



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja

# **Universidad Nacional de Loja**

## **Facultad Jurídica, Social y Administrativa**

### **Carrera de Economía**

**Impacto de la agricultura y el comercio sobre la calidad ambiental en América**

**Latina, período 2000-2018**

**Tesis de grado previa a la  
obtención del título de Economista.**

**Autora:**

Mary Vanessa Morales Quezada

**Directora:**

Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva, Mg.Sc.

**Loja – Ecuador**

**2022**

## Certificación



# ECONOMÍA

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

Loja, 23 de septiembre de 2021

Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva, Mg. Sc.  
**DOCENTE DE LA CARRERA DE ECONOMÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

### **CERTIFICA:**

Que el trabajo de tesis titulado **“IMPACTO DE LA AGRICULTURA Y EL COMERCIO SOBRE LA CALIDAD AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA, PERÍODO 2000-2018”**, desarrollado por **Mary Vanessa Morales Quezada**, 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 según corresponda.

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



firmado electrónicamente por:

**KAREN GABRIELA**

**IÑIGUEZ, CUEVA**

Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

Ciudad Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” Casilla letra “S”

Teléfono: 2547 – 252 Ext. 101: 2547-200

## **Autoría**

Yo, Mary Vanessa Morales Quezada, declaro ser autora del presente trabajo de Tesis, titulada **“Impacto de la agricultura y el comercio sobre la calidad ambiental en América Latina, período 2000-2018”**, 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.

**Autora:** Mary Vanessa Morales Quezada

**Firma:** .....

**Cédula:** 1104818313

**Fecha:** Loja, 06 de mayo de 2022

**Carta de autorización de la autora para la consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo**

Yo, Mary Vanessa Morales Quezada, declaro ser el autor de la Tesis titulada “**Impacto de la agricultura y el comercio sobre la calidad ambiental en América Latina, período 2000-2018**”, 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 seis días del mes de mayo del dos mil veinte y dos, firma la autora.

**Firma:** .....

**Autora:** Mary Vanessa Morales Quezada

**Cédula:** 1104818313

**Dirección:** Vilcabamba – Loja – Ecuador

**Correo electrónico:** mary.morales@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0986081953

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director de tesis:** Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado: Presidente:** Econ. Pablo Vicente Ochoa, Mg. Sc.

**Primer vocal:** Econ. Michelle Faviola López Sánchez, Mg. Sc.

**Segundo vocal:** Econ. Cristian Paul Ortiz Villalta, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

A mis queridos abuelitos: María y Miguel quienes con su amor, paciencia y apoyo incondicional me han acompañado en cada una de mis metas.

A mi mamá Raquel, por confiar en mis sueños y ayudarme en cualquier momento.

A mis hermanos: Diego y Rommel, por el apoyo moral durante todo este proceso.

A mis peluditos: “Conde”, “Negrito”, “Memu” y otros, quienes con su amor y compañía me han impulsado a seguir adelante y ser mejor persona.

*Mary Vanessa Morales Quezada*

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por guiarme y permitirme concluir esta meta propuesta.

A la Universidad Nacional de Loja por contribuir en mi formación profesional.

A la Carrera Economía por brindarme conocimientos durante la etapa académica.

A mi Directora de Tesis la Econ. Karen Iñiguez, Mg. Sc por su paciencia y guía durante el desarrollo de la presente investigación.

*Mary Vanessa Morales Quezada*

## Índice

Contenido	
Certificación .....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización de la autora para la consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice .....	vii
Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tablas .....	ix
Índice de Anexos .....	xi
1. Título .....	1
2. Resumen .....	2
2.1 Abstract .....	3
3. Introducción .....	4
4. Marco Teórico .....	7
4.1 Antecedentes .....	7
4.2 Evidencia empírica .....	20
5. Metodología .....	34
5.1 Estrategia metodológica .....	34
5.2 Tratamiento de los datos .....	34
5.2.1 Análisis de los datos .....	34
5.3 Estrategia econométrica .....	38
5.2.1 Objetivo específico 1.....	38
5.2.2 Objetivo específico 2.....	40
5.2.3. Objetivo específico 3.....	44

6. Resultados .....	48
6.1 Objetivo específico 1.....	48
6.2 Objetivo específico 2.....	61
6.3 Objetivo específico 3.....	72
7. Discusión.....	78
7.1 Objetivo específico 1.....	78
7.2 Objetivo específico 2.....	86
7.3 Objetivo específico 3.....	95
8. Conclusiones .....	102
9. Recomendaciones.....	103
10. Bibliografía.....	105
11. Anexos.....	127



## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Evolución de la agricultura en América Latina, período 2000-2018 .....	48
<b>Figura 2</b> Evolución del comercio en América Latina, período 2000-2018 .....	50
<b>Figura 3</b> Evolución de las emisiones de dióxido de carbono en América Latina, período 2000-2018 .....	53
<b>Figura 4</b> Correlación entre la agricultura y las emisiones de CO <sub>2</sub> en América Latina, período 2000-2018 .....	55
<b>Figura 5</b> Correlación entre el comercio y las emisiones de CO <sub>2</sub> en América Latina, período 2000-2018 .....	56
<b>Figura 6:</b> Evolución de las variables de control en América Latina, período 2000-2018 .....	59
<b>Figura 7</b> Correlación entre las emisiones de carbono y las variables de control en América Latina, período 2000-2018.....	60
<b>Figura 8</b> Cuantiles de los parámetros del modelo.....	136

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Descripción de variables .....	35
<b>Tabla 2</b> Clasificación de los países de América Latina de acuerdo al nivel de ingresos (Método Atlas).....	36
<b>Tabla 3</b> Descripción de variables .....	37
<b>Tabla 4</b> Regresión básica con las variables de control en América Latina, período 2000-2018. ....	62
<b>Tabla 5</b> Regresión cuantílica del panel Global con variables de control .....	66
<b>Tabla 6</b> Regresión cuantílica del panel PIA con variables de control .....	68
<b>Tabla 7</b> Regresión cuantílica del panel PIMA con variables de control.....	70
<b>Tabla 8</b> Regresión cuantílica de panel PIMB con variables de control .....	72

<b>Tabla 9</b> Causalidad de las variables principales.....	74
<b>Tabla 10</b> Causalidad de las emisiones de carbono frente a las variables de control.....	75
<b>Tabla 11</b> Diagnóstico de colinealidad.....	129
<b>Tabla 12</b> Resultados de la Prueba de Hausman de manera Global.....	129
<b>Tabla 13</b> Resultados de la Prueba de Hausman del panel PIA.....	130
<b>Tabla 14</b> Resultados de la Prueba de Hausman del panel PIMA.....	131
<b>Tabla 15</b> Resultados de la Prueba de Hausman del panel PIMB.....	131
<b>Tabla 16</b> Prueba de heterocedasticidad de Wald a nivel global.....	132
<b>Tabla 17</b> Prueba de heterocedasticidad de Wald a nivel PIA.....	132
<b>Tabla 18</b> Prueba de heterocedasticidad de Wald a nivel PIMA.....	133
<b>Tabla 19</b> Prueba de heterocedasticidad de Wald a nivel PIMB.....	133
<b>Tabla 20</b> Resultados de la prueba de autocorrelación de manera Global.....	133
<b>Tabla 21</b> Resultados de la prueba de autocorrelación para el panel PIA.....	134
<b>Tabla 22</b> Resultados de la prueba de autocorrelación para el panel PIMA.....	135
<b>Tabla 23</b> Resultados de la prueba de autocorrelación para el panel PIMB.....	135
<b>Tabla 24</b> Prueba de homogeneidad de Pesaran y Yamagata (2008).....	137
<b>Tabla 25</b> Pruebas de dependencia transversal.....	137
<b>Tabla 26</b> Resultados de la prueba de raíz unitaria de segunda generación propuesta por Pesaran (2007).....	138
<b>Tabla 27</b> Resultados de la prueba de raíz unitaria de segunda generación propuesta por Breitung (2001).....	139
<b>Tabla 28</b> Prueba de cointegración de Westerlund (2007).....	140
<b>Tabla 29</b> Prueba de cointegración de Westerlund (2005) sin promedios transversales.....	139

**Tabla 30** Prueba de cointegración de Westerlund (2005) con promedios transversales

.....141

**Índice de Anexos**

**Anexo 1:** Ámbito geográfico de la investigación ..... 127

**Anexo 2:** Mapa de cobertura ..... 128

**Anexo 3:** Prueba de multicolinealidad ..... 129

**Anexo 4:** Prueba de Hausman ..... 129

**Anexo 5:** Prueba de Wald..... 132

**Anexo 6:** Prueba de Wooldridge ..... 133

**Anexo 7:** Efecto heterogéneo de las variables..... 136

**Anexo 8:** Prueba de homogeneidad ..... 137

**Anexo 9:** Prueba de dependencia transversal ..... 137

**Anexo 10:** Pruebas de raíz unitaria..... 138

**Anexo 11:** Prueba de cointegración de Westerlund (2007)..... 140

**Anexo 12:** Prueba de cointegración de Westerlund (2005)..... 140

**Anexo 13:** Oficio de aprobación y designación de director del trabajo de titulación ..... 142

..... 142

**Anexo 14:** Certificado de traducción de abstract..... 143

## **1. Título**

“IMPACTO DE LA AGRICULTURA Y EL COMERCIO SOBRE LA CALIDAD AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA, PERÍODO 2000-2018”

## 2. Resumen

En América Latina persiste el problema de la contaminación ambiental, siendo así que las emisiones de carbono se han incrementado en 126 229 kilotoneladas en los últimos cinco años, como consecuencia de las actividades económicas realizadas por los países (CEPAL, 2019). En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de la agricultura y el comercio en la calidad ambiental en América Latina, durante el período 2000-2018. Los datos fueron obtenidos de la base World Development Indicators (WDI) del Banco Mundial (2020). La metodología utilizada fue un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS), regresiones cuantílicas de Powell (2016) y la prueba de causalidad de Dumitrescu y Hurlin (2012). Los resultados GLS muestran que, a nivel global, PIMA<sup>1</sup> y PIMB<sup>2</sup> existe una relación positiva entre la agricultura, el comercio y las emisiones de carbono, en tanto que, existe una relación negativa para el panel PIA. En base a las regresiones cuantílicas se determinó que la agricultura y el comercio mantienen un efecto positivo en la mayoría de cuantiles; al contrario, el PIB<sup>3</sup> per cápita muestra un efecto negativo en los cuantiles inferiores y se vuelve positivo en los cuantiles superiores. Además, existe causalidad bidireccional entre la agricultura y las emisiones en el panel PIA<sup>4</sup> y PIMA y una causalidad unidireccional para el comercio, PIB per cápita e I+D<sup>5</sup>. Entre las implicaciones de políticas se incluyen alianzas público-privadas para la asistencia técnica a agricultores, otorgación de certificaciones o etiquetas ambientales para la comercialización de productos y otras acciones.

**Palabras clave:** Calidad ambiental. Agricultura. Comercio. Datos panel.

**Clasificación JEL:** Q53. Q17. P45. C33.

---

<sup>1</sup> Países de Ingreso Mediano Alto

<sup>2</sup> Países de Ingreso Mediano Bajo

<sup>3</sup> Producto Interno Bruto

<sup>4</sup> Países de Ingreso Alto

<sup>5</sup> Investigación y Desarrollo

## 2.1 Abstract

In Latin America the problem of environmental pollution persists, and thus carbon dioxide emissions have increased by 126 229 kilotonnes as a consequence of the economic activities carried out by the countries (CEPAL, 2019). In this sense, the present research aims to evaluate the impact of agriculture and trade on environmental quality in Latin America during the period 2000-2018. The data were obtained from the World Bank's World Development Indicators (WDI) database (2020). The methodology used is a generalized least square (GLS), quantile regressions by Powell (2016) and the causality test by Dumitrescu and Hurlin (2012). The GLS results show that, at the global level, PIMA and PIMB there is a positive relationship between agriculture, trade and carbon emissions, while there is a negative relationship for the PIA panel. Based on the quantile regressions, it was determined that agriculture and trade maintain a positive effect in most quantiles; on the contrary, GDP per capita shows a negative effect in the lower quantiles and becomes positive in the upper quantiles. Furthermore, there is a two-way causality between agriculture and emissions in the PIA and PIMA panel and a one-way causality for trade, GDP per capita and R&D. Policy implications include public-private partnerships for technical assistance to farmers, granting of environmental certifications or labels for the marketing of products, and other actions.

**Key words:** Environmental quality. Farming. Commerce. Panel data.

**JEL Classification:** Q53. Q17. P45. C33.

### 3. Introducción

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de Naciones Unidas para 2030 apuntan a la preservación del medio ambiente, esto como consecuencia de que en los últimos años las emisiones de dióxido de carbono han continuado acumulándose debido a la actividad productiva, extractiva y consumista de la sociedad, que supone un deterioro para la calidad ambiental (Wang y Su, 2020). El informe de Global Carbon Project (GCP) indica que las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) incrementaron 0.6% en 2018 con respecto al año anterior, esto exige compromisos para las economías, que según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2018) habría que reducir al menos un 7% cada año de las emisiones globales para disminuir los efectos del cambio climático.

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 en el mundo, teniendo como principales fuentes de emisión a la quema de combustibles, transporte, procesos industriales, agricultura y gestión de recursos (BID, 2019). Un informe de la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) muestra que 21% de las emisiones de esta región proviene del sector agrícola, debido a prácticas como: deforestación, quema de árboles, erosión del suelo, uso de fertilizantes a base de combustibles fósiles y químicos.

De acuerdo con la evidencia empírica, algunas investigaciones muestran que la agricultura tiene un impacto significativo en el aumento de emisiones de dióxido de carbono (Dogan, 2016; Olanipekun et al., 2019; Ayyildiz y Erdal, 2020). El estudio realizado por Eyuboglu y Uzar (2020) encuentra que, si bien la agricultura provoca un aumento a corto plazo de las emisiones de CO<sub>2</sub>, sin embargo, reduce las emisiones a largo plazo. Por su parte, el comercio también incrementa las emisiones de carbono que, por cada dólar de comercio se da un aumento neto de 158 g de CO<sub>2</sub> (Cristea et al., 2013). Igualmente, Chakraborty y Mukherjee (2013) mencionan que puede afectar de manera positiva al medio ambiente en los países de ingresos más altos en comparación con los países de ingresos más bajos; por tanto, una mayor apertura comercial hace que se incrementen las emisiones por medio de efectos de escala, composición y técnica.

Además, en el presente estudio se incluyen tres variables de control las cuales son: inversión extranjera directa (IED), Producto Interno Bruto (PIB) per cápita y gasto en investigación y desarrollo (I+D). En este sentido, hay diferentes aportes que analizan cada una

de las variables con un enfoque ambiental, por su parte, Seker et al. (2015); Zhu et al. (2016) y Gharnit (2020) demuestran que los efectos de la IED sobre las emisiones del CO<sub>2</sub> es positiva y agrava la calidad ambiental. Asimismo, Mapapu y Phiri (2018) evidencian que existe una relación positiva entre el PIB y las emisiones de carbono. Por el contrario, Fernández et al. (2018) y Xiong et al. (2020) indican que el gasto en investigación y desarrollo (I+D) reduce las emisiones de carbono.

Bajo el contexto anterior, se plantearon tres hipótesis: la primera, existe correlación positiva entre la agricultura, comercio y calidad ambiental; la segunda, hay un efecto heterogéneo en los cuantiles de las variables; y la tercera, existe una relación de causalidad entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control. Asimismo, para cumplir con el objetivo general de la investigación, se ha planteado tres objetivos específicos: 1) Analizar la evolución y correlación de la agricultura, el comercio y la calidad ambiental en América Latina, período 2000-2018; 2) Estimar la relación entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control mediante regresiones cuantílicas, en el período 2000-2018; 3) Estimar la relación de causalidad entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control en América Latina, para el período 2000-2018.

Además, para desarrollar la investigación se obtuvo datos de la World Development Indicators (WDI) del Banco Mundial (2020). La metodología utilizada fue un modelo de datos panel que incluye Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS), regresiones cuantílicas de Powell (2016) y la prueba de causalidad de Dumitrescu y Hurlin (2012). A su vez, se ha clasificado a los 17 países de América Latina de acuerdo al método Atlas (2019). El aporte de este trabajo es contribuir a la evidencia empírica utilizando una metodología reciente de regresiones cuantílicas de Powell (2016) para el análisis conjunto de las variables en la región latinoamericana, debido a que la mayoría de estudios previos como Nwaka et al. (2020); Chen et al. (2021); Zhou et al. (2018); Huang et al. (2019) y Bilgili et al. (2021) utilizaron las variables de manera separada y son aplicadas únicamente para la región asiática y europea.

Los resultados GLS muestran que, a nivel global, PIMA y PIMB existe una relación positiva entre la agricultura, el comercio y las emisiones de carbono, en tanto que, existe una relación negativa para el panel PIA. En base a las regresiones cuantílicas se determinó que la agricultura y el comercio mantienen un efecto positivo en la mayoría de cuantiles; al contrario, el PIB per cápita muestra un efecto negativo en los cuantiles inferiores y se vuelve positivo en los cuantiles superiores. Además, existe causalidad bidireccional entre la agricultura y las



emisiones en el panel PIA y PIMA y una causalidad unidireccional para el comercio, PIB per cápita e I+D para los diferentes paneles.

La investigación se encuentra estructurada en nueve secciones adicionales a la introducción: el apartado 3) contiene la revisión de literatura, conformada por los antecedentes y la evidencia empírica; en el apartado 4) se ubican los materiales y métodos, donde consta el análisis de los datos y la estrategia econométrica; el apartado 5) corresponde a los resultados en función de los objetivos específicos; el apartado 6) presenta la discusión mediante la contrastación de estudios recopilados en evidencia empírica; en el apartado 7) se exponen las conclusiones del trabajo; en el apartado 8) se detalla las recomendaciones en base a las conclusiones; en el apartado 10) se encuentra la bibliografía; finalmente, en el apartado 10) se muestran los anexos.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1 Antecedentes**

La contaminación ambiental es inherente al desarrollo del ser humano; por ende, desde su presencia en la tierra se ha explotado los recursos naturales, los cuales eran en principio abundantes y la naturaleza absorbía los contaminantes sin mostrar un efecto alarmante. Sin embargo, a partir del siglo XVIII con la llegada de la Revolución Industrial que supuso el descubrimiento del combustible y el desarrollo de inventos para mejorar la forma de vida de las personas, trajo consigo repercusiones al medio ambiente; puesto que, el humo y los gases tóxicos derivados de las actividades económicas en sus fases de producción, consumo y transporte hizo que se disparesen las emisiones de dióxido de carbono (Kaplan, 1815).

En el año 1824 Joseph Fourier, describe por primera vez sobre el efecto invernadero y establece una relación entre las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico y la temperatura. Después, Arrhenius y Tyndall (1859) hallaron las bases científicas para determinar que el incremento en las emisiones de gases efecto invernadero provenientes de la quema de combustibles fósiles y la deforestación son los causantes del calentamiento de la Tierra. Posteriormente, en 1860 se da la “fiebre del nuevo oro” denominándolo así al petróleo, donde se empieza a usar como combustible y materia prima en diferentes procesos industriales afectando al medio ambiente (Trujillo et al., 1918).

Por su parte, Pigou (1920) identificó al bienestar social con la asignación óptima de recursos, con lo cual analizaba los fallos de mercado como las externalidades negativas; por ello, propuso corregir las distorsiones generadas mediante el cobro de un impuesto cuyo monto compensaría los daños ambientales causados. Después, Baumol (1964) menciona que, si bien la internalización de las externalidades ambientales beneficia a la sociedad en general, los costos reales de la internalización también recaen sobre la sociedad; por tanto, la carga de aliviar el daño y la restauración del medio ambiente es una cuestión de toma de decisiones colectivas a través de procesos políticos.

Durante la década de 1970 del siglo XX se dieron diversos sucesos que marcaron un antes y un después para la cuestión ambiental. En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1972) a través de la Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano debatió por primera ocasión la problemática del medio ambiente y resaltó la importancia del mismo para el ser humano y los demás seres vivos, por ello se anunciaron los

principios para la conservación y mejora del medio natural, que debían ser introducidos en el orden jurídico de cada Estado y un plan de acción que contenía recomendaciones para la actuación medioambiental internacional, dándose así la transnacionalización de la contaminación.

En el año 1972 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) adoptó el principio de que “el que contamina paga”, esto significa que una persona o empresa que cause daños medioambientales es responsable de los mismos; por ello, los gobiernos debían tomar medidas preventivas o reparadoras necesarias y contribuir con todos los costes relacionados; además, esta idea representó el pensamiento central de la Economía Ambiental para dar respuesta al problema de la contaminación y de esta manera restablecer las condiciones de los ecosistemas que fueron afectadas por el manejo inadecuado de las actividades económicas y productivas (Llanes, 1985).

El Informe Brundtland (1987) presentado por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU abordó por primera vez el concepto de desarrollo sostenible señalando que: "Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible para asegurar que se satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias". Además, menciona que el desarrollo sostenible consiste en una idea de tres dimensiones: la sostenibilidad ambiental, social y económica; en ese sentido, se contraponen el problema de la degradación ambiental que frecuentemente acompaña al crecimiento económico y, al mismo tiempo, la necesidad de ese crecimiento para aliviar la pobreza y las desigualdades existentes en los países.

Seguidamente, se plantea la Teoría de la Economía Verde introducida por Barbier et al. (1989) que considera necesario incrementar el ingreso y el empleo para que combinados con la inversión pública y privada reduzcan las emisiones de carbono, mediante la utilización eficiente de los recursos y la promoción de eficiencia energética, siendo este el camino para la sustentabilidad del medio ambiente; también, indican que un Fondo Verde podría ser de apoyo a programas y políticas que tengan como fin mitigar los efectos del cambio climático; además, exponen sobre un enfoque holístico donde se valore la naturaleza, el bienestar humano, la equidad y el desarrollo económico, respetando los recursos para las generaciones venideras.

En la década de 1990 se realizó el Primer Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) donde se mencionó que las emisiones de dióxido de carbono derivadas de las actividades humanas estaban aumentando sustancialmente

las concentraciones atmosféricas de gases de invernadero, provocando un calentamiento adicional a la atmósfera y en la superficie de la tierra. En 1992 se da la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, donde se realizaron acuerdos internacionales para que se respete los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental, incluyendo políticas de mitigación que ayuden el desarrollo mundial (ONU, 1992).

Posteriormente, Grossman y Krueger (1995) realizaron un estudio económico sobre el PIB per cápita y cuatro indicadores ambientales como: la contaminación del aire urbano, el estado del oxígeno, la contaminación fecal y la contaminación por metales pesados en las cuencas hidrográficas; esta investigación se desarrolló en base a la hipótesis de Kuznets y se evidenció que existe una relación en forma de U invertida entre la contaminación y el crecimiento económico; de esta manera, se demuestra que bajos niveles de ingreso están correlacionados con un creciente deterioro del medio ambiente, pero después de un cierto punto de inflexión del ingreso per cápita, la relación entre las dos variables se vuelve negativa: así, un mayor PIB per cápita corresponde a una disminución en la degradación ambiental.

En el siglo XXI, la preocupación medioambiental sigue vigente, es así que se han organizado diferentes reuniones internacionales para el análisis de esta problemática y las medidas que se deben tomar para mitigar el impacto medioambiental; así tenemos, la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (2002), la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (2012) y actualmente la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible donde se establecen 17 objetivos y 169 metas que buscan erradicar la pobreza, combatir las desigualdades, promover prosperidad al tiempo que protegen al ecosistema, tanto para mitigar las consecuencias negativas de las actividades humanas sobre la naturaleza como la repercusión adversa del cambio ambiental sobre la población humana.

En otro contexto, el comercio inicia cuando el hombre comienza a vivir en sociedad y necesita mejorar las condiciones alimenticias, de vestido y vivienda; por tanto, las economías debían especializarse en alguna actividad e intercambiar sus bienes. En principio se utilizaba el sistema del trueque, donde el valor de cada producto estaba determinado por unidades físicas y no por unidades monetarias, utilizando de esta manera: conchas, perlas, metales, pieles de animales, etc. Sin embargo, luego de un tiempo este sistema llega a un punto en el que un bien no se puede utilizar como sistema de pago para otros bienes; conllevando, posteriormente a que los sistemas económicos se basaran en la moneda como medio de pago para la comercialización (Artieda et al., 2007).

Las teorías del comercio internacional han sido analizadas desde diferentes perspectivas económicas a través del tiempo. Los primeros aportes fueron realizados por los mercantilistas, quienes dominaron de principios del siglo XV hasta el siglo XVIII principalmente en Inglaterra, España y Francia. Bajo este contexto, Bodin (1576) considera que el Estado debe tener soberanía y que el superávit comercial de los metales genera un proceso inflacionista en el interior del país, con lo cual se resta la competitividad de los productos nacionales, estimulando las importaciones y, por ello se requiere aplicar limitaciones a la compra de productos; sin embargo, defiende el comercio ya que señala que el beneficio de uno, no supone necesariamente pérdida para otro.

Un aporte destacado de la escuela mercantilista es Mun (1664) quien menciona que la riqueza y el tesoro de una nación se deriva principalmente del comercio exterior, por ello se debía vender más al extranjero de lo que se consumía, es decir, que las exportaciones sean mayores a las importaciones generando un saldo positivo en la balanza comercial; asimismo, insistía sobre la necesidad de conseguir metales preciosos para las necesidades de los intercambios internacionales y que gracias a eso, se permitía mejorar el precio de la tierra; igualmente, defendía el uso del dinero para comprar mercancías extranjeras que posteriormente pudieran ser reexportadas con un valor agregado.

Más adelante, Petty (1682) estaba a favor de un comercio internacional más libre que otras posturas mercantilistas, puesto que el intercambio económico estaba sometido a leyes naturales a las cuales era inútil oponerse y consideraba que los precios siempre vuelven a su nivel natural; también, sostenía que los impuestos no debían ser tan altos como para reducir los fondos que eran necesarios para mantener el comercio de la nación y, estos no eran perjudiciales en tanto se los invirtiera en productos nacionales; de igual modo, planteaba que las importaciones y exportaciones debían realizarse de manera selectiva, porque si estos se excedían podían elevar el costo del producto y perjudicar la relación comercial.

Por su parte, Colbert (1725) explica que el motivo principal para el enriquecimiento de las naciones era la expansión de su comercio exterior basado en la acumulación de grandes cantidades de metales preciosos; igualmente, considera que el Estado debía aplicar medidas proteccionistas para impedir las importaciones, al contrario se debía fomentar las exportaciones de bienes terminados por medio de subsidios y restringir las exportaciones de materias primas mediante impuestos; esta situación permitió que unos países ganen y otros pierdan, es decir un

juego de suma cero; además, mencionaba que es indispensable la producción de bienes y servicios por empresas del Estado.

Frente a la visión fisiócrata, Quesnay (1758) menciona que el comercio es una actividad económica estéril por no crear un producto neto, no obstante, considera que el comercio es de relevancia, porque gracias a él los productos de la tierra podían venderse incluso en el extranjero, por ello la demanda se sostenía en el mercado y dichos productos lograrían un precio alto; en consecuencia, la relación real del intercambio aumenta si el precio de los productos de exportación se eleva, en relación al de los artículos de importación; asimismo, sostenía que basar la riqueza de la nación en un superávit de la balanza comercial era un engaño, puesto que la pérdida era para la nación que recibía el excedente de dinero.

Desde la misma perspectiva, Turgot (1770) trató de eliminar los obstáculos que frenaban el desarrollo del comercio y suprimió las corporaciones o gremios que dificultaban el ejercicio de esta actividad; para ello decretó la libertad comercial, donde el comprador elegía al vendedor que le ofreciese el mejor precio por el producto, y el comerciante vendía su mercancía al precio más competitivo; igualmente, tenía la creencia de que existía un orden natural de las cosas que garantizaba un buen funcionamiento de la economía sin la intervención del Estado; por tanto, haría que los productos agrícolas tuvieran un buen precio y por ello los salarios debían ser los más altos posibles con el fin de aumentar las compras de esos bienes.

De acuerdo con el pensamiento clásico, Smith (1776) plantea la teoría de la ventaja absoluta, donde resaltaba la capacidad que cada país tenía para producir con menos recursos ciertos bienes en vez de otros y que los productos con los cuales no poseía una ventaja natural debían importarse de otro país que sí posea condiciones naturales especiales para producirlos a un mejor precio; en consecuencia, las ganancias del comercio internacional es el incremento de la producción mundial de todos los bienes, lo que hará que disminuyan los precios y aumente el bienestar de la población; por lo tanto, el intercambio hace que ganen todas las naciones, siendo así el comercio un juego de suma positiva, de tal forma, que consideraba necesario ampliar la dimensión de mercados, aumentar la producción y favorecer la especialización.

Posteriormente, Ricardo (1817) plantea la teoría clásica de la ventaja comparativa, donde introduce por primera vez el término de intercambio y explica que la diferencia en los precios relativos de los bienes entre dos países constituye la base de las actividades comerciales con beneficios mutuos; por consiguiente, el país que tenga el menor precio relativo de un bien comparado con otro país, lograría una ventaja comparativa en dicho bien y con ello debe

especializarse en su producción y exportación; del mismo modo, en esta teoría el valor del trabajo es el principal elemento que se considera para determinar el valor final del bien que se produce; además, indica que la causa del intercambio internacional radica en la diferencia de la productividad del trabajo en los diferentes países.

A su vez, Mill (1862) formula la teoría de la demanda recíproca donde afirma que dentro del sistema de costos comparativos y de división internacional del trabajo, el comercio de exportación de un país se fortalecerá en la medida en que el mismo compre o importe mercancías producidas en otro país; además, sostenía que el éxito económico de un país reside en mantener un superávit relativo de sus exportaciones sobre las importaciones; también, menciona que mediante la demanda recíproca un país pequeño tendrá mayores beneficios que un país grande, puesto que, la relación real de intercambio tiende a aumentar porque la oferta del país pequeño es inferior a la demanda del grande, conllevando a aumentar el precio del bien exportado por el pequeño.

La corriente heterodoxa liderada por Marx (1867) menciona que el comercio exterior está determinado por las condiciones naturales, el nivel de desarrollo de las fuerzas productivas y el carácter de las relaciones de producción; además, indica que no todos los países se benefician del comercio mundial, pues el intercambio entre países genera un impacto en las estructuras internas; por consiguiente, en los países industriales que centran su producción en bienes manufacturados son los más beneficiados y los países agrícolas exportadores de materias primas son los que presentarían menores ganancias del comercio internacional, y la razón de esa desigualdad es la diferencia en los precios de los productos.

Poco más de un siglo después de Ricardo, Heckscher (1949) y Ohlin (1933) desarrollaron la teoría de proporción de factores; en este sentido, el modelo predice que un país debía especializarse en la producción y exportación de aquellos productos que utilizan intensivamente su factor relativamente abundante; asimismo, expresaban que el comercio internacional contribuía a la reducción de escasez o abundancia de factores y por consiguiente, conducía a la eliminación de los costos relativos distintos; sin embargo, uno de los principales problemas de esta teoría es que asume que no hay economías de escala, las tecnologías son idénticas y que los productos no se diferencian unos con otros.

Bajo la perspectiva estructuralista, Prebisch (1950) plantea una hipótesis de la tendencia secular al deterioro de los términos de intercambio entre materias primas, alimentos y bienes industrializados; por ello, dada la especialización de los países en desarrollo en la producción

de materias primas y alimentos, los precios de esos productos llevarían al deterioro de los términos de intercambio; además, indica que cuando existe una fuerte expansión de la economía mundial la demanda por materias primas y alimentos se dispara generando en el corto plazo un aumento pronunciado de los precios, pero en los momentos de crisis los precios de estos bienes caen fuertemente.

Desde otro punto de vista, Kravis (1956) plantea la teoría de la disponibilidad, la cual afirma que el comercio surge por las diferencias que se presentan en los países dada la existencia o carencia de recursos naturales, junto con la aparición y difusión de innovaciones tecnológicas; por ello, la cantidad y tipo de bienes que se intercambian dependerá de esas diferencias entre la oferta nacional-extranjera y el progreso técnico que posea el país; por lo tanto, un país debe importar bienes que no es capaz de realizar porque la oferta es rígida o la producción es insuficiente y por otro lado los países deben exportar aquellos bienes en donde se presente una oferta elástica que sobrepasa las necesidades nacionales.

De acuerdo con la perspectiva del comercio intraindustrial, Linder (1961) plantea la teoría de la demanda representativa, donde considera que para el comercio de productos primarios la ventaja comparativa estaba ligada a las dotaciones factoriales; mientras que, el comercio de productos industriales se vinculaba con la demanda interna de bienes de exportación o demanda representativa, por tanto, un bien sólo será susceptible de ser exportado si antes ha sido objeto de una fuerte demanda interna; además, considera que un gran mercado interno constituye un fuerte incentivo a la innovación y una elevada producción posibilita las economías de escala.

Más tarde, se desarrolló el modelo de competencia monopolística de Krugman (1979) donde demuestra que el comercio entre dos países puede generarse sólo por la presencia de economías de escala (mayores volúmenes de producción y menores costos que facilitan la oferta de productos) y en ausencia de cualquier tipo de ventaja comparativa, por consiguiente, cuando existen rendimientos crecientes generan competencia imperfecta, conllevando a fomentar el comercio internacional; sin embargo, hay empresas que no establecen necesariamente el mismo precio para los bienes exportados que para los mismos bienes vendidos a los consumidores domésticos, provocando disparidades en los clientes.

En la década de 1980, Michael Porter desarrolló la teoría de la competitividad nacional basada en las causas de la productividad, donde menciona que solamente esta variable puede explicar la competitividad del comercio de una nación, en lugar de lo que explicaba la teoría



clásica; además, indica que la ventaja competitiva se crea y mantiene a través de un proceso altamente localizado, y que incluso los países más desarrollados no son competitivos en todos sus sectores y triunfan en determinadas áreas debido a un entorno nacional progresivo, dinámico y estimulante; del mismo modo, le otorga un papel relevante a las tecnologías de la comunicación, puesto que constituyen un valioso aporte a la estrategia competitiva (Fernández, 2000).

En relación a las teorías novísimas, Melitz (2003) desarrolla un modelo de industria dinámica con empresas heterogéneas para analizar los efectos intraindustriales del comercio internacional, donde menciona que el comercio induce solo a las empresas más productivas a ingresar al mercado de exportación (mientras que algunas empresas menos productivas continúan produciendo solo para el mercado interno) y, simultáneamente, obligará a las empresas menos productivas a salir del mercado; asimismo, indica que existen ganancias de eficiencia productiva dentro de un sector por selección de empresas (expulsión de las menos productivas y reasignación de recursos hacia las más productivas).

De acuerdo con las últimas teorías del comercio internacional, Hausmann et al. (2014) analizan la complejidad económica y mencionan que un bien es complejo si es exportado por relativamente pocos países (baja ubicación del producto) y, a su vez, estos exportan una cantidad significativa de bienes diferenciados (gran diversidad del país); igualmente, encuentran que los países que exportan con Ventaja Comparativa Revelada (VCR) productos pertenecientes al sector químico, electrónico o de maquinaria tendrán un mayor nivel de complejidad económica en relación con los países que exporten con VCR productos relacionados al sector textil y confección, cereales y minero.

De este modo, Antràs y Gortari (2017) plantean un modelo cuantitativo del comercio internacional, que representa explícitamente las cadenas de suministro a nivel de las empresas e indican que para producir un bien terminado se necesitan varias etapas de producción secuenciales en las que cada tarea puede tercerizarse en un país distinto; al mismo tiempo, como enviar bienes a otros países es costoso, es probable que las empresas ubiquen las etapas de producción contiguas en países relativamente cercanos en lugar de enviar los insumos intermedios al otro extremo del mundo; consecuentemente, concluyen que la geografía tiene un papel importante en la ventaja comparativa para los grandes mercados de consumo.

La relación entre el comercio y el medio ambiente es tan antigua como el comercio mismo; sin embargo, la conciencia de la gravedad del deterioro ambiental a nivel mundial es

un hecho reciente. Al respecto, la Convención de 1933 sobre la Fauna y Flora fue donde primero se mencionó la interacción entre el comercio y medio ambiente, a pesar de ello, fue a partir de 1970 que el comercio internacional incorpora cuestiones ambientales en sus análisis, así el Informe publicado por Meadows (1972) alertaba de que si se mantendría el ritmo de incremento de la población mundial, la industrialización, la producción de alimentos y la explotación de recursos naturales, la tierra alcanzaría su límite en los siguientes cien años.

En el mismo contexto, algunos estudios teóricos han analizado la relación entre comercio y medio ambiente con diversas perspectivas. D'Agre y Kneese (1972) mostraron que no había ninguna racionalización para un mayor control sobre el comercio para proteger el medio ambiente. Por su parte, Siebert (1974) menciona que el país que se especializa en la producción de bienes de exportación intensivos en el medio ambiente puede sufrir una pérdida de ingresos por el comercio, mientras que el otro país siempre se beneficia de este intercambio, por ello, sugiere la promoción de políticas comerciales y ambientales que se apoyen mutuamente tomando en consideración las situaciones de cada país.

Análogamente, Walter (1974) estudió los aspectos del comercio y la contaminación en una condición de equilibrio general, tratando la calidad ambiental como un factor de producción y analizó el impacto comercial utilizando un modelo Heckscher -Ohlin modificado, con lo cual evidenció que los costos ambientales (mayor demanda de calidad ambiental) hacen que el comercio disminuya; mientras que, aumenta la producción y el consumo de bienes más respetuosos con el medio ambiente; además, indica que el comercio internacional y la especialización promueven el uso global óptimo de los recursos productivos, siempre y cuando se aprovechen las ventajas comparativas de los países.

Seguidamente, el aporte de Pethig (1976) argumenta que el teorema de la ventaja comparativa se aplica a las economías comerciales con industrias contaminantes; por tanto, los países con una capacidad de asimilación ambiental relativamente grande deberían especializarse y exportar aquellos productos básicos que son relativamente intensivos en contaminación. Asimismo, Asako (1979) analizó la interacción entre la calidad ambiental y el comercio, demostrando que un país puede y debe controlar las actividades comerciales internacionales para lidiar con los problemas de contaminación; además, manifiesta que si un país participa en el comercio sesga su estructura económica nacional hacia los sectores exportables, afectando la calidad ambiental.

En la década de los ochenta del siglo XX, la investigación de Baumol y Oates (1988) mediante un análisis de equilibrio parcial demuestran que si un país no impone una política ambiental cuando el otro país lo hace, entonces el primer país aumentará su ventaja comparativa o disminuirá su desventaja comparativa en la industria intensiva en contaminación, y luego se especializará en esa industria a costa de la degradación ambiental. A su vez, manifiesta que el gobierno puede tratar de frenar a las empresas contaminantes mediante el llamado “castigo fiscal” en forma de restricciones a la polución, por ello, las empresas tendrían que reducir sus emisiones para pagar menos impuestos y mejorar el problema.

En la década de los noventa del siglo XX hubo varios aportes que analizaron la problemática comercial y medioambiental, con este fin Grossman y Krueger (1991) identifican tres tipos de efectos ambientales: primero, el comercio conduce generalmente a un aumento de la escala de actividad, por tanto, resulta un aumento en el uso de recursos y contaminación; segundo, el comercio y sus cambios de precios relativos inducidos conducen a cambios en la composición de la producción, por tanto, si un país tiene una ventaja comparativa en actividades menos contaminantes o intensivas en recursos, el comercio aumentará la proporción de productos respetuosos con el medio ambiente y viceversa; y tercero, el comercio suele inducir cambios en las técnicas de producción.

Por su parte, Chichilnisky (1994) aborda el tema del comercio y el medio ambiente global de un modo diferente, mencionando que el problema refleja una dimensión Norte-Sur, donde los países del Sur son subdesarrollados y tienden a producir y exportar en exceso bienes ambientalmente intensivos en contaminación, en cambio los países desarrollados del Norte tienden a consumir en exceso; en consecuencia, se da la sobreutilización de recursos en el Sur convirtiéndose en un problema para la economía mundial; asimismo, indica que los patrones del comercio Norte-Sur puede explicarse por las diferencias en los derechos de propiedad, siendo este un factor anteriormente desatendido para analizar tales cuestiones.

Posteriormente, Copeland y Taylor (1994) plantean la teoría del refugio de contaminación, considerándola una paradoja en los países desarrollados; puesto que, las empresas extranjeras buscarán la opción más barata en cuestiones de recursos y estándares ambientales bajos o de aplicación débil para establecer sus fábricas u oficinas, de esta manera la industria obtendrá mayores ganancias sin ser responsables de mayores costos ambientales. Igualmente, Gallagher y Ackerman (2000) sostienen que luego del establecimiento de altos

estándares ambientales en países desarrollados, las industrias contaminantes se desplazarían a países subdesarrollados con estándares ambientales laxos o nulos.

En el siglo XX dado la creciente preocupación por el comercio y su influencia en la calidad del medio ambiente, se han realizado diferentes estudios, tales como: Huang y Labys (2002) quienes indican que la noción del libre comercio conduce a la maximización del bienestar y se vuelve cuestionable cuando la degradación ambiental reduce ese bienestar; además, mencionan que si bien la ventaja comparativa implica que un país puede especializarse en la producción de un producto básico contaminante, dicha contaminación causaría el deterioro de la calidad ambiental de ese país; en este caso, existiría una compensación entre las ganancias del comercio y el deterioro ambiental en comparación con un país que produce bienes no contaminantes.

Por otra parte, el papel de la agricultura ha sido de relevancia para la economía de los países desde hace varios siglos, debido a que esta actividad proporciona alimentos, materias primas, energía y es fuente de empleo de una importante cantidad de población, así como también tiene contribuciones no monetarias relacionadas a la conservación de la biodiversidad. Asimismo, la agricultura constituye una forma de vida, patrimonio e identidad cultural, tanto para una nación subdesarrollada, en desarrollo o incluso desarrollada, contribuyendo a la promoción del territorio y fortaleciendo de esta manera el tejido social y ciudadano (Contreras, 1997). A continuación, se expone las teorías económicas vinculadas con la agricultura.

Bajo el pensamiento fisiócrata, Quesnay (1758) menciona que la riqueza de un país se basa en la producción de bienes, especialmente en la agricultura, siendo considerada como la única actividad económica productiva y, por ello, el producto neto del suelo constituye la fuente de bienestar para toda la sociedad; igualmente, menciona que el Estado debe dar libertades y facilitar el transporte para los productos agrícolas y sostenía que los ingresos del Estado tenían que provenir de un único impuesto que debía gravar a los propietarios de la tierra, considerados como la clase improductiva; además, uno de los aportes más representativos de Quesnay es el cuadro económico que describe como circula la renta entre los distintos sectores.

En vista de ello, Turgot (1767) promulga la ley de rendimientos decrecientes de la agricultura, la cual analiza los factores de producción: tierra, trabajo y capital, indicando que esta ley no se manifiesta desde un principio, sino que se da cuando el factor tierra se mantiene fijo y los factores variables de capital y trabajo han aumentado, con lo cual se conduce a un rendimiento decreciente; también, menciona que el excedente creado por el cultivador del suelo

era el único fondo del que podían obtener una subsistencia los demás miembros de la sociedad; por tanto, el cumplimiento de este precepto es válido si las condiciones tecnológicas de los aumentos de capital no cambian y es aplicable exclusivamente para la agricultura.

En esta misma línea, el economista clásico Smith (1776) percibió una relación significativa entre el mejoramiento de la productividad agrícola y la riqueza de las naciones; por ello, mencionaba que la tierra predominaba en relación con las fuerzas productivas humanas y que la naturaleza sería capaz de generar de forma autónoma un excedente que servirá para hacer posible la industrialización y el desarrollo; asimismo, reconoce que el crecimiento de la productividad agrícola es inferior al de la industria manufacturera; además, indicó que la tasa de crecimiento del producto total era maximizada al concentrar el capital en la agricultura, cuyo sector ponía en movimiento la mayor cantidad de trabajo productivo.

Posteriormente, Malthus (1798) menciona que la Tierra tiene un límite de carga, es decir, un número máximo de individuos a los que puede alimentar de forma estable, por ello, propone su teoría conocida como Catástrofe Malthusiana, donde exponía que la población mundial crecía de manera exponencial mientras que la producción agrícola aumentaba en progresión aritmética, haciendo inevitable el momento en que el planeta dejaría de producir alimentos suficientes para todos los habitantes. Con el paso del tiempo esta teoría se consideró como pesimista porque no toma en consideración la ciencia y la tecnología para generar o aprovechar los recursos naturales.

Otro aporte importante lo realiza Ricardo (1817) quien propone la teoría de los rendimientos decrecientes de la tierra, donde explica que a una cantidad constante de tierras se le va añadiendo más trabajo debido al crecimiento poblacional, llegando a un momento en el que añadir un trabajador más, traería como resultado actividades poco productivas; igualmente, mencionó que el producto marginal del trabajo en la agricultura sirve para fijar el precio de los bienes agrícolas, por ello los propietarios de las tierras con mayor productividad del trabajo venderán el producto a un precio más alto y se apropiarán de una renta diferencial, considerada como la diferencia entre el precio y su costo marginal.

A su vez, Say (1841) manifiesta que el factor clave de crecimiento económico se basa en la producción agrícola bajo el concepto de demanda; así, cuanto más numerosos sean los productos y multiplicadas las producciones, más fáciles será su comercialización; por ello, ante un mercado más grande existirá capacidad de compra, que surge del mismo proceso productivo que conlleva al equilibrio en un régimen de libertad; en consecuencia determinó la

“Ley de los mercados” que sostiene que la oferta es la generadora de demanda, y no la demanda la que genera oferta e indica que no hay capital que no pueda ser empleado, porque la demanda de productos sólo está limitada por la producción.

Por otro lado, la agricultura supone una grave carga para el medio ambiente; puesto que, es considerada una actividad de gran fuente de contaminación por la liberalización de los poderosos gases de efecto invernadero (GEI) derivado del consumo de nitratos, fosfatos, fertilizantes químicos, desinfectantes del suelo, quema de biomasa u otros residuos agrícolas y el consumo de grandes cantidades de agua, suelo y energía (IPCC, 1981). Debido a la responsabilidad que tiene la agricultura en la preservación del medio ambiente, esta relación ha sido analizada desde hace varios años por organismos multilaterales, organizaciones no gubernamentales, gobiernos, academia y sociedad.

A mediados del siglo XX comienza la Revolución Verde que consistía en aplicar un conjunto de tecnologías de alto costo para obtener variedades agrícolas muy productivas; por tanto, se da un uso excesivo de productos fitosanitarios: fertilizantes químicos, herbicidas y plaguicidas, causando un daño al medio ambiente; debido a que, se da la destrucción y salinización de los suelos, aparición de nuevas plagas en los cultivos, consumo de combustibles fósiles, entre otros efectos; en consecuencia, los beneficios que aporta la Revolución Verde son evidentes, pero también sus inconvenientes con la naturaleza, puesto que se gasta gran cantidad de energía para desarrollar este tipo de agricultura (Ceccon, 1988).

En los años 90, surge el concepto de agricultura sostenible que según la FAO (1991) “Es aquella que garantiza la satisfacción de las necesidades nutricionales básicas de las generaciones actuales y futuras, además de que aporta diversos beneficios económicos, sociales y ambientales”. Asimismo, Acuña (1992) menciona que para el desarrollo de la agricultura sostenible deben existir dos motores fundamentales: por un lado, los organismos internacionales y gobiernos deben generar políticas para su promoción y por otro lado, los mercados ya sea por exigencias de los consumidores o como elementos de diferenciación deben consumir productos agrícolas amigables con el medio ambiente.

El aporte de Anderson (1992) menciona que la producción agrícola pasa de productores eficientes en países de bajos ingresos a productores ineficientes en países de altos ingresos, a su vez, indica que es probable que esto cause más daño ambiental debido al mayor uso de fertilizantes químicos y pesticidas. Así también, Runge (1993) concluyó que muchos de los problemas ambientales asociados con la agricultura provienen de las mismas políticas, ya que

en países industrializados a determinados productos agrícolas se les conceden ayudas y subvenciones que dan como resultado una variedad de cultivos y una grave contaminación ambiental.

Bajo este contexto, Gliessman (1998) propone hacer ajustes en la agricultura convencional para hacerla más viable y compatible en el ámbito ambiental, social y económico; por ello, estableció cinco principios para una agricultura sostenible los cuales son: mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, conservación y protección de los recursos naturales, aumentar la resiliencia y mecanismos de gobernanza responsables y eficaces a las necesidades del sector agropecuario; además, indica que se debe proveer de conocimientos y metodologías necesarias para desarrollar una agricultura ecológica que presente productividad, seguridad alimentaria y beneficios económicos para toda la sociedad.

En los últimos años, se vienen dando nuevas estrategias de desarrollo agrícola para asegurar una producción de alimentos que sea acorde con la calidad ambiental. En este sentido, OCDE (2012) lanzó su estrategia de Crecimiento Verde, donde se incluyeron medidas para la reducción de la intensidad en el uso de tierra y agua en los modos de producción agrícola, cuyo fin es conservar el medio ambiente. Asimismo, en 2013 se da el Protocolo SAFA para la evaluación de la sostenibilidad, donde se entrega a los productores agroalimentarios directrices sobre buenas prácticas que se deben incorporar en las operaciones agrícolas enmarcadas en las dimensiones de sostenibilidad de la entera cadena de valor, es decir, en la producción, elaboración, transporte y comercialización (FAO, 2013).

## **4.2 Evidencia empírica**

La evidencia empírica se organiza en cinco partes; la primera parte muestra investigaciones que examinan la relación entre la agricultura y las emisiones de carbono, la segunda parte agrupa estudios que evidencian el nexo entre el comercio y las emisiones de carbono, la tercera parte presenta la relación entre el crecimiento económico y las emisiones, la cuarta parte integra la relación entre la inversión extranjera directa y las emisiones y finalmente, la quinta parte expone estudios que vinculan la investigación y desarrollo con las emisiones de dióxido de carbono. Asimismo, cada parte se clasifica en estudios a nivel mundial, regional y por países.

La primera parte presenta evidencia sobre la agricultura y la calidad ambiental; en este sentido, se muestran estudios a nivel mundial que analizan estas variables. Rafiq et al. (2016)

investigan el impacto de la producción agrícola, uso de energía y apertura comercial sobre las emisiones contaminantes en un panel de 53 países de ingresos altos, medios y bajos, durante el período 1980-2010; los resultados del modelo lineal indican que los niveles de valor agregado agrícola desempeñan un papel importante en la reducción de los niveles de contaminación; asimismo, encuentran que la liberalización comercial afecta significativamente los niveles de reducción de emisiones y los valores de Granger indican que en los países de ingresos bajos, el valor agregado de la agricultura y el uso de energía provoca emisiones contaminantes.

De la misma manera, Dogan (2016) y Alamdarlo (2016) analizan la relación a largo plazo entre el rendimiento agrícola y las emisiones de dióxido de carbono en Turquía e Irán, mediante datos anuales que cubren 1968-2010, utilizan el método de prueba de límites para la cointegración y retardo distribuido autorregresivo (ARDL); además, consideran las variables de emisiones de carbono, PIB real y el cuadrado del PIB real; los resultados muestran que la agricultura tiene un impacto negativo significativo en el nivel de emisión de CO<sub>2</sub>, y es consistente con la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (EKC); asimismo, muestran que el PIB real tiene un impacto positivo significativo en la emisión de carbono tanto a corto como a largo plazo.

Por su parte, Zafeiriou y Azam (2017) analizan la validez de la relación entre el valor agregado agrícola y el equivalente de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para tres países mediterráneos (Francia, Portugal y España) durante el período 1992-2014; emplearon la metodología de prueba de límites de retardo distribuido autorregresivo (ARDL), utilizaron dos variables: valor agregado generado por la agricultura como índice de desempeño económico, junto con el índice de degradación ambiental (equivalente de emisiones de carbono / 1000 ha de área agrícola utilizada); los hallazgos evidenciaron el cumplimiento de la curva ambiental de Kuznets para todos los países de la muestra en el largo plazo.

De igual forma, Olanipekun et al. (2019) estudian el efecto de la agricultura sobre el medio ambiente en un panel de once países de África central y occidental para el período 1996-2015, utilizan la metodología de medias agrupadas (PMG); las variables son: huella ecológica, producción agrícola, ingreso nacional neto per cápita, población, pobreza y consumo de energía; los hallazgos indican que individualmente los ingresos y la agricultura agravan la degradación ambiental y el efecto de interacción confirma que el aumento de los niveles de ingresos amortigua el impacto negativo de la agricultura en el medio ambiente; además,



mencionan que si bien el mayor uso de energía renovable reduce la degradación ambiental, el crecimiento de la población y la pobreza hace más daño al medio ambiente.

A continuación, Balsalobre et al. (2019) investigan la hipótesis ambiental de la curva de Kuznets para Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica (BRICS) durante el período 1990-2014, al tiempo que consideran las variables: actividades agrícolas, uso de energía y la apertura comercial; las metodologías aplicadas para probar el impacto de variables seleccionadas en las emisiones CO<sub>2</sub> son los mínimos cuadrados dinámicos ordinarios (DOLS) y el mínimo cuadrado ordinario de modificación completa (FMOLS); los resultados confirman el impacto hostil de la agricultura sobre el medio ambiente y el consumo de electricidad con la apertura comercial exhiben impactos similares sobre las emisiones de carbono; sin embargo, el uso de energía renovable reduce la contaminación.

Luego, encontramos la investigación de Ayyildiz y Erdal (2020) quienes utilizando la metodología de estimador de efectos correlacionados explican la relación entre el índice de producción agrícola y las emisiones de CO<sub>2</sub> en 184 países, para el período 1998-2014; los resultados evidencian que las emisiones de dióxido de carbono originadas en la agricultura tienen una tendencia creciente en el período 2010-2016 y un aumento de 1% en el índice de producción de cultivos tuvo un efecto positivo de 0.28 en las emisiones de los países de ingresos medianos bajos; esto revela que los países deben mejorar los métodos de producción agrícola, como adoptar tecnologías agrícolas más respetuosas con el medio ambiente.

Después, Eyuboglu y Uzar (2020) examinaron los efectos de la agricultura y las energías renovables en las emisiones de CO<sub>2</sub> de siete países (Colombia, India, Indonesia, Kenia, Malaysia, México y Polonia) durante el período 1995-2014; las variables analizadas son: emisiones de carbono, valor agregado agrícola (% del PIB), consumo de energía renovable, PIB per cápita y apertura comercial; los resultados de la cointegración de paneles VECM revelan la presencia de nexos a largo plazo entre las variables, si bien los hallazgos indican que la agricultura aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub>, la energía renovable es un catalizador muy importante para reducir las emisiones; en tanto que, el crecimiento económico y la apertura comercial aumentan las emisiones de dióxido de carbono.

En cuanto a evidencia encontrada por regiones consideramos el trabajo realizado por Bennetzen et al. (2016) quienes evalúan las tendencias en la producción agrícola, cambio de uso de la tierra y las emisiones de GEI en nueve regiones del mundo, durante el período 1970-

2007; utilizan la metodología KPI (Kaya-Porter Identity); las variables utilizadas son: emisiones absolutas por área y por unidad producida y producción agrícola; los resultados muestran que la duplicación de la producción agrícola ha sido generada principalmente por países en desarrollo y en transición, esto ha reflejado un aumento de 4% en las emisiones de GEI; en tanto que, las emisiones por unidad de cultivo en Oceanía se han reducido en 94%; en América Central y del Sur en 57%; en África subsahariana en 27% y en Europa en 56%.

Asimismo, Nwaka et al. (2020) analizan el valor agrícola y los determinantes condicionales de la degradación ambiental a partir de dos fuentes: emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita y de fuentes líquidas, utilizando datos de 15 países de la Comunidad Económica de Estados de África Occidental (CEDEAO) para el período 1990-2015; la metodología consta de regresiones cuantílicas de panel con efectos fijos no aditivos; los resultados muestran que, si bien la producción agrícola impide las emisiones de CO<sub>2</sub> de fuentes líquidas, sin embargo, aumenta las emisiones totales, lo que implica un cambio de la agricultura mecanizada a métodos agrícolas más tradicionales; además, existe heterogeneidad de los determinantes de la degradación ambiental a través de emisores de CO<sub>2</sub> bajos, intermedios y altos.

Dentro de los estudios realizados para la región de América Latina, se encuentra el expuesto por Saravia et al. (2019) quienes exploran la relación entre la producción y las emisiones para 34 países de América Latina y el Caribe (ALC) entre 1990 y 2015; las variables utilizadas son: índice de desempeño de las emisiones y producción agrícola; utilizan la metodología de elasticidades de desacoplamiento; los hallazgos mencionan que existe correlación débil negativa entre las variables; asimismo, indican que muy pocos países pueden compensar las emisiones de la agricultura con prácticas de secuestro de carbono; además, sugieren que se de incentivos para ayudar a la producción agrícola sostenible.

Desde otra perspectiva, varias investigaciones indican que en los países de ingresos más altos existe causalidad unidireccional del valor agregado agrícola a las emisiones y para los países de ingresos medianos altos han confirmado una causalidad bidireccional entre las variables (Jebli y Youssef, 2017; Ullah et al., 2018 y Anwar et al., 2019). Al contrario, Asumadu y Owusu (2016) y Liu et al. (2017) que evidencian la existencia de causalidad unidireccional desde las emisiones hacia la agricultura países asiáticos y africanos; mientras tanto, Chandio et al. (2020) y Çetin et al. (2020) evidencian una causalidad unidireccional desde la agricultura hacia las emisiones. Asimismo, el estudio desarrollado en Nigeria por Agboola y Bekun (2019) determina que no existe vinculación causal entre ambas variables.

La segunda parte está integrada por investigaciones que relacionan al comercio y la calidad ambiental. A nivel global, existen varios aportes, entre ellos: Chakraborty y Mukherjee (2013) analizan los efectos de la orientación del comercio con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> para 181 países, durante 1980-2009; la metodología aplicada son Mínimos Cuadrados Generalizados; los resultados evidenciaron que los países con mayor apertura comercial y PIB más alto pueden ser testigos de emisiones más altas (efecto de escala), al igual que, la evolución de la economía determina el alcance de las emisiones (efecto de composición) y la demanda de un medio ambiente más limpio con el mejoramiento del proceso de producción (efecto de la técnica) puede contribuir significativamente al ecosistema.

Seguidamente, Le et al. (2016) y Halicioglu y Ketenci (2016) examinan la relación entre la apertura comercial y el medio ambiente en un panel comparativo de 98 países y 15 países en transición durante 1980-2013; utilizan las variables: emisiones de carbono y material particulado como indicadores de la calidad ambiental, apertura comercial y PIB per cápita; emplean la prueba ARDL y cointegración de Westerlund; los resultados muestran una relación a largo plazo entre las emisiones de carbono, la apertura comercial y el crecimiento económico; además, indican que una mayor apertura comercial conduce a la degradación ambiental en los países de ingresos medios y bajos; por el contrario, el comercio tiene un efecto benigno sobre el medio ambiente en los países de ingresos altos.

Bajo la misma línea de investigación, Shahbaz et al. (2017); Yu et al. (2019) y Xu et al. (2020) analizan el comercio y sus efectos en las emisiones de CO<sub>2</sub> en 105 países, la Comunidad de Estados Independientes (CEI) y China, respectivamente; utilizan el método GLS; los resultados muestran que el comercio aumenta las emisiones directamente, mientras las disminuye indirectamente debido a su efecto negativo sobre la renta per cápita. Al contrario, Fernández et al. (2016) indican que los flujos comerciales tienen efecto negativo con la contaminación ambiental y mencionan que las economías en desarrollo terminarían compartiendo la idea de fuga de carbono; por lo tanto, sugieren que se promueva el salto tecnológico en los países en desarrollo.

Por su parte, Alhassan et al. (2020) y Chen et al. (2021) investigan el impacto de la apertura comercial en las emisiones de carbono para 79 países a nivel mundial y 64 países a lo largo de la Franja y la Ruta, bajo el enfoque de regresiones por cuantiles de panel; los resultados indican que el comercio tiene un efecto positivo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, cuyo impacto varía con los diferentes niveles de emisiones. Al contrario, Adebayo et al. (2021) revelan que

en cuantiles bajos y medios (0.1–0.6) el efecto del comercio sobre las emisiones es negativo, al igual que en la mayoría de los cuantiles el efecto del PIB sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> es negativo; finalmente, proponen que los responsables políticos deberían poner mayor énfasis en aumentar la conciencia pública para la fabricación de productos ambientalmente sostenibles.

Al analizar por regiones, García (2018) explora el efecto de la apertura comercial y el transporte internacional sobre las emisiones de dióxido de carbono en 18 países de América Latina y el Caribe para el período 1995-2013 mediante el Método Generalizado de Momentos (MGM); los resultados indican que un aumento de los niveles de apertura comercial tiene un efecto mayor para los países de altos ingresos (0.17 %) que para los demás (0.067 %); en tanto que, un incremento de 1 % en las toneladas transportadas por kilómetro aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 0.022 % (países de altos ingresos) y en un 0.014 % (países de ingreso mediano-altos); por lo tanto, recomienda la creación de acuerdos comerciales regionales para disminuir las discrepancias entre los objetivos comerciales y sus efectos en el medio ambiente.

Además, existen estudios realizados mediante la prueba de causalidad de Granger que evidencian una relación causal unidireccional que va desde la apertura comercial hacia las emisiones de dióxido de carbono en los países de ingresos altos (Ahmed et al., 2017; Shahbaz et al., 2017; Fan y Hossain, 2018 y Ansari et al., 2020). De igual manera, Sun et al. (2019) demuestran que existe un efecto causal unidireccional entre el comercio y el crecimiento económico hacia la contaminación ambiental en los paneles de ingresos altos, medianos y bajos en varias regiones de Oriente Medio, África y Europa; también, sugieren la creación de incentivos estatales para la inversión en productos verdes.

La tercera parte pone en evidencia el nexo entre el crecimiento económico y la contaminación ambiental. Entre las investigaciones realizadas a nivel mundial, consta el aporte de Abid (2017) donde se analiza la hipótesis de la Curva de Kuznets Ambiental (EKC) con una muestra de 58 países de Oriente Medio y África (MEA) y 41 países de la Unión Europea (UE) para el período 1990 a 2011; utiliza el método del sistema GMM; los hallazgos evidencian una relación positiva entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB, confirmando la hipótesis del EKC; es decir, que el aumento de los ingresos de una economía a lo largo del tiempo hace que las emisiones de contaminación aumenten de nivel hasta llegar a un punto de inflexión y luego la contaminación comienza a disminuir.

Asimismo, Keho (2017) examina el efecto del crecimiento económico y el consumo de energía en las emisiones de dióxido de carbono para cinco paneles de 59 países, mediante regresiones cuantílicas; los resultados revelan que el crecimiento económico aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub> en todos los paneles, siendo el efecto mayor en los países de baja contaminación; además, proporciona evidencia que apoya la hipótesis EKC para los países subsaharianos, americanos y europeos en todos los cuantiles; estos hallazgos sugieren que el crecimiento económico no está en todas partes y siempre es la causa y la cura de la contaminación, por lo tanto, las políticas de control ambiental deben adaptarse de manera diferente en los países de baja y alta contaminación.

Análogamente, Almeida et al. (2017) y Aye y Edoja (2017) realizan un estudio para 152 países y 31 países en desarrollo, respectivamente; las variables utilizadas son: índice compuesto modificado de desempeño ambiental y el PIB per cápita; la metodología corresponde a datos de panel de Mínimos Cuadrados Generalizados; los resultados indican que no se cumple la hipótesis de EKC, ya 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 que es fundamental la creación de un marco de política ambiental consistente, coherente y eficaz para mejorar la calidad ambiental que respalde el desarrollo económico a largo plazo.

Así también, Zhou et al. (2018) investigan el impacto del crecimiento económico y el consumo de energía en las emisiones de carbono en cinco países en desarrollo (China, India, Brasil, México y Sudáfrica) y cuatro países desarrollados (Unión Europea, Estados Unidos de América, Canadá y Japón) mediante un modelo de regresión cuantil de panel; los resultados muestran que el crecimiento económico es significativo en diferentes percentiles, desde el cuantil 20 ° hasta el cuantil 90 °, por tanto a medida que aumenta el PIB per cápita en un 1% el nivel de emisiones de carbono aumenta entre 0.171% y 0.367%; los hallazgos sugieren que en los países con altas emisiones de CO<sub>2</sub> podrían beneficiarse más del crecimiento económico, sin embargo, deben adoptarse medidas de control de la contaminación ambiental.

Otro aporte, lo realiza Mapapu y Phiri (2018) quienes investigan la relación entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico de Sudáfrica, uno de los países de mayores emisiones de dióxido de carbono del mundo; el estudio utiliza la metodología de regresiones cuantílicas durante el período de 1970-2014; los resultados indican una relación positiva entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico, por ello, los niveles muy bajos de

emisiones de carbono son los más beneficiosos para el crecimiento económico, conllevando a animar a los responsables políticos a seguir apostando por la eficiencia energética y programas que se dirigen específicamente a niveles más bajos de contaminación por carbono.

De igual manera, Andréé et al. (2019) examinan la curva ambiental de Kuznets mediante Mínimos Cuadrados Generalizados y cointegración de Westerlund para 95 países en el período de 1999–2014; las variables utilizadas son: emisiones de carbono, PIB per cápita ajustado por la paridad del poder adquisitivo (PPA), deforestación, densidad de la población y urbanización; los resultados muestran que hay una relación de U leve entre las emisiones de carbono y los ingresos per cápita; además, indican que el crecimiento económico, la densidad de población y la tasa de urbanización tiene como consecuencia un incremento en la degradación ambiental en el largo plazo, y la transición para disminuir la emisiones se correlaciona con una baja intensidad de la deforestación.

A su vez, Altinoz et al. (2020) analizan la asociación entre el consumo de energía, las emisiones de dióxido de carbono y el crecimiento económico mediante regresiones cuantiles de panel para 57 países y tres regiones diferentes; los resultados respaldan un efecto positivo del crecimiento económico hacia la contaminación ambiental para las muestras de países europeos y asiáticos; en los hallazgos latinoamericanos, las estimaciones revelan que las emisiones de carbono (a todos los niveles) y el consumo de energía (en los niveles medio y alto) ejercen un impacto negativo en el crecimiento económico, lo que indica la incapacidad de estos países para lograr un crecimiento económico sostenible.

Respecto a la literatura encontrada para los países de América Latina, se considera el aporte de Jardón et al. (2017) quienes analizan la relación empírica entre las emisiones de dióxido de carbono per cápita y el crecimiento económico en un panel de 20 países durante el período 1971-2011; la metodología utilizada es GLS y Westerlund (2007); los resultados confirman que existe cointegración de las series a largo plazo, no existe una hipótesis ambiental de Kuznets y que un aumento del 1% en el PIB real per cápita aumenta las emisiones en un 16%. Al contrario, Sánchez y Caballero (2019) en su estudio para 10 países de la región evidencian la existencia de la hipótesis de Kuznets e indican que es necesario alcanzar un punto de inflexión superior a 10'134 dólares per cápita para poder reducir las emisiones.

En el mismo contexto, Renteria et al. (2016) analizan las emisiones contaminantes, el crecimiento económico y el consumo de energía en el Ecuador para el periodo 1971-2010,

mediante pruebas de estacionariedad, vectores autorregresivos (VAR) y cointegración de Johansen; los resultados indican que no se cumple la curva U invertida; sin embargo, se observa una relación lineal monótona creciente, la cual señala que el PIB está asociado a crecientes niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> a largo plazo, por tanto, sugieren que en Ecuador se deberá buscar mecanismos que ayuden a cambiar el modelo extractivista de recursos naturales por un modelo conservacionista que sostenga el proceso de crecimiento económico sin comprometer el medio ambiente.

Por otro lado, hay varias investigaciones que analizan la relación causal entre el crecimiento económico y las emisiones de carbono, en este sentido Aye y Edoja (2017); Koçak y Şarkgüneşi (2018) y Cai et al. (2018) para los 30 países en transición y los países del G7 (Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Reino Unido y Estados Unidos) indican que existe una causalidad unidireccional que va desde las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el crecimiento económico. Al contrario, Osobajo et al. (2020) y Radmehr et al. (2021) indican que existe una causalidad bidireccional; por tanto, respaldan la necesidad de fomentar inversiones a gran escala en energía limpia para reducir las emisiones. Por su parte, Chontanawat (2020) menciona que no se encuentra causalidad entre las variables para los países asiáticos.

La cuarta parte pone en evidencia el vínculo entre las entradas de IED y la contaminación ambiental, cuya relación ha sido ampliamente analizada. Zhu et al. (2016) investigan el impacto de la IED, el crecimiento económico y el comercio en las emisiones de carbono en cinco países miembros de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN-5) mediante un modelo de regresión cuantil de panel; los resultados muestran que el efecto de la IED sobre las emisiones de carbono es negativo, excepto en el cuantil 5º, y se vuelve significativo en cuantiles más altos; entre los países de altas emisiones, un mayor crecimiento económico y comercio reduce las emisiones.

Más adelante, Khan y Raza (2019) exploran la interrelación entre la inversión extranjera directa y la calidad ambiental para un panel de 125 países durante el período 1990-2018, mediante el método generalizado de momentos y causalidad de Granger; las estimaciones muestran que la IED tiene un vínculo positivo con las emisiones en Asia y África, pero los vínculos entre estas dos variables no son significantes en América Latina, el Caribe y Europa; en base a la causalidad revelan que la IED tiene una relación causal unidireccional con la degradación ambiental en los países de ingresos bajos, medianos bajos y medianos altos; estos

hallazgos sugieren que los países en desarrollo deberían adoptar regulaciones estrictas sobre el control de la contaminación ambiental.

Por su parte, Huang et al. (2019) analizan la IED, el comercio exterior y las emisiones de CO<sub>2</sub> para China en el período 1997-2014, mediante una regresión de cuantiles de panel; los resultados indican que el efecto de la IED sobre las emisiones de carbono es negativo y significativo excepto en los cuantiles 5 y 10; por su parte, el comercio exterior tiene un efecto negativo significativo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> en los cuantiles superiores, y el grado de efecto aumenta gradualmente con el incremento de las emisiones; sin embargo, los efectos indirectos positivos de la IED y el comercio exterior sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> son mayores que los efectos directos negativos; por tanto, los efectos totales son positivos.

Además, Ganda (2020) examina el impacto de la IED, el desarrollo financiero y el crecimiento económico en la calidad ambiental en 26 países de la OCDE de 2000 a 2014 mediante regresiones cuantiles; los hallazgos demuestran que la IED tiene asociaciones negativas y positivas con la calidad ambiental, tanto en los países emisores de carbono más bajos como en los más altos; asimismo, el crecimiento económico indica una relación positiva con la calidad ambiental en todos los cuantiles de los países emisores de carbono más altos; además, sugieren que las economías de la OCDE deben ser más respetuosas con el medio ambiente para disfrutar plenamente de los beneficios de un entorno bajo en carbono.

Al mismo tiempo, Gunarto (2020) estudia la relación entre la emisión de dióxido de carbono, el desarrollo económico, el consumo de energía y la IED en los países asiáticos, durante el período 1970–2014; la metodología consta de pruebas de distribución autorregresiva de límites de retardo (ARDL); los resultados muestran que no existe una relación significativa entre la IED y las emisiones de dióxido de carbono; en tanto que, el consumo de energía ayuda a la reducción de la contaminación; en consecuencia, recomiendan que los países asiáticos se enfoquen en la producción y consumo de energía renovable, al igual que deben elaborar una reglamentación eficaz para la atracción de IED y el cuidado al medio ambiente.

Posteriormente, Omri y Bel (2020) y Muhammad et al. (2021) evidencian el impacto de la inversión extranjera directa, los recursos naturales, el consumo de energía renovable y el crecimiento económico sobre la degradación ambiental en 23 economías emergentes y los países BRICS para el período de 1991 a 2018, mediante el uso del modelo dinámico de efectos fijos GMM; los resultados indican que la IED causa degradación ambiental en todos los países



en desarrollo, mientras que, en los países desarrollados, la IED ayuda a reducir la degradación ambiental; asimismo, indican que los recursos naturales totales (carbón, petróleo, gas natural, y rentas minerales) y el crecimiento económico son los principales factores que impulsan la degradación ambiental.

Otro aporte, lo realiza Ha y Nguyen (2021) quienes estudian la inversión extranjera directa y el papel de las instituciones en la relación con la contaminación ambiental en 86 países en desarrollo, durante 2008-2018; utilizan un análisis cuantitativo a través del Método Sistema Generalizado de Momentos (S-GMM); los resultados indican que la IED tiene un impacto positivo en la contaminación ambiental; además, sugieren que estos países deben considerar muy cuidadosamente la posibilidad de acoger las entradas de IED; igualmente, deben gestionar empresas con inversión estrictamente extranjera a nivel nacional para minimizar los impactos negativos en la calidad del medio ambiente.

De manera similar, Wang et al. (2021) analizan la inversión extranjera directa (IED) y la innovación tecnológica en las emisiones de carbono en la industria de alta tecnología de 28 provincias de China durante el período 2000-2018; utilizan una metodología de cointegración y regresiones cuantílicas; los hallazgos revelan el impacto negativo de la IED en las emisiones de carbono en los cuantiles más altos; la innovación tecnológica tiene un impacto positivo en los cuantiles superiores, mientras que impacta negativamente en los siguientes inferiores; además, recomiendan que los responsables de la formulación de políticas deben hacer hincapié en los efectos heterogéneos de la IED durante el proceso de reducción de emisiones.

En relación a los estudios a nivel de América Latina, encontramos a Tian (2014) quien examina la relación entre la IED y las emisiones de CO<sub>2</sub> en 19 países de la región, mediante la prueba de cointegración de Westerlund; los resultados indican que existe cointegración de las variables en todos los grupos de países para el largo plazo; asimismo, mencionan que en los países de ingreso alto las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita tienen una relación negativa con la IED. En oposición, Baek y Choi (2017) estudian esta relación para 17 países mediante el método del grupo medio agrupado (PMG) donde confirman que las entradas de IED aumentan las emisiones de CO<sub>2</sub> en los países de ingreso alto; además, las emisiones con el crecimiento tienden a aumentar monótonamente en los países de ingresos mediano alto.

Por otro lado, hay varios estudios que analizan la relación causal entre la IED y las emisiones de carbono, determinando que existe una causalidad unidireccional que va desde la

IED hasta las emisiones en los países ingreso alto y bajo (Blanco et al., 2013; Tian 2014; Seker et al., 2015; To et al., 2019; Kisswani y Zaitouni 2021). Igualmente, Gharnit et al. (2020) evidencian mediante la prueba de Dumitrescu y Hurlin que existe causalidad unidireccional entre las variables para 54 países africanos; no obstante, recomiendan seguir atrayendo flujos de inversión extranjera directa junto con políticas ambientales estrictas. Al contrario, Koçak y Şarkgüneşi (2018) evidencian una relación bidireccional entre las variables.

La quinta parte muestra evidencia empírica sobre el nexo entre la investigación y desarrollo con la calidad ambiental. En este sentido, la investigación realizada por Lee y Min (2015) examina el impacto de la inversión en investigación y desarrollo en el desempeño ambiental, mediante Mínimos Cuadrados Generalizados para una muestra de empresas manufactureras japonesas durante el período 2001-2010; los resultados muestran la presencia de una relación negativa entre la investigación y desarrollo en las emisiones de carbono; asimismo, respaldan que las empresas deben adoptar una estrategia ambiental proactiva, organizando capacidades y recursos para un mejor desempeño económico, social y ambiental.

Posteriormente, Fernández et al. (2018) realizan un trabajo para la Unión Europea, Estados Unidos y China entre 1990 y 2013, mediante una regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios utilizando variables como: gasto en I+D, consumo energético y emisiones de carbono; los resultados indican que el gasto en I+D contribuye positivamente a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los países desarrollados; por ello, sugieren a los formuladores de políticas públicas que promuevan el gasto en I+D, tanto público como privado, dado que los efectos de la innovación se traducen en una reducción de emisiones, y constituye una herramienta adecuada en la lucha contra el cambio climático.

Consecutivamente, Chen y Lei (2018) revisan el nexo entre medio ambiente, energía y crecimiento mediante el empleo de una regresión de cuantil de panel incorporando los efectos del consumo de energía renovable y la innovación tecnológica en 30 países globales, durante el período 1980-2014; los resultados muestran que la innovación tecnológica afecta en gran medida a los países con emisiones de dióxido de carbono relativamente más altas; por lo tanto, una opción es apoyar financieramente y aplicar innovaciones tecnológicas para generar energía renovable a costos más bajos y aumentar la eficiencia energética; conllevando a un modelo de economía baja en carbono que podría aliviar la relación entre la contaminación y crecimiento.

A su vez, Gaudicos y Hinoguin (2019) analizan los índices de innovación y emisiones de carbono del año 2010 al 2018 en seis continentes: Europa, Asia, África, América del Norte, América del Sur y Australia, mediante un análisis de difusión y correlación; los resultados indican que existe una relación positiva entre la innovación y las emisiones de CO<sub>2</sub> en Europa y Asia, sin embargo, evidencian una relación fuerte negativa entre la innovación y emisiones de carbono en Asia y América; además, sugieren que los gobiernos deben considerar los riesgos y beneficios asociados con la tecnología e innovaciones y asegurarse de que los los beneficios superan los riesgos medioambientales.

Igualmente, otras investigaciones desarrolladas por Omri y Bel (2020) y Xiong et al. (2020) analizan la investigación y desarrollo con la contaminación ambiental en 23 economías emergentes y en 260 ciudades chinas, utilizando la metodología de mínimos cuadrados generalizados; los resultados indican que la investigación y desarrollo juegan un papel significativamente positivo en la reducción de las emisiones de carbono, dado que, por cada aumento de 1% en I+D, las emisiones se redujeron desde 0.079 a 0.104%. Por su parte, Ibrahim y Vo (2021) mencionan que la I+D reduce la contaminación ambiental, y más allá de un cierto nivel umbral, una mayor innovación exacerba la degradación ambiental; por lo tanto, sugieren identificar el nivel óptimo de innovación con el fin de mitigar la contaminación a costa de la innovación.

Luego, Dauda et al. (2021) examinan el vínculo no lineal entre la innovación y el CO<sub>2</sub> emisiones en nueve países africanos, desde 1990 hasta 2016; utilizan la metodología de pruebas de cointegración de Westerlund y Johansen; los resultados evidencian un vínculo a largo plazo entre las variables, por tanto, la innovación es una herramienta eficaz para combatir las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que mejora la eficiencia energética y la producción más limpia; asimismo, confirmaron tanto la hipótesis del refugio de la contaminación como el efecto del halo de contaminación; además, sugieren que se debe perseguir la integración regional y la asimilación de la innovación en todas las etapas de desarrollo para el crecimiento verde.

Por su parte, Cheng et al. (2021) y Bilgili et al. (2021) analizan la investigación y desarrollo y el crecimiento económico sobre las emisiones de carbono en 35 países de la OCDE y trece países desarrollados, mediante regresiones por cuantiles de panel; los resultados encontraron que la I+D reduce directamente las emisiones de dióxido de carbono; sin embargo, este impacto es significativamente heterogéneo y asimétrico entre cuantiles; asimismo, existe un nexo en forma de U invertida entre el crecimiento económico y las emisiones de carbono;

además, indican que es necesario mejorar la I+D de la eficiencia energética mediante el uso de incentivos fiscales y asociaciones públicas y privadas para que exista sostenibilidad en el largo plazo.

Finalmente, hay varias investigaciones que analizan la relación causal entre la investigación y desarrollo y las emisiones de carbono, al respecto Yii y Geetha (2017); Fan y Hossin (2018); Fethi y Ramuna (2018) y Ibrahim y Vo (2021) mediante la prueba de Toda Yamamoto-Dolado Lutkepohl (TYDL) y Granger evidencian que para los países de ingreso mediano alto existe una causalidad unidireccional que va desde la I+D hasta las emisiones de carbono; por lo tanto, los responsables políticos deben promover la investigación en innovación en aras del desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, Ali et al. (2016) y Fernández et al. (2018) indican que existe causalidad bidireccional entre las variables y se debe promover el gasto en investigación y desarrollo, tanto público como privado.

## **5. Metodología**

### **5.1 Estrategia metodológica**

La investigación utilizó tres métodos, tales como: inductivo, que va desde lo particular a lo general y se empieza a utilizar con la recopilación de datos que se da a través de observaciones de casos particulares y permite establecer afirmaciones generalizadas; a su vez, se consideró el método deductivo para determinar las conclusiones en base a las tres hipótesis planteadas y finalmente, el método estadístico para analizar los datos cuantitativos, realizar su representación, comprender la realidad de las variables en estudio y posteriormente plantear las decisiones de política.

### **5.2 Tratamiento de los datos**

#### **5.2.1 Análisis de los datos**

Los datos utilizados de la presente investigación se los obtuvo de la base World Development Indicator (WDI) del Banco Mundial (2020), cuya información fue obtenida para 17 países<sup>1</sup> de América Latina en el período 2000-2018, de esa muestra fueron excluidos<sup>7</sup> algunos países, debido a que la información estadística era limitada. La variable dependiente corresponde a las emisiones de dióxido de carbono, que representa la contaminación ambiental y está medida en kilotoneladas. Las variables independientes son: agricultura medida como porcentaje del PIB, que hace referencia a la producción agrícola y su contribución al crecimiento económico; y el comercio, medido como porcentaje del PIB que se obtiene de la diferencia de las importaciones y exportaciones de bienes y servicios.

Por otro lado, para dar mayor robustez al modelo econométrico se consideró tres variables de control, las cuales son: PIB per cápita expresada en dólares estadounidenses a precios constantes 2010 y mide la relación existente entre el nivel de renta de un país y su población; la inversión extranjera directa expresada en dólares estadounidenses a precios actuales y mide la inversión de capital por parte de una persona natural o jurídica en un país

---

6 Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

7 Antigua y Bermuda, Bahamas, Barbados, Belice, Cuba, Granada, Guyana, Haití, Jamaica, San Cristóbal y Nieves, Puerto Rico, República Dominicana, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Surinam, Trinidad y Tobago.

extranjero; y finalmente, el gasto en investigación y desarrollo medido como porcentaje del PIB y se refiere al valor que el sector público y privado destina a la investigación.

Las variables agregadas al modelo tienen respaldo en la evidencia empírica, añadimos la variable de crecimiento económico de acuerdo con Jardón et al. (2017); Aye y Edoja (2017); Zhou et al. (2018) y Altinoz et al. (2020). Asimismo, se incluyó la variable inversión extranjera directa de acuerdo con los estudios de Koçak y Şarkgüneşi (2018); Huang et al. (2019); Gharnit (2020) y Wang et al. (2021). Además, empleamos la variable investigación y desarrollo de acuerdo con las investigaciones desarrolladas por Lee y Min (2015); Fan y Hossain (2018) y Bilgili et al. (2021). A continuación, se detalla la descripción de las variables.

**Tabla 1**

*Descripción de variables*

<b>Tipo de variable</b>	<b>Variable y notación</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Descripción</b>
<b>Dependiente</b>	Emisiones de CO <sub>2</sub> (Emi <sub>it</sub> )	Kilotoneladas (kt)	Proviene de la quema de combustibles fósiles, gas de las centrales eléctricas, automóviles, instalaciones industriales, etc.
	Agricultura (Agr <sub>it</sub> )	Porcentaje del PIB	Esta variable hace referencia a la producción agrícola y su equivalencia en el PIB.
<b>Independientes</b>	Comercio neto de bienes y servicios (Com <sub>it</sub> )	Porcentaje del PIB	El comercio neto de bienes y servicios se obtiene compensando las importaciones de bienes y servicios con las exportaciones de bienes y servicios.
	PIB per cápita (PIB p <sub>cit</sub> )	Dólares estadounidenses a precios constantes 2010	Mide la relación existente entre el nivel de renta de un país y su población.
<b>Control</b>	Inversión extranjera directa (IED <sub>it</sub> )	Porcentaje del PIB	Mide la inversión de capital por parte de una persona natural o jurídica en un país extranjero.
	Gasto en investigación y desarrollo (I+D <sub>it</sub> )	Porcentaje del PIB	Se refiere al valor que el sector público y privado destina a la investigación y desarrollo.

*Nota:* Adaptado del Banco Mundial (2020)

Con el fin de obtener efectos para diferentes grupos, esta investigación clasifica los datos de países de acuerdo con el método Atlas (2019) del Banco Mundial. Este método utiliza un factor de conversión que es el promedio del tipo de cambio de un país para ese año y sus tipos de cambio para los dos años anteriores, ajustado por la diferencia entre la tasa de inflación del país y la inflación internacional; de esta manera, se reduce el impacto de las fluctuaciones del tipo de cambio en la comparación entre países de los ingresos nacionales.

Además, se tiene umbrales de clasificación que se ajustan anualmente según la inflación usando el deflactor de los derechos especiales de giro (DEG). Los países de ingreso bajo (PIB) tienen un umbral de \$1'025 o menos INB per cápita, los países de ingreso mediano bajo (PIMB) tienen un umbral entre \$1'026 y \$3'995, los países de ingreso mediano alto (PIMA) tienen un intervalo de \$3'996 a \$12'375 y los países de ingreso alto son considerados por tener un ingreso de \$12'376 en adelante. En la Tabla 2 se presenta el detalle de esta clasificación para 17 países de América Latina.

**Tabla 2**

*Clasificación de los países de América Latina de acuerdo al nivel de ingresos (Método Atlas)*

<b>Países de ingreso alto (PIA)</b>	<b>Países de ingreso mediano alto (PIMA)</b>	<b>Países de ingreso mediano bajo (PIMB)</b>
Chile	Argentina	Bolivia
Panamá	Brasil	El Salvador
Uruguay	Colombia	Honduras
	Costa Rica	Nicaragua
	Ecuador	
	Guatemala	
	México	
	Paraguay	
	Perú	
	Venezuela	

Consecuentemente, en la Tabla 3 se muestra los estadísticos descriptivos del modelo, donde se observa que existe una mayor variabilidad entre los países que dentro de ellos, esto para todas las variables. La desviación estándar del logaritmo de las emisiones entre los países es de 1.587 siendo un valor bastante alto en comparación con la variación dentro de los países, la cual es 0.212; reflejando así que algunos países emiten mayor cantidad de emisiones de

dióxido de carbono que otros. Con respecto a la agricultura, la variación entre países es alta correspondiendo al valor de 3.703 y la variación al interior es 1.289. El panel de datos está completamente equilibrado en el tiempo, con T=20, n=17 que representa el número de países y N=340 que indica el total de observaciones.

De igual manera, se muestra que la variable dependiente, logaritmo de las emisiones de CO<sub>2</sub> presenta un valor máximo de 13.306 kilotoneladas y un valor mínimo de 8.213 kilotoneladas que han sido emitidas por los países de América Latina en el período analizado. Otro dato de interés es que la región, en promedio emite 10.232 kt de emisiones de dióxido de carbono, evidenciándose de esta manera el problema de la contaminación ambiental. En relación con la variable agricultura, esta presenta un valor agregado máximo de 22.821% del PIB y un valor mínimo de 2.180%. Además, el valor promedio de esta variable es de 7.964% del PIB, esto nos indica que la agricultura sigue siendo un sector productivo de suma importancia en la mayoría de los países latinoamericanos.

La variable independiente de comercio nos muestra un valor máximo de 24.328% y un valor mínimo de 14.259%. La variable de PIB per cápita tiene un valor máximo de \$15'130.150 y un valor mínimo de \$1'294.221, haciéndose evidente la desigualdad de ingresos entre los países de latinoamericanos. La variable IED presenta un valor máximo de 16.229% y un valor mínimo de -5.007%, con esto se muestra que ha existido inversión extranjera en los países de la región, especialmente en los sectores estratégicos como: telecomunicaciones, minas y obras civiles. Finalmente, la variable investigación y desarrollo tiene un valor máximo de 1.342% y un valor mínimo de 0.014% del PIB, indicándonos que en América Latina el porcentaje del PIB destinado a la I+D es bastante deficiente, reflejando así las diferencias de productividad con las economías más avanzadas.

**Tabla 3**

*Descripción de variables*

Variable		Media	Des. Std.	Min	Max	Observaciones
Emisiones de CO <sub>2</sub>	General	10.232	1.556	8.213	13.306	N = 340
	Entre		1.587	8.416	13.051	n = 17
	Dentro		0.212	8.443	10.713	T = 20
Agricultura	General	7.964	3.822	2.180	22.821	N = 340
	Entre		3.703	3.246	16.346	n = 17
	Dentro		1.289	5.583	18.819	T = 20
Comercio		21.568	1.688	14.259	24.328	N = 340



	General		1.528	18.948	23.613	n = 17
	Entre		0.984	16.879	23.471	T = 20
	Dentro					
PIB per cápita	General	6704.692	3955.046	1294.221	15130.150	N = 340
	Entre		3857.469	1581.594	12667.112	n = 17
	Dentro		1263.451	2062.435	10090.970	T = 20
Inversión Extranjera Directa	General	3.674	2.843	-5.007	16.229	N = 340
	Entre		2.233	0.827	8.312	n = 17
	Dentro		1.837	-2.737	11.590	T = 20
Investigación + Desarrollo	General	0.279	0.266	0.014	1.342	N = 340
	Entre		0.262	0.034	1.132	n = 17
	Dentro		0.078	0.075	0.655	T = 20

### 5.3 Estrategia econométrica

La presente investigación tiene como objetivo general evaluar el impacto de la agricultura y el comercio en la calidad ambiental de América Latina, para el período 2000-2018; para ello, se utilizó técnicas econométricas de datos panel, puesto que presentan varias ventajas, tales como: controlan la heterogeneidad individual y permiten identificar o medir efectos que simplemente no son detectables en el estudio de sección cruzada o en series de tiempo, y de esta manera se evita resultados sesgados (Arellano, 2003, p. 342). Para su efecto la estrategia econométrica se encuentra dividida en tres partes para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos.

#### 5.2.1 Objetivo específico 1

*Analizar la evolución y correlación de la agricultura, el comercio y la calidad ambiental en América Latina, período 2000-2018.*

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico y verificar la hipótesis uno, se desarrolló un análisis de evolución de la agricultura, el comercio y las emisiones de dióxido de carbono en el período 2000-2018, para ello se procedió a obtener los valores promedios de las variables. Asimismo, se realizaron diagramas de correlación para visualizar la relación y el grado de asociación de las variables principales, de acuerdo a la clasificación de los países mediante el método Atlas (2019) del Banco Mundial.

Para graficar el diagrama de correlación se utilizó dos herramientas que son: la recta de regresión y el coeficiente de correlación lineal de Pearson. Por su parte, la recta de regresión es la línea que mejor representa a un conjunto de datos, puesto que explica la relación que existe entre la variable respuesta (Y) y una única variable explicativa (X) (Novales, 2010). La recta de regresión está determinada por la Ecuación (1).

$$\hat{y} = a + bx \quad (1)$$

Donde,  $\hat{y}$  es la variable causa, en este caso: las emisiones de carbono;  $a$  corresponde a la ordenada del origen;  $b$  es la pendiente de la recta de regresión y  $x$  indica la variable independiente, que puede ser: agricultura o comercio.

La pendiente se halla mediante la expresión:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (2)$$

Donde,  $x$  son los valores de la variable independiente,  $y$  corresponde a los valores de la variable dependiente,  $\bar{x}$  es la media de los valores de  $x$ ,  $\bar{y}$  indica la media de los valores de  $y$ ,  $n$  es el número de observaciones o pares de datos.

La ordenada en el origen se calcula como:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (3)$$

Donde,  $a$  es la ordenada al origen,  $\bar{y}$  es la media de los valores de  $y$ ,  $b$  corresponde a la pendiente de la recta de regresión y  $\bar{x}$  es la media de los valores de  $x$ .

Por otro lado, el coeficiente de correlación de Pearson mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente. El coeficiente varía de 1 y -1; en el primer caso la relación es perfecta positiva, esto indica que cuando aumenta una variable también aumenta la otra y en el segundo caso la relación es perfecta negativa, por tanto, a medida que aumenta una variable disminuye la otra (Fallas, 2015). La fórmula del coeficiente de correlación de Pearson es la siguiente:

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N} \quad (4)$$

Donde,  $x$ : es igual a la variable número uno, y pertenece a la variable número dos,  $z_x$  es la desviación estándar de la variable uno,  $z_y$  es la desviación estándar de la variable dos y  $N$ : es el número de datos.

### 5.2.2 Objetivo específico 2

*Estimar la relación entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control mediante regresiones cuantílicas por grupo de países, en el período 2000-2018.*

Para dar cumplimiento al segundo objetivo específico y verificar la hipótesis dos, se realizó la prueba del factor de inflación de la varianza (VIF) propuesta por Kleinbaum (1988) a las variables independientes, para de esta manera detectar si existe multicolinealidad, ya que su presencia puede ocasionar problemas en la estimación de los coeficientes, puesto que la precisión de la estimación disminuye a medida que aumenta la colinealidad. A continuación, en la Ecuación (5) se presenta la especificación de la prueba.

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (5)$$

Donde,  $R_j^2$  es el coeficiente de determinación múltiple para el modelo de regresión que relaciona  $x_j$  a todas las otras variables independientes  $x_1, \dots, x_k$  disponibles. En este sentido, VIF muestra en qué medida se agranda la varianza del estimador como consecuencia de la relación de los regresores. Por consiguiente, se plantearon dos hipótesis:

H0: No existe colinealidad entre las variables

H1: Existe colinealidad entre las variables

Regla de decisión: existirá multicolinealidad de las variables si los valores son superiores a 10 y el valor de la tolerancia cercana a 0, esto señala que existe una colinealidad fuerte, por el contrario, valores inferiores a 10 están asociados con una colinealidad débil.

Asimismo, se estimó la prueba de Hausman (1978) que determina si las diferencias son sistemáticas y significativas entre dos estimaciones. Además, el test es empleado fundamentalmente para saber si un estimador es consistente o si una variable es relevante; en este sentido, se aplicó la prueba para la elección entre efectos fijos o aleatorios para cada grupo de países. El estadístico Hausman es calculado como:

$$H = (\beta_c - \beta_e)' (V_c - V_e)^{-1} (\beta_c - \beta_e), H \sim X_n^2 \quad (6)$$

Donde,  $\beta_c$  es el vector de estimaciones del estimador consistente;  $\hat{\theta}_2 \cdot \beta_e$  es el vector de estimaciones del estimador eficiente;  $\hat{\theta}_1 \cdot V_c$  es la matriz de covarianzas del estimador consistente;  $V_e$  indica la matriz de covarianzas del estimador eficiente;  $n$  son los grados de libertad y  $X_n^2$  denota el número de variables incluida la constante. Además, se consideraron dos hipótesis, las cuales son:

H0: El modelo con efectos fijos es un estimador eficiente

H1: El modelo con efectos fijos no es un estimador eficiente

Regla de decisión: en base a  $\text{Prob} > \chi^2$  si es menor a 0.05 se rechaza la H1 y, por lo tanto, se debe estimar un modelo de efectos fijos, por el contrario, si a  $\text{Prob} > \chi^2$  si es mayor a 0.05 se acepta la H1 y se debe realizar un modelo de efectos aleatorios.

Igualmente, se realizó el Test de Wald (1943) para verificar la heterocedasticidad, que hace referencia a que la dispersión de los términos de perturbación es diferente para los distintos valores de la variable explicativa. Esta prueba fue aplicada para el panel global y los diferentes grupos de países. El estadístico de Wald se define como:

$$W = \sum_{i \in A} \frac{(\hat{\theta}_i^2 - \hat{\theta}^2)}{V_i} \quad (7)$$

Asimismo:

$$V_i = \frac{1}{T_i(T_i-1)} \sum_{t=1}^{T_i} (e_{it}^2 - \hat{\theta}_i^2)^2 \quad (8)$$

Donde,  $\hat{\theta}^2$  es el término que representa el error de la varianza,  $\hat{\theta}_i^2 = \frac{1}{T_i} \sum_{t=1}^{T_i} e_{it}^2$  representa el estimador de la unidad  $i \in A$  que indica el error de la varianza sobre  $T_i$  y los residuos  $e_{it}^2$ ,  $t$  corresponde a los periodos de tiempo,  $i$  es un país específico del conjunto de países en estudio ( $A$ ). Al mismo tiempo, se considera las siguientes hipótesis:

H0: Existe homocedasticidad

H1: No existe homocedasticidad

Regla de decisión: Si  $\text{Prob}>\chi^2$  es mayor a 0.05 se acepta la  $H_0$ , concluyéndose que existe homocedasticidad, en tanto que, si  $\text{Prob}>\chi^2$  es menor a 0.05 se acepta la  $H_1$ , determinando que en el modelo existe heterocedasticidad.

A su vez, se realizó el Test de Wooldridge (2002) para determinar la autocorrelación, que indica si los errores son o no dependientes con respecto al tiempo. Este test fue aplicado para el panel global, PIA, PIMA y PIMB. Además, esta prueba se considera robusta, ya que trabaja con supuestos menores sobre el comportamiento de los efectos individuales heterogéneos. Del mismo modo, el estadístico de la prueba se detalla a continuación:

$$y_{it} - y_{it-1} = (X_{it} - X_{it-1}) \beta_1 + \varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1} \quad (9)$$

$$\Delta y_{it} = \Delta X_{it} \beta_1 + \Delta \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Por lo tanto, el procedimiento de Wooldridge comienza estimando los parámetros  $\beta_1$  haciendo una regresión de  $\Delta y_{it}$  (operador de primera diferencia de la variable dependiente) y obteniendo los residuales  $\varepsilon_{it}$ . Asimismo, si  $\varepsilon_{it}$  no está correlacionada en serie, entonces  $\text{Corr}(\Delta \varepsilon_{it}, \Delta \varepsilon_{it-1}) = -0.5$ . Por ende, se plantean dos hipótesis.

$H_0$ : No hay autocorrelación serial

$H_1$ : Existe autocorrelación serial

Regla de decisión: Si  $\text{Prob}>\chi^2$  es mayor a 0.05 se acepta la  $H_0$ , concluyéndose que no existe autocorrelación; en tanto que, si  $\text{Prob}>\chi^2$  es menor a 0.05 se acepta la  $H_1$  determinando que en el modelo existe autocorrelación serial.

Al presentar problemas de autocorrelación y heterocedasticidad las variables y para verificar económicamente la relación entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control se inició designando un modelo de mínimos cuadrados generalizados (GLS). Además, la variable dependiente emisiones de  $\text{CO}_2$  está expresada en logaritmo debido a que en su medida principal (kilotoneladas) representaba una cantidad muy grande y por consiguiente había problemas en la estimación del modelo. La Ecuación (11) formaliza la expresión GLS.

$$\ln Emi_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Agr_{it} + \alpha_2 Com_{it} + Z_{it} + v_{it} + u_{it} \quad (11)$$

Donde,  $lEmi_{it}$  representa las emisiones de CO<sub>2</sub>,  $Agr_{it}$  representa la agricultura,  $Com_{it}$  representa el comercio,  $Z_{it}$  recoge las variables de control, el subíndice  $it$  denota el valor del país  $i$ , en donde,  $i=1,2,3\dots 17$  y  $t$  indica el período, por tanto,  $t=2000,2001,\dots 2018$ ; asimismo, se presenta un error compuesto  $v_{it} + u_{it}$ , donde  $v_{it}$  es el efecto individual específico y  $u_{it}$  es lo que resta del disturbio.

Además, la regresión base fue aplicada en los estudios de Liu et al (2017); Ullah et al. (2018) y Chandio et al. (2020) quienes mediante este método de Mínimos Cuadrados Generalizados analizan la relación entre la agricultura y calidad ambiental; asimismo, para obtener la relación entre comercio y calidad ambiental, siguieron esta metodología (Ahmed et al., 2017; Yu et al., 2019). Para las variables de control, Lee y Min (2015); Andree et al. (2019); Omri y Bel (2020) apoyan la metodología propuesta.

Posteriormente, se realizó una gráfica de cuantiles normales QQ de los valores residuales de las variables versus los ajustados con el fin de comprobar la normalidad de los datos. Luego se realizó estimaciones por regresiones cuantílicas, modelo iniciado por Koenker y Bassett (1978), quienes introducen las regresiones por percentiles como una técnica estadística para estimar funciones en determinado cuantil de una variable dependiente condicional a la información observada. La especificación del modelo de regresión cuantílica presenta la siguiente forma:

$$y_i = X_i\beta_\theta + u_{\theta i} \quad (12)$$

Donde,  $y_i$  es la variable endógena,  $X_i$  representa a la matriz de variables exógenas o independientes;  $\beta_\theta$  es el parámetro a estimar correspondiente al cuantil  $\theta$ ; y  $u_{\theta i}$  es la perturbación aleatoria correspondiente al cuantil  $\theta$ . Por tanto,  $Quant_\theta(y_i|X_i) = X_i\beta_\theta$  lo que implica que  $Quant_\theta(u_{\theta i}|X_i) = 0$ , siendo éste el único supuesto que se hace sobre la perturbación estocástica.

El modelo para todos los cuantiles y de acuerdo al nivel de ingresos de los países, sigue la estrategia propuesta por Powell (2016). En este sentido, la Ecuación (13) formaliza la expresión:

$$Q_{Y_{it}} = Q_i|X_{it} + Z_{it} = (\alpha_0 + \beta_0) + \beta_1 lEmi_{it} + \beta_2 Com_{it} + \beta_3 Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

Donde,  $Q_i$  representa el cuantil de estudio,  $i$  representa el número de cuantiles; en este caso, se estima por deciles, desde 0.10 hasta el 0.90; asimismo,  $t$  indica el período, por tanto,  $t=2000, 2001 \dots 2018$ ;  $\alpha_0$  es el intercepto;  $\beta_1, \beta_2$  y  $\beta_3$  muestran los coeficientes que se obtienen con un determinado cuantil,  $Z_{it}$  recoge las variables de control y  $\varepsilon_{it}$  es el error.

Por otra parte, los estudios realizados por Nwokoro y Chima (2017) y Nwaka et al. (2020) utilizan el método de estimación de cuantiles para analizar la agricultura y las emisiones de carbono. Asimismo, Alhassan et al. (2020); Chen et al. (2021) y Adebayo et al. (2021) emplearon esta estrategia econométrica para evidenciar la relación entre el comercio y las emisiones. Para las variables de control: PIB pc, IED e I+D se tomó en consideración los estudios de Altinoz et al. (2020); Wang et al. (2021) y Cheng et al. (2021), respectivamente.

### 5.2.3. Objetivo específico 3

*Estimar la relación de causalidad entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control en América Latina, para el período 2000-2018.*

Para dar cumplimiento al tercer objetivo y verificar la hipótesis tres, se realizó previamente pruebas de diagnóstico. En este sentido, se estimó la prueba de homogeneidad de la pendiente propuesta por Pesaran y Yamagata (2008) para determinar si se cumple con la condición de que los parámetros son homogéneos. A continuación, se utilizó las pruebas de sección transversal, propuestas por Pesaran (2004) y Pesaran (2015) cuyos estadísticos son determinados como: CD y  $CD_{NT}$ , siendo aplicados en distintos modelos con datos panel.

La prueba de Pesaran (2004) tiene la siguiente expresión:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N T_{ij} \hat{p}_{ij}^2 \rightarrow N(0,1) \quad (14)$$

La prueba de Pesaran (2015) se detalla a continuación:

$$CD_{NT} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \sqrt{T} \hat{p}_{ij} \rightarrow N(0,1) \quad (15)$$

En estas pruebas,  $N$  representa la dimensión en la sección transversal, correspondiendo a los países,  $T$  indica el período,  $\hat{\rho}_{ij}$  es el coeficiente de correlación obtenido de los residuos de la regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), especificada en cada individuo. A su vez, se consideran dos hipótesis:

H0: Existe independencia transversal

H1: Existe dependencia transversal

Regla de decisión: Si  $\text{Prob}>\chi^2$  es mayor a 0.05 se acepta la H0, concluyéndose que existe independencia en las secciones transversales. Al contrario, si  $\text{Prob}>\chi^2$  es menor a 0.05 se acepta la H1, determinando que en el modelo existe dependencia en la sección cruzada de las variables.

Además, para determinar la presencia de la raíz unitaria de las variables se utilizó pruebas de segunda generación desarrolladas por Pesaran (2007) y Breitung (2001) con y sin efectos tendenciales, las cuales consideran la dependencia en las secciones transversales en paneles heterogéneos y permiten constatar el orden de integración de las variables.

La fórmula de Pesaran (2007) se demuestra en la Ecuación (16).

$$CIPS^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (16)$$

Donde,  $N$  representa el número de paneles,  $i$  representa la dependencia transversal en el panel,  $CADF_i$  es la prueba de Dickey Fuller aumentada de sección transversal, la cual se puede evidenciar en la Ecuación (17).

$$\Delta x_{it} = \alpha_{it} + \beta_i x_{it-1} + p_i T + \sum_{j=0}^n \theta_{it} \Delta x_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (17)$$

Donde,  $\Delta x_{it}$  representa las variables analizadas,  $i$  es la dependencia transversal en el panel,  $p_i$  representa la longitud del desfase,  $t$  representa el período y  $\varepsilon_{it}$  es el error de regresión.

Esta prueba se plantean las siguientes hipótesis:

H0: La serie es no estacionaria  $\rightarrow$  presencia de una raíz unitaria.

H1: La serie es estacionaria  $\rightarrow$  no hay presencia de raíz unitaria.



Regla de decisión: se rechaza la hipótesis nula, si el valor del estadístico CIPS\* es menor al valor crítico con un nivel de significancia del 1%, concluyéndose que la serie es no estacionaria. Al contrario, si el estadístico CIPS\* es mayor al valor crítico con el 1% de significancia, se determina que la serie es estacionaria.

Posteriormente, para conocer si existe cointegración de las variables en el largo plazo se aplicó la prueba de corrección de errores de Westerlund (2007) mediante el método *bootstrap* que utiliza cuatro estadísticos: los de media grupal (Gt y Ga) que prueban si las series están cointegradas al menos en un país y los de panel completo (Pt y Pa) que definen si el panel está cointegrado al menos en alguno de los grupos. Por ello, se estima la Ecuación (18).

$$Y_{i,t} = \delta_i d_t + \alpha_i (Y_{i,t-1} - \beta_i X_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{pi} \alpha_{it-j} + \sum_{j=qi}^{pi} Y_{it-j} + \varepsilon_{i,t} \quad (18)$$

Donde,  $Y_{it}$  representa que la serie puede contener raíz unitaria,  $\delta_i d_t$  es la trayectoria de la variable en el tiempo,  $i$  es el número de países,  $pi$  y  $qi$  son las órdenes de retraso y adelanto que pueden variar en cada país,  $d_t$  son los componentes deterministas,  $X_{i,t}$  denota la variable independiente y  $\varepsilon_{i,t}$  es el error.

Finalmente, se utilizó la prueba de causalidad tipo Granger de panel de Dumitrescu y Hurlin (2012) para establecer si hay causalidad entre las variables y cuál es su dirección, en este sentido, se pueden dar dos relaciones causales: una relación unidireccional donde una variable causa a otra, o una relación bidireccional donde ambas variables se causen entre sí. Las ecuaciones (19) (20) (21) y (22) precisan la relación causal con las variables principales del modelo y las expresiones (23) (24) (25) (26) (27) y (28) especifican la relación causal con las variables de control.

$$lEmi_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k lEmi_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k Agr_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (19)$$

$$Agr_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k Agr_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k lEmi_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (20)$$

$$lEmi_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k lEmi_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k Com_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (21)$$

$$Com_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k Com_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k lEmi_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (22)$$

$$lEmi_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k lEmi_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k Pib pc_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (23)$$

$$Pib pc_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k Pib pc_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k lEmi_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (24)$$

$$lEmi_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k lEmi_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k IED_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (25)$$

$$IED_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k IED_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k lEmi_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (26)$$

$$lEmi_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k lEmi_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k I + D_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (27)$$

$$I + D_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \gamma_i^k I + D_{i,t-k} + \sum_{k=1}^k \beta_i^k lEmi_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (28)$$

Donde,  $\alpha_i$  es el término fijo en la dimensión del tiempo,  $\gamma_i^k$  es el parámetro autorregresivo,  $\beta_i^k$  el coeficiente que varía entre las secciones transversales, se supone que  $\beta_i = \beta_i^{(1)} \dots \beta_i^{(k)}$ ,  $k$  es el número de rezagos y  $\varepsilon_{i,t}$  representa el término de error.

Además, la prueba de Granger fue aplicada en diferentes estudios para las variables propuestas; en este aspecto, Asumadu y Owusu (2017); Liu et al. (2017); Ullah et al. (2018) y Chandio et al. (2020) analizan la relación causal entre la agricultura y las emisiones de carbono. Por su parte, Shahbaz et al. (2017) y Ansari et al. (2020) estudian la causalidad entre el comercio y la contaminación ambiental. Para las variables de control, la misma metodología fue propuesta en investigaciones realizados por (Cai et al., 2018; Gharnit et al., 2020; Ibrahim y Vo, 2021).

## 6. Resultados

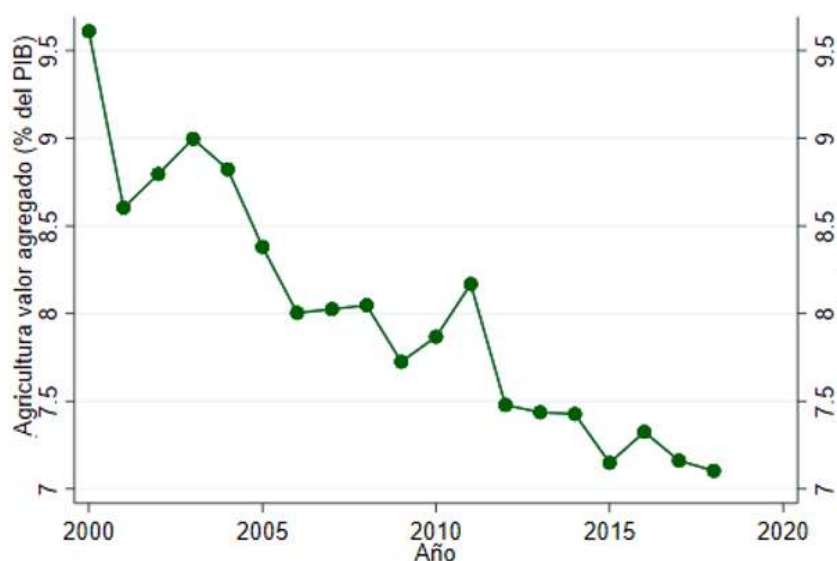
### 6.1 Objetivo específico 1

*Analizar la evolución y correlación de la agricultura, el comercio y la calidad ambiental en América Latina, período 2000-2018*

La Figura 1 muestra la evolución de la variable agricultura en América Latina para el período 2000-2018, donde se evidencia una tendencia decreciente a lo largo del tiempo analizado. En los años 2001 y 2005 se da una disminución del valor agregado agrícola de esta región, debido a que los precios internacionales de las materias primas se redujeron y, por lo tanto, se dio un deterioro en los términos de intercambio de los países exportadores agrícolas, afectando a su contribución del PIB. Posteriormente, en el año 2007 y 2008 en México, Colombia, Perú y Ecuador existieron bajos rendimientos y altas tasas de pérdida de cosechas, a causa de sequías e inundaciones asociados a los efectos del fenómeno de El Niño y La Niña.

**Figura 1**

*Evolución de la agricultura en América Latina, período 2000-2018*



En el año 2010 se da un crecimiento de la producción agrícola debido a un aumento en los precios a nivel internacional y la diversificación del mercado, como resultado de tratados de libre comercio de los países de la región con las economías desarrolladas. En este sentido, algunos países han tenido éxito; tal es el caso de Chile y Perú con exportaciones de frutas; México, Guatemala y Costa Rica con exportación de hortalizas, siendo estos productos de alta

elasticidad de ingreso y de gran acogida en los mercados internacionales, mediante esto también se dinamizó la economía de los países latinoamericanos, puesto que se obtuvieron recursos económicos por el desarrollo de esta actividad.

Desde el año 2012, la participación del sector agrícola en el PIB ha ido disminuyendo paulatinamente con un promedio de 8% hasta el año 2014, esto como causa de la desaceleración económica mundial, enfermedades y plagas que conducen a bajos rendimientos en la producción y altas tasas de pérdida de cosechas, esos fenómenos traen como consecuencia una mayor incertidumbre y volatilidad en los precios, así como un incremento de la pobreza e indigencia rural. Por lo tanto, una cuestión importante es la intervención de los Estados para proteger a los agricultores contra estos riesgos; ejemplos en América Latina son el seguro catastrófico (SAC) en Perú y el Componente de Atención a Desastres Naturales en el Sector Agropecuario y Pesquero (CADENA) de México.

En el mismo sentido, otro factor que explica el decrecimiento del valor agrícola respecto al PIB según el Informe del Banco Mundial (2015) es la reducción de hectáreas dedicadas al cultivo de productos agrícolas básicos, en vista de que existe un menor nivel de apoyo directo a los productores, como consecuencia de la disminución de ingresos fiscales; es así, que en Argentina y Guatemala la ayuda decreció en más del 18 y 20%, respectivamente. Sin embargo, existen subsidios a insumos variables como los fertilizantes que se han vuelto importantes en Brasil, Chile y México; a su vez, para estimular las inversiones agrícolas en Brasil y Colombia se ha apoyado al crédito en condiciones favorables.

Además, FAO (2018) indica que los países de América Latina deben adoptar políticas públicas relacionadas con la promoción de una agricultura más sustentable, donde se dé un aumento de la producción obtenida por unidad de recurso involucrado en el tiempo y en el espacio, sin causar un mayor deterioro al ambiente, para lo cual es necesario mejorar la eficiencia en términos agronómicos, económicos y ambientales. Asimismo, indican que el apoyo al acceso y uso de semillas para incrementar la productividad, depende de la especialización productiva y de las prioridades de la política agrícola del país; por ejemplo: Colombia en 2015 y el “Plan Semilla” para la renovación de 17 cultivos, al igual que en Bolivia con la creación de la Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos (EMAPA).

En base al contexto anterior, es importante considerar que los países latinoamericanos busquen aplicar estrategias de largo plazo para que el sector agrícola logre una mayor

diversificación y valor agregado en los productos, buenas condiciones de mercados y precios, promoviendo así el crecimiento de la productividad mediante la incorporación tecnológica y con ello permitir a los agricultores cambiar hacia una producción agrícola comercialmente viable, ambientalmente sostenible y que garantice la soberanía alimentaria para la población.

En la Figura 2 se observa la evolución de la variable independiente comercio de bienes y servicios en América Latina en el período 2000-2018, en donde se evidencia un comportamiento cíclico alrededor del tiempo de estudio. Desde el año 2001 hasta 2007 se muestra una tendencia creciente, esto como resultado del excedente del comercio exterior dado los altos precios de los productos básicos, en especial del petróleo; esta subida de precios ocasionó un incremento del superávit de bienes de la región en 28'993 millones de dólares; asimismo, el valor de las exportaciones de la región creció 20.30%, de este incremento 11.70% puede atribuirse a la subida de los precios y 7.7% al alza del volumen exportado.

**Figura 2**

*Evolución del comercio en América Latina, período 2000-2018*



En los años 2008, 2009 y 2010 el comercio se vio afectado por la crisis económica y financiera mundial, donde el tipo de cambio real efectivo de América Latina y el Caribe respecto del resto del mundo se redujo en 8.32%, aunque la apreciación media anual de 2008 (5.1%) fue menor que la del año anterior (Comisión Económica para América Latina y el

Caribe [CEPAL], 2010). Consecuentemente, se dio un debilitamiento de la cooperación multilateral que redujo los flujos comerciales mundiales y la caída de la producción; a su vez, el comercio también se ha visto afectado por una fuerte disminución del crédito para la financiación de las importaciones y exportaciones. De allí que la CEPAL recalca que se requiere fortalecer la integración y complementación productiva regional.

A partir del año 2011 hasta el 2014 el comercio de la región disminuye paulatinamente, esto como consecuencia de algunas medidas proteccionistas adoptadas por los países, tales como: aranceles de exportación, principalmente en sectores como: textiles, confecciones, repuestos electrónicos y autopartes. A su vez, en el año 2013 las importaciones de Asia desde América Latina se contrajeron alrededor de 5%, a raíz de la reorientación del modelo de crecimiento de China hacia el consumo interno. Además, en el año 2014 el efecto que evidenció ese valor negativo, se debió al aumento del precio de la energía, que provocó dificultades en la productividad y competitividad de las materias primas y manufacturas de exportación (CEPAL, 2015).

Otros factores que incidieron en tal decrecimiento de la actividad comercial fueron: un cierto retroceso de las cadenas globales de valor, debido a la menor importancia de la minimización de costos laborales en la organización geográfica de la producción, el bajo dinamismo de la inversión extranjera directa (IED), el menor ritmo de reducción de los costos logísticos y la tendencia hacia la regionalización del comercio mundial. Igualmente, la apreciación real del dólar también parece haber frenado el comercio en los últimos años

Después, en el año 2015 se da una tendencia alcista en el comercio, esto como resultado de un mayor dinamismo de las exportaciones de materias primas procedentes de Latinoamérica, que han llevado a firmar Tratados de Libre Comercio y nuevas alianzas entre los países de la región y economías desarrolladas, tales como: Estados Unidos, China y la Unión Europea. De acuerdo con CEPAL (2018a) menciona que en el último año se ha dado un aumento de 9.7% del valor de las exportaciones regionales de bienes, correspondiendo ese incremento a un alza de los precios de 7.6% de los productos básicos, especialmente del petróleo, los minerales y metales; asimismo, se da debido a una expansión del volumen de producción de 2.1%.

Además, el mismo organismo evidenció que la Alianza del Pacífico y el Mercado Común Centroamericano (MCCA) son los bloques comerciales que muestran la menor y la mayor vinculación comercial con la región, respectivamente. A su vez, indica que ALC es el

principal destino del valor agregado nacional exportado por Argentina, Bolivia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay y Uruguay; entre los países que destinan la principal proporción de valor agregado a los Estados Unidos están México, Colombia, Ecuador y Venezuela; y finalmente, Brasil, Chile y Perú destinan la mayor proporción de su valor agregado nacional al mercado asiático.

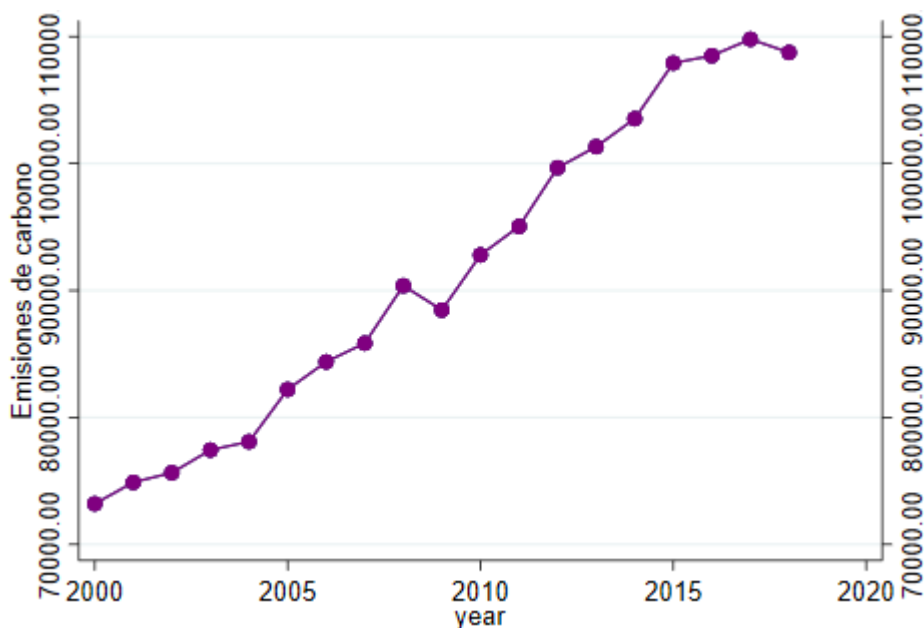
En base al contexto anterior, se puede decir que el desempeño exportador en 2018 muestra una clara continuidad con los patrones históricos; por lo tanto, el aumento del valor exportado es consecuencia principalmente de la recuperación de los precios de los productos básicos, a lo que se suma el dinamismo de la demanda de bienes a los Estados Unidos, que en la mayoría de países de la región es el principal socio comercial. Asimismo, es importante considerar el gran peso de las materias primas en la canasta exportadora que deja a la región muy vulnerable a las fluctuaciones de sus precios y, por ende, afecta al crecimiento y desarrollo económico de los países de América Latina.

Por su parte, OCDE (2019) indica que la concentración de las exportaciones en sectores primarios, extractivos y con bajos niveles de sofisticación crean una estructura exportadora que no genera encadenamientos con el resto de la economía doméstica, y que presenta fuertes barreras de entrada para otros agentes económicos, dada la naturaleza del capital intensivo de este tipo de exportaciones; además, menciona que está pobre inserción lleva a bajos niveles de adopción de tecnología y pocos incentivos para invertir en capacidades productivas, limitando de esta manera la competitividad, que hace que sea aún más complejo conectarse con los mercados internacionales al tener una débil participación en las cadenas globales de valor.

En la Figura 3 se observa la evolución anual promedio de las emisiones de dióxido de carbono en América Latina durante el período 2000-2018, evidenciándose una tendencia creciente a lo largo del tiempo; este comportamiento se debió a la actividad económica en aceleración de los países de la región, especialmente de los más industrializados como Brasil, Chile y México, los cuales realizaron inversiones en nuevas plantas de electricidad a carbón y mantuvieron altas emisiones del sector del transporte. Por su parte, la mitad de las emisiones de Perú y Uruguay se debe a la deforestación. Sin embargo, Costa Rica es un país pionero en el sistema de pagos por servicios ambientales (agua, captura de carbón, conservación de la biodiversidad, belleza escénica y recreación).

**Figura 3**

*Evolución de las emisiones de dióxido de carbono en América Latina, período 2000-2018*



De acuerdo con el informe Desafío Climático y de Desarrollo en América Latina y el Caribe publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2014) menciona que la mayor parte de las emisiones de esta región provienen del uso del suelo, cambio de uso del suelo, silvicultura y agricultura; de hecho, la estructura de las emisiones de ALC es contraria a la estructura a nivel global en 2008, puesto que dos terceras partes de las emisiones provinieron de las actividades agrícolas y del uso de la tierra, mientras que poco más de una cuarta parte provino del sector energético; consecuentemente, recomiendan que el gobierno tome medidas de mitigación para una producción agrícola sostenible.

A su vez, se menciona que el sector energético de ALC es menos contaminante que el de cualquier otra región; no obstante, el crecimiento económico ha aumentado la demanda de electricidad, sobrecargado la capacidad instalada e impulsado la demanda de una mayor presencia de combustibles fósiles en la matriz energética y por ello las emisiones de carbono han incrementado drásticamente. Según el informe BP Statistical Review of World Energy (2018) indican que Brasil y México fueron responsables en 2018 del 2.7% de las emanaciones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial con un total de 905 millones de toneladas; además, Colombia y Perú a pesar de emitir una menor contaminación en comparación con esas dos potencias regionales, han doblado la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida en el aire en los últimos diez años.



Por su parte, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2018) hizo un llamado de atención sobre la economía de los países de la región y su impacto en las emisiones de carbono, indicando que es preocupante la dependencia excesiva y persistente de los productos primarios y los recursos naturales, y si esta situación continua la región sufrirá considerables daños físicos y naturales que incluyen la desaparición de biomas, reducción del rendimiento de cultivos, aparición de enfermedades tropicales y la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos; en tal efecto, consideran necesario que los países revisen la eficiencia y la eficacia de los instrumentos económicos para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

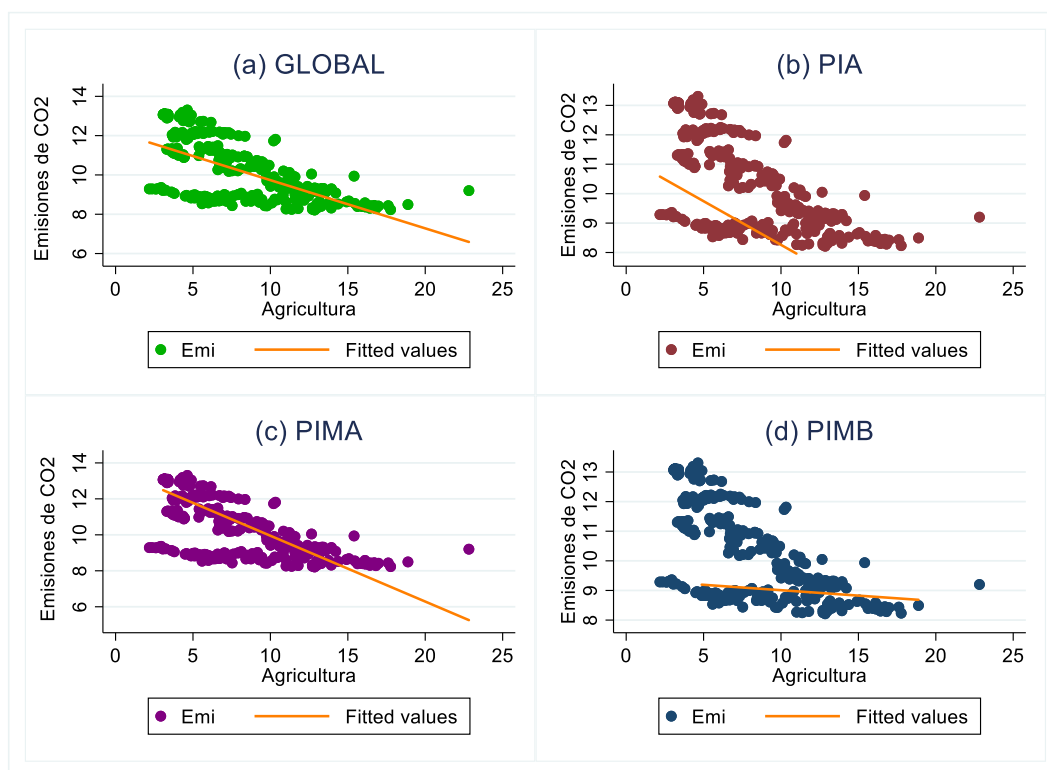
Asimismo, un nuevo informe de la ONU (2019) afirma que en los últimos cinco años en América Latina los sectores de energía y transporte representan dos tercios de las emisiones de dióxido de carbono de origen fósil y alrededor de 25% de las emisiones GEI; por tanto, recomiendan la neutralización de emisiones de la matriz energética y la electrificación total del transporte, con ello en 2030 la región podría evitar 1'100 toneladas de CO<sub>2</sub>, con lo cual se ayuda a disminuir la contaminación del aire en las ciudades y el sector salud podría ahorrar un gasto de 30'000 millones de dólares; por lo tanto, la sostenibilidad sigue siendo un objetivo vital a largo plazo, y para alcanzarlo es necesario enverdecer la economía.

De cara al futuro, el mayor reto para la región consiste en reducir las emisiones absolutas pese a los incrementos previstos del consumo y la producción. Ello requiere transformaciones estructurales hacia estilos de producción y consumo bajos en carbono. Al respecto, el comercio puede contribuir a esta transformación mediante las importaciones de bienes y servicios con una menor huella ambiental, así como a través de las exportaciones de bienes y servicios ambientales, aprovechando la creciente demanda internacional.

En la Figura 4 se observa la correlación de la variable independiente agricultura y la variable dependiente emisiones de CO<sub>2</sub> conforme al nivel de ingresos de los países de América Latina en el período 2000-2018. En el panel (a) de manera global se muestra una correlación fuerte negativa entre las variables, es decir, que cuando la producción agrícola aumenta las emisiones de carbono disminuyen; por su parte, los datos se ajustan a la línea de tendencia. En el panel (b) correspondiente a PIA se evidencia una correlación moderada negativa; sin embargo, los datos no se ajustan mayormente a la línea de tendencia. En el panel (c) PIMA se observa una correlación fuerte negativa, donde los datos se ajustan a la línea de tendencia.

**Figura 4**

*Correlación entre la agricultura y las emisiones de CO<sub>2</sub> en América Latina, período 2000-2018*



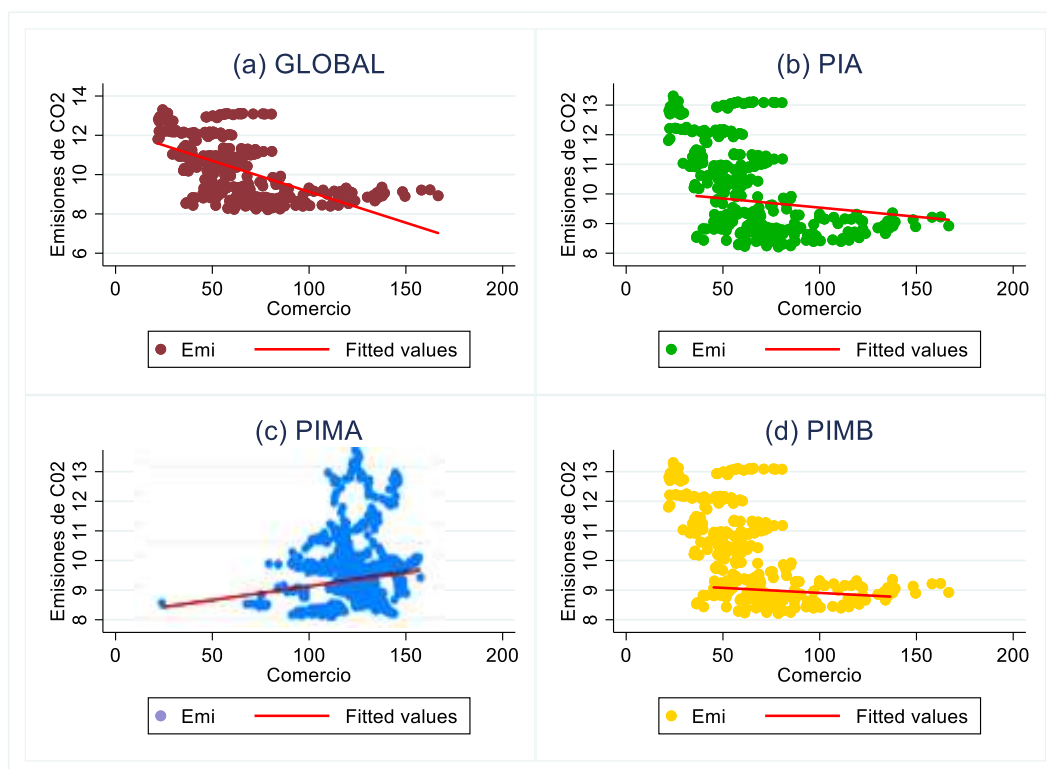
En el panel (d) PIMB se observa que los datos no se encuentran tan ajustados a la línea de tendencia y además se evidencia una correlación moderada negativa, que indica que un aumento en la producción agrícola tiende a disminuir lentamente las emisiones de carbono; esto como consecuencia de que cada vez más se va implementando tecnología para la mejora de prácticas de cultivo que permitirán una reducción de emisiones por unidad de alimento producida; además, los agricultores cada vez más están cultivando materias primas utilizadas para biocombustibles; igualmente, las plantas pueden secuestrar dióxido de carbono de la atmósfera y retenerlo en forma de biomasa y materia orgánica del suelo, por este motivo la agricultura puede mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>, metano y óxido nítrico.

En la Figura 5 se observa la correlación de la variable independiente comercio y la variable dependiente emisiones de CO<sub>2</sub> conforme al nivel de ingresos de los países de América Latina en el período 2000-2018. En el panel (a) de manera global se muestra que los datos se encuentran mayormente ajustados alrededor de la línea de tendencia y se evidencia una correlación moderada negativa, la cual nos indica que ante un aumento del comercio tendría una disminución en las emisiones de carbono, esto indica que los países de la región poco a

poco han ido adoptando prácticas sostenibles, sin embargo, la región aún presenta grandes desafíos; en este aspecto es importante que se dé cambios en la matriz productiva de los estados.

### Figura 5

*Correlación entre el comercio y las emisiones de CO<sub>2</sub> en América Latina, período 2000-2018*



En el panel (b) PIA se observa una correlación moderada negativa entre las variables y los datos se encuentran poco ajustados a la línea de tendencia; esto se explica porque los países de ingresos altos cuentan con procesos que generan menos emisiones, ya que incorporan tecnología amigable con el ambiente, esto también constituye un factor de diferenciación en los mercados internacionales que beneficia el comercio. Asimismo, en esos países existe un marco jurídico exigente que busca la sostenibilidad ambiental de los productos, por ello requieren que las empresas cumplan con ciertas exigencias como: licencias ambientales, impuestos, normas de salubridad y responsabilidad social; de esta manera, se logra que los productos tengan mayor competitividad y pueden expandirse a nuevos mercados.

En el panel (c) PIMA los datos se encuentran poco ajustados a la línea de tendencia y se indica una correlación moderada positiva entre las variables; esto significa que, a medida que incrementa el comercio las emisiones de carbono aumentan; dicha correlación se atribuye a que el sistema de producción y consumo de la región sigue estando basado en la acumulación

extractivista, por ello, se aboga en la inversión en sectores más sostenibles como la energía renovable, electromovilidad y bioeconomía. Asimismo, es importante la adopción de compromisos de reducción de los subsidios a los combustibles fósiles y la inclusión de mayores exigencias ambientales en los acuerdos comerciales del tipo Norte-Sur para elevar la competitividad entre países.

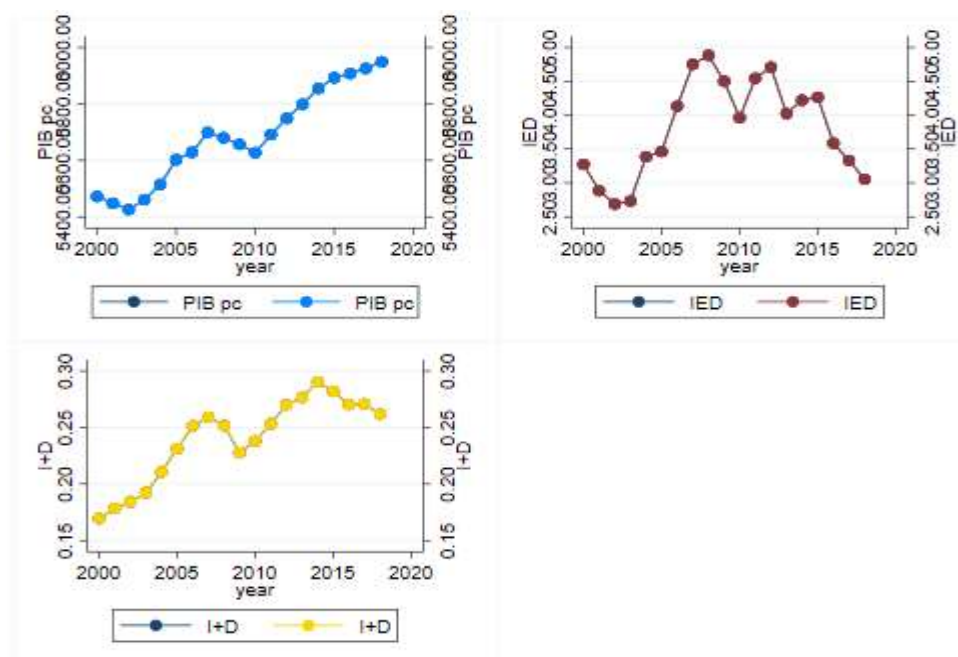
Para el panel (d) PIMB se evidencia una correlación débil negativa y los datos de las variables se encuentran distantes de la línea de tendencia; esto refleja que el comercio en algunos de estos países ayuda a disminuir el impacto medioambiental, sin embargo, en la gran mayoría de países latinoamericanos la expansión del comercio internacional da lugar a una mayor utilización de los servicios de transporte que usan gasolina o diésel, siendo responsables de la contaminación del aire y del suelo; por tal motivo, es conveniente el otorgamiento de incentivos a las compras públicas verdes y la reducción de las barreras no arancelarias a los bienes y servicios ambientales.

Bajo esta perspectiva, CEPAL (2018) indica que América Latina y el Caribe no solo necesita invertir más, sino que también mejor, lo cual impone la necesidad de que la inversión presente un equilibrio correcto entre resiliencia, eficiencia y sostenibilidad, resulta fundamental para avanzar en la Agenda 2030 y para mejorar el desempeño de las cadenas de valor. La resiliencia de estas depende, en buena medida, de la disponibilidad y correcto funcionamiento de las redes de infraestructura, transporte, energía renovable, servicios de telecomunicaciones, que conlleven a estimular el uso de procesos y tecnologías de producción más limpios; estos cambios pueden surgir espontáneamente de la competencia entre empresas o promoverse mediante políticas públicas.

Posteriormente, para profundizar el análisis se realiza los gráficos de evolución y correlación de las variables de control incluidas en el modelo. Por lo tanto, la Figura 6 muestra el comportamiento del PIB per cápita, la inversión extranjera directa y la investigación y desarrollo, durante el período de estudio. De manera general, se observa que el PIB per cápita tiene una tendencia creciente a lo largo del tiempo, sin embargo, ha habido años de decadencia asociados a factores como: crisis económicas y financieras que produjo estancamiento de salarios, privatización de servicios en 2008-2010; la caída del precio del petróleo en el año 2015 que afecto mayormente a Ecuador y Venezuela; debilitamiento democrático en Argentina y Brasil en 2016.

**Figura 6**

*Evolución de las variables de control en América Latina, período 2000-2018*



En el caso de la inversión extranjera directa se evidencia un comportamiento volátil, debido a diversos factores; por una parte, desde 2000 hasta 2003 se presenta una disminución, dado que en el mercado global los precios de los productos básicos tendieron a caer, a excepción de algunas materias primas como el petróleo y el oro. Sumado a esto, Ffrench (2002) menciona que las bolsas mundiales registraron en 2002 reducciones generales en sus cotizaciones; por lo que, los inversores mostraron preferencia en activos considerados seguros como: el sector petrolero y el de vivienda, cuyos precios subieron de forma significativa, por ello en México y la Cuenca del Caribe los ingresos sufrieron menos variaciones, mientras América del Sur fue la más afectada.

Posteriormente, en 2007 se evidencia que los flujos de IED han crecido consecutivamente, siendo este último año donde llegó a su nivel más alto; por otro lado, en el periodo 2008-2010 se evidenció un decrecimiento como consecuencia de la crisis financiera global, escenarios de inestabilidad económica que ocurren dentro de una nación, que en sí; afecta a la confianza de inversores extranjeros. Asimismo, para el año 2018 según el informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2019) los flujos de IED a América Latina y el Caribe disminuyeron un 6 % en 2018, lo equivale a 147.000 millones de dólares, cuyo efecto más notorio fue en el descenso de la inversión dirigida a Brasil y Colombia.

Con ello, CEPAL (2017) menciona que la inversión extranjera directa ha hecho aportes relevantes en América Latina y el Caribe, pero no hay elementos que permitan afirmar que en la última década haya contribuido a cambios significativos en la estructura productiva de la región o que haya servido como catalizador para la transformación del modelo de desarrollo productivo; por ello, sugieren que los gobiernos y el sector privado utilicen sus capacidades para que la política de atracción de capitales extranjeros sea parte de la política industrial como instrumento de transformación de la estructura productiva, y tenga a bien disminuir los impactos ambientales.

En cuanto, a la evolución de la variable gasto en investigación y desarrollo se demuestra un comportamiento volátil durante el período de estudio, es decir, que para unos años incrementaba, mientras que en otros disminuía y todo ello dependía de los ingresos que disponía cada economía. En este sentido, se puede observar que la gestión de la I+D en las economías emergentes ha venido tomando impulso a partir de la necesidad de mejorar su competitividad en relación al resto del mundo. Sin embargo, según la OCDE (2016) indica que América Latina muestra niveles bajos de inversión en I+D, un bajo involucramiento del sector privado en estas actividades, poca producción de patentes y un mayor peso relativo de la investigación básica sobre la investigación aplicada.

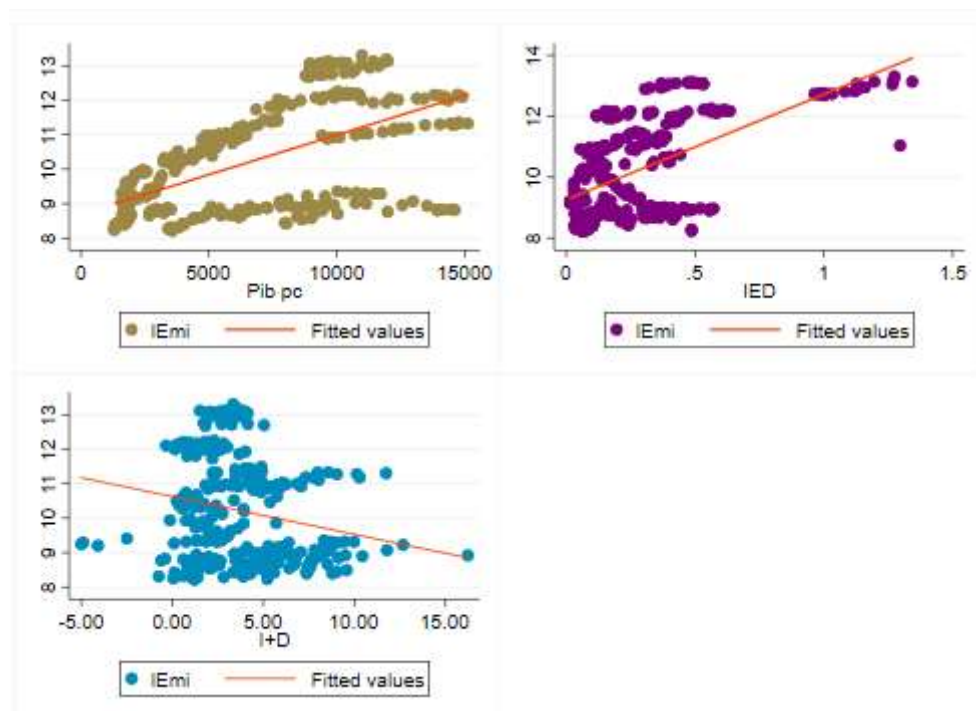
Además, según un informe publicado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2018) indica que la región latinoamericana enfrenta otras dificultades que impiden el adecuado desarrollo de sus sistemas de innovación, tales como la insuficiente presupuestación pública, la falta de infraestructura física de calidad, la poca vinculación existente entre las universidades y la industria, el rezago en materia de formación de recursos humanos especializados, los mecanismos ineficientes para evaluar a los investigadores, el peso de los escenarios políticos futuros, la baja existencia de conglomerados industriales y la complejidad de los marcos normativos aplicables.

De igual manera, se realiza el análisis de los gráficos de correlación respecto a las variables de control incluidas en el modelo para América Latina, donde la Figura 7 muestra los resultados. Las variables PIB per cápita y emisiones de carbono evidencian una correlación moderada positiva, lo que indica que algunos datos están cerca de la línea, pero otros están lejos de ella; en consecuencia, la relación de las variables demuestra que cuando aumenta el PIB per cápita también lo hace la contaminación ambiental. Esta situación, se atribuye a que el estándar de vida tiende generalmente a incrementarse a medida que el PIB per cápita aumenta

y con ello se requiere de un incremento en la quema de combustibles fósiles empleados para el desarrollo del sector industrial y agrícola.

### Figura 7

*Correlación entre las emisiones de carbono y las variables de control en América Latina, período 2000-2018*



Asimismo, para la relación entre la inversión extranjera directa y las emisiones de dióxido de carbono se evidenció una correlación moderada positiva en América Latina, que indica que ante cambios en la IED también lo harán las emisiones, esta situación es explicada porque en la región varios proyectos de IED no se ajustan a los criterios mínimos de sostenibilidad ambiental sobretodo en los países más pobres; no obstante, en otras economías como México y Colombia, ha habido incentivos a los inversionistas como la exención del pago del impuesto general de importación o de exportación en equipos anticontaminantes, maquinaria, instrumentos y materiales para la investigación o desarrollo tecnológico relacionado con fuentes renovables de energía y tecnologías limpias.

Por último, se evidencia una correlación moderada negativa entre el gasto en investigación y desarrollo y las emisiones de dióxido de carbono en América Latina, es decir, que ante un aumento en el gasto en I+D existirá reducción en la contaminación ambiental; esto se cumple debido a que en la región cada vez más se están realizando esfuerzos en materia de investigación y apoyo a la innovación, reflejo de esto son los diferentes programas y

asignaciones presupuestarias orientadas al desarrollo del talento humano, al incremento la producción científica del país y al financiamiento de proyectos innovadores que pongan en marcha nuevos procesos, sistemas o servicios, o a su vez la mejora sustancial de los ya existentes que contribuyan a los objetivos de desarrollo y sostenibilidad de los países.

## **6.2 Objetivo específico 2**

*Estimar la relación entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control mediante regresiones cuantílicas por grupo de países, en el período 2000-2018.*

Para dar respuesta al segundo objetivo los resultados se presentan en dos partes: primeramente, se realiza una estimación GLS y luego se desarrolla regresiones cuantílicas de las variables en estudio. Antes de la regresión GLS, se aplicó la prueba del factor de inflación de la varianza (VIF) propuesta por Kleinbaum (1988) donde se evidenció que las variables independientes no presentan multicolinealidad, debido a que los valores obtenidos son inferiores a 0.08 (Anexo 3). Posteriormente, se empleó el test de Hausman (1978) para determinar si existe diferencia sistemática entre los estimadores de efectos fijos (FE) y aleatorios (RE), en tal sentido, los resultados establecieron que se debía utilizar estimaciones de efectos fijos en todos los paneles, dado que la probabilidad de  $\chi^2$  es de 0.000 (Anexo 4).

Por otro lado, se realizó el test de Wald (1943) donde se encontró que la probabilidad  $\chi^2 = 0.000$  cuyo valor es inferior a 0.05; por tanto, se concluye que las variables presentan heterocedasticidad en todos los paneles (Anexo 5). Asimismo, se aplicó la prueba de autocorrelación de Wooldridge (2002) donde se determinó una probabilidad de  $\chi^2 = 0.013$  y al ser ese valor inferior a 0.05, se concluye que existe autocorrelación en las variables para el panel PIA; sin embargo, de acuerdo al nivel de ingreso PIMA y PIMB no se presenta autocorrelación (Anexo 6). Luego para corregir estos problemas y generar estimadores consistentes, se procedió a aplicar el modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS).

En la Tabla 4 se muestra la estimación GLS con las variables de control de acuerdo con el nivel de ingresos de los países de América Latina en el período 2000-2018, donde se puede apreciar que en la regresión global existe una relación positiva y significativa entre la agricultura y las emisiones de dióxido de carbono, es decir, que ante el aumento de 1% en la producción agrícola las emisiones de carbono aumentan en 0.027 kilotoneladas. De igual manera, se da una relación positiva y significativa entre el comercio y las emisiones de dióxido



de carbono, lo que significa, que ante un aumento del 1% en el comercio habrá un incremento de 0.093 kilotoneladas de emisiones de carbono.

**Tabla 4**

*Regresión básica con las variables de control en América Latina, período 2000-2018.*

	<b>Global</b>	<b>PIA</b>	<b>PIMA</b>	<b>PIMB</b>
Agricultura	0.027*** (4.63)	-0.055** (-6.77)	0.073*** (5.01)	0.019** (2.73)
Comercio	0.093*** (7.46)	-0.091** (-2.72)	0.026*** (9.39)	0.011* (4.33)
PIB per cápita	0.014*** (12.45)	-0.001 (-0.22)	0.016*** (9.37)	0.002* (2.08)
Inversión Extranjera Directa	0.006 (1.23)	0.033 (1.35)	0.031* (5.11)	0.004 (0.81)
Investigación + Desarrollo	0.389 (1.86)	0.644 (6.89)	0.426 (1.96)	-0.080** (-2.53)
Constante	9.969*** (68.55)	11.192*** (11.56)	11.491*** (46.28)	8.272*** (27.76)
Observaciones	323	57	190	76
chi2	500.901	153.802	632.000	14.361

*Nota:* *t* estadístico entre paréntesis; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

En base al contexto anterior, para la relación entre el PIB per cápita y las emisiones de carbono está es positiva y estadísticamente significativa, lo que nos indica que al incrementar 1% en el PIB per cápita aumentarán las emisiones de carbono en 0.014 kilotoneladas. En cuanto a las variables IED y gasto en I+D no resultaron significativas en el modelo; esto podemos atribuir a que existen más factores que explican la relación entre las variables antes mencionadas y las emisiones de dióxido de carbono, tales como: consumo de energía, estándares ambientales, grado de industrialización, población, transferencia de tecnología, subvenciones a combustibles fósiles, cultura empresarial, etc.

En la regresión PIA se evidencia que existe una relación negativa y significativa entre la agricultura y las emisiones de dióxido de carbono; por tanto, ante un aumento de 1% en la producción agrícola las emisiones disminuirían en 0.055 kilotoneladas. De igual modo, se observa una relación negativa y significativa entre el comercio y las emisiones; esto indica que ante un incremento del 1% en el comercio se tendrá una disminución de la contaminación en

0.091 kilotoneladas. Por otro lado, no se encuentra una relación estadísticamente significativa para el PIB per cápita, la inversión extranjera directa y el gasto en investigación y desarrollo con las emanaciones de carbono.

En la regresión del panel PIMA se encontró una relación positiva y significativa entre la agricultura y las emisiones; puesto que, un incremento del 1% en la producción agrícola tiende a aumentar en 0.073 kt de contaminación. De igual modo, se muestra una relación positiva y significativa entre el comercio y las emisiones; por ello, ante un incremento de 1% en el comercio se tendrá un aumento de 0.026 kt de contaminación. Asimismo, se evidencia un efecto positivo entre las emisiones y el PIB per cápita, es decir que ante un aumento de 1% en el PIB per cápita las emisiones se incrementarían en 0.016 kilotoneladas. En cuanto a la relación entre IED y emisiones es positiva, incrementando en 0.031 kilotoneladas la contaminación.

Finalmente, en la regresión PIMB se encontró una relación positiva entre la agricultura las emisiones de carbono; por lo tanto, ante un aumento de 1% en el valor agrícola incrementaría en 0.019 kt las emisiones. Asimismo, existe un efecto positivo entre el comercio y las emisiones, lo cual aumenta en 0.011 kt la contaminación. Igualmente, se observa una relación positiva entre el PIB per cápita y las emisiones, con lo cual se incrementa la contaminación en 0.02 kt. Por otro lado, existe una relación negativa y significativa entre el gasto de innovación y desarrollo con las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que nos indica que ante un aumento del 1% destinado a la I+D se disminuye en 0.008 kt de emanaciones de carbono.

En efecto, se ha determinado que los países de ingreso mediano alto y bajos necesitan mayor inversión del sector público y privado para que exista un crecimiento más ecológico; a su vez, se requiere de distintas estrategias como: implementación de un mercado nacional del carbono, donde a medida que más países establezcan precios para las emisiones se dé mayores posibilidades para reorientar los flujos de producción y comercialización de bienes hacia iniciativas con planteamientos inteligentes respecto a la naturaleza. Asimismo, en las economías donde el nivel de desarrollo es adecuado, la innovación tecnológica adquiere mayor importancia para alcanzar los objetivos económicos con menor impacto ambiental.

Antes de estimar las regresiones cuantílicas, se realizó una gráfica para ver el comportamiento que presentan los cuantiles de las variables de estudio en relación con los cuantiles de una distribución normal; los resultados indican que todas las variables no poseen una distribución lineal, lo cual es más evidente en las emisiones de carbono, el PIB per cápita,

la inversión extranjera directa y el gasto en investigación y desarrollo, en tanto que, las variables de agricultura y comercio presentan menores dispersiones respecto a la distribución normal, evidenciándose también que hay mayor variabilidad en sus extremos (Anexo 7). Además, mediante este comportamiento de impactos heterogéneos se justifica la aplicación de regresiones cuantílicas.

La Tabla 5 muestra las estimaciones por regresiones cuantílicas del panel global para todas las variables del modelo obtenidas para América Latina, en el período 2000-2018. La variable independiente agricultura en la mayoría de cuantiles presenta un efecto positivo con las emisiones de carbono, siendo esta relación estadísticamente significativa; es decir, que a medida que se incrementa la agricultura contribuye a mayores emisiones de CO<sub>2</sub>; esto se debe a que en la región aún predomina la agricultura convencional, la cual utiliza insumos y productos que provocan degradación ambiental. Sin embargo, en algunos países de América Latina se han planteado estrategias para que la agricultura sea sostenible, ya sea mediante inversión pública o privada.

**Tabla 5**

*Regresión cuantílica del panel global con variables de control*

	<b>0.10</b>	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	<b>0.40</b>	<b>0.50</b>	<b>0.60</b>	<b>0.70</b>	<b>0.80</b>	<b>0.90</b>
Agricultura	0.051 ***	0.020	0.092 ***	0.221 *	0.133 ***	0.142 **	0.141	0.105 ***	0.116 ***
	(8.41)	(0.37)	(3.88)	(2.18)	(3.92)	(2.87)	(0.6)	(5.02)	(12.50)
Comercio	0.003 *	0.006	0.021 ***	-0.021	0.023 *	0.012 ***	0.012 *	0.085 ***	0.003 *
	(2.53)	(1.04)	(7.69)	(-1.32)	(13.65)	(10.7)	(6.61)	(6.34)	(3.96)
PIB per cápita	-0.001 *	0.005	-0.008 **	-0.005	0.007 **	0.007 *	0.001	0.009 **	0.017 ***
	(-2.08)	(0.50)	(-3.13)	(-0.06)	(2.61)	(2.05)	(1.87)	(2.76)	(6.96)
Inversión Extranjera Directa	-0.026 ***	-0.012	-2.015 **	-0.042 *	0.034 *	0.042 ***	0.023	0.030 *	0.051 ***
	(5.74)	(-0.40)	(-2.23)	(-2.10)	(2.79)	(3.38)	(0.92)	(3.15)	(4.38)
Investigación +Desarrollo	-0.452 **	-1.784 ***	-1.446 ***	-1.104 ***	-1.012 ***	-0.946 **	-1.064 **	-1.130 ***	-1.759 ***
	(-5.22)	(-3.52)	(-9.40)	(-8.30)	(-3.77)	(-6.19)	(-3.05)	(-5.53)	(-10.46)
Constante	9.291 ***	8.964 ***	11.483 ***	13.461 **	12.284 ***	12.373 **	10.812 *	11.951 ***	11.608 **
	(51.50)	(5.77)	(26.65)	(8.41)	(24.47)	(18.48)	(8.04)	(23.31)	(56.89)
Observaciones	323	323	323	323	323	323	323	323	323

*Nota:* *t* estadístico entre paréntesis; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

En relación a lo expuesto anteriormente, podemos citar dos ejemplos: En México, durante 2016 y 2017 se desarrolló un proyecto de fomento de tecnologías eficientes y bajas en emisiones para el sector agrícola, lo cual permitió que 1'842 agronegocios redujeran sus emisiones netas en 6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, además de producir energía a partir de biomasa. De igual manera, en Chile se dieron los Acuerdos de Producción Limpia (APL) que permitieron a 340 miembros de la agricultura familiar aumentar en 15% sus ingresos y reducir en 350 toneladas las emisiones de carbono; puesto que se disminuyó el uso de energía, residuos y uso de plaguicidas en 4%, además de mejorar el uso del agua y el suelo.

Por consiguiente, es necesario tomar en cuenta que los productores en pequeña escala necesitan el apoyo de marcos normativos para poder invertir en tecnologías de mejora de la productividad y prácticas agrícolas sostenibles. En muchos países latinoamericanos como; Ecuador, Perú, Bolivia y Uruguay, los pequeños agricultores todavía tienen un acceso limitado a las innovaciones, la tecnología, los conocimientos y la información necesarios para aumentar la productividad y los ingresos. Además, será imprescindible conectar a los productores con fuentes de insumos y crédito, así como con inversiones públicas en investigación y desarrollo ajustadas a sus necesidades.

La variable independiente comercio muestra una relación positiva y significativa en la mayoría de cuantiles; en esta situación, se puede decir que en la región latinoamericana a medida que aumenta el comercio de bienes y servicios, las emisiones de carbono tienden a incrementarse; en tal efecto, es importante que se utilice procesos de producción y comercialización sostenible, como es el caso de la utilización de transporte con energías renovables. En cuanto a la variable de control PIB per cápita muestra un efecto negativo con las emisiones de carbono en los cuantiles más bajos y un efecto positivo en los cuantiles más altos, por tanto, se evidencia el no cumplimiento de la hipótesis de Kuznets.

En relación a la variable IED los resultados indican que en los cuantiles más bajos se da un efecto negativo con las emisiones de carbono, en tanto que, en los cuantiles más altos se muestra una relación positiva y significativa; estos hallazgos nos demuestran que los países latinoamericanos de ingresos mediano bajos y bajos, que son receptores de mayor inversión extranjera directa tienden a incrementar sus cifras de emisiones de carbono, debido a que los procesos productivos de las empresas inversionistas no son los más amigables con el ambiente, sin embargo, también hay inversiones en IED que respetan la reglamentación ambiental de los

países receptores, por lo tanto, tienen un menor impacto en la contaminación y a la vez refleja un compromiso de mayor responsabilidad social.

La variable investigación y desarrollo presenta un efecto negativo para las emisiones de carbono en todos los cuantiles y es estadísticamente significativa, atribuyendo a que, en los países desarrollados como Chile, las empresas privadas contribuyen aproximadamente con la mitad del gasto total en investigación y desarrollo a mejorar la productividad, de acuerdo con las necesidades de cada territorio; asimismo, en las economías emergentes (Brasil, Costa Rica y México) aportan a la I+D un 5 % de su PIB. Algunas de las estrategias para incrementar el gasto en I+D en la región serían herramientas normativas que ayuden a alentar una mayor participación privada que permita a las empresas o individuos realizar actividades económicas sostenibles en los distintos sectores de la economía.

En la Tabla 6 se presenta las regresiones cuantílicas de las variables del modelo de acuerdo a los países de ingreso alto (PIA) de América Latina, donde se puede evidenciar que la agricultura disminuye las emisiones de carbono en toda la distribución cuantílica, debido a que estas economías poseen una agricultura diversificada, mediante prácticas sostenibles como: rotación de cultivos, sistemas sin labranza, manejo de plagas, altos estándares de calidad e inocuidad, etc. Además, mediante el apoyo del gobiernos y asociaciones público-privadas poseen incentivos para la conservación de los recursos naturales; esto ha permitido que el sector silvoagropecuario chileno y uruguayo aportarán a la captura del 60% de las emisiones de esos países.

**Tabla 6**

*Regresión cuantílica del panel PIA con variables de control*

	<b>0.10</b>	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	<b>0.40</b>	<b>0.50</b>	<b>0.60</b>	<b>0.70</b>	<b>0.80</b>	<b>0.90</b>
Agricultura	-0.072 **	-0.281 **	-0.703 *	-0.817 *	-2.051	-0.984 *	-0.453	-0.581 **	-0.405 ***
	(-4.96)	(-3.68)	(-3.10)	(-2.94)	(-0.70)	(-2.01)	(-1.62)	(-6.07)	(-14.43)
Comercio	0.001 *	0.073 *	0.021 **	-0.037	0.148 **	0.046 ***	0.017 ***	0.023 **	0.015 **
	(2.87)	(2.36)	(2.45)	(-1.63)	(0.68)	(3.33)	(4.60)	(3.06)	(3.84)
PIB per cápita	0.060 **	-0.053 **	-0.002 ***	-0.004 ***	-0.014	-0.051	-0.028	-0.017	-0.003
	(5.48)	(-2.54)	(-5.98)	(-3.29)	(-0.53)	(1.08)	(0.07)	(-1.42)	(-0.87)
Inversión Extranjera Directa	0.025 **	0.079 *	0.087 **	0.138	0.160	0.047	0.020	0.017	0.025
	(12.94)	(2.54)	(3.32)	(1.55)	(0.90)	(1.29)	(1.10)	(1.76)	(0.87)

Investigación + Desarrollo	-0.481 **	-2.608 *	-7.330 ***	-7.472 ***	-4.511 **	2.743	3.499	-2.938 ***	-2.365 ***
	(-2.98)	(-2.21)	(-5.76)	(-3.90)	(3.22)	(1.23)	(1.85)	(-5.92)	(-4.68)
Constante	8.410 **	10.471 **	14.46 ***	18.973 **	48.294	24.323*	12.914	16.673 ***	13.639 ***
	(40.11)	(17.02)	(3.40)	(3.11)	(0.77)	(2.07)	(1.84)	(6.21)	(20.28)
Observaciones	57	57	57	57	57	57	57	57	57

*Nota:*  $t$  estadístico entre paréntesis; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Por otro lado, el comercio provoca un aumento en la contaminación en la mayoría de cuantiles; esto sucede porque aún se siguen patrones irracionales de consumo de recursos, puesto que se utilizan de forma ineficiente y se desperdicia más energía de la necesaria. Asimismo, en algunos países que pese a ser de ingresos altos como Panamá y Uruguay, la cuestión medioambiental dentro de las empresas es aún demasiado incipiente y pocas empresas logran observar los beneficios económicos que esto trae; en tal efecto, es necesario que las empresas logren transitar por la senda verde para así adaptarse a los nuevos mercados y tener ventajas comparativas.

La variable PIB per cápita evidencia una relación negativa y significativa con las emisiones en los cuantiles más bajos, es decir no hay cumplimiento de la curva de Kuznets; en este sentido, el crecimiento económico de los países PIA ayuda a disminuir las emisiones de carbono debido a que en estas economías las estructuras productivas están enfocadas mayormente en el sector servicios, además, poseen mejores tecnologías como las fuentes de energía renovable que favorecen a las condiciones ambientales, donde Chile es pionero en la región latinoamericana. Sumado a ello, en los PIA se da más atención a la protección de los recursos naturales y la biodiversidad.

La inversión extranjera directa (IED) presenta una relación positiva y significativa con las emisiones de carbono solamente en los cuantiles más bajos, correspondiendo así al cuantil 0.10, 0.20 y 0.30. En este sentido, se argumenta que en la región latinoamericana aún se extrae petróleo, minería y demás productos primarios que tienen una carga medioambiental alta y que en las naciones desarrolladas dejan de producir estos bienes para invertir en los países en vías de desarrollo debido a los bajos controles ambientales, para posteriormente los productos ser importados a sus países. Por tanto, es necesario que las economías estén más enfocadas en los sectores menos contaminantes como servicios, telecomunicaciones y logística.

La variable investigación y desarrollo disminuye las emisiones de dióxido de carbono en la mayoría de cuantiles; estos resultados son de importancia, en la medida que la I+D representa una oportunidad para mejorar los procesos productivos mediante la reducción del coste y aumento de la eficiencia que conducirá a la generación de productos innovadores, a la vez que ayudan a la prevención y control de la contaminación medioambiental. Por otro lado, la I+D puede impactar de forma positiva en el estilo de vida y hábitos de consumo esencial para disminuir la polución. Todos estos elementos evidencian la importancia de que se motive y concientice a los gobiernos y empresas a incrementar sus inversiones en I+D.

La Tabla 7 presenta las regresiones cuantílicas de las variables del modelo en estudio para los países de ingreso mediano alto (PIMA) de América Latina. Los resultados de la variable agricultura frente a las emisiones de carbono evidencian una relación positiva y significativa en todos los cuantiles; esto como consecuencia que en estas economías el sector agrícola sigue teniendo inconvenientes en la adopción de prácticas sostenibles, ya sea porque los gobiernos no destinan suficientes recursos económicos para este sector o debido a las preferencias ambientales de los agricultores que por características culturales, socioeconómicas o factores del mercado no se han atrevido a cambiar su productividad agrícola.

**Tabla 7**

*Regresión cuantílica del panel PIMA con variables de control*

	<b>0.10</b>	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	<b>0.40</b>	<b>0.50</b>	<b>0.60</b>	<b>0.70</b>	<b>0.80</b>	<b>0.90</b>
Agricultura	0.091 **	0.024 **	0.073 **	0.041 *	0.065 *	0.083 **	0.062 **	0.092 ***	0.003 **
	(6.02)	(4.73)	(5.05)	(2.88)	(2.30)	(4.37)	(6.76)	(14.01)	(2.99)
Comercio	0.015 **	0.041 **	0.044 **	0.031 **	0.021 **	0.024 *	0.015 **	0.063 **	0.072 **
	(36.02)	(14.13)	(14.3)	(7.07)	(4.62)	(5.31)	-4.65)	(3.75)	(10.11)
PIB per cápita	-0.015 ***	-0.008 **	-0.011 **	-0.046 **	0.001	0.004 *	0.002	0.002 ***	0.037 **
	(-12.52)	(-2.79)	(-5.98)	(-3.47)	(1.43)	(2.05)	(0.49)	(6.39)	(7.78)
Inversion Extranjera Directa	0.073 **	0.001 **	0.005 **	0.001 **	-0.041	-0.123 **	-0.044 *	-0.083 **	-0.042 **
	(7.75)	(8.47)	(5.22)	(2.91)	(-0.62)	(-3.98)	(-6.31)	(-11.00)	(-3.12)
Investigaci ón + Desarrollo	-0.813 **	-0.084 **	-0.289 **	-0.607 **	-0.645 **	-0.073 ***	-0.089 **	-0.012 **	-0.003 **
	(-4.14)	(-3.44)	(-4.54)	(-3.98)	(-6.06)	(-7.27)	(-8.68)	(-12.32)	(-2.78)

Constante	12.981 *	14.323 *	13.305 *	15.979 **	12.307 **	14.100 **	14.581 *	13.090 **	10.441 *
	(72.69)	(23.80)	(42.62)	(9.38)	(6.76)	(19.62)	(19.61)	(35.58)	(16.62)
Observaciones	190	190	190	190	190	190	190	190	190

*Nota:* *t* estadístico entre paréntesis; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

La variable comercio presenta una relación positiva y significativa con las emisiones de carbono en todos los cuantiles; en este sentido, los países de ingreso mediano alto generan un alto valor de emisiones de carbono debido a que la comercialización de productos se lo realiza con combustibles fósiles, ya sea para la fabricación o la transportación. Por tanto, es necesario que se siga fortaleciendo la integración de políticas ambientales y comerciales en las cadenas de valor, puesto que los mercados globales cada vez más exigen al sector agrícola exportador requisitos ambientales para de esta manera estimular el uso de procesos y tecnologías de producción más limpias.

Por otro lado, el PIB per cápita muestra una relación negativa y significativa con las emisiones de dióxido de carbono en los cuantiles más bajos y un efecto positivo en los cuantiles más altos, por tanto, no se cumple la curva de Kuznets. Estos resultados podemos analizarlos bajo la perspectiva de que ante un aumento del ingreso per cápita se da un efecto de incremento en el comercio debido al consumo de bienes y servicios, y por tanto se da un aumento en los desechos que por consecuencia van a generar perturbaciones indeseables sobre el medio ambiente; al respecto, es relevante la adopción de compromisos para la reducción de subsidios a los combustibles fósiles, que son los principales contribuyentes en el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La variable IED presenta una relación positiva y significativa con las emisiones de dióxido de carbono en los cuantiles más bajos y un efecto negativo en los cuantiles más altos; estos resultados se los atribuye a que en varios países de ingreso mediano alto como Ecuador, Perú y Venezuela reciben inversiones que tienen como fin la explotación de los recursos naturales (minería y petróleo) donde su extracción excede a su conservación; no obstante, en algunos casos hay una reducción de contaminación debido a las regulaciones impuestas. Sin embargo, es necesario estrategias de gestión sostenible, así como la certificación de estándares industriales que demuestre que las empresas tienen un compromiso social y ambiental.

En el caso del gasto en investigación y desarrollo se evidencia que existe un efecto negativo con las emisiones de carbono en todos los cuantiles; respecto a estos resultados, es



importante mencionar que la I+D para los países de ingreso mediano alto es beneficiosa en el sentido que sirve para prevenir o reducir las cargas antropogénicas sobre el medio ambiente, limpiar el daño ya causado o monitorizar los ecosistemas, innovar en procesos, equipamientos, productos, técnicas y sistemas de gestión con el fin de evitar o reducir los impactos medioambientales. Desde esta perspectiva es preciso involucrar a todos los actores para que se destine mayores recursos a la innovación, a su vez se requiere de una coordinación efectiva entre las instituciones y la coherencia política en los niveles nacionales y regionales.

La Tabla 8 contiene las regresiones cuantílicas de las variables del modelo propuesto, para los países de ingreso mediano bajo (PIMB) de América Latina. Los resultados evidencian que la relación entre la agricultura y las emisiones de CO<sub>2</sub> mantienen un efecto positivo en todos los cuantiles, esto a raíz de que existe bastante dependencia hacia insumos externos en la producción como los fertilizantes químicos y los plaguicidas; además, persiste una brecha de tecnología importante en los procesos de postcosecha y los de transformación, por ello es necesario el uso de biotecnología para mejorar la productividad, competitividad, recuperación de suelos, sistemas de regadío, etc.

**Tabla 8**

*Regresión cuantílica de panel PIMB con variables de control*

	<b>0.10</b>	<b>0.20</b>	<b>0.30</b>	<b>0.40</b>	<b>0.50</b>	<b>0.60</b>	<b>0.70</b>	<b>0.80</b>	<b>0.90</b>
Agricultura	0.051 **	0.063 **	0.071 *	0.052 *	0.112 ***	0.076 *	0.123 *	0.081 **	-0.051 **
	(17.52)	(4.82)	(2.50)	(3.12)	(3.48)	(2.83)	(2.02)	(3.90)	(-2.60)
Comercio	0.003 ***	0.034 ***	0.032 **	0.061 ***	0.006 ***	0.091 *	0.063 **	0.044 **	0.012 **
	(8.68)	(6.02)	(3.17)	(4.47)	(6.36)	(7.23)	(4.80)	(3.02)	(2.07)
PIB per cápita	-0.031 ***	-0.016 ***	-0.002 ***	-0.018 **	-0.057 **	-0.031	0.06	0.025	0.071
	(-3.90)	(-5.58)	(-2.88)	(-4.63)	(-2.85)	(-1.15)	(1.80)	(0.64)	(1.60)
Inversión Extranjera Directa	0.046 (0.30)	0.435 (1.28)	1.541 (1.23)	0.810 (0.14)	-0.022 (-7.63)	-3.726 (-3.73)	-2.583 (-2.46)	-2.304 (-2.50)	-2.547 (-4.53)
Investigación +Desarrollo	-0.003 ***	-0.013 **	-0.011 ***	-0.017 **	-0.047 ***	-0.021 ***	-0.058 **	-0.024 *	-0.011 *
	(-2.79)	(2.58)	(3.65)	(-2.02)	(-3.56)	(-2.40)	(-3.32)	(-4.25)	(-2.02)
Constante	9.138 **	9.292 *	9.653 **	8.926 *	10.415 **	9.449 *	11.271	9.449 *	8.327 *
	(108.00)	(24.05)	(13.10)	(7.63)	(13.28)	(9.13)	(6.35)	(7.02)	(11.70)

Observaciones	76	76	76	76	76	76	76	76	76
---------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

*Nota: t estadístico entre paréntesis; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$*

Asimismo, la variable comercio tiene un efecto positivo y significativo con las emisiones en todos los cuantiles, esto significa que a medida que se comercializa más bienes la contaminación es mayor; las razones de tal incremento se deben a que los países en vías de desarrollo generalmente no cuentan con una industria amigable con el ambiente que les permita tener un uso racional de materias primas y energía, ya que invertir en nuevas tecnologías les resulta caro para las empresas incipientes; en cambio, en las empresas exportadoras incluyen estrategias de internalización y planes de marketing medioambiental, que de cierta manera tratan de mitigar los impactos de la contaminación.

En relación a la variable PIB per cápita se puede observar un efecto negativo con las emisiones de carbono en los cuantiles más bajos, desde 0.10 hasta 0.50 evidenciándose el no cumplimiento de la curva de Kuznets. Estos resultados se deben a que en los países de ingreso mediano bajo a medida que se va acumulando riqueza los individuos se encuentran en mejores condiciones para afrontar y reparar el daño ambiental que es provocado por el crecimiento económico; en términos de política es recomendable mantener un continuo proceso de innovación tecnológica referente a la eficiencia energética para la creación de industrias limpias y reducir la cantidad de residuos.

La variable IED muestra una relación negativa y significancia con las emisiones de carbono en los cuantiles más altos; esto a razón de que, la inversión extranjera directa socialmente responsable conlleva a una disminución de la contaminación al utilizar en sus procesos de producción o distribución energía renovable. Al respecto, es importante mencionar que las economías deben aprovechar las posibilidades que ofrece la IED para favorecer el tejido productivo y para que estos capitales sirvan de transferencia de conocimientos y tecnología a los territorios locales con el fin de que los países menos desarrollados de la región se orienten cada vez más a un nuevo modelo de producción y consumo sostenible e inclusivo.

Finalmente, la variable gasto en investigación y desarrollo muestra una relación negativa y significativa con las emisiones de dióxido de carbono en todos los cuantiles; puesto que, la innovación ayuda a la gestión de contaminación mediante procedimientos más eficaces de gestión de recursos, ya sea al reducir el consumo de energía, sustancias químicas, vertidos líquidos y residuos que den lugar a menos emisiones atmosféricas. En consecuencia, es

importante que los países de ingreso mediano bajo (PIMB) reciban inversión internacional para el apoyo de la I+D en sectores innovadores específicos, la misma que debe ser gestionada y distribuida de manera eficiente mediante las instituciones públicas, empresas y otros actores.

### **6.3 Objetivo específico 3**

*Estimar la relación de causalidad entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control en América Latina, para el período 2000-2018.*

Para dar cumplimiento al tercer objetivo, se aplicó varias pruebas de diagnóstico; al respecto, se realizó la prueba de homogeneidad propuesto por Pesaran y Yamagata (2008) determinándose que en las variables del modelo propuesto existe homogeneidad (Anexo 8). Luego, se estimaron las pruebas de dependencia en las secciones transversales desarrolladas por Pesaran (2004) y Pesaran (2015) evidenciándose que existe dependencia entre países (Anexo 9). Seguidamente, se aplicaron pruebas de raíz unitaria de segunda generación desarrolladas por Breitung (2001) y Pesaran (2007) donde se mostró que las variables no son estacionarias y se obtuvo segundas diferencias para corregir este problema (Anexo 10).

Consecuentemente, se realizó la prueba de cointegración de Westerlund (2007) en la presencia de dependencia transversal de datos panel, donde se determinó que existe un equilibrio a largo plazo entre las variables del modelo propuesto en el panel global y en los grupos de países de acuerdo a los niveles de ingreso; esto se evidencia, debido a que los valores de los cuatro estadísticos (Gt, Ga, Pt y Pa) son estadísticamente significativos, por tanto, se rechazó la hipótesis nula de no cointegración al 1% de significancia; estos resultados a la vez indican que existe un movimiento conjunto entre las series a través del tiempo y se constituye en un argumento para aplicar el test de causalidad (Anexo 11).

Posteriormente, se realizó la prueba de cointegración de Westerlund (2005) que analiza la presencia de vectores de cointegración específicos con coeficientes de pendiente individuales en todos los paneles. Este test se aplicó debido a que se evidenció anteriormente la existencia de heterogeneidad en la pendiente de los paneles, los resultados mostraron que en presencia de promedios transversales o sin ellos y al igual que con efectos y sin efectos en el tiempo, la probabilidad obtenida fue menor de 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de no cointegración y se acepta la hipótesis alternativa que indica que algunos o todos los paneles están cointegrados (Anexo 12).

La Tabla 9 muestra los resultados de la prueba de causalidad de tipo Granger de Dumitrescu y Hurlin (2012) por nivel de ingresos de los países de América Latina durante el período 2000-2018, bajo el análisis de las variables principales. Los hallazgos evidencian que existe causalidad bidireccional entre la agricultura y el logaritmo de las emisiones de dióxido de carbono, tanto en el panel global como para los países de ingresos altos (PIA) y países de ingreso mediano alto (PIMA), esta relación fue determinada por el valor  $p$ , el cual es menor a 0.05. Por otro lado, existe causalidad unidireccional que va desde el comercio hacia el logaritmo de las emisiones de carbono para el panel global, PIA y PIMA.

**Tabla 9**

*Causalidad de las variables principales*

Dirección de causalidad	Grupo	W-bar	Z-bar	Valor p
Emisiones de CO <sub>2</sub> → Agricultura	Global	5.497	7.209	0.000
	PIA	5.941	3.413	0.000
	PIMA	7.033	7.959	0.000
	PIMB	1.322	-0.677	0.498
Agricultura → Emisiones de CO <sub>2</sub>	Global	8.585	13.575	0.000
	PIA	4.944	2.5497	0.010
	PIMA	12.737	16.977	0.000
	PIMB	0.934	-1.066	0.286
Emisiones de CO <sub>2</sub> → Comercio	Global	2.419	0.865	0.386
	PIA	3.160	1.004	0.315
	PIMA	2.742	1.174	0.240
	PIMB	1.056	-0.943	0.345
Comercio → Emisiones de CO <sub>2</sub>	Global	4.855	5.886	0.000
	PIA	10.879	7.689	0.000
	PIMA	4.208	3.491	0.000
	PIMB	1.955	-0.044	0.964

*Nota:*  $t$  estadístico entre paréntesis; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

La existencia de una causalidad bidireccional muestra que las emisiones de dióxido de carbono ocasionan cambios en la agricultura y viceversa; en este aspecto, la agricultura causa variaciones en las emisiones debido a que esta actividad constituye un sumidero de contaminación, especialmente por la utilización de agroquímicos, fertilizantes sintéticos, deforestación masiva, bombas de riego y combustibles fósiles quemados para mover maquinaria agrícola; por ello, es importante que se den incentivos para la transferencia

tecnológica, o a su vez pagos directos al cumplimiento de los agricultores con las normas ambientales, como ciertas prácticas de conservación y uso de recursos.

Ante este escenario, es importante mencionar el compromiso gubernamental en el sector agrícola chileno, donde han ido implementando un proceso constante de modernización para tener una mayor diversificación productiva de la agricultura y una consolidación de un mercado interno exigente, así como la inserción y posicionamiento de sus productos en los mercados internacionales; para cumplir con esto, recurrieron a eliminación de aranceles, incrementaron tecnologías de riego e incorporaron variedades de semillas con mayor adaptabilidad; en consecuencia, mejoraron la calidad y sanidad de los productos logrando poseer ventajas competitivas en el sector agroalimentario regional.

En relación a la existencia de causalidad unidireccional desde el comercio hacia las emisiones de dióxido de carbono para el grupo PIA y PIMA, se debe a que en los países latinoamericanos de ingresos mediano alto, las economías han crecido a raíz del fuerte consumo de materias primas en diferentes sectores industriales tales como: transporte, construcción, minería y manufactura, lo que conlleva a un aumento exponencial de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Asimismo, debido a la expansión del comercio internacional ha surgido la estrategia de fabricar productos en países emergentes, debido a que resulta más barato que en una economía desarrollada, siendo estos exportables a nivel mundial gracias a que la industria se abastece de carbón al necesitar altos niveles energéticos.

Bajo el contexto anterior, es necesario que los países desarrollados se comprometan a aliviar la contaminación que produce la quema del carbón ayudando a desarrollar otros procesos industriales, especialmente en los sectores económicos que requieren de mayores recursos naturales. A su vez, apoyen a las políticas internacionales para promover prácticas menos contaminantes en la comercialización de bienes y servicios. De igual manera, los resultados de causalidad involucran un cambio de preferencias hacia bienes y servicios más limpios, basados en procesos de producción sostenible para que de esta manera se dé una expansión comercial que permita el acceso a tecnología y a mejores prácticas ambientales.

La Tabla 10 muestra los resultados de la prueba de causalidad de tipo Granger de Dumitrescu y Hurlin (2012) por nivel de ingresos de los países de América Latina, durante el período 2000-2018. De acuerdo con las variables de control del modelo en estudio, se puede observar que existe causalidad bidireccional entre el logaritmo de las emisiones de dióxido de

carbono y el PIB per cápita a nivel global, determinado mediante  $p$ , cuyo valor es inferior a 0.05; en tanto que, existe causalidad unidireccional que va desde las emisiones de CO<sub>2</sub> hacia el PIB per cápita en los países de ingreso alto (PIA) y países de ingreso mediano alto (PIMA).

**Tabla 10**

*Causalidad de las emisiones de carbono y las variables de control*

Dirección de causalidad	Grupo	W-bar	Z-bar	Valor p
Emisiones de CO <sub>2</sub> → PIB per cápita	Global	7.706	11.763	0.000
	PIA	8.233	5.398	0.000
	PIMA	9.443	11.768	0.000
	PIMB	2.968	0.968	0.332
PIB per cápita → Emisiones de CO <sub>2</sub>	Global	3.091	2.250	0.024
	PIA	1.997	-0.002	0.997
	PIMA	2.821	1.298	0.194
	PIMB	4.587	2.587	0.109
Emisiones de CO <sub>2</sub> → Inversión Extranjera Directa	Global	1.591	-0.842	0.399
	PIA	0.867	-0.981	0.326
	PIMA	1.723	-0.437	0.661
	PIMB	1.804	-0.195	0.844
Inversión Extranjera Directa → Emisiones de CO <sub>2</sub>	Global	1.599	-0.826	0.408
	PIA	1.217	-0.678	0.497
	PIMA	1.899	-0.158	0.874
	PIMB	1.133	-0.866	0.386
Emisiones de CO <sub>2</sub> → Investigación + Desarrollo	Global	2.502	1.035	0.300
	PIA	8.255	5.417	0.000
	PIMA	0.966	-1.63	0.102
	PIMB	2.026	0.026	0.979
Investigación + Desarrollo → Emisiones de CO <sub>2</sub>	Global	5.549	7.317	0.000
	PIA	7.072	4.392	0.000
	PIMA	5.435	5.431	0.000
	PIMB	4.692	2.692	0.007

*Nota:*  $t$  estadístico entre paréntesis; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

En referencia a lo mencionado anteriormente, se argumenta que cuanto más actividad económica se produzca en un país mayor será el consumo de energía y de servicios como el transporte o las telecomunicaciones, que implican más costes ambientales. Por lo tanto, un tráfico comercial muy alto es más nocivo y tiene peores consecuencias en la calidad medio

ambiental. Asimismo, los países desarrollados que tienen altos ingresos, probablemente adaptan su producción a leyes, normas y reglamentos que regulan la contaminación; por el contrario, los países en desarrollo no cuentan con normas tan severas para la producción de sus bienes, por lo que la fabricación y comercialización de sus productos deja peor huella en el medio ambiente que en los países ricos.

Otra cuestión vinculada con los resultados anteriores, es que en las emisiones generadas por la producción dentro de un territorio no se toma en cuenta que una parte de dichas emisiones es exportada y no se consume en el país. Por tanto, un país podría reducir sus emisiones asociadas a la producción desplazando ciertas industrias contaminantes a otros países e importando los bienes de estas industrias. Sin embargo, el efecto de este desplazamiento sobre las emisiones globales depende de la intensidad en carbono del productor nacional anterior frente a la de la nueva planta en el extranjero. En consecuencia, sigue siendo de importancia la necesidad de explorar las implicancias de las políticas ambientales implícitas en las políticas de crecimiento.

En cuanto a las variables IED y emisiones de carbono, no se encontró ninguna relación de causalidad, es decir que la inversión extranjera directa no causa a las emisiones ni viceversa; esto se asocia a que la presencia de empresas multinacionales originarias de economías desarrolladas no solo devolverá beneficios económicos como desarrollar sectores de importancia estratégica y crear encadenamientos productivos sino también tiene beneficios ambientales para el país receptor, ya que esas empresas traen tecnologías más limpias y avanzadas que reducen de cierta manera el uso de materias primas, además, de tener prácticas operacionales y gerenciales más eficientes.

Por su parte, las variables logaritmo de las emisiones de dióxido de carbono e investigación y desarrollo muestran una causalidad bidireccional para el panel PIA, es decir, que la I+D causa emisiones de CO<sub>2</sub> y viceversa; esto como consecuencia de que la I+D conlleva un incremento en el gasto de energía cuando se intenta mejorar la eficiencia de los procesos productivos. Para el panel PIMA y PIMB se observa una causalidad unidireccional que va desde la I+D hasta las emisiones de carbono; en consecuencia, producir innovación es contraproducente para el medio ambiente, por ello es fundamental que los países implementen iniciativas innovadoras que brinden desarrollo económico y social con alto grado de sustentabilidad.

En relación a la causalidad bidireccional entre las emisiones de carbono y la investigación y desarrollo para los países de ingreso alto de América Latina, es importante destacar que el crecimiento de la producción y comercialización de productos deben ir acompañados de inversiones en constantes mejoras en todos los procesos de la actividad comercial para reducir la contaminación al mínimo posible; esto se traduce en apoyo a la investigación que mediante la aplicación de medidas apropiadas se permita el desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías para la creación de industrias limpias, aprovechamiento de fuentes de energía, renovables, evolución de combustibles más limpios, modificación de tendencias de consumo, entre otros factores.



## 7. Discusión

### 7.1 Objetivo específico 1

*Analizar la evolución y correlación de la agricultura, comercio y calidad ambiental en América Latina, período 2000-2018*

Para la discusión del presente objetivo nos basamos en los resultados obtenidos de la evolución y correlación de las variables. En la Figura 1 se evidenció la existencia de una tendencia decreciente de la agricultura durante el período 2000-2018; estos hallazgos coinciden con las afirmaciones de Paz y Benavides (2009) quienes en su estudio mencionan que la agricultura ha sufrido una fuerte decaída debido a la volatilidad de los precios de los productos e insumos agrícolas, repercutiendo a los ingresos y a la pobreza de los productores. Asimismo, FAO (2017) menciona que para mejorar la situación agrícola en América Latina se debe promover y rescatar prácticas productivas que garanticen la diversificación de la productividad, además, de que no provoquen daños irreversibles en los ecosistemas.

A su vez, Samaniego et al. (2017) evidenció que los niveles de PIB per cápita más elevados están asociados con menores tasas de participación de las actividades agrícolas. De este modo, a nivel de la región se observó una reducción paulatina de un 10% en el año 1990 a un 6% en el año 2014 de la participación del sector agrícola en el total de la economía. Asimismo, los resultados son consistentes con Sarandón (2020) quien indica que la agricultura de la región ha descendido en cerca del 40% en países como Colombia, Ecuador, Honduras, Guatemala y República Dominicana. En Brasil un 31%, Uruguay 6% y únicamente Argentina, Nicaragua y Paraguay tuvieron un signo positivo contribuyendo a su PIB en promedio el 5%.

De igual forma, Barrantes et al. (2018) mencionan que a pesar de una disminución de la participación del sector agrícola, este aún tiene una importancia estratégica en la economía de la región, debido a que las actividades agrícolas inciden a través de canales directos e indirectos, sobre diversos factores como: el crecimiento económico, el empleo, la pobreza, la seguridad alimentaria y la seguridad energética a través del uso de biocombustibles. En este escenario, la región de América Latina presenta grandes desafíos en la producción y el comercio que obligan a los países a trabajar en políticas destinadas a incrementar la productividad, reducir la inequidad en lo interno de las cadenas alimentarias y reducir el impacto ambiental de los sistemas productivos.

Del mismo modo, los resultados guardan coherencia con lo expuesto por CEPAL (2018b) donde se indica que durante el año 2016 la región de América Latina y el Caribe mejoró su posición en los mercados agrícolas internacionales, a pesar de que hubo una caída general en sus exportaciones agrícolas, la cual, sin embargo, fue menor a la que sufrieron sus principales países competidores; es así que los países de América Central, específicamente Costa Rica, Guatemala y Honduras fueron los que presentaron un mejor desempeño debido a la cercanía comercial con Estados Unidos, en tanto que, los países del Sur como Argentina, Ecuador, Perú y Bolivia tuvieron una caída de 36% de sus exportaciones agroalimenticias.

En la Figura 2 se observó la evolución del comercio de bienes y servicios en América Latina, donde se determinó un comportamiento cíclico alrededor del tiempo de estudio. Dichos resultados concuerdan con lo expuesto por el Fondo Monetario Internacional (FMI, 2002) donde se indica que desde mediados del 2000 hasta 2005 el comercio de bienes de la región ha registrado un saldo superavitario que ascendió 78'200 millones de dólares, cifra equivalente a un 6 % del PIB, ese sostenido crecimiento se debe a la solidez de los mercados de productos básicos de los que son proveedores. En el caso de la Comunidad Andina y Chile, destacaron el notable dinamismo de sus exportaciones no petroleras.

Los hallazgos también coinciden con un informe realizado por CEPAL (2010) donde se evidencia que la crisis económica de 2008 a 2010 perjudicó a la región de América Latina, es así que el valor de las exportaciones de bienes se contrajo un 24% en 2009, con una disminución combinada del 15% en los precios y el 9% en el volumen. Luego, para el año 2010 el comercio se recupera gracias a las exportaciones que se concentra en América del Sur, lo que se corresponde con la elevada demanda de productos básicos por parte de China y Estados Unidos, esenciales para su acelerado proceso de industrialización y de inserción en el mercado mundial de algunas manufacturas.

Igualmente, los resultados son coherentes con el informe de CEPAL (2016) que menciona que desde el año 2014 hasta 2016 existió un decrecimiento del comercio en la región latinoamericana, debido a factores como: la disminución en el crecimiento de las cadenas de valor globales, los cambios en el patrón de crecimiento de China, la desaceleración de la liberalización del comercio y la reciente alza del proteccionismo, donde únicamente Argentina (1.3%), Costa Rica (4.5%), Paraguay (3.2%) y República Dominicana (1%) tuvieron un aumento del valor de sus exportaciones durante 2016. Además, indican que la debilidad del

comercio intrarregional estaría limitando el potencial de la región para avanzar en materia de diversificación y agregación de valor a sus exportaciones.

Asimismo, los resultados expuestos anteriormente son compatibles con el informe proporcionado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2018) donde menciona que existe una recuperación de las exportaciones de América Latina y el Caribe iniciada en 2017 y que se desaceleró en el primer trimestre de 2018, registrando una expansión interanual de 10.6%; igualmente, indica que el deterioro del desempeño exportador sudamericano obedeció esencialmente a la reversión de la mejoría en los precios de los productos básicos; este debilitamiento continuó hasta inicios de 2018, cuando factores adversos, específicos de algunos mercados, se sumaron a la incertidumbre en torno a políticas arancelarias proteccionistas que generaron nuevas presiones bajistas sobre los precios.

Además, en el bienio 2018-2019, solo el 15% de las importaciones regionales de 1108 productos considerados insumos intermedios para diversos procesos productivos provino de la propia región, un porcentaje mucho menor que el de las importaciones de esos mismos productos procedentes de China y los Estados Unidos (24% y 27%, respectivamente). Los sectores en que se registra la mayor participación de las importaciones intrarregionales son agricultura, caza y pesca (39%) y alimentos, bebidas y tabaco (30%). Al mismo tiempo, indican que es crucial la profundización de los vínculos entre el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) y México para mejorar las relaciones comerciales (BID, 2018).

De esta manera, es evidente que la región de América Latina cada vez más se va adaptando a los mercados internacionales para incrementar su comercio, es así que mediante el alza de los precios del petróleo se han beneficiado a los exportadores principales como Colombia, Ecuador, México y Venezuela, mientras tanto que el incremento de los precios de otros productos básicos ha creado ventajas para los exportadores de metales y productos agropecuarios como Argentina, Brasil y Chile. En tal efecto, es importante que en la región se den mejoras en infraestructura en las administraciones aduaneras y portuarias, ya que en muchos países son fuente de costosos retrasos e ineficiencias para actividad comercial.

En la Figura 3 se mostró la evolución de las emisiones de carbono para América Latina, donde los resultados evidenciaron una tendencia creciente durante el período 2000-2018. En este sentido, los hallazgos se respaldan con el informe de CEPAL (2012) donde determinaron que las presiones sobre el medio ambiente se han venido exacerbando desde el año 2000 por

efecto de la especialización productiva, del modelo de consumo, de los altos niveles de pobreza y de un aumento poblacional cada vez más asentado en megaciudades; por tanto, las consecuencias son múltiples: creciente degradación del agua, el aire, el suelo y los ecosistemas, con sus impactos negativos en la productividad, la salud humana y en la calidad de vida

En los años 2008 y 2009 se evidenció una leve disminución de la contaminación; ante esta situación, se obtienen resultados similares a los especificados en el informe del Fondo Mundial de la Naturaleza (WFF, 2010) donde indican que las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con el petróleo y el gas, tuvieron una disminución en la región latinoamericana de 3.10% debido a la crisis mundial ocurrida en ese tiempo; además, alude que los países deben aprovechar esa situación para revisar sus inversiones y orientarlas hacia una nueva economía verde, ya que no solo es una oportunidad para acelerar el proceso de desarrollo, sino que ayuda en el camino más adecuado para evitar retrocesos económicos, sociales y ambientales que significarían un gran sufrimiento para un sector considerable de la población.

De igual manera, los resultados obtenidos anteriormente guardan coherencia con lo expuesto por IPCC (2013) donde se menciona que las emisiones de carbono están en constante aumento desde el año 2010 y seguirán creciendo si no se llevan a cabo grandes esfuerzos para reducirla; por tanto, sugieren que los gobiernos incentiven la retención de emisiones de CO<sub>2</sub>, inviertan en eficiencia energética y diseñen un marco institucional, y a su vez, la sociedad tome conciencia sobre los efectos de las acciones cotidianas y opten por alternativas de mitigación o adaptación frente a las formas de vida, con el fin avanzar hacia modelos de producción sustentable que permita alcanzar la senda del desarrollo sostenible de los países.

Además, FAO (2016) posee un resultado similar a esta investigación y argumenta que las emisiones de la región se dan especialmente por la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, lo cual suma 2'800 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en promedio para el período 2012-2016. De igual manera, los cultivos y la ganadería produjeron 860 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, la quema de biomasa generó 31 millones de toneladas y las turberas degradadas (un tipo de humedal ácido que ha acumulado materia orgánica como turba) generaron 17 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el mismo periodo; ante el cual se necesita emprender acciones simultáneas a partir de acuerdos que recojan el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas.

Asimismo, se evidencia que América Latina y el Caribe es una región ambientalmente privilegiada debido a su gran acervo relativo de patrimonio natural, biodiversidad y

posibilidades de provisión de servicios ambientales. No obstante, sigue acumulando presiones derivadas de antiguos patrones productivos y de ocupación territorial, que se han agudizado como consecuencia del modelo de desarrollo predominante, pese a la puesta en marcha de estrategias específicas para impulsar sistemas y tecnologías que mitigan el impacto ambiental; a su vez, es necesario políticas públicas más exigentes y un mayor control de la contaminación que impulse los incentivos económicos y los beneficios para la acción climática, la salud, la agricultura y el desarrollo sostenible.

Al respecto, la ONU para el Medio Ambiente y la Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC, 2016) mencionan que para 2030 podrían reducirse 35% las emisiones de CO<sub>2</sub> a través de seis intervenciones en cuatro sectores: la producción y distribución de petróleo y gas, la gestión de residuos, la minería del carbón y la agricultura; entre estas se incluyen actividades como la recuperación y el uso de los gases liberados de combustibles fósiles, la separación y el tratamiento de los residuos sólidos biodegradables y la recuperación del biogás procedente de materia orgánica mediante su aporte a la economía circular; por ello, los países deben actuar de manera más ambiciosa para reducir el calentamiento global y mejorar la calidad del aire.

Además, si bien en muchos países de América Latina se cuenta con políticas ambientales y normas relacionadas con la protección a la naturaleza, solo en algunos de ellos se han comprometido a la formulación de una ley o política de cambio climático para la implementación de las contribuciones nacionales de mitigación de las emisiones de dióxido de carbono; en tal efecto, se requiere la adecuación de los marcos normativos e institucionales para generar cambios, oportunidades y soluciones medioambientales, a su vez, es fundamental el monitoreo de las políticas públicas para verificar el avance y cumplimiento de los compromisos asumidos a nivel nacional, regional o internacional.

En la Figura 4 se observó la correlación de la agricultura y las emisiones de dióxido de carbono para los países de América Latina; al respecto, los resultados indicaron que a nivel global y para el panel PIMA existe una correlación fuerte negativa y para los grupos PIA y PIMB se muestra una correlación moderada negativa. Los resultados encontrados son consistentes con los estudios de Saravia et al. (2019) y Sibanda y Ndlela (2020) quienes establecen una correlación fuerte negativa entre ambas variables. Por el contrario, los hallazgos difieren con la investigación desarrollada por Ayyildiz y Erdal (2020) quienes mencionan que existe una correlación fuerte positiva entre la producción agrícola y las emisiones de dióxido de carbono.

Con respecto a los hallazgos de la correlación, un informe desarrollado por BID (2016) indica que una medida eficaz para lograr los beneficios ambientales y mejorar la situación agrícola de los países de la región es mediante los pagos directos, como lo hizo PROCAMPO en México y en Paraguay a través de la reforma de apoyo a los productores de algodón, con ello mejoraron el ingreso económico de los productores del campo, ya sean de autoconsumo o de abastecimiento, para contribuir a su crecimiento económico individual y al del país en su conjunto; así como incentivar la producción de cultivos sostenibles; sin embargo, la entidad menciona que estos pagos siempre deben estar vinculados a objetivos concisos y metas claras, y ser específicamente diseñados para combatir el problema medioambiental.

En la Figura 5 se evidenció que existe una correlación moderada negativa entre el comercio y las emisiones de carbono de manera Global y PIA, en tanto que se da una correlación moderada positiva para el grupo de países PIMA y en el grupo PIMB la correlación es débil negativa. En este sentido, los resultados son coherentes con el aporte de Naranpanawa (2011) quien respalda la correlación moderada positiva en los países de ingreso mediano alto (PIMA), ya que argumenta que generalmente los procesos productivos son intensivos en contaminación y sumándole a ello, poseen una política ambiental flexible que conlleva a que las empresas posean muy poca responsabilidad social.

Además, en base a lo encontrado para la correlación del panel PIA y PIMB, se difiere con lo mencionado por Wolfram y Shelef (2012) quienes argumentan que la mayor demanda y consumo de bienes viene acompañada de un aumento concomitante de la demanda de energía y de un incremento de residuos, en ocasiones peligrosos que suponen un riesgo para la salud de los seres humanos y otros organismos vivos o para el medio ambiente; en consecuencia, es necesario que las economías latinoamericanas incluyan la creación de incentivos económicos que conduzcan a aumentar las tasas de reciclaje, tratamiento térmico y aprovechamiento de los desechos para la generación de energía, entre otros aspectos.

Con respecto a la evolución de las variables de control, se determinó en la Figura 6 que el PIB per cápita mantiene un ritmo creciente a lo largo del tiempo. Según el Centro Estratégico Latinoamericano de Geopolítica (CELAG, 2019) indica que Colombia, Paraguay, Honduras y El Salvador han tenido crecimiento medio entre 2000-2018, pero de muy baja calidad a razón de una alta inequidad, aumento de precarización laboral y desindustrialización de la estructura productiva, mientras tanto, Uruguay crece como Chile, pero sus niveles de desarrollo social

demuestran gran diferencia respecto a la región. Asimismo, indica que los países del Caribe junto a Venezuela fueron los más afectados por la crisis de 2008-2009.

Por su parte, CEPAL (2013) indica que en 2011 la región volvió a crecer, pero a una tasa menor (4,32 %) lo que implicó una mejora de 3,2% del PIB per cápita; a ello contribuyeron principalmente dos factores: la recuperación de la economía mundial y el crecimiento de la demanda interna de los mayores socios comerciales de los países latinoamericanos. Además, según Corbo y Schmidt (2018) en sus análisis relató que varias economías de la región lograron mejorar su desempeño durante 2014-2018 debido a que algunos países exportadores de petróleo se vieron beneficiados por altos precios internacionales y otros países del Caribe que fueron favorecidos por un aumento de las exportaciones hacia los Estados Unidos.

Por otro lado, en lo que corresponde a la evolución de la inversión extranjera directa se determinó un comportamiento volátil a lo largo del período de análisis; estos resultados son consistentes con lo determinado por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF, 2013) donde se sostuvo que para el año 2007, la IED no solo se había recuperado, sino que llegó a alcanzar sus máximos históricos, superando los 120 mil millones de dólares, siendo Brasil, México y Colombia los países que atrajeron la mayor cantidad de flujos. Igualmente, se coincide con Cruz et al. (2017) quienes mencionan que en el bienio 2011-2012 gran parte de los flujos anuales de IED provenientes de fuentes asiáticas y europeas se han concentrado en un pequeño grupo de países: Brasil, México, Colombia, Chile, Perú y Panamá.

Consecuentemente, se coincide con Ochoa et al. (2021) quienes indican que en 2013 hay una tendencia decreciente de la IED, dejando en evidencia la relación entre las inversiones y los ciclos de precios de las materias primas en América Latina. Con respecto a ello, Castillo et al. (2020) mencionan que, en los últimos cinco años, la IED del sector manufacturero alcanzó el 33% de los flujos totales de inversión, adicionalmente, la IED en recursos naturales aumentó hasta el 17% de estos flujos; a su vez, sostienen que esto se cumple en ciertos países que han consolidado un marco regulatorio donde hay la participación privada en diferentes proyectos a gran escala como: Chile, Brasil y Perú; en cambio, en Argentina, Bolivia y Venezuela han experimentado procesos de desinversión dado su control estratégico en esas industrias.

Además, los hallazgos evidenciados anteriormente son sustentados por García y López (2020) quienes indican que en el año 2018 más del 17% de la IED de la región se ha originado dentro de América Latina, lo cual hace que las llamadas multilaterales estén adquiriendo un papel

fundamental en los procesos de expansión de mercados como de integración productiva en la región. Por ello, los sectores en donde estas empresas presentan mayor actividad son: alimenticio, ingeniería, construcción, metalurgia, transporte, petróleo y minería; asimismo, este es un proceso en el que crecientemente están participando empresas de tamaño mediano que intentan emular los patrones de internalización de las grandes empresas latinoamericanas.

A lo que se refiere a la evolución de la variable gasto en investigación y desarrollo se determinó que existe generalmente un comportamiento volátil, estos resultados son semejantes a los obtenidos por Quinde et al. (2018) quienes evidencian una tendencia positiva durante el periodo de estudio de 2000 a 2007 e indican que países como México, Uruguay, Venezuela y Argentina presentan un interés histórico por la inversión pública en I+D. Asimismo, se coincide con Toapanta y Calderón (2017) quienes mencionan que Brasil es el único país de América Latina que gasta más del 1% de su Producto Interior Bruto (PIB) en I+D, por tanto, el gasto de mayoría de los países de la región es menos de la mitad de ese porcentaje, lo cual les sitúa por debajo del promedio observado en las naciones de ingresos medios bajos.

Igualmente, los hallazgos guardan coherencia con lo expuesto por Favila (2019) al aludir que en América Latina y el Caribe, la inversión en investigación y desarrollo entre 2015 y 2018 se redujo del 0,69% al 0,62%; por ello, sugieren que es necesario que todos los países inviertan más en investigación e innovación, si quieren llevar a cabo con éxito la doble transición “verde” y digital. de conformidad con el compromiso que contrajeron para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además, a nivel de la región también se destacan iniciativas para promover la I+D, una de ellas es la cooperación multilateral con diversas instituciones, entre ellas el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Unión Europea que se destacan por su apoyo financiero y técnico.

Por otra parte, con respecto a la correlación de las variables de control expuestas en la Figura 7 se determinó que existe correlación moderada positiva entre el PIB per cápita y las emisiones de dióxido de carbono para América Latina; estos resultados coinciden con los obtenidos por Galindo y Samaniego (2010) y Pinilla et al. (2018) quienes demuestran que existe una correlación positiva entre las variables, denotando la dependencia actual de las economías de la región de ALC respecto al consumo de energía y plantean que se debe alcanzar un acuerdo internacional que establezca límites específicos de contaminación y con ello modificar sustancialmente la estrategia de desarrollo actual para transitar a una senda de desarrollo sostenible.



Asimismo, se evidenció una correlación moderada positiva entre la inversión extranjera directa y las emisiones de dióxido de carbono para el panel global de América Latina; estos hallazgos, son similares a los obtenidos por Al-Aameri et al. (2012); Sapkota y Bastola (2017); Khan y Ozturk (2020) y Ochoa et al. (2021) quienes indican que la entrada de IED en los países de la región latinoamericana y asiática incrementan las emisiones de CO<sub>2</sub>, afectando la calidad ambiental; además, mencionan que las políticas gubernamentales deben centrarse en atraer industrias limpias y energéticamente eficientes a través de la IED, a la vez de reforzar las normas ambientales, para de esta manera regular sus efectos sobre el medio ambiente natural.

Por último, se determinó una correlación moderada negativa entre la investigación y desarrollo con las emisiones de carbono para el panel global de América Latina; esta relación entre las variables es coherente con los hallazgos de Hyung y Kim (2018); Petrović y Lobanov (2020); Li y Jiang (2020) y Cai et al. (2021) quienes evidencian estos resultados en Latinoamérica y en varios países de otras regiones; además, sugieren que los responsables políticos en las economías deberían invertir en actividades de I+D y también alentar a las empresas privadas a adoptar políticas respetuosas con el medio ambiente. Al contrario, se difiere con el estudio de Lee et al. (2021) donde establecen que existe asociaciones positivas entre las variables para los países de ingresos altos.

## **7.2 Objetivo específico 2**

*Estimar la relación entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control mediante regresiones cuantílicas por grupo de países, en el período 2000-2018.*

Para la discusión del presente objetivo, tomamos en cuenta los resultados obtenidos de la regresión GLS y de las regresiones cuantílicas. En la Tabla 4 se determinó la regresión GLS donde se evidenció que a nivel global, PIMA y PIMB existe una relación positiva entre la agricultura y las emisiones de carbono; estos resultados son consistentes con los obtenidos por Bennetzen et al. (2016); Asumadu y Owusu (2017); Ullah et al. (2018) y Eyuboglu y Uzar (2020) quienes indican que la agricultura aumenta las emisiones de dióxido de carbono, ya que un incremento de 1% en la producción incrementa las emisiones de carbono en 1.49 %. De igual modo, se coincide con Saravia et al. (2019) quienes indican que en América Latina pocos países pueden compensar las emisiones de la agricultura con prácticas de secuestro de carbono.

En este sentido, el incremento de las emisiones de carbono derivadas de la agricultura se debe a diversos factores, como: crecimiento poblacional, cambios en los patrones de

consumo, incentivos al uso de fertilizantes químicos, pérdida y desperdicio de alimentos, entre otros. Ante esta situación, FAO (2017) indica que el principal factor para impulsar la productividad agrícola y elevar los ingresos es la adopción de tecnologías y prácticas innovadoras por parte de los agricultores; esto les permitirá aumentar los rendimientos, gestionar los insumos con mayor eficiencia, introducir nuevos cultivos y sistemas de producción, mejorar la calidad de sus productos, conservar los recursos naturales y adaptarse a los desafíos climáticos.

Por el contrario, para el panel PIA la relación entre la agricultura y las emisiones de carbono es negativa, lo que implica que a medida que se mejore la producción agrícola la contaminación disminuye. Resultados similares se presentaron en los estudios desarrollados por Rafiq et al. (2016); Alamdarlo (2016); Dogan (2016); Liu et al. (2017); Zafeiriou y Azam (2017) y Balsalobre et al. (2019) quienes analizan ambas variables en las economías asiáticas y europeas, concluyendo que hay un impacto negativo entre la producción agrícola y las emisiones de dióxido de carbono, debido a que existe mayor inversión para mejorar el sector agrícola considerando a su vez el respeto al medio ambiente.

Bajo este contexto, es necesario considerar a Chile, donde el sector agroalimentario ha tenido grandes avances, sobretodo en mejorar prácticas agrícolas que incluyen el uso correcto de las tecnologías y el uso de nuevas técnicas de aplicación de insumos; para ello, se ha requerido del esfuerzo y la participación de los actores que rodean al agricultor como las autoridades locales, regionales, nacionales y la sociedad civil. Por su parte, en países del grupo PIA como Panamá y Uruguay se han llevado a cabo iniciativas para mejorar los sistemas de distribución de alimentos, estimular cadenas cortas de suministro y políticas comerciales que promueven una mayor seguridad alimentaria, y una mejor calidad e inocuidad de los alimentos.

En cuanto a la relación entre el comercio y las emisiones de carbono se obtuvo un efecto positivo y significativo para los paneles global, PIMA y PIMB. Dichos resultados son similares a los encontrados en Chakraborty y Mukherjee (2013); Kasman y Duman (2015); Gozgor y Can (2016); Le et al. (2018); Garsous (2019) y Yu et al. (2019) quienes muestran que la apertura comercial aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub> en 181 países, Turquía, 98 países, OCDE y en la Comunidad de Estados Independientes (CEI), respectivamente; esto debido a que los países con mayor apertura comercial y PIB más alto son testigos de emisiones más altas a razón del efecto de escala, que produce a un aumento en la producción o la actividad económica y por ende, el consumo de energía fósil.

En tanto que, para los países de ingresos altos (PIA), se mostró una relación negativa entre el comercio y las emisiones de CO<sub>2</sub>, estos hallazgos son apoyados por las investigaciones de Hye et al. (2013); Fernández et al. (2016) y Xu et al. (2020) donde indican que el comercio de productos finales favorece la reducción de emisiones CO<sub>2</sub> nacionales. Al contrario, se difiere con los resultados obtenidos por Halicioglu y Ketenci (2016) y Ahmed et al. (2017) donde señalan que los países desarrollados mejoran la eficiencia económica del comercio debido a la extracción de recursos naturales. De igual manera, se discrepa con García (2018) quien indican que en América Latina, un aumento de los niveles de apertura comercial tiene un efecto mayor para los países de altos ingresos (0.17%) que para los demás países de la región (0.067%).

En ese sentido, la CEPAL (2014) ha venido postulando la creación de espacios regionalmente compartidos de política industrial en sectores productivos con potencial, para aplicar políticas de desarrollo inclusivo como la construcción de mercados amplios y convergentes en términos de normativas, financiamiento, tecnología y recursos humanos. La construcción de estos espacios de integración es de suma importancia para los PIMA y PIMB, puesto que, es la mejor vía para aprovechar las externalidades asociadas a la producción de bienes públicos regionales como infraestructura, transporte, logística y a la creación de centros tecnológicos conjuntos en ámbitos de interés común y necesidades de los países de ALC.

En referencia a la relación entre el PIB per cápita y las emisiones de carbono se da un efecto positivo y estadísticamente significativo para el panel global, PIMA y PIMB; estos resultados son consistentes con los obtenidos por Abid (2017) y Jardón et al. (2017) quienes encuentran una relación positiva entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB en las regiones de MEA, UE y América Latina. Asimismo, se coincide con Almeida et al. (2017) quienes indican que no se cumple la hipótesis de EKC puesto que, el daño ecológico aumenta en las primeras y últimas etapas de crecimiento; por tanto, argumentan que es fundamental la creación de un marco de política ambiental consistente, coherente y eficaz para mejorar la calidad ambiental y que respalde el desarrollo económico a largo plazo.

En oposición a los resultados mostrados anteriormente, se difiere con lo expuesto por Bello y Abimbola (2010); Aye y Edoja (2017); Andréé et al. (2019) y Jiang et al. (2020) quienes muestran que hay una relación de U leve entre las emisiones de carbono y los ingresos per cápita en diferentes países. De igual forma, el resultado no es consistente con lo mencionado por Rentería (2016) y Sánchez y Caballero (2019) quienes analizan esta relación de variables para América Latina y evidencian la existencia de la EKC, por lo que sugieren que se debe

alcanzar un punto de inflexión superior a 10'134 dólares per cápita para poder estabilizar las emisiones y puedan reducirse, generando un proceso de actividad económica baja en carbono, para los países de la región.

En base al contexto anterior, se demuestra la importancia de tener conciencia de que proteger el medio ambiente no es un lujo, sino una condición para el desarrollo y la supervivencia planetaria; por tanto, no es solo una cuestión de equidad intergeneracional, sino una condición para la continuidad de los logros en materia de desarrollo, eliminación de la pobreza y reducción de la desigualdad en el presente. Además, esta transformación de la relación entre el medio ambiente y el desarrollo económico y social requiere de grandes compromisos para la sustentabilidad y la adopción de tecnología que alarga el proceso de vida útil de los recursos y facilita la búsqueda de sustitutos menos contaminantes.

Por otro lado, no se encontró ninguna relación significativa entre la inversión extranjera directa y las emisiones de dióxido de carbono para el panel PIA; estos hallazgos son compatibles con los obtenidos por Khan y Raza (2019) y Gunarto (2020) para la región latinoamericana y las economías asiáticas, donde evidencian que no existe una relación entre las variables. En tanto que, se observó una relación positiva para el panel PIMA; siendo estos resultados semejantes con los encontrados por Seker et al. (2015); Baek y Choi (2017); Koçak y Şarkgüneşi (2018); Solarin y Al-Maluli (2018); To et al. (2019) y Gharnit et al. (2020) quienes indican que el efecto de la IED sobre las emisiones es positivo y recomiendan elaborar una reglamentación eficaz para la atracción de IED y el cuidado al medio ambiente.

En relación a esta coyuntura, en América Latina es de gran importancia establecer mecanismos para fomentar la IED de una manera acorde con las políticas de protección ambiental, con el objeto de que este tipo de inversiones se conviertan en una herramienta eficaz en la búsqueda de las metas de desarrollo sustentable. Al respecto, Chile y México son dos ejemplos exitosos de la región dado que, han logrado captar bastantes flujos de IED mediante un comportamiento ambiental más elevado; mientras tanto que, en otros países de ingreso mediano alto la IED está frecuentemente asociada a operaciones de gran magnitud, la misma implica un impacto significativo sobre el nivel general de contaminación y degradación ambiental, pudiendo envolver incluso ecosistemas enteros y perjudicando la biodiversidad.

En lo que concierne a la variable investigación y desarrollo se obtuvo una relación negativa y significativa únicamente para el panel PIMB; en este sentido, se coincide con las investigaciones desarrolladas por Lee y Min (2015); Gaudicos y Hinoguin (2019); Omri y Bel

(2020) y Xiong et al. (2020) quienes manifiestan que la I+D juega un papel significativamente positivo en la reducción de las emisiones, debido a que, por cada aumento del 1% en I+D, las emisiones se reducen entre 0.104% y 5.317%. Igualmente, Dauda et al. (2021) mencionan que la innovación es una herramienta eficaz para combatir las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que mejora la eficiencia energética y la producción más limpia; además, confirmaron tanto la hipótesis del refugio de la contaminación como el efecto del halo de contaminación.

Desde esta perspectiva, el gasto en investigación y desarrollo en América Latina ha sido bastante limitado para disminuir la contaminación; en consecuencia, es importante que el sector empresarial de los países de ingreso mediano bajo (PIMB) impulsen las investigaciones necesarias para ubicar nuevos materiales y encontrar nuevas opciones de producción que generen valor ambiental, que a la vez estimulen la productividad; a su vez los gobiernos tendrán que apoyar los esfuerzos de innovación ambiental que intenten los empresarios, ya que si se trabaja conjuntamente de esa forma, se irá en el camino correcto para encontrar el desarrollo sostenible para beneficio de todos.

Posteriormente, los resultados de las regresiones cuantílicas evidenciaron que, a nivel global, PIMA y PIMB la agricultura aumenta las emisiones de carbono en la mayoría de cuantiles; dichos resultados son consistentes con Asumadu y Owusu (2017); Olanipekun et al. (2019); Agboola y Bekun (2019) y Chandio et al. (2020) quienes determinaron que a corto y largo plazo la producción agrícola agrava la degradación ambiental debido al excesivo consumo de recursos naturales; esto sugiere que los países de la región, a medida que se desarrollen y tengan mayores recursos públicos disponibles, otorguen mayor importancia a programas que impulsen la transformación de los sistemas alimentarios y agrícolas.

Otra forma de apoyo de los Estados latinoamericanos al sector de la agricultura es mediante la promoción de la mecanización agrícola, como impulsor clave del desarrollo de la productividad y los vínculos del sector con el mercado de servicios (suplidores de insumos, talleres mecánicos, etc.) ya que actualmente, los países de ingreso mediano bajo (PIMB) muestran rezagos importantes en la incorporación de maquinaria y gestión eficiente de las nuevas tecnologías, lo que varía de forma importante entre sistemas productivos, capacidad de agregar valor a los productos, condiciones agroecológicas y diferencias en la situación socioeconómica de los productores.

Por su parte, en el panel PIA la variable agricultura mantuvo una relación inversa con las emisiones en la mayoría de cuantiles; estos resultados se corroboran con Nwokoro y Chima

(2017) quienes confirman que las personas de los países ricos son más responsables de las emisiones de carbono que las personas de los países pobres; por ello, recomiendan subsidios cruzados para agricultura de bajos insumos externos. A su vez, los hallazgos son semejantes a los encontrados por Nwaka et al. (2020) quienes mencionan que los estimadores medios muestran que la producción agrícola impide el CO<sub>2</sub> de fuentes líquidas; lo que implica un cambio de la agricultura mecanizada a métodos agrícolas más tradicionales y la utilización de la biomasa como fuente de energía.

Bajo ese contexto, también es necesario considerar que en los países de la región existen pérdidas y desperdicios de alimentos a lo largo de la cadena de suministro, impactando en la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios, generan menos ingresos a los productores, aumentan los precios a los consumidores y ocasionan un efecto negativo en el medio ambiente, debido a la utilización no sostenible de los recursos naturales. Por todo lo anterior, enfrentar esta problemática es fundamental para avanzar en la lucha contra el hambre y el cuidado al medio ambiente, por tanto, los gobiernos de América Latina y el Caribe deben determinar los puntos críticos de pérdida en las cadenas de suministro específicas como paso decisivo para adoptar un modelo de producción y consumo verdaderamente sustentables.

Por otra parte, el comercio presentó un efecto positivo con las emisiones de CO<sub>2</sub> en la mayoría de cuantiles para los paneles global, PIA, PIMA y PIMB; estos resultados son similares a los hallazgos encontrados en Kais y Sami (2016); Alhassan et al. (2020) y Chen et al. (2021) donde indican que la mejora en el comercio tiene un efecto positivo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, y sugieren que el gobierno debe eliminar las barreras que afectan la difusión de tecnología en energías renovables, al igual que promulgar regulaciones ambientales para evitar el aumento desmedido de la contaminación. Al contrario, se difiere con la investigación de Belloumi (2014) y Adebayo et al. (2021) quienes indican una relación negativa con las emisiones en los cuantiles más bajos y medios (0.1–0.6).

Con respecto a ello, es notable que en los países de la región una mayor apertura comercial conduce a la utilización de gran cantidad de recursos naturales y a la explotación de economías a escala. Por su parte, la Organización Mundial del Comercio (OMC, 2020) menciona que esta actividad desempeña un papel fundamental en el medio ambiente debido en parte a que sirve de canal para la transferencia de tecnología verde, se puede acceder a una gran variedad de bienes y servicios amigables con la naturaleza, hay un aumento en el tamaño de los mercados trayendo beneficios de innovación, se estimula el crecimiento y el nivel de

ingresos, lo que a su vez puede contribuir a que aumente la demanda de un medio ambiente mejor.

Desde este punto de vista, cada vez más los consumidores de los países latinoamericanos consideran que las empresas deben hacer más para proteger el medio ambiente, al mismo tiempo que deben desempeñar un rol de liderazgo en la lucha contra el calentamiento global; por ello, es necesario que las empresas cumplan con las normativas y marcos jurídicos, al mismo tiempo que adopten estrategias proactivas que organicen las capacidades y recursos e incorporen sistemas de gestión o de otros procedimientos para conocer el desempeño de la organización, medir sus impactos y poner en marcha medidas para mejorar el desempeño económico, social y ambiental.

Además, a medida que un país se integra a la economía mundial y a las cadenas globales de valor, el sector comercial exportador estará más expuesto a los requisitos ambientales exigidos por los principales socios importadores; por lo tanto, se requiere que las empresas de la región operen mediante la optimización de materias primas, a su vez, que empleen a lo largo de la cadena de suministro el uso de procesos y tecnologías para mejorar la eficiencia de la producción y reducir el uso de insumos como energía y agua, además, de realizar acciones para su protección y conservación; estos cambios pueden surgir espontáneamente de la competencia entre empresas o promoverse mediante políticas públicas.

En cuanto al PIB per cápita se indica un efecto negativo y significativo en los cuantiles más bajos y un efecto positivo con las emisiones en los cuantiles más altos para el panel global y PIMA; estos resultados concuerdan con lo expuesto en la investigación de Begum et al. (2015); Keho (2017); Lin y Xu (2018) y Zhou et al. (2018) donde revelan que el crecimiento económico aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub> en los cuantiles altos, siendo el efecto mayor en los países de baja contaminación; por lo tanto, sugieren que las políticas de control ambiental deben adaptarse de manera diferente en los países de baja y alta contaminación, considerando el nivel de ingresos de las economías y la potencia tecnológica para producir más bienes con menos recursos y mejorar el medio ambiente.

No obstante, se dio un efecto negativo entre el PIB per cápita y las emisiones de carbono en los cuantiles más bajos para los paneles PIA y PIMB; estos hallazgos son similares a los obtenidos por Altinoz et al. (2020) y Adebayo et al. (2021) quienes revelaron que, en la mayoría de los cuantiles, el efecto del crecimiento económico sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> es negativo y proponen que los responsables políticos deberían poner mayor énfasis en aumentar la

conciencia pública sobre los problemas ambientales. Al contrario, se difiere con lo expuesto por Mapapu y Phiri (2018) quienes muestran que los efectos del crecimiento económico sobre las emisiones tienen un impacto positivo en los cuantiles superiores (0.70 y 0.90) debido a los desechos de la industrialización ocasionan degradación ambiental.

De esta manera, se evidencia que el crecimiento económico de la región podría ayudar a reducir la contaminación ambiental, y, por tanto, se destaca la relevancia de la coordinación y articulación de políticas entre diversos actores para fortalecer la sostenibilidad del sistema alimentario, comercial y ambiental, mediante la adopción de estrategias a largo plazo para la descarbonización; esto también indica, que por una parte, el Estado deberá incorporar la participación ciudadana para asegurar una transición justa y equitativa. Al respecto, Tong et al. (2019) menciona que la infraestructura y el equipo que produce emisiones a menudo tienen largas vidas útiles, lo cual hace que las metas a largo plazo de descarbonización sean relevantes para las decisiones de inversión que se tomen en la actualidad.

Desde otra perspectiva, se evidenció un efecto positivo entre la IED y las emisiones de carbono para los cuantiles más bajos, en tanto que, se mostró un efecto negativo en los cuantiles más altos para los paneles global, PIA y PIMA. Estos hallazgos son semejantes a los obtenidos por Huang et al. (2019); Ganda (2020); Demena y Afesorgbo (2020); Muhammad et al. (2021) y Ha y Nguyen (2021) quienes evidencian que, la IED tiene asociaciones positivas y negativas con la calidad ambiental, tanto en los países emisores de carbono más bajos como en los más altos. No obstante, los resultados son incompatibles con Li et al. (2019) y Omri y Bel (2020) quienes determinan que la IED solamente tienen efectos positivos para la contaminación ambiental.

Además, existió únicamente un efecto negativo de las variables en los cuantiles superiores para el panel PIMB; estos resultados concuerdan con lo expuesto por Zhu et al. (2016) y Wang et al. (2021) quienes demuestran este efecto en los cuantiles más altos posterior al cuantil 5°; por tanto, indican que es necesario atraer inversores extranjeros que utilicen tecnología verde. En tal efecto, Sung et al. (2018) indican que las medidas efectivas para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> requiere un enfoque de ajuste en las estructuras industriales, composiciones energéticas y regulaciones ambientales. Igualmente, Waqih et al. (2019) mencionan que los países de bajos ingresos deben vincularse con la cooperación ambiental con otras naciones para así mitigar los desafíos futuros de la degradación de los ecosistemas.



Consecuentemente, Paixão y Madeira (2015) argumentan que, debido a la elevada importancia económica de la IED en países en desarrollo, las multinacionales tienen poder de influencia política en dichos países y ejercen presión para hacer más laxos los estándares actuales o para evitar que normas más estrictas logren imponerse, afectando de esta manera el control ambiental por parte de los gobiernos. A pesar de ello, recomiendan que los países de la región deben tener como objetivo la atracción y retención de IED para la introducción de buenas prácticas de ordenación medioambiental y en la difusión de tecnologías ecológicamente racionales, con el fin de ganar competitividad en el comercio internacional y respetar las políticas del medio ambiente.

Desde otro punto de vista, la variable gasto en investigación y desarrollo tuvo un efecto negativo y significativo con las emisiones de carbono en la mayoría de cuantiles, para el panel global, PIA, PIMA y PIMB. Estos hallazgos concuerdan con lo mencionado por Cheng et al. (2021); Wang et al. (2021) y Bilgili et al. (2021) quienes indican que la innovación tecnológica reduce directamente las emisiones de anhídrido carbónico; sin embargo, este impacto es significativamente heterogéneo y asimétrico entre cuantiles; y sugieren que el gobierno debe eliminar las barreras que afectan la difusión de tecnologías de energías renovables. Por el contrario, difieren con lo encontrado por Chen y Lei (2018) quienes muestran que la I+D afecta en gran medida a los países con emisiones de dióxido de carbono relativamente más altas.

Ante esta situación, es importante que los gobiernos de los diferentes países de la región desarrollen una capacidad innovadora para encontrar soluciones preventivas o de mitigación para los problemas de contaminación ambiental; en este sentido, se requiere apoyo del sector empresarial para poner en marcha iniciativas de I+D como: la transformación digital para reducir la cantidad de papel, vehículos eléctricos, casas o edificios inteligentes, energías renovables y control ambiental por medio de dispositivos y sistemas que analizan el nivel de contaminación del aire, agua y suelo; con el fin, de que se haga compatible una explotación sostenible de los recursos naturales con la conservación del medio ambiente, la biodiversidad, el paisaje y la preservación del entorno natural y rural.

A la vez, es fundamental que las tecnologías y la innovación sean compartidas ampliamente para permitir que los países de bajos y medianos ingresos capitalicen la oportunidad de dejar atrás el viejo modelo de desarrollo y avancen hacia un crecimiento más sostenible. Por ello, es esencial que la región centre su labor en apoyar a los países en desarrollo y a los menos desarrollados, a fin de que se conviertan en creadores, poseedores y usuarios

exitosos de tecnologías, procesos y organizaciones innovadoras. Al igual, estas economías de los paneles PIMA y PIMB deberían estar asociados a instituciones internacionales para obtener mayores recursos económicos y destinarlos al incremento en inversión en I+D.

Finalmente, las implicaciones económicas de la relación entre las variables indican que los gobiernos de los diferentes países latinoamericanos deben dar mayor atención a la cuestión medioambiental mediante la otorgación de más recursos para ejecutar programas y proyectos que tengan como compromiso la protección, restauración y administración del ambiente hacia un uso más sostenible. No obstante, es necesario que se considere el monitoreo y seguimiento de la gestión de estas políticas para determinar los niveles actuales y deseados de respuesta a los compromisos nacionales o internacionales adquiridos por los países.

### **7.3 Objetivo específico 3**

*Estimar la relación de causalidad entre la agricultura, comercio, calidad ambiental y variables de control en América Latina, para el período 2000-2018.*

En lo que se refiere a la discusión del objetivo específico 3 nos basamos en los resultados de la prueba de causalidad de Dumitrescu y Hurlin (2012). En la Tabla 9 se evidenció que existe causalidad bidireccional entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y la agricultura, tanto a nivel global, PIA y PIMA. Los hallazgos obtenidos, concuerdan con los encontrados por Jebli y Youssef (2017); Ullah et al. (2018) y Anwar et al. (2019) quienes evidencian el nexo bidireccional entre ambas variables. Por el contrario, difieren con Asumadu y Owusu (2016); Rafiq et al. (2016); Liu et al. (2017) y Chandio et al. (2020) quienes exponen una causalidad unidireccional desde la agricultura hacia las emisiones. De manera similar, no se coincide con Agboola y Bekun (2019) quienes indican que no existe relación causal.

En base a los resultados evidenciados anteriormente, Nwokoro y Chima (2017) y Nwaka et al. (2020) recomiendan que se debe animar a los agricultores rurales a abandonar los métodos tradicionales de gestión de recursos para mejorar la productividad, mediante la adopción de procesos energéticos más limpios, técnicas de secuestro de carbono y conservación del suelo. Igualmente, Çetin et al. (2020) mencionan que las tierras agrícolas deben protegerse y fomentarse para la fabricación de valor agregado de la producción agraria, con el fin de incrementar su valoración en el mercado internacional y disminuir el impacto ambiental mejorando la gestión y el reciclaje de residuos.

De esta forma, dado los resultados de causalidad se evidencia una vez más que la producción agrícola de la región latinoamericana es responsable de buena parte del impacto ambiental, debido a que estas actividades antropogénicas aumentan las emisiones de dióxido de carbono a razón de la utilización de agroquímicos, deforestación, fertilizantes químicos u otras sustancias que por su toxicidad provocan pérdida de biodiversidad, alteración de los ecosistemas y contaminación del agua y suelos que a su vez ponen en riesgo la salud de los seres vivos. Con respecto a ello, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2017) indica que es conveniente la utilización de biotecnología para mejorar los rendimientos, la rentabilidad de los cultivos y reducir la degradación ambiental.

Además, con respecto a esta situación, López y Hernández (2016) señalan que, en América Latina todavía hay grandes desafíos para mejorar los sistemas agroalimentarios; por ello, mencionan que los Estados deben promover políticas de agricultura sostenible, bajo un diagnóstico de las realidades de los productores y las propuestas realizadas por los distintos países y sus instituciones, con el fin de disminuir las brechas tecnológicas para mejorar la sostenibilidad de la producción y contribuir a la consecución de los objetivos de la Agenda 2030. Por su parte, Andrade et al. (2017) aluden que los productores agrícolas que no incorporen tecnologías de producción, gestión y comercialización amigables con el ambiente serán desplazados del mercado.

Por otro lado, la Tabla 9 evidenció la existencia de una relación causal unidireccional que va desde el comercio hacia las emisiones de CO<sub>2</sub>, esto a nivel global, PIA y PIMA. Resultados que se contrastan con Ahmed et al. (2017); Fan y Hossin (2018); Sun et al. (2019) y Ansari et al. (2020) quienes revelan la existencia de causalidad unidireccional entre ambas variables en distintos países. En este sentido, argumenta Shahbaz et al. (2017) que el comercio de bienes en los países menos desarrollados contribuye menos al deterioro ambiental que los países en vías de industrialización, pero, debido a la falta de condiciones de vida, infraestructura débil y un sistema de previsión y gestión de desastres, estos países soportan los mayores impactos ambientales.

Además, estos resultados de causalidad se sustentan en que el comercio internacional afecta al medio ambiente desde diversos aspectos; por el lado de las importaciones, la mayor apertura ha permitido un mayor acceso a bienes de capital y de consumo, que benefició la productividad y el bienestar pero ha conllevado un incremento de desechos y residuos; y, por otro lado, el aumento de las exportaciones ha permitido fortalecer las ventajas comparativas de

la región, especialmente en el área de los recursos naturales con impactos en el desarrollo sostenible; por esta razón los gobiernos, el sector privado, la academia y la sociedad civil han desarrollado distintos tipos de políticas, normas e incentivos para potenciar los beneficios y reducir los daños del comercio para el desarrollo sostenible.

Ante esta problemática, la OMC (2019) menciona que es importante que en América Latina y el Caribe haya una mayor integración económica para mejorar su desarrollo económico y ambiental, puesto que permitirá alcanzar escalas más eficientes de producción y aprovechar las complementariedades entre las distintas economías; además, dado que en la región existe una alta presencia de pequeñas y medianas empresas (pymes) el comercio intrarregional promovería la densificación del tejido productivo y ayudaría a disminuir la dependencia de las exportaciones de materias primas. Al respecto, también es indispensable la responsabilidad social de dichas empresas para que tengan un compromiso firme con el cuidado del medio ambiente.

Igualmente, CEPAL (2017) indica que en América Latina la inclusión de disposiciones ambientales en acuerdos comerciales con países desarrollados, especialmente con Estados Unidos y la Unión Europea ha traído ventajas para el sector comercial en la región, puesto que han surgido nuevos mercados que demandan productos ecológicos con consumidores dispuestos a pagar un precio premium, con inversores que dan importancia a los criterios de sostenibilidad y economía baja en carbono; esta situación ha obligado a las empresas a reevaluar su papel en la economía mundial y con ello tomar decisiones para impulsar este cambio y cumplir con los requerimientos establecidos por los gobiernos y la sociedad.

Por otra parte, en la Tabla 10 se evidenció que existe causalidad bidireccional entre el crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono a nivel global, estos resultados son apoyados por Osobajo (2020) y Radmehr et al. (2021) quienes demostraron una relación causal bidireccional entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el crecimiento económico para 70 países y 4 países asiáticos, respectivamente; en este sentido, respaldan la necesidad de fomentar inversiones a gran escala en energía limpia, que son necesarias para reducir significativamente las emisiones de carbono, además, recomiendan un diseño de políticas medioambientales que conlleven al cumplimiento de objetivos internacionales relacionados con el desarrollo económico y sostenibilidad.

Asimismo, se determinó que existe causalidad unidireccional que va desde el logaritmo de las emisiones hacia el PIB per cápita en los países de ingreso alto (PIA) y países de ingreso mediano alto (PIMA). Dichos resultados, coinciden con los obtenidos por Aye y Edoja (2017); Cai et al. (2018); koçak y Şarkgüneşi (2018) y Quinde et al. (2021) quienes afirman que existe una relación causal unidireccional entre las variables para 31 países, G7, Turquía y América Latina, respectivamente; por este motivo, sugieren que es necesario la aplicación de una estrategia de uso eficiente de la energía para reducir las emisiones. Sin embargo, se difiere de la investigación desarrollada por Fan y Hossaing (2018) quienes mencionan que la causalidad unidireccional es dada desde el crecimiento económico hacia las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Igualmente, se diferencia de lo expuesto por Chontanawat (2020) quien indica que no existe ninguna relación de causalidad entre el crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono, lo que explica que gran parte de las actividades de valor agregado de los países no son relevantes para las emisiones de dióxido de carbono en los procesos industriales convencionales; sin embargo, sugieren que para un crecimiento sostenible es fundamental la intervención pública para promover otras fuentes de energía alternativas y para corregir externalidades negativas como la contaminación, la cual se puede atenuar mediante la imposición de un gravamen específico de acuerdo con el daño ocasionado.

El hecho de que exista causalidad entre las emisiones de carbono y el crecimiento económico se debe a que gran parte del estilo de desarrollo de los países de la región se ha basado en una estructura productiva derivada de la abundancia y explotación de los recursos naturales que ha generado repercusiones negativas en el medio ambiente, además, de que los patrones de consumo son insostenibles. En este sentido, se respalda con lo mencionado por Oliviera y Segarra (2021) quienes sugieren que en la región latinoamericana se dé un cambio estructural hacia la sostenibilidad mediante la creación de ventajas comparativas en la producción y el fomento de actividades más eficientes intensivas en conocimiento.

Por su parte, CEPAL (2014) indica que en América Latina y el Caribe se requiere una amplia gama de medidas para la transición a una economía verde mediante la utilización de mecanismos de mercado, tales como: impuestos y licencias negociables que establezcan el precio a la contaminación y que orienten a los consumidores y productores a adoptar decisiones beneficiosas para la reducción de residuos, al igual que incentivar a las empresas a descubrir formas innovadoras para afrontar los retos ambientales. Además, mencionan que la región es privilegiada por su gran acervo de capital natural y biodiversidad, así como por sus

posibilidades de provisión de servicios ambientales, lo que abre la oportunidad para la adopción de tecnologías relacionadas con el medio ambiente.

En cuanto a las variables IED y emisiones de carbono, no se encontró ninguna relación de causalidad, estos hallazgos son concordantes con Hoffmann et al. (2015) y Farabi y Abdullah (2020) quienes muestran que en América Latina y Asia no hay evidencia sólida para que la IED genere emisiones de carbono en industrias contaminantes intensivas del sector primario y terciario. Al contrario, los resultados son opuestos a los encontrados por Blanco et al. (2013); Tian (2014); Seker et al. (2015); To et al. (2019); Khan y Raza (2019); Gharnit et al. (2020) y Kisswani y Zaitouni (2021) donde establecen una relación causal unidireccional que va desde la IED hacia las emisiones. Igualmente, se difiere con lo mencionado por Koçak y Şarkgüneşi (2018) quienes evidencian una relación bidireccional.

Dados los resultados, Paixão y Madeira (2015) revelan que no se puede determinar con exactitud la dirección de la relación causal entre las variables, debido a que los posibles efectos ambientales de la IED no presentan una tendencia o naturaleza específica, pudiendo variar en razón de factores muy diferentes, tales como: si es una actividad intensiva o no en recursos naturales; si la IED está asociada a nuevas instalaciones productivas o a unidades antiguas, si la multinacional adopta tecnología tan avanzada como la de la matriz, el rigor de la legislación en el país receptor, si tiene o no planes de remediación y finalmente, el espacio geográfico involucrado sea urbano o rural.

Sin embargo, ante la situación de la IED en la región, gran parte de los estudios apuntan a un nivel de exigencia ambiental más estricto de los diversos agentes económicos, en especial, del gobierno; puesto que, existen algunas empresas extranjeras que ubican sus operaciones en aquellos países donde pueden obtener mayores utilidades y minimizar los costos operativos, incluidos los ambientales (Freire et al., 2020). Esto implica un importante desafío para el proceso de desarrollo productivo regional y para las políticas de adopción de innovación y tecnología para hacer frente a la presión originada por los flujos de IED contaminantes e impulsar el potencial crecimiento de los países receptores.

Por su parte, las variables emisiones de dióxido de carbono e investigación y desarrollo mostraron una causalidad bidireccional para el panel PIA. Estos resultados son concordantes con los hallazgos de Ali et al. (2016) y Fernández et al. (2018) quienes evidencian el cumplimiento de esta relación causal y mencionan que se debe promover el gasto en

investigación y desarrollo, tanto público como privado, dado que los efectos netos de la innovación se traducen en una reducción de emisiones y, ésta aparece como una herramienta adecuada en la lucha contra el cambio climático, puesto que pueden invertir más en el sector tecnológico. En contraste, se difiere con el estudio de Zhao et al. (2021) quienes indican que en las economías avanzadas hay causalidad unidireccional desde la I+D hacia las emisiones.

Además, se evidenció que para el panel PIMA y PIMB existe una causalidad unidireccional que va desde la investigación y desarrollo hasta las emisiones de carbono. Estos hallazgos son similares a los obtenidos por: Yii y Geetha (2017); Fan y Hossin (2018); Fethi y Ramuna (2018) y Ibrahim y Vo (2021) quienes evidencian una relación causal unidireccional desde el gasto en investigación y desarrollo hacia las emisiones de carbono. En el mismo sentido, se coincide con los estudios de Ling et al. (2018) donde se indica que la innovación es fundamental para reducir la contaminación y al mismo tiempo ayuda en el proceso de ahorro de energía tanto de la renovable como la de fuentes convencionales.

La relación causal unidireccional entre las variables se debe a que la mayoría de los países menos avanzados de la región destinan pocos ingresos a la investigación y desarrollo (menos del 3% del PIB), a su vez, que esta actividad conduce a un mayor consumo de energía, por lo cual la contaminación se incrementa (Raiser et al., 2017; Mushtaq et al., 2020). Con respecto a ello, el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2019) indica que los países de ingreso mediano bajo siguen siendo dependientes de las tecnologías y conocimientos técnicos procedentes del extranjero; por tanto, las empresas deben desarrollar sistemas de innovación, capacidades tecnológicas acordes con los nuevos desafíos que necesita la economía y el medio ambiente.

Por su parte, CEPAL (2016) menciona que en América Latina debe haber una transición hacia energías renovables, ya que es uno de los aspectos clave para construir el nuevo modelo de desarrollo en los países de la región. Además, Carrillo et al. (2016) indica que es necesario el empleo de tecnologías end-of-pipe (EOP), que gestionan los contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos, ya generados para impedir o disminuir su descarga al medio y limpiar éste en caso de que se produzca un vertido; estas tecnologías se relacionan con la recuperación, selección, preparación para la reutilización, reciclaje, almacenamiento, aislamiento, valorización energética y eliminación de los residuos tóxicos o radiactivos mediante un proceso específico, así como con la depuración y limpieza de terrenos, agua o aire contaminados.

Además, es importante mencionar que la región requiere de un mayor gasto en I+D para la eco-innovación, la cual implica una nueva perspectiva para diseñar productos que puedan volver a la industria y cuyos materiales puedan utilizarse para fabricar nuevos productos, tan valiosos o más que los primeros. A su vez, Nguyen et al. (2014) alude que existen bastantes eco-innovaciones que reemplazan por completo los materiales y recursos no sostenibles a base de rediseños de los sistemas de productos y servicios; de esta manera, los impactos negativos sobre el entorno ecológico se reducen o se producen impactos positivos, siendo también primordial para mitigar la dicotomía tradicional entre la competitividad y la sostenibilidad.

Finalmente, las implicaciones económicas derivadas de la relación causal de las variables indican que América Latina debe asumir el reto ambiental con mayor responsabilidad dado que la estructura productiva de la mayoría de las economías de la región esta sesgada hacia actividades muy intensivas en recursos naturales, por ello estos países se encuentran en una dinámica insostenible desde la perspectiva ambiental y económica. En este sentido, es importante mencionar que abandonar un modelo de desarrollo basado en altas emisiones es difícil y costoso, pero sin embargo es necesario para mejorar la calidad del medio ambiente y el bienestar de la población.



## 8. Conclusiones

Una vez que se ha dado cumplimiento a los objetivos establecidos, se ha obtenido las siguientes conclusiones:

En base al primer objetivo específico y mediante el análisis de evolución y correlación de las variables en el periodo de estudio, se determinó que las emisiones de carbono han tenido un aumento constante debido a la etapa de industrialización por la cual están atravesando la mayoría de países latinoamericanos, en tanto que la agricultura ha disminuido su participación en el PIB puesto que otros sectores han emergido; de la misma manera el comercio ha tenido variaciones negativas debido a efectos externos. En consecuencia, se cumple parcialmente la primera hipótesis que plantea que hay correlación positiva entre la agricultura, comercio y calidad ambiental, evidenciada en los paneles de ingreso alto y mediano alto, siendo la excepción los ingresos bajos.

Con respecto al segundo objetivo específico y mediante regresiones cuantílicas de Powell (2016) se determinó que la agricultura y el comercio tuvieron un impacto positivo en las emisiones de carbono para los PIMA y PIMB; por una parte, esto se debió a la modernización de la actividad agrícola que requiere de maquinaria e insumos químicos que provocan degradación ambiental, y, por otra parte, la comercialización de productos implica el consumo de energía proveniente de combustibles fósiles. Además, las variables de control son factores determinantes de la calidad ambiental, esto sirve de referencia para que los hacedores formulen estrategias o medidas de acuerdo a la realidad. Por lo tanto, se cumple la segunda hipótesis de que existe un efecto heterogéneo en los cuantiles de las variables, considerando el grupo de países.

En lo referente al tercer objetivo específico, mediante los resultados de la prueba Dumitrescu y Hurlin (2012) se confirma que existe causalidad bidireccional entre la agricultura y las emisiones de carbono a nivel global. Además, se encontró una causalidad unidireccional del comercio, PIB per cápita e I+D hacia las emisiones de CO<sub>2</sub>, estos hallazgos se deducen por el hecho que la mayoría de países de la región han crecido a raíz del fuerte consumo de materias primas en diferentes sectores industriales; de ahí la importancia de que los gobiernos de la región trabajen en la mitigación y adaptación del daño ambiental, mediante los procesos de producción sostenible, consumo responsable de recursos naturales, acceso a tecnología, etc.

## 9. Recomendaciones

En base a las conclusiones planteadas en la sección anterior, se derivan las siguientes recomendaciones:

En vista de que la agricultura es una fuente principal de emisiones de dióxido de carbono en América Latina para los países de ingreso mediano alto y bajo, se sugiere que por medio de alianzas público-privadas entre las instituciones gubernamentales, no gubernamentales y universidades se brinde asistencia técnica desde las necesidades objetivas del productor agrícola y del mercado; además, se desarrolle talleres de buenas prácticas agrícolas para el manejo integrado de plagas, cuidado del suelo, fertilizantes e insecticidas orgánicos que mejoren la calidad de cosechas, preservando la calidad del medio ambiente y asegurando la factibilidad económica de los sistemas productivos.

Asimismo, al identificar un impacto positivo del comercio en la contaminación ambiental para todos los grupos de países de la región, se recomienda que los gobiernos impulsen la comercialización de productos amigables con el ambiente, mediante la otorgación de certificaciones o etiquetas ambientales nacionales e internacionales (Ejemplo: Sello Ambiental de América, Punto verde - Ecuador) que indiquen el cumplimiento de las normas y estándares establecidos (ISO 14001, 15001, Global GAP, etc.) lo cual otorga beneficios ecológicos y empresariales. A su vez, es necesario que los Estados brinden un incentivo tributario, como la exoneración de impuesto a la renta a aquellas empresas que se enmarquen en las dimensiones de sostenibilidad en la cadena de valor.

Además, se sugiere que los gobiernos de los países de la región latinoamericana incrementen progresivamente el rubro destinado a la investigación y desarrollo en los presupuestos gubernamentales conforme el crecimiento de su economía, para de esta manera impulsar actividades de ciencia, tecnología e innovación que mejoren la productividad, competitividad y sostenibilidad ambiental de los sectores económicos. Posteriormente, sería ideal que el sector empresarial sea quien tome la posta y se convierte en el motor generador de I+D, transformando esta inversión en procesos productivos más eficientes y en productos con mayor valor agregado que brinden mayor bienestar a la sociedad en general.

Finalmente, para futuras líneas de investigación se recomienda que se realice un análisis más amplio de ciertas variables socioeconómicas importantes en nuestra región, tales como: pobreza, educación, urbanización y grado de industrialización, puesto que existe evidencia de

que estos factores inciden en la calidad ambiental de América Latina. Igualmente, se puede considerar estos determinantes para un periodo más extenso, con el fin de visualizar su comportamiento a través del tiempo y capturar su efecto ante las distintas situaciones políticas, económicas y sociales que han afrontado los distintos países.

## 10. 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), 8–14.
- Acuña, D. (1992). Agricultura sostenible: antecedentes e iniciativas. Oficina de estudios y políticas agrarias. *The World Economy*, 19(8), 1–7.
- Adebayo, T., Rjoub, H., Akinsola, G., & Oladipupo, S. (2021). The asymmetric effects of renewable energy consumption and trade openness on carbon emissions in Sweden: new evidence from quantile-on-quantile regression approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 6(8), 4–12.
- Agboola, M. O., & Bekun, F. V. (2019). Does agricultural value added induce environmental degradation? Empirical evidence from an agrarian country. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(27), 6–10.
- Ahmed, K., Rehman, M. U., & Ozturk, I. (2017). What drives carbon dioxide emissions in the long-run? Evidence from selected South Asian Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70(16), 12–23.
- Al-Aameri, N., Fu, L., Garcia, N., Mak, R., McGill, C., Reynolds, A., Vinze, L., & Mu, R. (2012). Environmental Impacts of China Outward Foreign Direct Investment Case Studies in Latin America, Mongolia, Myanmar, and Zambia. *Economies*, 5(3), 5–12.
- Alamdarlo, N. (2016). Water consumption, agriculture value added and carbon dioxide emission in Iran, environmental Kuznets curve hypothesis. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(8), 2–19.
- Alhassan, A., Usman, O., Ike, G. N., & Sarkodie, S. A. (2020). Impact assessment of trade on environmental performance: accounting for the role of government integrity and economic development in 79 countries. *Heliyon*, 6(9), 45–56.
- Ali, W., Abdullah, A., & Azam, M. (2016). The dynamic linkage between technological innovation and carbon dioxide emissions in Malaysia: An autoregressive distributed lagged bound approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(3), 2–12.

- 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(4), 7–13.
- Altinoz, B., Apergis, N., & Aslan, A. (2020). Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Fresh Evidence From Panel Quantile Regressions. *Energy Research Letters*, 17(8), 1–5.
- Anderson, K. (1992). La liberación del comercio agrícola y el medio ambiente: una perspectiva global. *The World Economy*, 15(1), 153–172.
- Andrade, F., Taboada, M., Lema, D., Maceira, N., Echeverría., Sanchez, E., Bogliani, M., Gamundi, J. C., Trumper, E., & Mastrángelo, M. (2017). Los desafíos de la agricultura argentina. Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental. In *Journal of Experimental Psychology*, 136(1), 8–20.
- 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*, 11(4), 9–12.
- Ansari, M. A., Haider, S., & Khan, N. A. (2020). Does trade openness affects global carbon dioxide emissions: Evidence from the top CO2 emitters. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(1), 32–53.
- Antràs, P., & Gortari, A. (2017). On the geography of global value chains. *Nber Working Paper Series*, 21(2), 16–19.
- Anwar, A., Sarwar, S., Amin, W., & Arshed, N. (2019). Agricultural practices and quality of environment: evidence for global perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(6), 179–184.
- Arellano M. (2003) Panel data Econometrics: Advance Text I Econometrics. *Oxford University Press*, 31(7), 337–341.
- Arrhenius, S., & Tyndall. J. (1859). The albos of the mundial climatic change. *Medio Ambiente: Tecnologia y Cultura*, 10(2), 94–96.
- Artieda, R., Isaías, R., & Andrade, M. (2007). El trueque como sistema de comercialización - Desde lo ancestral a lo actual. *The World Economy*, 4(2), 288–300.

- Asako, K. (1979). Environmental Pollution in an Open Economy. *Economic Record*, 55(4), 359–367.
- Asumadu, S. S., & Owusu, P. A. (2016). The relationship between carbon dioxide and agriculture in Ghana: a comparison of VECM and ARDL model. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(11), 10–19.
- Asumadu, S. S., & Owusu, P. A. (2017). Is there a causal effect between agricultural production and carbon dioxide emissions in Ghana? *Environmental Engineering Research*, 22(1), 40–54.
- Atlas. (2019). World Bank Country and Lending Groups. World Bank Data Help Desk.
- Aye, G. C., & Edoja, P. E. (2017). Effect of economic growth on CO2 emission in developing countries: Evidence from a dynamic panel threshold model. *Cogent Economics and Finance*, 5(1), 1–22.
- Ayyildiz, M., & Erdal, G. (2020). The relationship between carbon dioxide emission and crop and livestock production indexes: a dynamic common correlated effects approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 8(3), 5–18.
- Baek, J., & Choi, Y. J. (2017). Does foreign direct investment harm the environment in developing countries? Dynamic panel analysis of Latin American countries. *Economies*, 5(4), 15–22.
- Balsalobre, D., Driha, O. M., Bekun, F. V., & Osundina, O. A. (2019). Do agricultural activities induce carbon emissions? The BRICS experience. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(24), 251–264.
- Banco Mundial. (2020). Indicadores del desarrollo mundial. World Bank Open Data | Data.
- Banco Mundial (2015). Informe sobre el desarrollo mundial. Agricultura para el desarrollo.
- Barbier, E. B., Markandya, A., & Pearce, D. (1989). A new blueprint for a green economy. In *A New Blueprint for a Green Economy*, 8(1), 45–58.
- Barrantes, R., Berdegue, J., De Javry, A., & Elizondo, D. (2018). Agricultura y Desarrollo en América Latina: gobernanza y políticas públicas. *Environmental Engineering Research*, 22(1), 125–138.

- Baumol, W. J. (1964). External Economies and Second-Order Optimality Conditions. *The American Economic Review*, 54(4), 358–372.
- Baumol, W. J., & Oates, W. E. (1988). *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge University Press, 2(1), 120–134.
- Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S., & Jaafar, M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 594–601.
- Bello, A. K., & Abimbola, O. M. (2010). Does the Level of Economic Growth Influence Environmental Quality in Nigeria: A Test of Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis? *Pakistan Journal of Social Sciences*, 7(4), 5–12.
- Belloumi, M. (2014). The relationship between trade, FDI and economic growth in Tunisia: An application of the autoregressive distributed lag model. *Economic Systems*, 38(2), 269–287.
- Bennetzen, E. H., Smith, P., & Porter, J. R. (2016). Agricultural production and greenhouse gas emissions from world regions-The major trends over 40 years. *Global Environmental Change*, 37(4), 3–15.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2016). *Revisión de las políticas de apoyo agrícolas en América Latina y el Caribe*. Chile.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2018). *América Latina y el Caribe. Estimaciones de las tendencias comerciales*. Colombia.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2019). *¿Cómo llegar a cero emisiones de carbono en América Latina?* Washington D.C
- Bilgili, F., Nathaniel, S. P., Kuşkaya, S., & Kassouri, Y. (2021). Environmental pollution and energy research and development: an Environmental Kuznets Curve model through quantile simulation approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 38(6), 118–132.
- Blanco, L., Gonzalez, F., & Ruiz, I. (2013). The Impact of FDI on CO2 Emissions in Latin America. *Oxford Development Studies*, 41(1), 104–121.
- Bodin, J. (1576). *Les six livres de la République*. Paris. Rep. VI, 6, 260.

- Breitung, J. (2001). Rank tests for nonlinear cointegration. *Journal of Business and Economic Statistics*, 19(3), 331–340.
- Brundtland, G. H. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común. Documentos de Las Naciones Unidas. *Oxford University Press*. 416.
- BP Statistical Review of World Energy (2018). Carbon emissions from energy consumption. 67<sup>th</sup> edition. Brasil.
- Cai, Y., Sam, C. Y., & Chang, T. (2018). Nexus between clean energy consumption, economic growth and CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 18(2), 10–18.
- Cai, A., Zheng, S., Cai, L. H., Yang, H., & Comite, U. (2021). How Does Green Technology Innovation Affect Carbon Emissions? A Spatial Econometric Analysis of China's Provincial Panel Data. *Frontiers in Environmental Science*, 9(10), 1–12.
- Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) (2013). Hacia una nueva agenda en inversión extranjera directa tendencias y realidades en América Latina. Colombia.
- Carrillo, J., del Río, P., Kiefer, C. P., & Callealta Barroso, F. J. (2016). Eco-innovación para la sostenibilidad: Una exploración de su estructura subyacente. *UAH Working Papers Series*, 1–47.
- Castillo, E. E., Gonzalez, M. G., & Zurita, E. G. (2020). Determinantes de la inversión extranjera directa en Latinoamérica (2000 – 2017). *Espacios*, 41(50), 2–17
- Climate and Clean Air Coalition Annual Report (CCAC) (2016). Integrated Assessment of Short-Lived Climate Pollutants for Latin America and the Caribbean: improving air quality while mitigating climate change. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.
- Ceccon, E. (1988). La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1(91), 21–29.
- Centro Estratégico Latinoamericano de Geopolítica (CELAG) (2019). Latinoamérica: dos décadas de crecimiento económico. Colombia.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2010). Estudio económico de América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.



- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2012). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2013). América Latina y el Caribe: estimación de las series en paridades de poder adquisitivo (PPA). Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2014). El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2015). Contribuciones determinadas a nivel nacional del sector eléctrico en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2016). Panorama de la Inserción Internacional de América Latina y el Caribe: La región frente a las tensiones de la globalización. Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2017). Incentivos a la sostenibilidad en el comercio internacional. Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018a). Perspectivas del comercio internacional de América latina y el Caribe 2018. Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2018b). Promover prácticas agrícolas sostenibles: De los incentivos a la adopción y resultados. Santiago, Chile.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2019). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe. ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? Santiago, Chile.
- Çetin, M., Saygin, S., & Demir, H. (2020). The impact of agricultural sector on environmental pollution: A cointegration and causality analysis for Turkish economy. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 17(3), 9–15.
- Chakraborty, D., & Mukherjee, S. (2013). Do Foreign Trade and Investment Lead to Higher CO2 Emissions? Evidence from Cross-Country Empirical Estimates. *Review of Market Integration*, 5(3), 3–16.

- Chandio, A. A., Akram, W., Ahmad, F., & Ahmad, M. (2020). Dynamic relationship among agriculture-energy-forestry and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions: empirical evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(27), 10–18.
- Chen, F., Jiang, G., & Kitila, G. M. (2021). Trade openness and CO<sub>2</sub> emissions: The heterogeneous and mediating effects for the belt and road countries. *Sustainability*, 13(4), 1–16.
- Chen, W., & Lei, Y. (2018). The impacts of renewable energy and technological innovation on environment-energy-growth nexus: New evidence from a panel quantile regression. *Renewable Energy*, 123(7), 1–14.
- Cheng, C., Ren, X., Dong, K., Dong, X., & Wang, Z. (2021). How does technological innovation mitigate CO<sub>2</sub> emissions in OECD countries? Heterogeneous analysis using panel quantile regression. *Journal of Environmental Management*, 280 (3), 8–16.
- Chichilnisky, G. (1994). North-South Trade , Property Rights , and the Dynamics of the Environment. *Environment*, 19(4), 84–136.
- Chontanawat, J. (2020). Dynamic modelling of causal relationship between energy consumption, CO<sub>2</sub> emission, and economic growth in SE Asian countries. *Energies*, 13(24), 42–75.
- Colbert, J. (1725). *Al agriculture en Europe et en Amérique, considérée et comparée dans les intérêts de la France et de la monarchie*. París.
- Cole, M. A., Elliott, R. J. R., & Zhang, J. (2011). Growth, foreign direct investment, and the environment: Evidence from chinese cities. *Journal of Regional Science*, 51(1), 2–18.
- Contreras, F. C. A. (1997). *Agricultura, historia y cultura. Análisis y reflexiones*. Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (1994). North-South Trade and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 10(3), 755–787.
- Corbo, V., & Schmidt, K. (2018). La crisis internacional y América Latina. *Monetaria*, XXXV(1), 41–68

- Cristea, A., Hummels, D., Puzello, L., & Avetisyan, M. (2013). Trade and the greenhouse gas emissions from international freight transport. *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(1), 153–173.
- Cruz, M., Velázquez, A., & Mendoza, B. (2017). Inversión extranjera directa, desigualdad y crecimiento económico en América Latina. *Contaduría y Administración*, 64(1), 1–21.
- D'Agre, R. C., & Kneese, A. V. (1972). Environmental quality and international trade. In *International Organization*, 26(2), 120–145.
- Dauda, L., Long, X., Mensah, C. N., Salman, M., Boamah, K. B., Ampon-Wireko, S., & Kofi Dogbe, C. S. (2021). Innovation, trade openness and CO2 emissions in selected countries in Africa. *Journal of Cleaner Production*, 28(1), 5–14.
- Demena, B. A., & Afesorgbor, S. K. (2020). The effect of FDI on environmental emissions: Evidence from a meta-analysis. *Energy Policy*, 138(5), 2–19.
- Dogan, N. (2016). Agriculture and environmental kuznets curves in the case of Turkey: Evidence from the ardl and bounds test. *Agricultural Economics (Czech Republic)*, 62(12), 6–17.
- Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450–1460.
- Dumrul, Y., & Kılıçarslan, Z. (2017). Foreign Direct Investments and CO2 Emissions Relationship: The Case of Turkey. *Business and Economics Research Journal*, 4(8), 647–651.
- Eyuboglu, K., & Uzar, U. (2020). Examining the roles of renewable energy consumption and agriculture on CO2 emission in lucky-seven countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(36), 15–34.
- Fallas, J. (2015). Correlación lineal: midiendo la relación entre dos variables. *The American Statistician*, 38(4), 210–232.
- Fan, H., & Hossain, M. I. (2018). Technological innovation, trade openness, CO2 emission and economic growth: Comparative analysis between China and India. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(6), 240–257.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1991). *Análisis mundial, estudio por regiones. Políticas y las cuestiones agrícolas*. Roma, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2013). *SAFA para la evaluación de la sostenibilidad*. México. *18(2)*, 10–15.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2016). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura*. Roma.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2017). *Boletín de Agricultura Familiar para América Latina y el Caribe*. *18(4)*, 24–26.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura: contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Roma.
- Farabi, A., & Abdullah, A. (2020). Environmental degradation in Indonesia and Malaysia: the effect of energy consumption, economic growth, population, and Foreign Direct Investment (FDI). *Journal of Theory y Applied Management*, *25(4)*, 2–18.
- Favila, A. (2019). Eficiencia de la innovación en América Latina. Una aproximación a través del Análisis Envolvente de Datos. *Análisis Económico*, *34(87)*, 2–7.
- Fernández, D. (2000). Enfoque de Porter y de la teoría basada en los recursos en la identificación de la Ventaja Competitiva: ¿contraposición o conciliación? *Economía y Desarrollo*, *14(1)*, 101–114.
- Fernández, O., Francois, F., & Tomberger, P. (2016). Carbon dioxide emissions and international trade at the turn of the millennium. *Ecological Economics*, *12(5)*, 14–26.
- Fernández, Y., Fernández A., & Olmedillas, B. (2018). Innovation for sustainability: The impact of R&D spending on CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, *17(2)*, 359–367.
- Fethi, S., & Rahuma, A. (2019). The role of eco-innovation on CO2 emission reduction in an extended version of the environmental Kuznets curve: evidence from the top 20 refined oil exporting countries. *Environmental Science and Pollution Research*, *26(29)*, 2–15.

- Fondo Monetario Internacional (FMI) (2002). *Desafíos y oportunidades en América Latina*. Madrid, España.
- Freire, C., Meneses, K., & Cuesta, G. (2021). América Latina: ¿Un paraíso de la contaminación ambiental? *Tropical Journal of Environment Sciences*, 55(2), 1–18.
- Galindo, L. M., & Samaniego, J. (2010). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: Algunos hechos estilizados. *Revista de La CEPAL*, 2010(100), 69–96.
- Gallagher, K., & Ackerman, F. (2000). Trade Liberalization and Pollution Intensive Industry in Developing Countries A Partial Equilibrium Approach. *12(2)*, 20–80.
- Ganda, F. (2020). Effect of foreign direct investment, financial development, and economic growth on environmental quality in OECD economies using panel quantile regressions. *Environmental Quality Management*, 30(2), 89–118.
- García, C. M. (2018). Impacto del comercio y el transporte internacional sobre la calidad ambiental: un estudio en países de América Latina y el Caribe. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 18(1), 49–110.
- García, P., & López, A. (2020). La Inversión Extranjera Directa: definiciones, determinantes, impactos y políticas públicas. Chile.
- Garsous, G. (2019). Trends in policy indicators on trade and environment. *Trade and Environment Working Papers*, 20(1), 120–153.
- Gaudicos, A. G. P., & Hinoguin, R. N. (2019). Diffusion of Technological Innovations and its Effect on Carbon Dioxide Emissions. *Journal of Educational and Human Resource Development*, 10(9), 1–10.
- Gharnit, S., Bouzahzah, M., & Ait Soussane, J. (2020). Foreign direct investment and pollution havens: evidence from African countries. *Archives of Business Research*, 7(12), 244–252.
- Gliessman, R. (1998). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 18(1), 75–123.
- Gökmenoğlu, K., & Taspınar, N. (2016). The relationship between Co2 emissions, energy consumption, economic growth and FDI: the case of Turkey. *Journal of International Trade and Economic Development*, 25(5), 706–723.

- Gozgor, G., & Can, M. (2016). Export product diversification and the environmental Kuznets curve: evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(21), 205–216.
- Grossman, G., & Krueger, A. (1991). Environmental Implications of the North American Free. *The Journal of Finance*, 9(5), 121–135.
- Grossman, GM y Krueger, A. (1995). Economic Growth and the Individual. *The Journal of Finance*, 21(3), 450–502.
- Gunarto, T. (2020). Effect of economic growth and foreign direct investment on carbon emission in the asian states. *Journal of Energy Economics and Policy*, 10(5), 563–569.
- Ha, T. C., & Nguyen, H. N. (2021). The Role of Institution on FDI and Environmental Pollution Nexus: Evidence from Developing Countries. *Journal of Asian Finance Economics and Business*, 8(6), 609–620.
- Hadi, S., Retno, S., & Yuliani, S. (2018). The Impact of Foreign Direct Investment to the Quality of the Environment in Indonesia. *Web of Conferences*, 7(3), 10–51.
- Halicioglu, F., & Ketenci, N. (2016). The impact of international trade on environmental quality: The case of transition countries. *Energy*, 19(6), 130–138.
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometric Society*, 46(6), 1253.
- Hausmann, Ricardo & Hidalgo, Cesar A. & Stock, Daniel P. & Yildirim, Muhammed A. (2014). “Implied Comparative Advantage” *Working Paper Series*, 44(6), 143–152.
- Heckscher, E. (1919). Thr effect of foreign trade on the distribution of income 1919. In *Readings in the theory of international trade*, 12(4), 272–300.
- Hoffmann, R., Lee, C. G., Ramasamy, B., & Yeung, M. (2015). FDI and pollution: A Granger causality test using panel data. *Journal of International Development*, 17(3), 311–317.
- Huang, H., & Labys, W. C. (2002). Environment and trade: A review of issues and methods. *International Journal of Global Environmental Issues*, 2(2), 100–160.
- Huang, Y., Chen, X., Zhu, H., Huang, C., & Tian, Z. (2019). The Heterogeneous Effects of FDI and Foreign Trade on CO2 Emissions: Evidence from China. *Mathematical Problems in Engineering*, 8(2), 5–14.

- Hye, Q. M. A., Wizarat, S., & Lau, W. Y. (2013). Trade-led growth hypothesis: An empirical analysis of South Asian countries. *Economic Modelling*, 35(4), 1–8.
- Hyung, T., & Kim, B. (2018). Firm's environmental expenditure, R & D intensity, and profitability. *Sustainability (Switzerland)*, 10(6), 4–10.
- Ibrahim, M., & Vo, X. V. (2021). Exploring the relationships among innovation, financial sector development and environmental pollution in selected industrialized countries. *Journal of Environmental Management*, 28(2), 157–163.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2017). Plan Estratégico Institucional 2015-2030. INTA Ediciones. p. 56.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1981). Informe sobre el cambio climático. Reino Unido. 24–25.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (1996). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reino Unido. 120–132.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2013). “Summary for Policymakers”, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- 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.
- Jebli, M., & Youssef, S. (2017). Renewable energy consumption and agriculture: evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 24(2), 5–15.
- Jiang, M., Kim, E., & Woo, Y. (2020). The relationship between economic growth and air pollution—a regional comparison between China and South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 11–14.
- Kais, S., & Sami, H. (2016). An econometric study of the impact of economic growth and energy use on carbon emissions: Panel data evidence from fifty eight countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5(9), 101–115.

- Kaplan, S. (1815). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169–182.
- Kasman, A., & Duman, Y. S. (2015). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis. *Economic Modelling*, 44(3), 7–12.
- Keho, Y. (2017). Revisiting the income, energy consumption and carbon emissions nexus: New evidence from quantile regression for different country groups. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(3), 6–13.
- Khan, M. A., & Raza, A. (2019). Modelling the Nexus in Foreign Capital Flows and Environmental Degradation : Fresh Evidence From Global Data. *Research Square*, 6(2), 32–46.
- Kisswani, K. M., & Zaitouni, M. (2021). Does FDI affect environmental degradation? Examining pollution haven and pollution halo hypotheses using ARDL modelling. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 3(2), 1–27.
- Kleinbaum, D.G. (1988) Variable Reduction and Factor Analysis. Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. PWS Kent Publishing Co., Boston, 595–640.
- Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2018). The impact of foreign direct investment on CO2 emissions in Turkey: new evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(1), 790–804.
- Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica*, 46(9), 36–40.
- Kravis, I. B. (1956). Commodity Composition of Trade '. *Journal of Political Economy*, 64(2), 143–155.
- Krugman, P. R. (1979). Increasing returns, monopolistic competition, and international trade. *Journal of International Economics*, 9(4), 469–479.
- Le, T. H., Chang, Y., & Park, D. (2016). Trade openness and environmental quality: International evidence. *Energy Policy*, 9(2), 5–15.
- Lee, K. H., & Min, B. (2015). Green R&D for eco-innovation and its impact on carbon emissions and firm performance. *Journal of Cleaner Production*, 10(8), 4–12.



- Lee, H. S., Moseykin, Y. N., & Chernikov, S. U. (2021). Sustainable relationship between FDI, R&D, and CO<sub>2</sub> emissions in emerging markets: An empirical analysis of BRICS countries. *Russian Journal of Economics*, 7(4), 2–10.
- Li, R., & Jiang, R. (2020). Investigating effect of R&D investment on decoupling environmental pressure from economic growth in the global top six carbon dioxide emitters. *Science of the Total Environment*, 7(4), 1–13.
- Lin, B., & Xu, B. (2018). Factors affecting CO<sub>2</sub> emissions in China's agriculture sector: A quantile regression. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9(4), 15–27.
- Linder, S. B. (1961). An essay on trade and transformation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1), 120–130.
- Ling, G., Razzaq, A., Guo, Y., Fatima, T., & Shahzad, F. (2021). Asymmetric and time-varying linkages between carbon emissions, globalization, natural resources and financial development in China. *Environment, Development and Sustainability*, 8(3), 2–18.
- Liu, X., Zhang, S., & Bae, J. (2017). The impact of renewable energy and agriculture on carbon dioxide emissions: Investigating the environmental Kuznets curve in four selected ASEAN countries. *Journal of Cleaner Production*, 16(4), 1239–1247.
- Liu, B., Wang, D., Xu, Y., Liu, C., & Luther, M. (2018). A multi-regional input–output analysis of energy embodied in international trade of construction goods and services. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 4–11.
- Li, Z., Dong, H., Huang, Z., & Failler, P. (2019). Impact of foreign direct investment on environmental performance. *Sustainability (Switzerland)*, 11(13), 1–16.
- Llanes, J. (1985). *Introducción a La Economía Ambiental*. Plaza de la Revolución, Cuba: Editorial UH.
- López, A., & Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, 4(2), 459–496.
- Malthus, T. R. (1798). *An essay on the principle of population*: London, Printed for J. Johnson. 1–588.
- Mapapu, B., & Phiri, A. (2018). Carbon emissions and economic growth in South Africa: A quantile regression analysis. *Journal of Energy Economics and Policy*, 8(1), 195–202.

- Marx, K. (1867). *Das Kapital. Kritik der politischen Oekonomie. Erster Band*, Hamburgo.
- Meadows, D. H. (1972). Limits to growth. A report for the club of rome's project on the predicament of mankind, 367–369.
- Melitz, M. J. (2003). The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity. *Econometrica*, 71(6), 1695–1725.
- Mill, J. S. (1862). *Principles Of Political Economy*. 381–413.
- Muhammad, B., Khan, M. K., Khan, M. I., & Khan, S. (2021). Impact of foreign direct investment, natural resources, renewable energy consumption, and economic growth on environmental degradation: evidence from BRICS. *Environmental Science and Pollution Research*, 71(4), 165–172.
- Mun, T. (1664). *Discourse of Trade from England unto the East Indies*. 445–496.
- Mushtaq, A., Chen, Z., Din, N.U., Ahmad, B., Zhang, X., 2020. Income inequality, innovation and carbon emission: perspectives on sustainable growth. *Economic Research–Ekonomiska Istrazivanja* 33(4), 9–17.
- Naranpanawa, A. (2011). Does Trade Openness Promote Carbon Emissions? Empirical Evidence from Sri Lanka. *The Empirical Economics Letters*, 10(10), 973–986.
- Nguyen, H., Stuchtey, M., & Zils, M. (2014). Remaking the industrial economy. *McKinsey Quarterly*, 4(1), 2–17.
- Novalés, A. (2010). *Análisis de Regresión*. Universidad Complutense de Madrid. 45–50.
- Nwaka, I. D., Nwogu, M. U., Uma, K. E., & Ike, G. N. (2020). Agricultural production and CO2 emissions from two sources in the ECOWAS region: New insights from quantile regression and decomposition analysis. *Science of the Total Environment*, 74(8), 141–190.
- Nwokoro, C. V., & Chima, F. O. (2017). Impact of Environmental Degradation on Agricultural Production and Poverty in Rural Nigeria. *American International Journal of Contemporary Research*, 7(2), 6–14.
- Ochoa, W. S., Quito, B. A., & Moreno, C. A. (2021). Foreign direct investment and environmental quality: Revisiting the ekc in latin american countries. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22), 1–18.

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2012). Estrategia nacional del crecimiento verde. México. 93–102.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2019), Perspectivas económicas de América Latina 2019: Desarrollo en transición, OECD Publishing, Paris.
- Ohlin, B. (1933). Interregional and International Trade. *Harvard University Press. Cambridge Mass*, 44(13), 95–102.
- Olanipekun, I. O., Olasehinde-Williams, G. O., & Alao, R. O. (2019). Agriculture and environmental degradation in Africa: The role of income. *Science of the Total Environment*, 69(2), 60–67.
- Omri, A., & Bel Hadj, T. (2020). Foreign investment and air pollution: Do good governance and technological innovation matter? *Environmental Research*, 18(5), 109–169.
- Organización Mundial del Comercio (OMC) (2019). Incorporar el comercio para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Chile.
- Organización Mundial del Comercio (OMC) (2020). Aprovechamiento del comercio para un desarrollo sostenible y una economía verde. Brasil.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2016). Perspectivas de la OCDE en Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina 2016. París.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1972). Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano. Directrices y principios del derecho ambiental. Suecia.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (1992). La Conferencia de Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Boletín económico de ICE, Información Comercial Española (Issue 2327).
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2019). Descarbonizar América Latina ahorrará más de medio billón de dólares al año. Chile.
- Osobajo, O. A., Otitoju, A., Otitoju, M. A., & Oke, A. (2020). The impact of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions. *Sustainability* 12(19), 1–16.

- Paixão, S. M., & Madeira N. J. (2015). Inversión extranjera directa y medio ambiente: estado del arte en la investigación. *Economía*, 12(39), 11–36.
- Paz, J., & Benavides, H. (2009). Evolución de los precios de productos agrícolas: Posible impacto en la agricultura de América Latina y el Caribe. *Journal of Econometrics*, 8(4), 12–25.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. University of Cambridge, Faculty of Economics. *Working Papers in Economics*, 12(4), 14–35.
- 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.
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50–93.
- Pesaran, M. H. (2015). Testing weak cross-sectional dependence in large panels. *Econometric Reviews*, 34(6), 108–117.
- Pethig, R. (1976). Pollution, welfare, and environmental policy in the theory of Comparative Advantage. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2(3), 160–169.
- Petty (1682). *Treatise of Taxes and Contributions*. Ireland. Brooke, Cornhill.
- Petrović, P., & Lobanov, M. M. (2020). The impact of R&D expenditures on CO2 emissions: Evidence from sixteen OECD countries. *Journal of Cleaner Production*, 24(8), 1–16.
- Pinilla, M., Díaz, C., & Sánchez, E. (2018). Crecimiento económico y emisiones de CO2 en América Latina, 1990-2015. *Semestre Económico*, 21(49), 41–55.
- Pigou, A. (1920). The economics of welfare. *Liberty Fund*, 309–316.
- Powell, D. (2016). Quantile regression with nonadditive fixed effects. *RAND Labor and Population Working Paper*, 6(3), 1–28.
- Prebisch, R. (1950). Términos de intercambio. *Cepal*, 28(2), 195–206.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2018). Proyecto de estrategia mediano plazo sostenibilidad ambiental para 2018–2021. Madrid-España.

- Quesnay F. (1758). *Physiocratie. Droit Naturel, Tableau économique Et Autres Textes. Recyclivre. Francia.*
- Quinde, V., Bucaram, R., Bucaram, M., Quinde, F. & Silvera, C. (2018). Relación entre el gasto en Ciencia y Tecnología y el Producto Interno Bruto. Un análisis empírico entre América Latina y el Caribe y el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 25(11), 2–8.
- Quinde, V., Bucaram, R., Bucaram, M., & Quinde, F. (2021). Evidencia empírica del desarrollo sostenible: Relación de causalidad entre el crecimiento económico y la degradación ambiental en América Latina y el Caribe. *Ciencia y Tecnología*, 25(11), 67–77.
- Radmehr, R., Henneberry, S. R., & Shayanmehr, S. (2021). Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions, and Economic Growth Nexus: A Simultaneity Spatial Modeling Analysis of EU Countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 57(2), 13–27.
- Rafiq, S., Salim, R., & Apergis, N. (2016). Agriculture, trade openness and emissions: an empirical analysis and policy options. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 60(3), 8–16.
- Raiser, K., Naims, H., Bruhn, T., 2017. Corporatization of the climate? Innovation, intellectual property rights, and patents for climate change mitigation. *Energy Research and Social Science* 27(4), 1–8
- Renteria, V., Toledo, E., Bravo, D., & Ochoa, D. (2016). Relación entre emisiones contaminantes , crecimiento económico y consumo de energía . El caso de Ecuador 1971-2010. *Revista Politécnica*, 38(15), 87–93.
- Ricardo, D. (1817). *Economía política y tributacion. Traducción: Paloma de la Nuez y Carlos Rodríguez Braun / Ediciones piramide. 110–145.*
- Runge, C. F. (1993). Environmental impacts of agricultural and forestry subsidies. *Subsidies and environment*, 38(15), 139–161.
- Samaniego, J. L., Galindo, L. M., Mostacedo, S. J., Ferrer, J., Alatorre, J. E., & Reyes, O. (2017). Síntesis de políticas públicas sobre cambio climático, 14(2), 4–5.
- Sánchez, L., & Caballero, K. (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015. *Revista de Economía Del Rosario*, 22(1), 11–23.

- Sarandón, S. J. (2020). El Papel De La Agricultura en la Transformación Social-Ecológica de América Latina. In *Cuadernos de la Transformación*, 20(11), 5–14.
- Saravia, S., Aguirre Hörmann, P., & Berdegué, J. A. (2019). Environmental efficiency in the agricultural sector of Latin America and the Caribbean 1990–2015: Are greenhouse gas emissions reducing while agricultural production is increasing? *Ecological Indicators*, 10(8), 8–14.
- Sarkodie, S., & Owusu, P. A. (2017). The causal nexus between carbon dioxide emissions and agricultural ecosystem an econometric approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(2), 160–168.
- Say, J.B. (1841). Traité d'économie politique. *Revue Économique*, 25(5), 285–302.
- Seker, F., Ertugrul, H. M., & Cetin, M. (2015). The impact of foreign direct investment on environmental quality: A bounds testing and causality analysis for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5(2), 7–16.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ahmed, K., & Hammoudeh, S. (2017). Trade openness–carbon emissions nexus: The importance of turning points of trade openness for country panels. *Energy Economics*, 6(1), 11–20.
- Sibanda, M., & Ndlela, H. (2020). The link between carbon emissions, agricultural output and industrial output: Evidence from south africa. *Journal of Business Economics and Management*, 21(2), 1–16.
- Siebert, H. (1974). Environmental protection and international specialization. *Books Abroad*, 1(2), 29.
- Smith, A. (1776). Investigacion de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones: Tomo I. 487–492.
- Solarin, S. A., & Al-Mulali, U. (2018). Influence of foreign direct investment on indicators of environmental degradation. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(5), 2–13.
- Sun, H., Clotey, S. A., Geng, Y., Fang, K., & Amissah, J. C. K. (2019). Trade openness and carbon emissions: Evidence from belt and road countries. *Sustainability*, 11(9), 1–20.

- Sung, B., Song, W. Y., & Park, S. D. (2018). How foreign direct investment affects CO2 emission levels in the Chinese manufacturing industry: Evidence from panel data. *Economic Systems*, 42(2), 320–331.
- Tian, J. (2014). Environmental regulation and foreign direct investment: Evidence from China's outward FDI. *Finance Research Letters*, 3(9), 106–121.
- To, A. H., Ha, D. T. T., Nguyen, H. M., & Vo, D. H. (2019). The impact of foreign direct investment on environment degradation: Evidence from emerging markets in Asia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 143–180.
- Toapanta, D. G., & Calderón G, L. (2017). Gestión de la investigación y desarrollo en Ecuador y América Latina. *Revista Científica UISRAEL*, 4(2), 17–27.
- Tong, D., Qiang Z., Yixuan Z., Ken C., Christine S., Chaopeng H., Yue Q., & Steven J. D. (2019) “Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5 °C climate target” *Nature*, 5(2), 373–377
- Trujillo, N. A., Zavala, J., & Bucio, A. L. (1918). Evaluación de contaminantes derivados del petróleo en suelos inundables de Tabasco, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 7(1), 126–141.
- Turgot, A. R. (1767). The Origin of the Law of Diminishing Returns. Ed. Daire, Vol. 1, París 1844, 418–483.
- Turgot, R. (1770): *Réflexions sur la formation et la distribution des richesses* (Edición de B. Cazes, *Escrits économiques de Turgot*, París, Calman Levi, 1970).
- Ullah, A., Khan, D., Khan, I., & Zheng, S. (2018). Does agricultural ecosystem cause environmental pollution in Pakistan? Promise and menace. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(14), 139–155.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2019). Informe sobre las Inversiones en el Mundo. New York, United States of America.
- United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO) (2019). Informe sobre la ciencia hacia 2030. París, Francia.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2018). Hacia la consolidación y desarrollo de políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación. Ciudad de México.

- Wald, A. (1943). Pruebas de hipótesis estadísticas relativas a varios parámetros cuando el número de observaciones es grande. *Transacciones de la Sociedad Matemática Americana*, 54(3), 426–482.
- Walter, I. (1974). International Trade and International Trade and Resource Diversion 9 The Case of Environmental Management. *Review of World Economics*, 8(6), 4–12.
- Wang, Q., & Su, M. (2020). A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment. A case study of China. *Science of the Total Environment*, 72(8), 9–15.
- Wang, Z., Gao, L., Wei, Z., Majeed, A., & Alam, I. (2021). How FDI and technology innovation mitigate CO(2) emissions in high-tech industries: evidence from province-level data of China. *Pollution Research International*, 12(3), 12–20.
- Waqih, M. A. U., Bhutto, N. A., Ghumro, N. H., Kumar, S., & Salam, M. A. (2019). Rising environmental degradation and impact of foreign direct investment: An empirical evidence from SAARC region. *Journal of environmental management*, 24(3), 2–10.
- Westerlund, J. (2005). New simple tests for panel cointegration. *Econometric Reviews*, 24(3), 297–316.
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709–748.
- Wolfram, C., Shelef, O., & Gertler, P. (2012). “How will energy demand develop in the developing world?”, *Journal of Economic Perspectives*, 26(2), 120–128.
- Wooldridge, J. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press. Cambridge, 10(4), 173–885.
- World Wildlife Fund (WWF) (2010). En 2008 las emisiones de CO2 mundiales debidas al petróleo bajaron por primera vez desde 1983.
- World Wildlife Fund (WWF) (2014). Informe de el desafío climático y de desarrollo en América Latina y el Caribe. Opciones para un desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono.
- Xiong, C., Yang, D., Huo, J., & Zhao, Y. (2016). The relationship between agricultural carbon emissions and agricultural economic growth and policy recommendations of a low-carbon agriculture economy. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(5), 18–21.



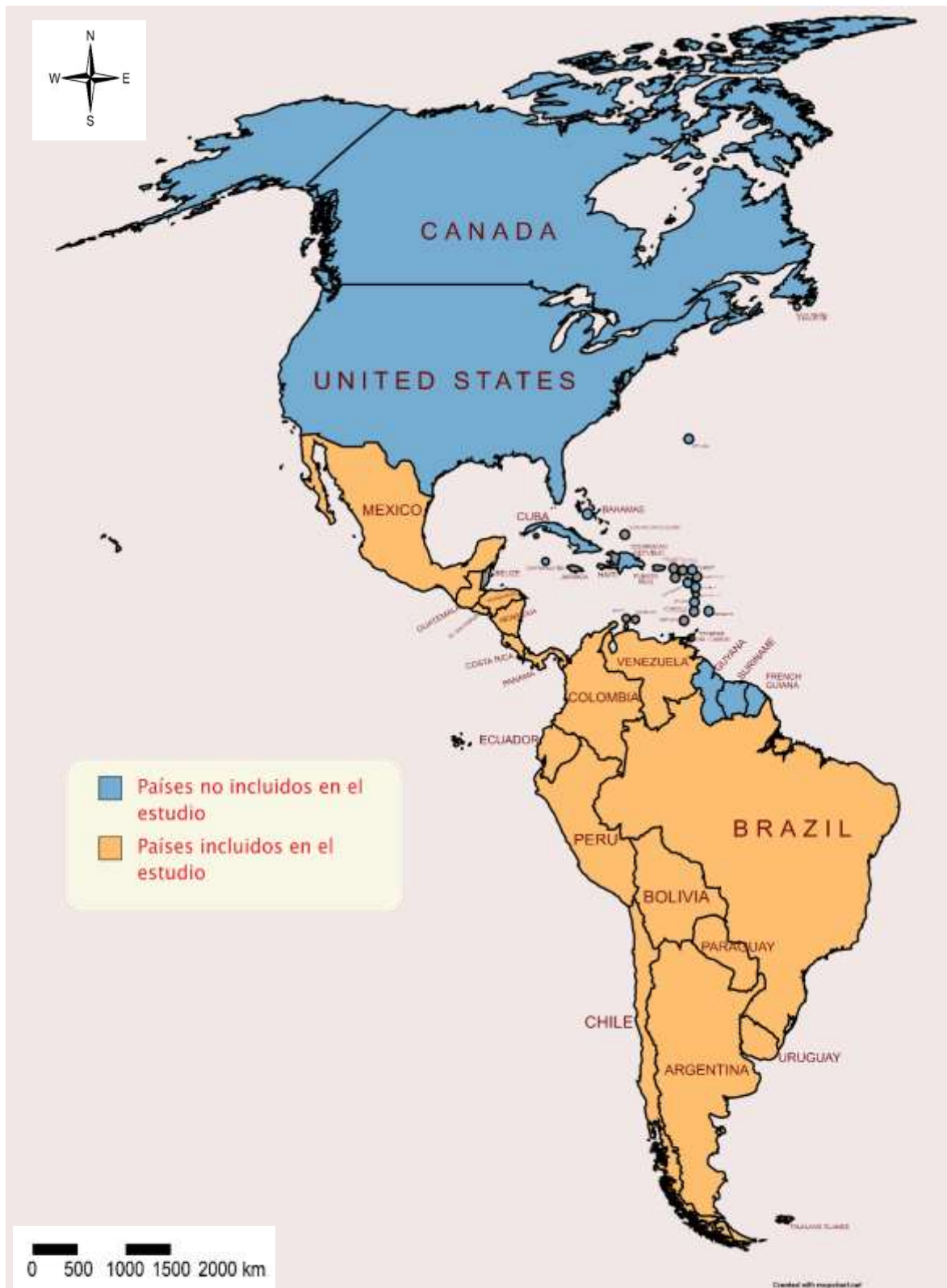
- Xiong, W., Han, Y., Crabbe, M. J. C., & Yue, X. G. (2020). Fiscal expenditures on science and technology and environmental pollution: Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 1–22.
- Xu, H., Zhao, G., Xie, R., & Zhu, K. (2020). A trade-related CO<sub>2</sub> emissions and its composition: Evidence from China. *Journal of Environmental Management*, 27(5), 11–18.
- Yii, K. J., & Geetha, C. (2017). The Nexus between Technology Innovation and CO<sub>2</sub> Emissions in Malaysia: Evidence from Granger Causality Test. *Energy Procedia*, 10(5), 118–124.
- Yu, C., Nataliia, D., Yoo, S. J., & Hwang, Y. S. (2019). Does trade openness convey a positive impact for the environmental quality? Evidence from a panel of CIS countries. *Eurasian Geography and Economics*, 60(3), 33–56.
- Zafeiriou, E., & Azam, M. (2017). CO<sub>2</sub> emissions and economic performance in EU agriculture: Some evidence from Mediterranean countries. *Ecological Indicators*, 81(4), 24–74.
- Zhao, Y., Ramzan, M., Adebayo, T. S., Oladipupo, S. D., Adeshola, I., & Agyekum, E. B. (2021). Role of Renewable Energy Consumption and Technological Innovation to Achieve Carbon Neutrality in Spain: Fresh Insights From Wavelet Coherence and Spectral Causality Approaches. *Frontiers in Environmental Science*, 9(1), 1–18.
- Zhou, Y., Siririsakulchai, J., Liu, J., & Sriboonchitta, S. (2018). The impact of economic growth and energy consumption on carbon emissions: Evidence from panel quantile regression. *Journal of Physics: Conference Series*, 105(1), 1–9.
- Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in ASEAN-5: Evidence from panel quantile regression. *Economic Modelling*, 58(4), 7–14.

## 11. Anexos

### Anexo 1: Ámbito geográfico de la investigación

<b>BIBLIOTECA:</b> Facultad Jurídica, Social y Administrativa							
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	<b>AUTOR/NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	<b>FUENTE</b>	<b>FECHA: AÑO</b>	<b>ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>			<b>NOTAS OBSERVACIÓN</b>
				<b>INTERNACIONAL</b>	<b>REGIONAL</b>	<b>OTRAS DEGRADACIONES</b>	
<b>TESIS</b>	Mary Vanessa Morales Quezada  IMPACTO DE LA AGRICULTURA Y EL COMERCIO SOBRE LA CALIDAD AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA, PERÍODO 2000-2018	UNL	2022	17 PAISES	AMÉRICA LATINA	CD	Economista

## Anexo 2: Mapa de cobertura



*Nota:* Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2020).

### Anexo 3: Prueba de multicolinealidad

En la Tabla 11 muestra los resultados de la multicolinealidad en las variables a través del factor de inflación de la varianza (VIF). En este caso, los resultados muestran la no existencia de colinealidad entre las variables independientes, puesto que los valores VIF son bajos con media de 2.06.

**Tabla 11**

*Diagnóstico de colinealidad*

Variable	VIF	SQRT VIF	Tolerance	Squared
Agr	2.38	1.54	0.419	0.580
Com	1.91	1.38	0.523	0.476
PIB pc	2.83	1.68	0.353	0.646
IED	1.49	1.22	0.669	0.330
I+D	1.65	1.28	0.605	0.394

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

### Anexo 4: Prueba de Hausman

**Tabla 12**

*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
Agr	-0.035	-459.577	459.541	195.943
Com	0.001	118.452	-118.451	23.827
PIB pc	0.000	5.326	-5.326	0.219
IED	0.004	-331.312	331.317	59.280
I+D	-0.055	512.003	-891.008	459.507

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

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

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

$$= 34.001$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.000$$

Dado que la probabilidad de  $\text{chi}^2 = 0.000$ , es menor a 0.05 se rechaza la  $H_0$ ; es decir, la diferencia entre los coeficientes de efectos aleatorios y fijos sí es sistemática. Por lo tanto, conviene usar el método de efectos fijos al modelo.

**Tabla 13**

*Resultados de la Prueba de Hausman del panel PIA*

	Coeficientes			
	(b) Fixed	(B) Random	(b-B) Difference	$\text{sqrt}(\text{diag}(V_b - V_B))$ S.E
Agr	-0.035	-0.461	0.495	0.092
Com	0.001	-0.012	0.014	0.004
PIB pc	0.000	-0.000	0.000	0.000
IED	0.010	0.067	-0.057	0.008
I+D	-0.638	5.198	-5.837	0.828

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

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

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

$$= 13.48$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.000$$

Dado que la probabilidad de  $\text{chi}^2 = 0.000$ , es menor a 0.05 se rechaza la  $H_0$ ; es decir, la diferencia entre los coeficientes de efectos aleatorios y fijos sí es sistemática. Por lo tanto, conviene usar el método de efectos fijos al modelo.

**Tabla 14***Resultados de la Prueba de Hausman del panel PIMA*

	Coeficientes			
	(b) Fixed	(B) Random	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E
Agr	-0.028	-0.040	0.012	0.003
Com	-0.001	-0.005	0.004	0.000
PIB pc	0.000	0.000	-0.000	8.401
IED	0.011	0.006	0.004	0.004
I+D	0.135	0.381	-0.245	0.154

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

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

$$\begin{aligned} \text{chi2}(4) &= (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) \\ &= 83.89 \end{aligned}$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.000$$

Dado que la probabilidad de  $\text{chi2} = 0.000$ , es menor a 0.05 se rechaza la H0; es decir, la diferencia entre los coeficientes de efectos aleatorios y fijos sí es sistemática. Por lo tanto, conviene usar el método de efectos fijos al modelo.

**Tabla 15***Resultados de la Prueba de Hausman del panel PIMB*

	Coeficientes			
	(b) Fixed	(B) Random	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E
Agr	-0.032	-0.076	0.043	0.048
Com	-0.000	0.002	-0.003	0.002
PIB pc	0.000	-0.000	0.000	0.000
IED	0.001	-0.021	0.022	0.003
I+D	-0.349	1.457	-1.806	0.299

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

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

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

$$= 66.04$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = 0.000$$

Dado que la probabilidad de  $\text{chi2} = 0.000$ , es menor a 0.05 se rechaza la  $H_0$ ; es decir, la diferencia entre los coeficientes de efectos aleatorios y fijos sí es sistemática. Por lo tanto, conviene usar el método de efectos fijos al modelo.

## Anexo 5: Prueba de Wald

### Tabla 16

#### *Prueba de heterocedasticidad de Wald a nivel global*

---

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity in fixed effect regression model

$H_0: \sigma(i)^2 = \sigma^2$  for all i

$\text{chibar2} (21) = 526.250$

**Prob >  $\text{chibar2} = 0.000$**

---

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Dado que  $\text{Prob} > \text{Chi2} = 0.0000$  es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

### Tabla 17

#### *Prueba de heterocedasticidad de Wald a nivel PIA*

---

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity in fixed effect regression model

$H_0: \sigma(i)^2 = \sigma^2$  for all i

$\text{chibar2} (21) = 221.021$

**Prob >  $\text{chibar2} = 0.001$**

---

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Dado que  $\text{Prob} > \text{Chi}2 = 0.001$  es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

**Tabla 18**

*Prueba de heterocedasticidad de Wald a nivel PIMA*

---

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity in fixed effect regression model

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

chibar2 (21) = 158.330

**Prob > chibar2 = 0.000**

---

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Dado que  $\text{Prob} > \text{Chi}2 = 0.000$  es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

**Tabla 19**

*Prueba de heterocedasticidad de Wald a nivel PIMB*

---

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity in fixed effect regression model

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

chibar2 (21) = 236.071

**Prob > chibar2 = 0.001**

---

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Dado que  $\text{Prob} > \text{Chi}2 = 0.001$  es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad y se concluye que el modelo presenta heterocedasticidad.

**Anexo 6: Prueba de Wooldridge**

**Tabla 20**

*Resultados de la prueba de autocorrelación de Wooldridge a nivel Global*

---

D.IEmi	Coef.	Robust Std. Err.	T	P> t	[95% Conf. Interval]	
Agr	0.002	0.005	0.42	0.682	-0.009	0.014
D1.						
Com	-0.000	0.001	-0.35	0.733	-0.002	0.002

---



D1. PIB pc	0.000	0.000	1.41	0.177	-0.000	0.000
D1. IED	0.003	0.002	2.22	0.041	0.000	0.008
D1. I+D	0.030	0.099	0.30	0.766	-0.180	0.240

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1.16) = 0.155$

Prob > F = 0.698

Al ser la probabilidad superior a 0.05 se acepta la H0 y se concluye que no existe autocorrelación entre las variables.

**Tabla 21**

*Resultados de la prueba de autocorrelación de Wooldridge para el panel PIA*

<b>D.IEmi</b>	<b>Coef.</b>	<b>Robust Std. Err.</b>	<b>T</b>	<b>P&gt; t </b>	<b>[95% Conf. Interval]</b>	
Agr D1.	0.048	0.004	10.53	0.009	0.028	0.068
Com D1.	-0.000	0.000	-0.49	0.673	-0.002	0.001
PIB D1.	0.000	5.451	17.05	0.003	0.000	0.000
IED D1.	0.005	0.003	1.76	0.221	-0.007	0.018
I+D D1.	0.154	0.106	1.45	0.283	-0.302	0.610

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1.2) = 72.328$

Prob > F = 0.013

Al ser la probabilidad inferior a 0.05 se rechaza la H0 y se concluye que existe autocorrelación entre las variables.

**Tabla 22***Resultados de la prueba de autocorrelación de Wooldridge para el panel PIMA*

<b>D.IEmi</b>	<b>Coef.</b>	<b>Robust Std. Err.</b>	<b>T</b>	<b>P&gt; t </b>	<b>[95% Conf. Interval]</b>	
Agr D1.	-0.000	0.007	-0.07	0.949	-0.017	0.016
Com D1.	-0.004	0.003	-1.32	0.219	-0.011	0.003
PIB pc D1.	0.000	0.000	0.94	0.373	-0.000	0.000
IED D1.	-0.000	0.009	-0.03	0.973	-0.020	0.020
I+D D1.	0.006	0.237	0.03	0.978	-0.530	0.544

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

F(1.9) = 0.018

Prob &gt; F = 0.896

Al ser la probabilidad superior a 0.05 se acepta la H0 y se concluye que no existe autocorrelación entre las variables.

**Tabla 23***Resultados de la prueba de autocorrelación de Wooldridge para el panel PIMB*

<b>D.IEmi</b>	<b>Coef.</b>	<b>Robust Std. Err.</b>	<b>T</b>	<b>P&gt; t </b>	<b>[95% Conf. Interval]</b>	
Agr D1.	-0.010	0.005	-1.78	0.173	-0.028	0.007
Com D1.	0.001	0.001	1.30	0.284	-0.001	0.004
PIB pc D1.	0.000	0.000	3.96	0.029	0.000	0.000
IED D1.	0.002	0.001	1.54	0.222	-0.002	0.006
I+D D1.	-0.073	0.057	-1.26	0.297	-0.257	0.111

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

F(1.3) = 5.553

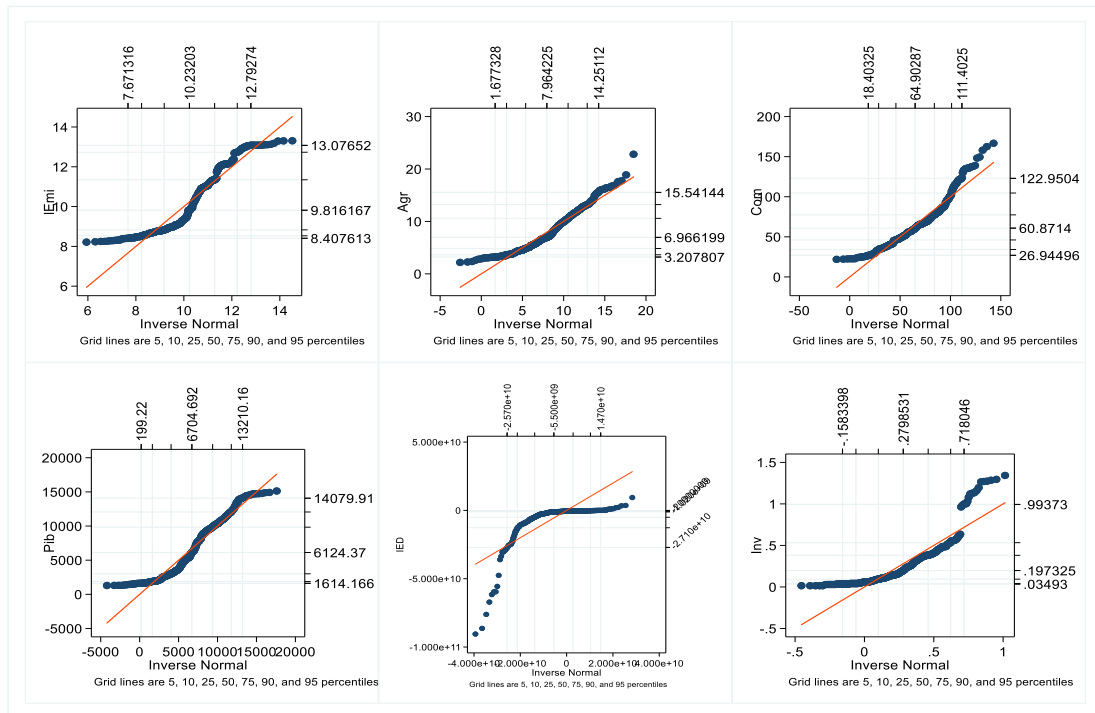
Prob > F = 0.099

Al ser la probabilidad superior a 0.05 se acepta la H0 y se concluye que no existe autocorrelación entre las variables.

## Anexo 7: Efecto heterogéneo de las variables

Figura 8

Cuantiles de los parámetros del modelo



Nota: A partir de datos del Banco Mundial (2020).

En la Figura 6 se muestra los coeficientes del impacto de las emisiones de dióxido de carbono en los cuantiles de las variables independientes: agricultura y comercio; así como también, en las variables de control: PIB pc, IED e I+D. Estos resultados nos demuestran que en todas las variables los extremos de los cuantiles son más susceptibles a cambios, puesto que sus valores se encuentran distantes de la línea de tendencia; igualmente, esto indica que la contaminación ambiental sigue persistiendo en la región latinoamericana. Además, la representación gráfica indica que no hay linealidad en las variables del modelo, por tanto, esto constituye un argumento para estimar regresiones cuantílicas.

## Anexo 8: Prueba de homogeneidad

**Tabla 24**

*Prueba de homogeneidad de Pesaran y Yamagata (2008)*

Test	Delta	p-values
$\Delta$	8.842	0.000
$\Delta$ adjunt	11.126	0.000

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Dado que el p-value es inferior a 0.05 se acepta el cumplimiento de la hipótesis nula y se establece que existe homogeneidad en las variables del modelo.

## Anexo 9: Prueba de dependencia transversal

**Tabla 25**

*Pruebas de dependencia transversal*

Variable	Pesaran (2004)		Pesaran (2015)	
	CD-test	p-value	CD	p-value
IEmi	31.497	0.000	34.108	0.000
Agr	12.717	0.000	35.225	0.000
Com	15.648	0.000	34.005	0.000
PIB pc	41.771	0.001	50.364	0.001
IED	3.734	0.000	4.501	0.000
I+D	0.951	0.342	1.287	0.083

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Notes: Under the null hypothesis of cross-section independence,  $CD \sim N(0,1)$

P-values close to zero indicate data are correlated across panel groups.

Debido a la probabilidad obtenida en el p-value es inferior a 0.05 en la mayoría de las variables, se concluye que existe dependencia en las secciones transversales. En tanto que, para la variable gasto en investigación y desarrollo no existe tal dependencia.

## Anexo 10: Pruebas de raíz unitaria

**Tabla 26**

*Resultados de la prueba de raíz unitaria de segunda generación propuesta por Pesaran (2007)*

Grupos	Variables	Pesaran			
		Sin tendencia		Con tendencia	
		Nivel	Segunda Diferencia	Nivel	Segunda Diferencia
Global	lEmi	-2.504**	-5.638**	-2.576**	-5.699**
	Agr	-2.638**	-5.861**	-2.454**	-6.012**
	Com	-1.644	-4.913**	-2.824**	-4.978**
	PIB pc	-1.183	-5.147**	-1.659	-5.113**
	IED	-3.327**	-5.113**	-3.564*	-5.091**
	I+D	-1.727	-5.043**	-2.202**	-4.953**
PIA	lEmi	-1.250*	-5.712**	-3.756**	-5.935**
	Agr	-2.225**	-6.070**	-2.145**	-6.128**
	Com	-0.728	-4.768**	-2.431**	-4.594**
	PIB pc	-3.045**	-4.204**	-1.596	-4.632**
	IED	-4.235**	-5.676**	-0.271	-6.336**
	I+D	-1.363	-5.908**	1.915	-5.849**
PIMA	lEmi	-2.215**	-5.215**	-2.053**	-5.096**
	Agr	-0.147	-5.403**	-3.233**	-5.400**
	Com	-1.613*	-5.241**	-1.056	-5.278**
	PIB pc	-0.901	-5.685**	-2.067**	-5.706**
	IED	-3.566**	-5.870**	-0.886	-5.878**
	I+D	-2.304**	-5.401**	-2.227**	-5.349**
PIMB	lEmi	-2.849**	-5.918**	-3.310	-5.906**
	Agr	-0.918	-4.547**	-0.967	-4.494**
	Com	-1.916*	-4.987**	-2.016	-4.954**
	PIB pc	-2.486**	-3.714**	-2.127	-3.704**
	IED	-2.242**	-6.190**	-2.638	-6.411**
	I+D	-0.758	-5.668**	-2.661	-5.565**

*Nota:* \*\*\*Denota significa al 1%. \*\*Denota significancia al 5%. \*Denota significancia al 10%.

Dado que las variables presentaban problemas de raíz unitaria se realizó el procedimiento de obtener las segundas diferencias para corregir este problema, tanto con efecto tendencial y sin ello, evidenciándose que no existe el comportamiento estacionario luego de haber aplicado las segundas diferencias.

**Tabla 27***Resultados de la prueba de raíz unitaria de segunda generación propuesta por Breitung (2001)*

Grupos	Variables	Breitung			
		<u>Sin tendencia</u>		<u>Con tendencia</u>	
		Nivel	Segunda Diferencia	Nivel	Segunda Diferencia
Global	IEmi	1.821	-3.251**	1.116*	-3.475**
	Agr	-0.113	-3.051**	-0.303	-3.492**
	Com	-0.782	-4.002**	0.379	-4.960**
	PIB pc	2.337**	-4.067**	1.121	-3.159**
	IED	-2.034**	-7.072**	0.697	-5.356**
	I+D	1.451	-3.736**	0.152	-3.830**
PIA	IEmi	0.891	-2.312**	0.639	-2.906**
	Agr	-0.223	-3.366**	0.358	-2.569**
	Com	-1.664	-2.308**	0.281	-3.993**
	PIB pc	1.438*	-4.181**	0.788	-4.027**
	IED	-0.788	-2.077**	1.714*	-2.844**
	I+D	0.734	-2.069**	0.510	-5.514**
PIMA	IEmi	1.368	-5.562**	0.878	-2.298**
	Agr	0.480	-2.057**	-0.636	-3.197**
	Com	0.279	-4.065**	0.236	-3.995**
	PIB pc	1.537*	-6.457**	1.152*	-2.599**
	IED	-1.682	-5.695**	-0.141	-3.739**
	I+D	0.696	-3.176**	0.404	-3.261**
PIMB	IEmi	0.807	-3.719**	0.332	-2.347**
	Agr	-1.401*	-2.314**	-0.053	-3.996**
	Com	-0.718	-3.755**	0.142	-2.198**
	PIB pc	1.037	-4.758**	-0.583	-3.554**
	IED	-0.841	-2.705**	-0.446	-2.839**
	I+D	1.087	-4.857**	-1.055*	-2.513**

Nota: \*\*\*Denota significativa al 1%. \*\*Denota significancia al 5%. \*Denota significancia al 10%

Asimismo, se evidenció que las variables no son estacionarias para los grupos de países, por lo tanto, se obtuvo las segundas diferencias para que se vuelvan estacionarias y las variables presenten un mismo orden de integración II (2).

## Anexo 11: Prueba de cointegración de Westerlund (2007)

**Tabla 28**

*Prueba de cointegración de Westerlund (2007)*

Grupo	Estadístico	Valor	Valor z	Valor p	P-V. Robusto
<b>Global</b>	<b>Gt</b>	-5.051	-22.304	0.000	0.000
	<b>Ga</b>	-29.157	-21.003	0.000	0.000
	<b>Pt</b>	-21.109	-13.136	0.000	0.000
	<b>Pa</b>	-46.129	-23.593	0.000	0.000
<b>PIA</b>	<b>Gt</b>	-3.305	-5.365	0.000	0.000
	<b>Ga</b>	-44.810	-7.202	0.000	0.000
	<b>Pt</b>	-7.109	-7.196	0.000	0.000
	<b>Pa</b>	-41.087	-9.308	0.000	0.000
<b>PIMA</b>	<b>Gt</b>	-7.325	-16.140	0.000	0.000
	<b>Ga</b>	-37.301	-13.515	0.000	0.000
	<b>Pt</b>	-18.745	-12.838	0.000	0.000
	<b>Pa</b>	-43.152	-22.075	0.000	0.000
<b>PIMB</b>	<b>Gt</b>	-5.218	-15.029	0.000	0.000
	<b>Ga</b>	-50.308	-13.094	0.000	0.000
	<b>Pt</b>	-15.136	-11.752	0.000	0.000
	<b>Pa</b>	-46.314	-17.507	0.000	0.000

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

Debido a que los valores de p son inferiores a 0.05 se establece que existe un equilibrio de largo plazo de las variables, esto indica que las variables se mueven de manera conjunta y simultánea en el tiempo.

## Anexo 12: Prueba de cointegración de Westerlund (2005)

**Tabla 29**

*Prueba de cointegración de Westerlund (2005) sin promedios transversales*

Varianza	Sin promedios de corte transversal			
	Sin tendencia		Con tendencia	
	Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor
Algunos paneles	-11,02***	0.000	-2.54***	0.000
Todos los paneles	6.12***	0.000	-2.86***	0.000

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).

**Tabla 30***Prueba de cointegración de Westerlund (2005) con promedios transversales*

<b>Varianza</b>	<b>Con promedios de corte transversal</b>			
	<b>Sin tendencia</b>		<b>Con tendencia</b>	
	<b>Estadístico</b>	<b>p-valor</b>	<b>Estadístico</b>	<b>p-valor</b>
Algunos paneles	-14,03***	0.001	-2.22***	0.000
Todos los paneles	-2.08***	0.000	-8.46***	0.000

*Nota:* A partir de datos del Banco Mundial (2020).



## Anexo 13: Oficio de aprobación y designación de director del trabajo de titulación



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

Carrera de  
Economía

Recibido el día diez de mayo del año dos mil veintiuno, a las 16h20 Lo certifico.-

ENA REGINA  
PELAEZ SORIA

Firmado digitalmente por  
ENA REGINA PELAEZ SORIA  
Fecha: 2021.05.10 18:25:03  
-05'00'

Dra. Ena Regina Peláez Soria Mg. Sc.,  
**SECRETARIA- ABOGADA DE LA  
FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA**

Loja, diez de mayo del año dos mil veintiuno, a las 16h30.- De conformidad a lo establecido en el **Art. 136 del Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja**, una vez emitido el informe favorable sobre la estructura y coherencia del proyecto de tesis intitulado: **“IMPACTO DE LA AGRICULTURA Y EL COMERCIO EN LA CALIDAD AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA, PERÍODO 2000-2018.”**, presentado por la postulante: **MARY VANESSA MORALES QUEZADA**, previo a la obtención del Grado y Título de Economista, emitido por la Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva Mg. Sc, Docente de la Carrera de Economía, de la Facultad Jurídica, Social y Administrativa de la Universidad Nacional de Loja, se autoriza la ejecución de dicho proyecto; y, atendiendo la petición que antecede de acuerdo al **Art. 139** que en su parte pertinente dice: **“El Director de Tesis tiene la obligación de asesorar y monitorear con pertinencia y rigurosidad científica la ejecución del proyecto de tesis; así como revisar oportunamente los informes de avance de la investigación, devolviéndolos al aspirante con las observaciones, sugerencias y recomendaciones necesarias para asegurar la calidad de la misma”**. Se designa como **DIRECTORA DE TESIS** a la Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva Mg. Sc.-**NOTIFÍQUESE**.



Firmado digitalmente por  
**JOSE RAFAEL  
ALVARADO  
LOPEZ**

Econ. José Rafael Alvarado López Mg. Sc.  
**ENCARGADO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA  
DE LA CARRERA DE ECONOMIA**

Loja, diez de mayo del año dos mil veintiuno, a las 16h40.- Notifiqué con decreto que antecede a la Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva Mg. Sc. - personalmente y firma.



Firmado digitalmente por  
**KAREN  
GABRIELA  
INIGUEZ CUEVA**

Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva Mg. Sc.  
**DIRECTORA DE TESIS**

ENA REGINA  
PELAEZ SORIA

Firmado digitalmente  
por ENA REGINA  
PELAEZ SORIA  
Fecha: 2021.05.10  
18:25:13 -05'00'

Dra. Ena Regina Peláez Soria Mg. Sc.  
**SECRETARIA-ABOGADA**

## **Anexo 14: Certificado de traducción de abstract**

Loja, 02 de mayo de 2022

Iván Patricio Labanda Cabrera

**LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN: IDIOMA INGLÉS  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

### **CERTIFICO:**

Que he realizado la traducción de español a inglés del resumen de la tesis, titulada “Impacto de la agricultura y el comercio en la calidad ambiental de América Latina, período 2000-2018”. De autoría de la señorita: **MARY VANESSA MORALES QUEZADA**, portadora de la cédula de identidad número: **1104818313**, egresada de la carrera de Economía de la Facultad Jurídica, Social y Administrativa de la Universidad Nacional de Loja, la misma que se encuentra bajo la dirección de la Econ. Karen Gabriela Iñiguez Cueva, Mg.Sc., previo a la obtención del grado de Economista.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que creyere conveniente.



**Atentamente**