$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.2280$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob>Chi2 de 0,2280 es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula (Ho) y se asume las estimaciones de efectos aleatorios.

## HIC

Coeficientes				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	Fixed	Random	Difference	S.E
lgdp	1.677801	1.921172	-.2433711	.0372069

b = consistente bajo Ho y Ha; obtenido de xtreg B = inconsistente bajo Ha, eficiente bajo Ho;

obtenido de xtreg Prueba: Ho: diferencia en coeficientes no sistemática

$$\text{chi2 (4)} = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}] (b-B)$$

$$= 42.78$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.0000$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob>Chi2 de 0,0000 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se asume las estimaciones de efectos fijos.

### UMIC

Coeficientes				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	Fixed	Random	Difference	S.E
lgdp	1.292602	1.29857	-.00599688	.0043195

b = consistente bajo Ho y Ha; obtenido de xtreg B = inconsistente bajo Ha, eficiente bajo Ho;

obtenido de xtreg Prueba: Ho: diferencia en coeficientes no sistemática

$$\text{chi2 (4)} = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B)$$

$$= 1.91$$

$$\text{Prob.}>\text{chi2} = 0.1670$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob>Chi2 de 0.1670 es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula (Ho) y se asume las estimaciones de efectos aleatorios

### LMIC

Coeficientes				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	Fixed	Random	Difference	S.E
lgdp	.9023869	.8640294	.0383575	.0186054

$b$  = consistente bajo  $H_0$  y  $H_a$ ; obtenido de xtreg  $B$  = inconsistente bajo  $H_a$ , eficiente bajo  $H_0$ ;

obtenido de xtreg Prueba:  $H_0$ : diferencia en coeficientes no sistemática

$$\chi^2(4) = (b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b-B)$$

$$= 4.25$$

$$\text{Prob} > \chi^2 = 0.0392$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la  $\text{Prob} > \chi^2$  de 0.0392 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se asume las estimaciones de efectos fijos.

### **Anexo 3**

#### **Prueba de autocorrelación y heterocedasticidad**

#### **Prueba de autocorrelación de Wooldridge**

#### **HUELLA ECOLOGICA**

#### **GLOBAL**

#### **Wooldridge test for autocorrelation in panel data**

$H_0$ : No first order autocorrelation

$$F(1, 16) = 16.936$$

$$\text{Prob} > F = 0.0008$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la  $\text{Prob} > \chi^2$  de 0,0007 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de no tener autocorrelación de primer orden y se concluye que el modelo presenta el problema de autocorrelación.

**HIC****Wooldridge test for autocorrelation in panel data**

H0: No first order autocorrelation

$$F(1, 1) = 3.042$$

$$\text{Prob} > F = 0.3314$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > Chi2 de 0,3314 es mayor a 0,05 se ACEPTA la hipótesis nula de no tener autocorrelación de primer orden y se concluye que el modelo no presenta el problema de autocorrelación.

**UMIC****Wooldridge test for autocorrelation in panel data**

H0: No first orden autocorrelation

$$F(1, 11) = 10.347$$

$$\text{Prob} > F = 0.0082$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > Chi2 de 0,0082 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de no tener autocorrelación de primer orden y se concluye que el modelo presenta el problema de autocorrelación.

**LMIC****Wooldridge test for autocorrelation in panel data**

H0: No first orden autocorrelation

$$F(1, 2) = 10.474$$

$$\text{Prob} > F = 0.0837$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la  $\text{Prob} > \text{Chi}^2$  de 0,3314 es mayor a 0,05 se ACEPTA la hipótesis nula de no tener autocorrelación de primer orden y se concluye que el modelo no presenta el problema de autocorrelación

## **EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO**

### **GLOBAL**

#### **Wooldridge test for autocorrelation in panel data**

H0: No first order autocorrelation

$$F(1, 16) = 156.255$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la  $\text{Prob} > \text{Chi}^2$  de 0,0000 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de no tener autocorrelación de primer orden y se concluye que el modelo presenta el problema de autocorrelación.

### **HIC**

#### **Wooldridge test for autocorrelation in panel data**

H0: No first order autocorrelation

$$F(1, 1) = 2.905$$

$$\text{Prob} > F = 0.3378$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > Chi2 de 0,3378 es mayor a 0,05 se ACEPTA la hipótesis nula de no tener autocorrelación de primer orden y se concluye que el modelo no presenta el problema de autocorrelación

## **UMIC**

### **Wooldridge test for autocorrelation in panel data**

H0: No first order autocorrelation

$$F(1, 11) = 256.324$$

$$\text{Prob} > F = 0.0000$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > Chi2 de 0,0000 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de no tener autocorrelación de primer orden y se concluye que el modelo presenta el problema de autocorrelación.

## **LMIC**

### **Wooldridge test for autocorrelation in panel data**

H0: No first order autocorrelation

$$F(1, 2) = 53.222$$

$$\text{Prob} > F = 0.0183$$

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > Chi2 de 0,0183 es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula de no tener autocorrelación de primer orden y se concluye que el modelo presenta el problema de autocorrelación.

## PRUEBA DE HETEROCEDASTICIDAD DE WALD

### HUELLA ECOLOGICA

#### GLOBAL

	Var	sd= sqrt(Var)
ef	.5465329	.7892786
e	.1113762	.3337309
u	.3577194	.5950965

Test: Var(u)=0

Chibar2(01) = 12251.06

Prob>chibar2=0.0000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > chibar2 de 0.0000 es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

### HIC

#### Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity

#### In fixed effect regression modelo

H0:  $\sigma^2(i) = \sigma^2$  for all i

Chi2 (2)= 1.00

Prob>chi2=0.6070

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > chi2 de 0.6070 es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo no presenta heterocedasticidad.

### UMIC

	Var	sd= sqrt(Var)
<b>ef</b>	.5639299	.7509527
<b>e</b>	.1138868	.3374712
<b>u</b>	.4321956	.6574158

Test: Var(u)=0

Chibar2(01) = 10651.72

Prob>chibar2=0.0000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > chibar2 de 0.0000 es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

### LMIC

#### Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity

#### In fixed effect regression modelo

H0:  $\sigma^2(i) = \sigma^2$  for all i

Chi2 (3)= 143.68

Prob>chi2=0.0000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > chi2 de 0.0000 es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

## EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO

### GLOBAL

	Var	sd= sqrt(Var)
<b>ef</b>	2.131902	1.460103
<b>e</b>	.1398575	.3739753
<b>u</b>	.8355384	.9140779

Test: Var(u)=0

Chibar2(01) = 18010.08

Prob>chibar2=0.0000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > chibar2de 0.0000 es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

### HIC

#### Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity

##### In fixed effect regression modelo

H0:  $\sigma^2(i) = \sigma^2$  for all i

Chi2 (3)= 0.48

Prob>chi2=0.7863

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > chi2 de 0.7863 es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo no presenta heterocedasticidad.

### UMIC

	Var	sd= sqrt(Var)
<b>ef</b>	2.381694	1.543274
<b>e</b>	.1550961	.3938224
<b>u</b>	1.103209	1.050337

Test: Var(u)=0

Chibar2(01) = 12755.31

Prob>chibar2=0.0000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > chibar2 de 0.0000 es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

### LMIC

#### Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity

##### In fixed effect regression model

H0:  $\sigma^2(i) = \sigma^2$  for all i

Chi2 (3)= 8.74

Prob>chi2=0.0330

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

Dado que la Prob > chi2 de 0.0330 es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

## Anexo 4

### PRUEBA DE DEPENDENCIA DE SECCION CRUZADA

#### EF

#### GLOBAL

**Frees test of cross sectional dependence** = 3.086, Pr=0.0000

Warming: A normal distribution had been used to approximate Frees Q distribution

**Pesaran's test of cross sectional independence**= 1.785, Pr=0.0743

**Friedman's test cross sectional independence**= 71.070, Pr=0.0000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

#### HIC

**Frees' test of cross sectional dependence** = 1.603, Pr=0.0000

Warming: A normal distribution had been used to approximate Frees Q distribution

**Pesaran's test of cross sectional independence**= -3.397, Pr=1.9993

**Friedman's test cross sectional independence**= 33.341, Pr=0.0000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

#### UMIC

**Frees' test of cross sectional dependence** = 1.603, Pr=0.0000

Warming: A normal distribution had been used to approximate Frees Q distribution

**Pesaran's test of cross sectional independence**= 3.809, Pr=0.0050

**Friedman's test cross sectional independence= 81.957, Pr=0.0000**

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## **LMIC**

**Frees' test of cross sectional dependence = 0.021, Pr=0.5510**

Warming: A normal distribution had been used to approximate Frees Q distribution

**Pesaran's test of cross sectional independence= -2.126, Pr=1.9665**

**Friedman's test cross sectional independence= 43.579, Pr=0.0000**

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## **CO2**

### **GLOBAL**

**Frees' test of cross sectional dependence = 2.566, Pr=0.0000**

Warming: A normal distribution had been used to approximate Frees Q distribution

**Pesaran's test of cross sectional independence= 0.221, Pr=0.8250**

**Friedman's test cross sectional independence= 56.263, Pr=0.0000**

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## **HIC**

**Frees' test of cross sectional dependence = 0.100, Pr=0.0051**

Warming: A normal distribution had been used to approximate Frees Q distribution

**Pesaran's test of cross sectional independence= 3.150, Pr=0.0316**

**Friedman's test cross sectional independence= 69.350, Pr=0.0000**

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## UMIC

**Frees' test of cross sectional dependence** = 1.313, Pr=0.0000

Warming: A normal distribution had been used to approximate Frees Q distribution

**Pesaran's test of cross sectional independence**= -1.937, Pr=1.9473

**Friedman's test cross sectional independence**= 37.605, Pr=0.0001

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## LMIC

**Frees' test of cross sectional dependence** = 2.042, Pr=0.0000

Warming: A normal distribution had been used to approximate Frees Q distribution

**Pesaran's test of cross sectional independence**= 10.948, Pr=0.0000

**Friedman's test cross sectional independence**= 146.820, Pr=0.0000

*Nota:* Datos del BM (2021) y GFN (2021).

## INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL AUTOR PARA LA CONSULTA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO.....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	vii
INDICE DE CONTENIDOS .....	ix
a. TITULO .....	1
b. RESUMEN .....	2
ABSTRACT.....	3
c. INTRODUCCIÓN .....	4
d. REVISION DE LITERATURA.....	6
e. MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
1. TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	27
1.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	27
f. RESULTADOS.....	36
g. DISCUSIÓN .....	54
h. CONCLUSIONES .....	63
i. RECOMENDACIONES .....	65
j. BIBLIOGRAFÍA .....	67
k. ANEXOS .....	75
Anexo 1 .....	75
Anexo 2.....	99
Anexo 3.....	104

	116
Anexo 4.....	112
INDICE GENERAL .....	115
INDICE DE FIGURAS.....	116
INDICE DE TABLAS .....	116

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	viii
Figura 2 .....	37
Figura 3 .....	39
Figura 4 .....	41
Figura 5 .....	42
Figura 6 .....	43

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	28
Tabla 2 .....	29
Tabla 3 .....	30
Tabla 4 .....	45
Tabla 5 .....	46
Tabla 6 .....	48
Tabla 7 .....	49
Tabla 8 .....	51
Tabla 9 .....	52
Tabla 10 .....	53

