



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD JURÍDICA, SOCIAL Y ADMINISTRATIVA

CARRERA DE ECONOMÍA

TÍTULO:

**¿SE CUMPLE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL APLICANDO
TECNOLOGÍA ? : EVIDENCIA EMPÍRICA PARA 122 PAÍSES AGRUPADOS
DE ACUERDO A SU NIVEL DE INGRESO, UTILIZANDO REGRESIONES
CUANTÍLICAS, PERÍODO 1996-2018**

Tesis previa a la obtención del grado de Economista

Autor: Yomara Karolina Ruiz Reyes

Director: Econ. José Rafael Alvarado López Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2021

CERTIFICACIÓN



Loja, 25 de agosto de 2021

Eco. Rafael Alvarado Lopez, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el trabajo de fin de titulación titulado “¿SE CUMPLE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL APLICANDO TECNOLOGÍA?: EVIDENCIA EMPÍRICA PARA 122 PAÍSES AGRUPADOS DE ACUERDO A SU NIVEL DE INGRESO, UTILIZANDO REGRESIONES CUANTÍLICAS, PERÍODO 1996-2018” desarrollado por **YOMARA KAROLINA RUIZ REYES,** estudiante 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 por lo que autorizo su presentación ya que se encuentra finalizada en un 100%.

Particular que informo para los fines pertinentes.



Eco. Rafael Alvarado Lopez Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Yomara Karolina Ruiz Reyes, declaro ser autora del presente trabajo de Tesis, titulada “**¿SE CUMPLE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL APLICANDO TECNOLOGÍA ? : EVIDENCIA EMPÍRICA PARA 122 PAÍSES AGRUPADOS DE ACUERDO A SU NIVEL DE INGRESO, UTILIZANDO REGRESIONES CUANTÍLICAS, PERÍODO 1996-2018**” 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.

Autor: Yomara Karolina Ruiz Reyes

Firma:

Cédula: 1105394850

Fecha: Loja, 05 de noviembre de 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, Yomara Karolina Ruiz Reyes declaro ser la autora de la Tesis titulada “¿SE CUMPLE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL APLICANDO TECNOLOGÍA ?: EVIDENCIA EMPÍRICA PARA 122 PAÍSES AGRUPADOS DE ACUERDO A SU NIVEL DE INGRESO, UTILIZANDO REGRESIONES CUANTÍLICAS, PERÍODO 1996-2018”, 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 05 días de noviembre de 2021, firma la autora.

Autor: Yomara Karolina Ruiz Reyes

Cedula: 1105394850

Dirección: Loja

Correo electrónico: yomara.ruiz@unl.edu.ec

Teléfono: 0993437279

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Econ. José Rafael Alvarado López Mg. Sc.

Tribunal de grado:

Presidente: Econ. Michelle Faviola López Sánchez Mg. Sc.

Miembro: Econ. Jorge Eduardo Flores Chamba Mg. Sc

Miembro: Econ. Karen Gabriela Iñiguez Mg. Sc

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de titulación, primeramente, a Dios por brindarme sabiduría y fuerza para enfrentar cada uno de los retos que se han presentado, a mi abuelita y primo Fernando que siempre desde el cielo he sentido su ayuda en situaciones difíciles.

A mis padres que han sido mi mayor fuente de inspiración para brillar, por su apoyo incondicional y su amor que ha hecho que se cristalicen mis sueños, a mis hermanos por siempre estar ahí pendientes de mi formación personal y profesional.

A mi novio Fernando, que desde que llegó a mi vida me ha impulsado a ser mejor y por su apoyo incondicional.

Yomara Karolina Ruiz Reyes

Agradecimiento

Mi gratitud:

Principalmente a Dios por permitirme explorar cada una de mis experiencias y por iluminarme a
tomar decisiones acertadas.

A mis padres por ser un apoyo esencial desde que llegue a su vida, por el apoyo en cada una de
mis metas planteadas, por siempre estar pendiente de mi bienestar, cada logro será dedicado a los
seres más importantes de mi vida

A mi querida carrera de Economía, que me permitió cristalizar mi sueño, a cada uno de los
docentes por impartir sus valiosos conocimientos y de manera especial a mi director de tesis
Econ. Rafael Alvarado, que ha sido una guía esencial en el proceso de titulación.

Yomara Karolina Ruiz Reyes

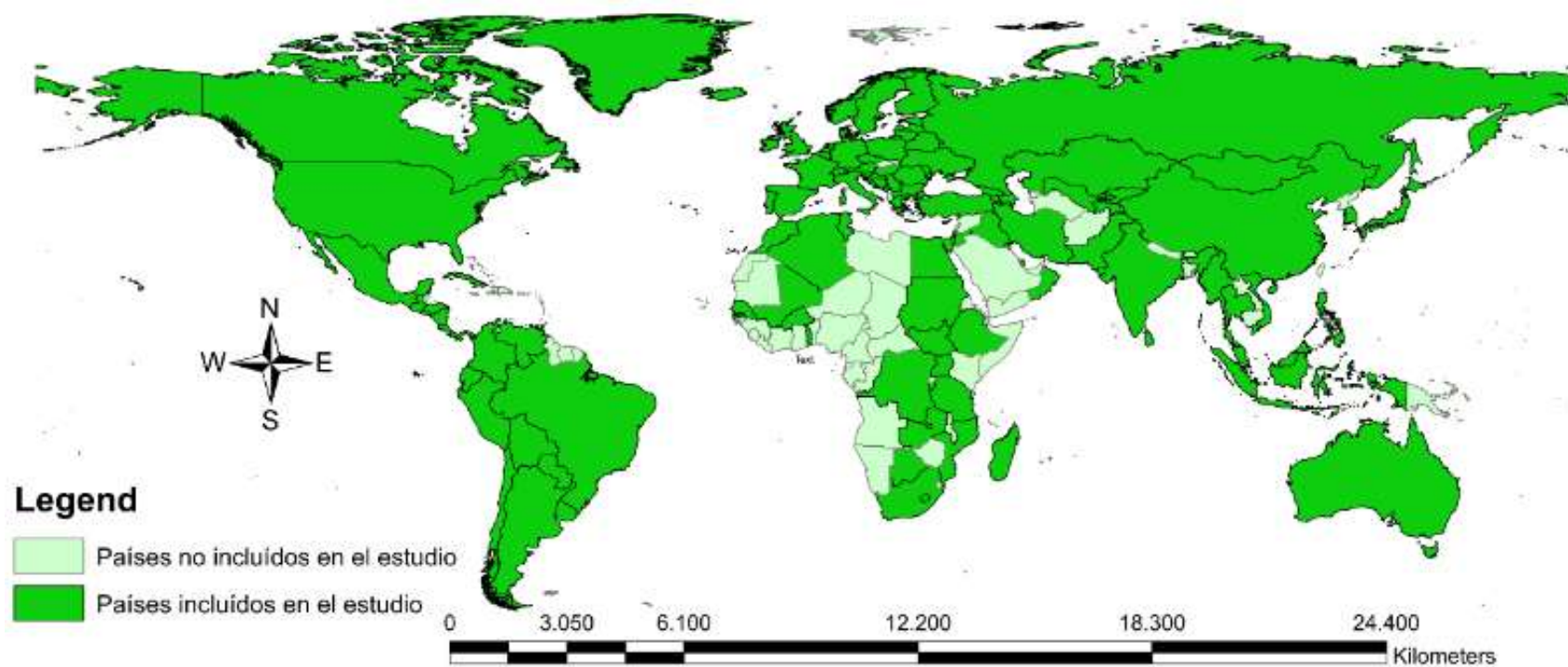
ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN

BIBLIOTECA: Facultad Jurídica, Social y Administrativa

TIPO DE DOCUMENTO	AUTOR (A)/ NOMBRE DEL DOCUMENTO	FUENTE	ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN						OTRAS DEGRADACIONES	NOTAS OBSERVACIÓN	
			MUNDIAL								
			MUNDIAL	NACIONAL	REGIONAL	PROVINCIAL	CANTONAL	PARROQUIAL			
TESIS	YOMARA KAROLINA RUIZ REYES “¿SE CUMPLE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL APLICANDO TECNOLOGÍA ?: EVIDENCIA EMPÍRICA PARA 122 PAÍSES AGRUPADOS DE ACUERDO A SU NIVEL DE INGRESO, UTILIZANDO REGRESIONES CUANTÍLICAS, PERÍODO 1996-2018”	UNL	2021	122 PAÍSES	-	-	-	-	-	CD	Economista

Figura 1.

Cobertura geográfica de la investigación



Nota. A partir del Banco Mundial (2020)

ESQUEMAS DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
a. TÍTULO.....	10
b. RESUMEN	11
c. INTRODUCCIÓN.....	13
d. REVISIÓN DE LITERATURA	17
e. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
f. RESULTADOS	36
g. DISCUSIÓN	59
h. CONCLUSIONES.....	74
i. RECOMENDACIONES	76
j. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
k. ANEXOS	87

a. TÍTULO

¿SE CUMPLE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL APLICANDO TECNOLOGÍA ?:
EVIDENCIA EMPÍRICA PARA 122 PAÍSES AGRUPADOS DE ACUERDO A SU NIVEL DE
INGRESO, UTILIZANDO REGRESIONES CUANTÍLICAS, PERÍODO 1996-2018

b. RESUMEN

En los últimos años, la contaminación ha incrementado significativamente, impidiendo una vida saludable y productiva, generando pérdidas económicas de 6,1% del PIB global (Banco Mundial, 2021). El objetivo de la investigación es evaluar el efecto de la tecnología en la contaminación ambiental. Se utiliza técnicas econométricas de datos panel tales como, Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS) y regresiones cuantílicas de Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), esta metodología permite capturar la distribución heterogénea de la pendiente. Los datos fueron obtenidos del Banco Mundial (2020) para 122 países clasificados de acuerdo a su nivel de ingreso en el período 1996 – 2018. Los resultados se enfocan en el cumplimiento de la curva de Kuznets a nivel global, PIA y PIMB, donde se evidenció una distribución heterogénea en los cuantiles. Asimismo, las exportaciones y la renta de recursos naturales mostraron un efecto positivo sobre la contaminación en toda la distribución. El aporte de la investigación es contribuir a la evidencia empírica ya existente, obteniendo nuevos resultados a través de una metodología que no ha sido estimada en estudios previos. Es por ello que, los gobiernos deben implementar leyes ambientales rígidas que eviten el incremento de la contaminación, de tal modo, que las empresas inviertan en tecnologías verdes. Asimismo, crear políticas restrictivas en cuanto al establecimiento de empresas extranjeras que mediante sus actividades productivas contaminan el medio ambiente. Además, las economías netamente extractivistas de materias primas, que en mayoría son los PIMB y PIB, cambien su matriz productiva para evitar el agotamiento de los recursos naturales.

Palabras clave: Tecnología. Contaminación. Datos Panel. Políticas ambientales.
Códigos JEL: O14. Q53. C23.

ABSTRACT

In recent years, pollution has increased significantly, preventing a healthy and productive life, generating economic losses of 6.1% of global GDP (World Bank, 2021). The objective of the research is to evaluate the effect of technology on environmental pollution. Panel data econometric techniques such as Generalized Least Squares (GLS) and quantile regressions by Canay (2011), Powell (2016) and Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) are used, this methodology allows capturing the heterogeneous distribution of the pending. The data were obtained from the World Bank (2020) for 122 countries classified according to their income level in the period 1996 - 2018. The results focus on the fulfillment of the Kuznets curve at the global level, PIA and PIMB, where showed a heterogeneous distribution in the quantiles. Likewise, exports and income from natural resources showed a positive effect on pollution throughout the distribution. The contribution of the research is to contribute to the existing empirical evidence, obtaining new results through a methodology that has not been estimated in previous studies. That is why governments must implement rigid environmental laws that prevent increased pollution, in such a way that companies invest in green technologies. Likewise, create restrictive policies regarding the establishment of foreign companies that pollute the environment through their productive activities. In addition, the economies that are clearly extractivist of raw materials, which are mostly GDP and GDP, change their productive matrix to avoid the depletion of natural resources.

Keywords: Technology. Contamination. Data panel. Environmental policies.

JEL codes: O14. Q53. C23.

c. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental se ha convertido en un problema relevante para el desenvolvimiento de las actividades económicas de una sociedad. Es evidente que, el ser humano se enfrenta diariamente a necesidades ilimitadas, sin embargo, los recursos que se disponen son escasos para hacer frente a esas necesidades. En este sentido, según el Banco Mundial (2017) China, Estados Unidos, Unión Europea, India y Rusia son los países más contaminantes a nivel global representando el 30%, 15%, 9%, 7% y 5% respectivamente. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) considera que el 92% de la población mundial habita en lugares con mala calidad de aire, provocando enfermedades.

Es así que, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2016) señala que para 2060 se podrían causar de 6 a 9 millones de muertes prematuras, de las cuales el 90% de muertes se ubican en países de ingresos medios y bajos, lo que equivale aproximadamente a \$2,6 billones al año, es decir, alrededor del 1% del PIB mundial. Además, para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible se debe reducir las emisiones entre 7,6% cada año entre 2030 y 2050 (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2019). Sin embargo, la aparición del coronavirus (COVID-19) ha provocado una serie de consecuencias económicas y sociales.

Evidentemente, el medio ambiente ha sido el único beneficiado de este fenómeno, puesto que, las medidas restrictivas que se han adoptado en los diferentes países con la finalidad de aminorar el brote de dicho virus, tales como; cuarentenas, limitación del desplazamiento vehicular e incluso menor producción industrial ha contribuido sustancialmente a la reducción de la contaminación ambiental. De acuerdo con *National Geographic* (2020) China disminuyó hasta en un 25% las emisiones de CO₂, mientras que, en Italia un 10%.

Por tanto, esta investigación se basa en la hipótesis de Kuznets (1955), que señala la relación existente entre el crecimiento económico y contaminación ambiental, considerando que presentan una relación en forma de U invertida, sin embargo, se modifica esta relación aplicando la tecnología que reemplaza al crecimiento económico, por ende, mayores niveles de innovación se traducen en menor contaminación ambiental, una vez que alcancen el nivel de inflexión. En efecto, Ward (2017); Mendiara et al. (2018); Manzolini et al. (2020) y De la Peña (2020), obtuvieron en sus resultados que la implementación de tecnologías reduce los costos de emisiones de CO₂ hasta en un 25 – 40%, en términos económicos hasta \$33 por cada tonelada de emisiones de CO₂.

Asimismo, Huang et al. (2020) y Moreira & Pacca (2020) señalaron que, las transferencias tecnológicas de países desarrollados a economías emergentes, conllevan a la reducción de emisiones de CO₂. Sin embargo, Park (2017) y Chen (2019) determinaron que, la eficiencia de las tecnologías va a depender de cada región por el ámbito geográfico, climático y económico. Wang & Wang (2018) consideraban que todos los países deberían reforzar las capacidades tecnológicas, lo cual contribuye al crecimiento económico y sobre todo a la protección ambiental. Por otra parte, Kwon (2017) y Samargandi (2017) encontraron que la tecnología es insignificante para reducir las emisiones de CO₂, siendo el sector industrial y servicios los generadores de mayor contaminación, mientras que, el sector agrícola es menos contaminador.

En este contexto, los objetivos específicos de la investigación son, a) Analizar la correlación y evolución de la tecnología y la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso en el período 1996 – 2018, b) Establecer la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental incluyendo variables de control, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS), c) Estimar la relación entre la

tecnología y la contaminación ambiental incluyendo variables de control, mediante regresiones cuantílicas, bajo la hipótesis de que, la tecnología reduce la contaminación ambiental en el periodo 1996 -2018.

. Los datos fueron obtenidos del *World Development Indicators* (WDI) del Banco Mundial (2020). Por consiguiente, se ha considerado como variable dependiente a las emisiones de CO2 que representa la contaminación ambiental, la tecnología como variable independiente. Además, se incorporó variables de control; IED, exportaciones, renta de recursos naturales y urbanización. Este trabajo abarca 122 países a nivel mundial por disponibilidad de información, clasificados de acuerdo al Método Atlas propuesto por el Banco Mundial (2020) en Países de Ingresos Altos (PIA), Países de Ingresos Medios Altos (PIMA), Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB) y Países de Ingreso Bajos (PIB).

Los resultados obtenidos son robustos y coherentes con la literatura previa. Las metodologías empleadas nos revelan impactos contradictorios en cuanto al efecto de la tecnología. Primero, a través del modelo GLS, se rechaza el cumplimiento de la curva de Kuznets en todos los grupos de países, siendo más evidente el aumento de la contaminación ambiental en los PIMB. Mientras que, mediante la aplicación de regresiones cuantílicas se verifica el cumplimiento de la curva tipo Kuznets a nivel global, PIA y PIMB.

Además, se evidencia que las exportaciones y renta de recursos naturales, provocan un aumento de las emisiones de CO2 en todos los grupos de países. En cambio, la urbanización y la Inversión Extranjera Directa muestran efectos positivos y negativos a lo largo de la distribución de los cuantiles. Por ende, la presente investigación se diferencia de estudios previos, por las variables

que se han considerado y la metodología aplicada, dado que, posee ventajas en relación a las técnicas econométricas tradicionales.

Formalmente, la presente investigación está estructurada de la siguiente manera posterior al título, resumen e introducción. En la sección d se presenta la revisión de literatura que detalla los antecedentes y evidencia empírica, que recoge estudios que relacionan las variables utilizadas en el modelo. El apartado e contiene materiales y métodos utilizados en el desarrollo del estudio. Posteriormente, en la sección f, se expone los resultados encontrados en base a los objetivos planteados, respaldados con gráficos de evolución y correlación, tablas de las regresiones estimadas.

Por consiguiente, en el apartado g se expone la discusión de resultados, mismos que son contrastados con estudios previos que se encuentran en la evidencia empírica. La octava sección h detalla las conclusiones en base a los resultados encontrados de acuerdo a cada objetivo. Además, el apartado i contiene las recomendaciones derivadas de las conclusiones. En la sección j se presenta las referencias bibliográficas citadas en el desarrollo de la investigación. Finalmente, en el apartado k se presenta los anexos que forman parte del estudio.

d. REVISIÓN DE LITERATURA

1. ANTECEDENTES

A lo largo del tiempo se ha evidenciado efectos negativos producidos por el mal uso de los recursos que la naturaleza provee, generando altos niveles de contaminación ambiental, es así que, Malthus (1798) señaló que la población ostentará un crecimiento exponencial, mientras que, los recursos crecerán aritméticamente, lo que generará escasez en la producción de alimentos, es decir, no abastecerá alimentos a toda la población, traduciéndose en hambre, por ende, se requiere que se frene el crecimiento demográfico. Sin embargo, menciona que, cuando la tierra permita la obtención de numerosa producción de alimentos, es posible que la masa poblacional vaya aumentando.

En consecuencia, se debe destacar que recibió críticas de otros autores por no considerar los adelantos tecnológicos. La contaminación ambiental es un fenómeno que durante varias décadas ha tenido repercusiones negativas en la población mundial. De igual forma, Ricardo (1817) consideró que, las tierras más fértiles eran más atractivas para cultivar, mientras que, las de menor calidad se quedan desocupadas, él consideraba que la tierra presentaba rendimientos decrecientes ocasionados por la degradación ambiental. Más adelante, Jevons (1865) en su libro "*The coal question*" apuntó que, el rápido avance tecnológico genera eficiencia en el uso de los recursos, existe mayor probabilidad que se incremente el consumo.

Más adelante, Marshall (1890) introdujo por primera vez el término de economías externas relacionándola con el medio ambiente, es decir, si se capturan ventajas o desventajas en temas ambientales. Por otro lado, Chamberlin (1896) consideró que, los altos niveles de emisiones de CO₂ provocan el descongelamiento de los glaciares y oxidación de materia prima, conllevando a

un excesivo aumento de temperaturas. En este sentido, con la finalidad de enfrentar la contaminación ambiental Pigou (1920) apuntó hacia la creación de un impuesto pigouviano, es decir, a través de dicho impuesto se recompensa las externalidades negativas provocadas por las actividades que se desarrollan, de tal forma que, se trata de corregir el daño ambiental.

Uno de los estudios más relevantes es de Kuznets (1955) quien planteó la relación entre crecimiento económico y desigualdad de ingresos, donde considera que al inicio las economías ostentan una relación positiva, es decir, a medida que incrementa el ingreso, la desigualdad de ingresos también aumenta, sin embargo, al alcanzar un punto de inflexión, la relación se invierte, generando una caída en la desigualdad, lo que se traduce en una forma de U invertida, que más adelante lo relacionan con temas ambientales. En efecto, Samuelson (1955) resaltó la importancia de determinar un precio por los bienes públicos, puesto que, el beneficio social es enorme, sin embargo, se otorga poco cuidado o valor, especialmente a la naturaleza, dado que, es imposible la exclusión y no presenta rivalidad.

Por consiguiente, Coase (1960) señaló que, si se considerará al medio ambiente como un mercado, en donde cada recurso natural tenga un precio, probablemente la contaminación ambiental se reduzca considerablemente, a través de los costos de las externalidades. Sin embargo, Spengler y Sexton (1983), señalaron que la contaminación estaba presente en los techos de las cuevas prehistóricas, dado que, había partículas de hollín, generado por las fogatas que hacían los seres humanos, además consideran que la fundición de metales contribuía a la contaminación. Con la llegada de los españoles y el descubrimiento de América, conjuntamente con la explotación de oro y demás recursos naturales dieron inicio a un claro problema ambiental.

Posteriormente, Grossman & Krueger (1991) formalizó la relación entre crecimiento económico y contaminación ambiental, siguiendo el mismo patrón de la Curva de Kuznets mencionada anteriormente, es por eso que se le conoce como Curva de Kuznets medioambiental. De igual forma, Panayotou (1993) estudió la relación entre el crecimiento económico frente al aire y la tierra, señalando que la contaminación ambiental tiende a incrementar por el declive en el uso de tecnologías. Consecutivamente, en 1760 con la Revolución Industrial se refleja varios problemas ambientales, puesto que, para la producción se introduce máquinas a base de combustibles fósiles y de recursos minerales de la tierra, dejando residuos que afectan masivamente el medio ambiente.

Es así que, Simioni (2003) mencionó que el medio ambiente ha sido por mucho tiempo un aspecto importante de la economía y la sociedad. En sociología, se considera que, el ambiente es un medio activo del cambio social, que tiene un peso importante en las prácticas y en la estructura social. En efecto, Vargas (2005) señaló que los países industrializados tienen un 20% de incidencia en enfermedades medioambientales. Las enfermedades respiratorias, el asma y las alergias están asociadas con la contaminación del aire. Por otra parte, el agua de consumo puede transmitir numerosas enfermedades producidas por agentes microbiológicos y químicos. De hecho, la degradación ambiental altera el equilibrio de los sistemas, en general las personas y animales están expuestos a sustancias tóxicas, medicamentos, alimentos, insecticidas, pesticidas, entre otros cuando son desechados al medio ambiente (Celis et al. 2007).

En la economía, se trata de integrar los factores ambientales al mercado a través de los precios y la valorización. Es así que, Vallas (2011) reflexionó que actualmente son utilizadas unas 100.000 sustancias químicas y entre ellas unas 4.000 y 8.000 están bajo sospecha de toxicidad. Asimismo, se calcula que hasta el 45% de los alimentos que consumimos presentan residuos tóxicos. Con la

actual revolución energética, movilización y producción en torno al clima supone un cambio radical, a través del abaratamiento de la energía procedente de fuentes renovables como la energía eólica y solar. Es por ello que, los primeros países que sustituyan los combustibles fósiles serán los que obtengan beneficios económicos y ambientales. Asimismo, estos países disfrutaran de unas redes de transporte más ágiles, de mayor calidad y redes de suministro eléctrico más flexibles.

Por lo tanto, lo prioritario es buscar la forma de facilitar la intensificación y acelerar las tendencias de producciones sostenibles que permitan proteger el medio ambiente, luchar contra el cambio climático y frenar la contaminación (Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [ANUMAPNUMA], 2017). Otro aspecto que se debe destacar es, la evolución de la tecnología a lo largo del tiempo, dado que, la innovación desempeña un papel fundamental en el dinamismo de la economía, convirtiéndose un factor clave para competir y alcanzar el éxito. A través de los avances tecnológicos se logra mayor productividad, eficiencia e incluso ha permitido la expansión de los mercados hacia la internalización.

De este modo, Solow (1956) en su modelo consideró que la producción total está en función del capital, fuerza laboral y la tecnología, cabe mencionar que, estos factores son los determinantes de la diferencia entre países, es decir, es la razón por los que unas economías producen o crecen en mayor magnitud frente a otras. Más adelante, Arrow (1962) determinó que se puede obtener aprendizaje mediante la experiencia, introdujo el término *learning by doing* que se define como “aprendiendo haciendo” cabe mencionar que, a través de la inversión en capital físico, la acumulación de tecnologías requiere mayor nivel de experiencia. Asimismo, Schumpeter (1963) señaló que, existe una relación positiva entre los beneficios de las empresas y la inversión en

tecnología, es decir, los empresarios obtienen mayor nivel de ganancias a través del riesgo en sus inversiones e incluso a través de la destrucción creativa.

Además, Porter (1980) determinó que la tecnología es considerada uno de los principales pilares para la competitividad, resalta la importancia de las TIC's para el desarrollo de las empresas. Por consiguiente, Goldhar & Jelinek (1985) señalaron que, la tecnología permite ventajas en los productos, a través de mejores diseños, eficiencia y precios accesibles, aumentando el consumo. Posteriormente, Romer (1990) detalló que es necesario la presencia de avances tecnológicos para alcanzar altos niveles de crecimiento económico, además, señaló que el crecimiento en estado estacionario depende de los trabajadores destinados en I+D. Martin (1994) mencionó que existe una estrecha relación entre el crecimiento económico y la tecnología, sin embargo, depende de las políticas de cada gobierno que vayan enfocadas hacia la expansión de nuevas tecnologías.

En cambio, Luján & Moreno (1996) sostuvieron que la tecnología es generadora de efectos en la sociedad, sin embargo, solo en forma de productos terminados, dado que, no están presentes en su elaboración. Bajo el mismo punto de vista, Mitchell (1999) abordó que los países desarrollados y en desarrollo tienen como principal política, la inversión en tecnologías, creando un nexo entre estos dos factores, que crecen simultáneamente. En el mismo sentido, Bordogna (2000) determinó una fuerte relación entre el crecimiento económico y social con la tecnología, impulsando el aprendizaje. No obstante, Class & Lindh (2000) consideraron que el desarrollo económico se debe principalmente por los constantes avances en tecnologías, dejando rezagadas las invenciones anteriores.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La contaminación ambiental es uno de los principales desafíos que enfrenta la sociedad, por tal motivo, es necesario tomar acciones que mitiguen este daño ambiental, social y económico. La evidencia empírica se encuentra dividida en cinco secciones, cada apartado analiza la relación con las variables del modelo. Primero, estudios que relacionan la contaminación ambiental con la tecnología. Según, Qiyong & Jiaoju (2011); Ward (2017); Mendiara et. al (2018); Manzolini et al. (2020) y De la Peña (2020) afirmaron que la implementación de tecnologías (sistemas de transporte eléctricos) reducen los costos de emisiones de CO₂ hasta en un 25 - 40%, en términos económicos hasta \$33 por cada tonelada de emisiones de CO₂.

Asimismo, Wang et al. (2017); Huang et al. (2020) y Moreira & Pacca (2020) mencionaron que, las transferencias tecnológicas de países desarrollados a economías emergentes, acceso a la innovación conllevan a la reducción de la contaminación ambiental. Sin embargo, las empresas privadas no se sienten incentivadas a invertir en innovación, puesto que, aumentan sus costos de producción. Es por eso que, el gobierno debe asegurar la difusión de tecnologías o una mayor rigurosidad en las leyes ambientales (Sano, 2013). No obstante, Huesemann (2001) señaló que la ciencia y tecnología tienen un impacto limitado en la reducción de la degradación ambiental, sino más está en el comportamiento de la sociedad.

En los países desarrollados, los avances tecnológicos son más eficientes en la mitigación ambiental con respecto a los países en desarrollo (Song et al., 2020). Por otro lado, Wang et al. (2020c) estimaron la curva de Kuznets, donde consideraron que cuando los países alcanzan un umbral tienden a disminuir la contaminación, no obstante, puede ser que al inicio la tecnología aumente las emisiones. Además, Yii & Geetha (2017) y Wang & Zhu (2020) señalaron que la innovación

en la energía renovable es más factible que usar tecnologías en la energía fósil, para reducir las emisiones de CO₂. Además, es necesario establecer estrictas regulaciones con la finalidad de frenar dicho problema.

De este modo, según el estudio de Tao et al. (2019) si un país tiene como desafío reducir las emisiones de CO₂ para 2030, debe apuntar a la ejecución de tecnologías que faciliten obtener costos negativos de la contaminación. Los efectos de la tecnología a corto plazo pueden tener efectos negativos, por tal motivo, se requiere una constante innovación de las tecnologías para obtener reducción de la contaminación (Hang & Yuan-Sheng, 2011). Sin embargo, Park (2017); Fei & Lin (2017) y Chen (2019) determinaron que, la eficiencia de las tecnologías va a depender de cada región por el ámbito geográfico, climático y económico. Wang & Wang (2018) consideraban que todos los países deberían reforzar las capacidades tecnológicas, lo cual contribuye al crecimiento económico y sobre todo a la protección ambiental.

Por otra parte, Wang et al. (2012); Kwon (2017) y Samargandi (2017) hallaron que la tecnología es insignificante para reducir las emisiones de CO₂, siendo el sector industrial y de servicios los generadores de mayor contaminación, mientras que, el sector agrícola es menos contaminador. Pero, a pesar de esto los países en desarrollo deben elaborar políticas de conservación, con la finalidad de que, los países desarrollados no afecten el medio ambiente (Wang et al., 2020b). En segundo lugar, un factor que incide en las emisiones de CO₂ están las exportaciones, según Wang et al. (2020a) y Shahzad et al. (2020) señalaron que una economía que tiene diversificación de productos va a ser más sofisticada, lo que conlleva a emitir CO₂ en menor medida; sugiere políticas innovadoras con el fin de lograr una producción limpia.

Es así que, Jalles & Ge (2020) aludían que los países que son exportadores netamente de materias primas son considerados los mayores emisores de CO₂. Su et al. (2013) y Wu et al. (2020) en su estudio para China manifestaban que, su economía se debe enfocar en las exportaciones de servicios, puesto que, no provocan en gran magnitud emisiones de CO₂, en cambio, las actividades del sector textil se deberían reducir, ya que son más contaminantes. Asimismo, Al-mulali & Sheau-Ting (2014); Richter & Schiersch (2017); Shao et al. (2020); Hdom & Fuinhas (2020) y Song et al. (2020) indicaron que cuando un país es exportador, aumenta su producción, crean una relación lineal con las emisiones de CO₂, por ende, se debe promover la transición de exportaciones verdes para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Del mismo modo, Tang et al. (2017); Hasanov et al. (2018) y Zhang et al. (2020) señalaron que las exportaciones e importaciones influyen positivamente el crecimiento de las emisiones de CO₂ a corto y largo plazo, puesto que, se traducen en consumo que es desechado directamente al medio ambiente. Sin embargo, las importaciones generan menos efectos negativos en comparación de las exportaciones. En cambio, si se comprime las exportaciones, se podría reducir la contaminación, pero afecta al PIB y empleo (Fan et al. 2015). Además, Michieka et al. (2013) demostraron una causalidad unidireccional desde las exportaciones hacia las emisiones de CO₂ y del consumo de carbón hacia las exportaciones.

Tercero, Ren et al. (2014); Salahuddin et al. (2018); Nasir et al. (2019); Waqih et al. (2019) y Xie et al. (2020) indicaron que existe una relación positiva entre Inversión Extranjera Directa (IED) y emisiones de CO₂, dado que, los inversores buscan paraísos de la contaminación para establecer sus actividades económicas, es decir, la captación de IED no es ambientalmente sostenible. Al igual, Mahalik et al. (2020) en su estudio para India mostraron que la IED, las remesas y el

crecimiento económico son los factores causantes de la mala calidad del aire. Hanif et al. (2019) y Essandoh et al. (2020) señalaron que tiene mayor impacto en los países en desarrollo. Asimismo, existe causalidad unidireccional de IED a emisiones de CO₂, sin embargo, consideraban que a mediano plazo la IED es beneficiosa para la transferencia de tecnologías (Shahbaz et al., 2019).

Mientras que, Pao & Tsai (2011); Chandran & Tang (2013) y Tiba & Belaid (2020) hallaron una causalidad bidireccional entre IED y emisiones de CO₂. En contraparte, Zhang & Zhou (2016); Sung et al. (2018) y Zubair et al. (2020) encontraron en China y Nigeria, que la IED incide positivamente en la calidad ambiental al traer tecnologías, absorbe estos beneficios por las estrictas políticas ecológicas establecidas. Asimismo, Omri & Tarek (2020) manifestaron que, para conseguir una reducción de la contaminación, debe haber una conexión entre IED, innovación y una buena gobernanza política e institucional. En América Latina, la IED causa aumento de la contaminación, sin embargo, la presencia de actividades extranjeras ha contribuido a reducir la pobreza (Dhrifi et al., 2020). En cambio, Paziienza, (2015) encontró que, para los países de la OCDE, la IED en el sector de la agricultura ejerce impactos alentadores en la conservación ambiental.

Cuarto, Mahmood et al. (2020) y Rasool et al. (2020) manifestaron que la urbanización provoca mayor contaminación, debido al mayor consumo y expansión de la tierra. Del mismo modo, Cui et al. (2020) mediante un estudio de los sistemas de calefacción determinaron que las zonas urbanas son las que generan mayores cantidades de CO₂. Asimismo, Ali (2019) y Salahuddin et al. (2019) señalaron que, la urbanización genera contaminación a corto y largo plazo, por tal motivo, es necesario el uso masivo de transporte público urbano para reducir emisiones de CO₂ que causan los vehículos particulares. Los principales factores que inciden en la mala calidad del aire son;

urbanización, IED, producción terciaria y transporte (Jiang et al., 2020). Al igual, Bekhet & Othman (2017); Ahmad et al. (2019) y Chen et al. (2019) indicaron que, las emisiones de CO₂ generadas por la urbanización se producen por la demanda de energía, industria y construcción.

Bai et al. (2019) manifestaron que es necesario un desarrollo de la urbanización con políticas verdes para organizar el incremento de la población en las zonas céntricas, dado que, el crecimiento de la población influye en el cambio climático. De esta manera, Liu & Bae (2018) demostraron que un aumento de 1% en la urbanización provoca en la misma cuantía emisiones de CO₂. En cambio, Kang et al. (2019) encontraron que cuando existe eficiencia energética e innovación se obtiene calidad en la urbanización. Es ahí, donde se puede lograr una reducción de CO₂, sin embargo, hay diferencias geográficas. Por otro lado, Dong et al. (2019) expusieron que existe una relación de doble umbral entre la urbanización, crecimiento económico y emisiones de CO₂. En los países de ingresos bajos el crecimiento económico y la urbanización generan pequeño efecto en la contaminación ambiental (Lin et al., 2017).

Quinto, existen estudios que relacionan la renta de los recursos naturales con las emisiones de CO₂. Khan et al. (2020) apuntaban que, los países dependientes de la renta de los recursos naturales influyen en la contaminación, por ende, recomiendan la conservación de los recursos naturales para alcanzar crecimiento económico sostenible. Asimismo, Baloch et al. (2019) y Badeeb et al. (2020) aseguraron que el uso excesivo de los recursos naturales, impulsado por la agricultura, deforestación y la minería, afectan negativamente al medio ambiente. La explotación de los recursos naturales de unos países ayuda a la conservación ambiental de otros países, puesto que, los países que no extraen recursos naturales, importan y los perjudicados son las economías

exportadoras de las commodities. Mientras que, Hussain et al. (2020) afirmaron que cuando los recursos naturales se agotan en 1%, las emisiones de CO2 aumentan en 0,012 a 0,029%.

e. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se procedió a utilizar materiales y métodos que conlleven al cumplimiento de los objetivos planteados.

1. MATERIALES

1.1. Análisis de datos

Los datos obtenidos para el desarrollo de la presente investigación se han extraído del *World Development Indicators (WDI)* del Banco Mundial (2020). Por consiguiente, se ha considerado como variable dependiente a las emisiones de CO₂ que representa la contaminación ambiental, la tecnología como variable independiente. Además, para garantizar robustez al modelo se considera como variables de control; IED, exportaciones, renta de recursos naturales y urbanización. Este trabajo abarca 122 países a nivel mundial por disponibilidad de información, los mismos que están clasificados de acuerdo al Método Atlas propuesto por el Banco Mundial (2020) en Países de Ingresos Altos (PIA), Países de Ingresos Medios Altos (PIMA), Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB) y Países de Ingreso Bajos (PIB), comprendidos en el período 1996 – 2018.

La Tabla 1 muestra la descripción de las variables empleadas en el modelo, con la respectiva medida, donde las emisiones de CO₂, tecnología, exportaciones, IED, renta de recursos naturales y urbanización se les aplicó logaritmo con la finalidad de obtener resultados consistentes y facilitar el análisis de resultados, debido a que la IED presenta valores negativos, se aplicó logaritmo en valores absolutos para evitar la pérdida de datos.

Tabla 1*Descripción de las variables*

<i>Variable</i>		<i>Medida</i>	<i>Descripción</i>	<i>Fuente</i>
Dependiente	Emisiones de CO2 $lCO2_{it}$	Log	Proviene de la quema de fósiles, fabricación de cemento, consumo de combustibles sólido, líquidos, gaseosos y quema de gas. Está medida en kilotoneladas.	Banco Mundial
Independiente	Tecnología Tec_{it}	Log	Abarca la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental. Está medida en precios de dólares a precios constantes de 2010.	Banco Mundial
	Exportaciones X_{it}	Log	Representa el valor de todos los bienes y servicios prestados al resto del mundo. Está medida en precios de dólares a precios constantes de 2010.	Banco Mundial
Control	Inversión Extranjera Directa Ied_{it}	Log	Entrada neta de inversiones para tener el control de la empresa que funciona en el país que no es del inversionista. Está medida en precios de dólares a precios constantes de 2010.	Banco Mundial
	Urbanización Urb_{it}	% crecimiento	Cantidad de personas que viven en el área urbana. Está medida en total de personas.	Banco Mundial
	Renta de recursos naturales Rn_{it}	Log	Suma de la renta del petróleo, gas natural, carbón, mineral y forestal. Está medida en precios de dólares a precios constantes de 2010.	Banco Mundial

La Tabla 2, abarca los estadísticos descriptivos de las variables empleadas en el modelo, donde se detalla los valores de la media, la desviación estándar, valores mínimos, máximos y el número de observaciones. Se evidencia que existe mayor variabilidad entre países en todas las variables del

modelo, es decir, que presentan altos grados de heterogeneidad, a excepción de la IED, dado que, presenta mayor variabilidad dentro de los países. Además, se ostenta que el promedio de la contaminación ambiental a nivel mundial es de 10,12 y de la tecnología se sitúa en 19,51. Se estima un panel estrictamente balanceado en tiempo y espacio con un total de 2.806 observaciones, 122 secciones transversales y 23 datos temporales. Por otro lado, en la matriz de correlación el (*) representa la significancia al 5%, donde mide el grado de relación entre dichas variables, las cuales deben ser menor a 0,8 con la finalidad de descartar problemas de multicolinealidad.

Tabla 2.

Estadísticos descriptivos y matriz de correlación de variables

	$lCO2_{it}$	$lTec_{it}$	lX_{it}	$lIed_{it}$	lRn_{it}	Urb_{it}
Mean	10,122	19,507	23,949	19,569	20,003	63,156
Desv. Est. (General)	2,109	2,880	2,098	8,927	4,873	21,514
Desv. Est. (Entre)	2,098	2,825	2,047	3,465	4,708	21,423
Desv. Est. (Dentro)	0,281	0,613	0,495	8,233	1,326	2,741
Min (General)	5,037	12,448	15,379	-26,649	0	7,412
Min (Entre)	5,614	13,559	18,712	8,817	0	9,995
Min (Dentro)	8,797	15,008	14,854	-30,394	7,981	49,856
Max (General)	15,572	26,951	28,419	27,323	27,004	100
Max. (Entre)	15,501	26,657	28,107	26,242	25,913	100
Max (Dentro)	11,319	22,165	28,161	33,476	30,829	77,091
N	2806	2806	2806	2806	2806	2806
n	122	122	122	122	122	122
T	23	23	23	23	23	23
$lCO2_{it}$	1					
	-					
$lTec_{it}$	0,713*	1				
	(0,000)	-				
lX_{it}	0,750*	0,692*	1			
	(0,000)	(0,000)	-			
$lIed_{it}$	0,119*	0,168*	0,148*	1		
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	-		
lRn_{it}	0,503*	0,355*	0,415*	0,065*	1	
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,011)	-	
Urb_{it}	0,277*	0,473*	0,509*	0,105*	-0,145*	1
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	-

Nota. t estadísticos en paréntesis * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Las estimaciones pueden presentar la presencia de problemas de colinealidad. De este modo, la Tabla 3 reporta los resultados de la prueba de multicolinealidad entre las variables consideradas en el modelo. Se utiliza la prueba del factor de inflación de varianza (VIF). Por tanto, si el VIF es menor a 5 significa que no hay problemas de colinealidad entre los regresores, obteniendo en promedio 2,78, por tanto, se descarta la presencia de multicolinealidad, garantizando estabilidad al modelo. Cabe mencionar que, es necesaria la inexistencia de multicolinealidad para obtener estimadores eficientes e insesgados.

Tabla 3.

Estadísticas de multicolinealidad

<i>Variable</i>	<i>VIF</i>	<i>SQRT VIF</i>	<i>Tolerance</i>	<i>R-Squared</i>
<i>lCO2_{it}</i>	2,61	1,62	0,383	0,618
<i>lTec_{it}</i>	3,52	2,34	0,182	0,818
<i>lX_{it}</i>	4,54	2,75	0,133	0,857
<i>lled_{it}</i>	1,04	1,02	0,965	0,035
<i>lRn_{it}</i>	1,70	1,30	0,589	0,395
<i>Urb_{it}</i>	2,60	1,61	0,385	0,417

Nota. Media VIF 2,78

1.2. Clasificación de países por su nivel de ingreso (Método Atlas)

El Método Atlas propuesto por el Banco Mundial (2020) agrupa a las economías del mundo de acuerdo a su nivel de ingreso, en Países de Ingresos Altos (PIA), Países de Ingresos Medios Altos (PIMA), Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB) y Países de Ingreso Bajos (PIB), cabe mencionar que, cada año se actualizan los datos, donde diez economías han cambiado de posición, puesto que, han presentado variaciones en el ingreso y además, los parámetros de cada grupo han variado levemente, la Tabla 4 reporta los valores mínimos de cada clasificación para 2020.

Tabla 4.*Clasificación de los países de acuerdo a su nivel de ingreso*

<i>Umbral</i>	<i>Nivel de ingreso (US\$)</i>
Países de Ingresos Bajos (PIB)	1.036 o menos
Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB)	Entre 1036 y 4.045
Países de Ingresos Medios Altos (PIMB)	Entre 4.046 y 12.535
Países de Ingresos Altos (PIB)	12,535 o más

Nota. A partir del Banco Mundial (2020)

En efecto, la Tabla 5 detalla la distribución de acuerdo al nivel de ingreso de los 122 países considerados en la investigación, dado que, a través de la clasificación de las distintas economías a nivel mundial, se reduce las diferencias estructurales existentes.

Tabla 5.*Distribución de los 122 países de la investigación según su nivel de ingreso*

<i>Umbral</i>	<i>Países</i>
Países de Ingresos Altos (PIA) 54 países	Australia, Austria, Belgic, Bermuda, Brunei Darussalam, Canada, Chile, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Greenland, Hong Kong SAR, Hungary, Iceland, Ireland, Israel, Italy, Japan, Korea, Kuwait, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Macao SAR, Malta, Mauritius, Netherlands, New Zealand, Norway, Oman, Panamá, Poland, Portugal, Qatar, Romania, Saudi Arabia, Seychelles, Singapore, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Trinidad and Tobago, United Arab Emirates, United Kingdom, United States y Uruguay
Países de Ingresos Medios Altos (PIMA) 32 países	Argentina, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia and Herzegovina, Botswana, Brazil, Bulgaria, China, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Georgia, Guatemala, Indonesia, Iran, Iraq, Jordan, Kazakhstan, Malaysia, México, Montenegro, North Macedonia, Paraguay, Perú, Russian Federation, Serbia, South Africa, Thailand, Turkey y Venezuela.
Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB) 24 países	Algeria, Bolivia, Egypt, El Salvador, Honduras, India, Kyrgyz Republic, Lesotho, Moldova, Mongolia, Morocco, Myanmar, Nicaragua, Pakistan, Philippines, Senegal, Sri Lanka, Tanzania,

	Tunisia, Ukraine, Uzbekistan, Vietnam, West Bank and Gaza y Zambia
Países de Ingresos Bajos (PIB) 12 países	Burkina Faso, Burundi, Congo, Ethiopia, Gambia, Madagascar, Mali, Mozambique, Sudan, Tajikistan, Togo y Uganda.

2. ESTRATÉGICA ECONOMETRICA

Con el fin de evaluar el impacto de la tecnología en la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso en el período 1996 – 2018, y dar respuesta a ¿Cuál es el efecto entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control? a partir de la hipótesis de que la tecnología reduce la contaminación ambiental, es decir que, se cumple se cumple la hipótesis de una relación de U invertida tipo Kuznets, la metodología se divide de acuerdo a cada objetivo.

2.1. Objetivo específico 1

Analizar la correlación y evolución de la tecnología y contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.

En consecuencia, para dar cumplimiento al primer objetivo se realizará gráficos de evolución, mismos que nos permiten visualizar gráficamente la tendencia que presenta la contaminación ambiental y la tecnología a lo largo del período 1996 – 2018. Asimismo, se elaborará gráficos de correlación de los grupos de países y a nivel global, con la finalidad de capturar gráficamente la forma funcional entre las variables mencionadas anteriormente, cabe resaltar que, a través de los gráficos de correlación se puede inferir el grado de asociación entre las variables y cuál es la

dirección de esa relación, por ende, se verificará el cumplimiento de la relación tipo Kuznets, cuando presente la forma de una U invertida.

2.2. Objetivo específico 2

Establecer la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS).

Primero, se aplica la prueba de Hausman (1978) con la finalidad de elegir efectos fijos (FE) o efectos aleatorios (RE). Es así que después de explorar dicha prueba se constató que es necesario aplicar un modelo de efectos fijos en todos los grupos de países. Además, se emplea la prueba de Lagrange Multiplicador de Breusch-Pagan (1979) y Wooldridge (2002) para determinar la posible presencia de problemas de heterocedasticidad y autocorrelación respectivamente. Por consiguiente, con el fin de asegurar robustez al modelo y obtener estimadores consistentes e insesgados se estima un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS), tal como se puede evidenciar en la Ecuación 1.

$$lCO2_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 lTec_{it} + \alpha_1 Z_{it} + \varepsilon_{it} + v_{it} \quad (1)$$

Donde, Z_{it} recoge las variables de control incluidas en el modelo; exportaciones, IED, renta de recursos naturales y urbanización. Mientras que, ε_{it} es el termino de error y v_{it} representa efectos fijos en el país $i = 1, \dots, 122$ en el tiempo $t = 1996, \dots, 2018$.

2.3. Objetivo específico 3

Estimar la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante regresiones cuantílicas.

Posterior a la verificación de inestabilidad en los parámetros, siguiendo a Albuлесcu et al. (2019) y Malumfashi et al. (2020) se procede a utilizar regresiones cuantílicas propuestas por Koenker and Bassett (1978), dado que, se diferencian de las regresiones tradicionales, puesto que, permiten obtener flexibilidad en la pendiente y determinan la existencia de efectos heterogéneos en la muestra, pues de esta manera, se pretende capturar el efecto para cada cuantil y se evita problemas de sesgo de especificación, este modelo fue desarrollado por Canay (2011), Powel (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), mismo que fue diseñado en la plataforma de Stata por Geraci & Bottai (2007). Para formalizar el análisis se visualiza la Ecuación 2.

$$Q_{Y_{it}} = Q_i|x_{it} + z_{it} = (\alpha_0 + \beta_0) + \alpha_1 lTec_{it} + \alpha_2 Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

f. RESULTADOS

1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Analizar la correlación y evolución de la tecnología y contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.

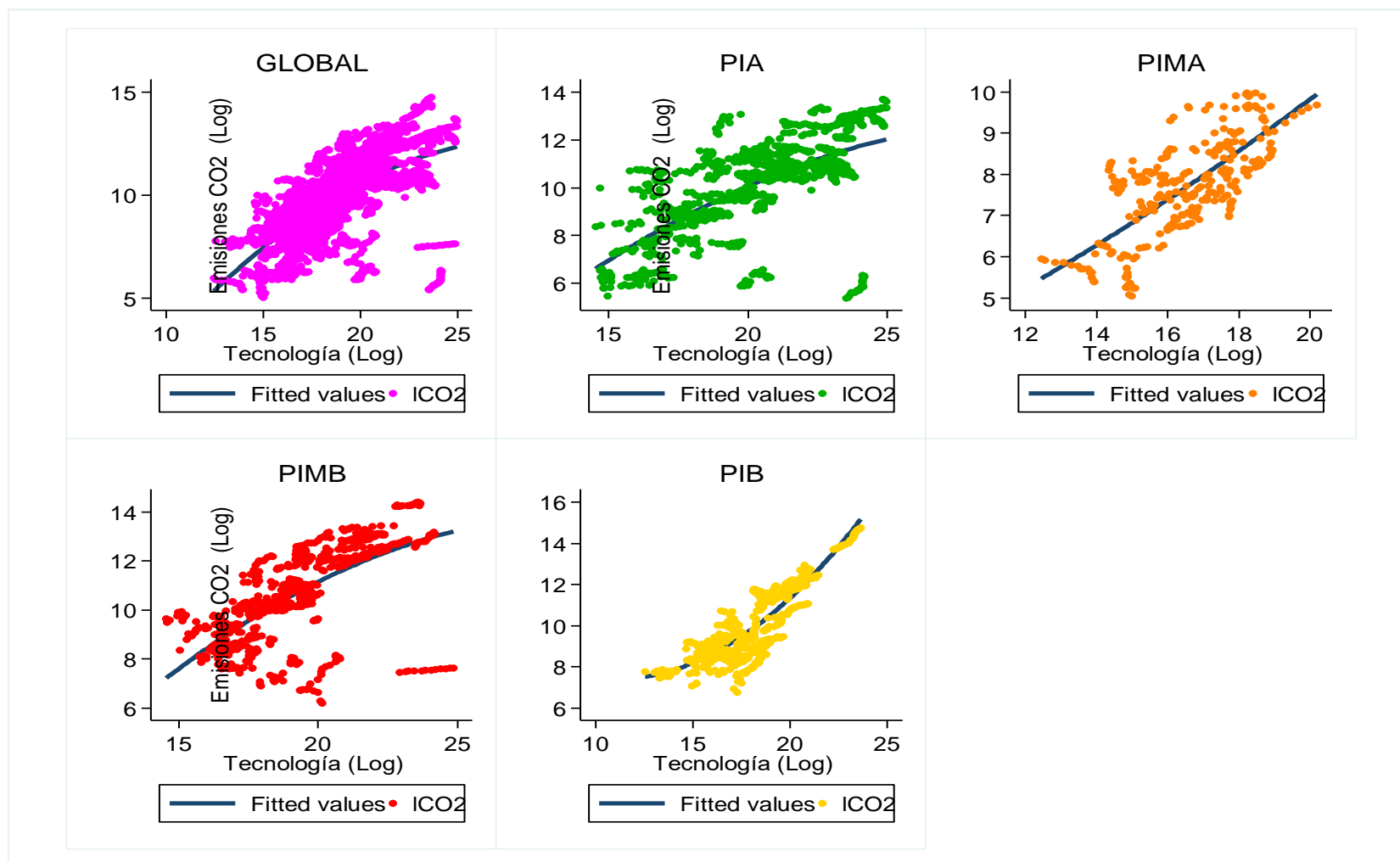
La Figura 2 muestra la correlación entre la tecnología y contaminación ambiental a nivel global y por grupo de países en el período 1996 – 2018. A nivel global se evidencia que existe una relación positiva entre la tecnología y contaminación ambiental, es decir, a medida que aumenta la tecnología tiende a incrementar las emisiones de CO₂, sin embargo, cuando alcanza un punto de inflexión, la relación se invierte y disminuye la contaminación ambiental, formando una U invertida, tal como se observa este grupo de países está alcanzando reducir la contaminación cuando existen mayores niveles de tecnología. En el caso de los PIA se visualiza una relación positiva, el incremento de la tecnología provoca que la contaminación ambiental aumenta en los niveles más bajos.

No obstante, cuando alcanza el punto de inflexión, la tecnología permite reducir la contaminación ambiental, por lo tanto, en los PIA se cumple la relación tipo Kuznets ambiental. Mientras que, en los PIMA se visualiza una relación directa entre la tecnología y contaminación ambiental, es decir, la tecnología no permite una reducción de la degradación ambiental, por tanto, no se cumple la curva de Kuznets ambiental. No obstante, en el escenario de los PIMB se evidencia se evidencia el cumplimiento de una relación en U invertida tipo Kuznets, al inicio se observa que la tecnología aumenta las emisiones de CO₂, pero, al alcanzar el punto de inflexión, la relación cambia, provocando una reducción de la contaminación ambiental, se evidencia una forma de U invertida.

Finalmente, los PIB reflejan una relación positiva, es decir, que a medida que incrementa la inversión en tecnología, la contaminación ambiental también aumenta, por tanto, se descarta la validez de la curva de Kuznets ambiental en este grupo de países. De manera general, se evidenció el cumplimiento de una relación de U invertida tipo Kuznets ambiental a nivel global, PIA y PIMB, para lo cual es necesario elevar al cuadrado la variable tecnología con la finalidad de capturar el efecto decreciente en estos grupos, mientras que, en los PIMA al mostrar una tendencia lineal no es necesario realizar el procedimiento de elevar al cuadrado.

Figura 2.

Correlación de la contaminación ambiental y tecnología a nivel global y por grupo de países



Nota. A partir del Banco Mundial (2020)

La Figura 3 muestra la evolución de tecnología y contaminación ambiental a nivel global y por grupos de países según el nivel de ingreso en el período 1996 – 2018. Primero, a nivel global se evidencia una tendencia creciente en la tecnología y contaminación ambiental, es decir aumentan las dos variables de forma conjunta, a medida que existe mayor tecnología, la contaminación ambiental incrementa bajo el mismo patrón, asociado principalmente a que la tecnología permite producir a gran escala, de tal modo, que el consumo se expande generando mayor cantidad de desechos que se vierten en el medio ambiente. Posteriormente, los PIA muestran una tendencia ascendente en la tecnología, dado que los países más desarrollados tienen mayor capacidad para innovar constantemente e incluso son los creadores de nuevas tecnologías.

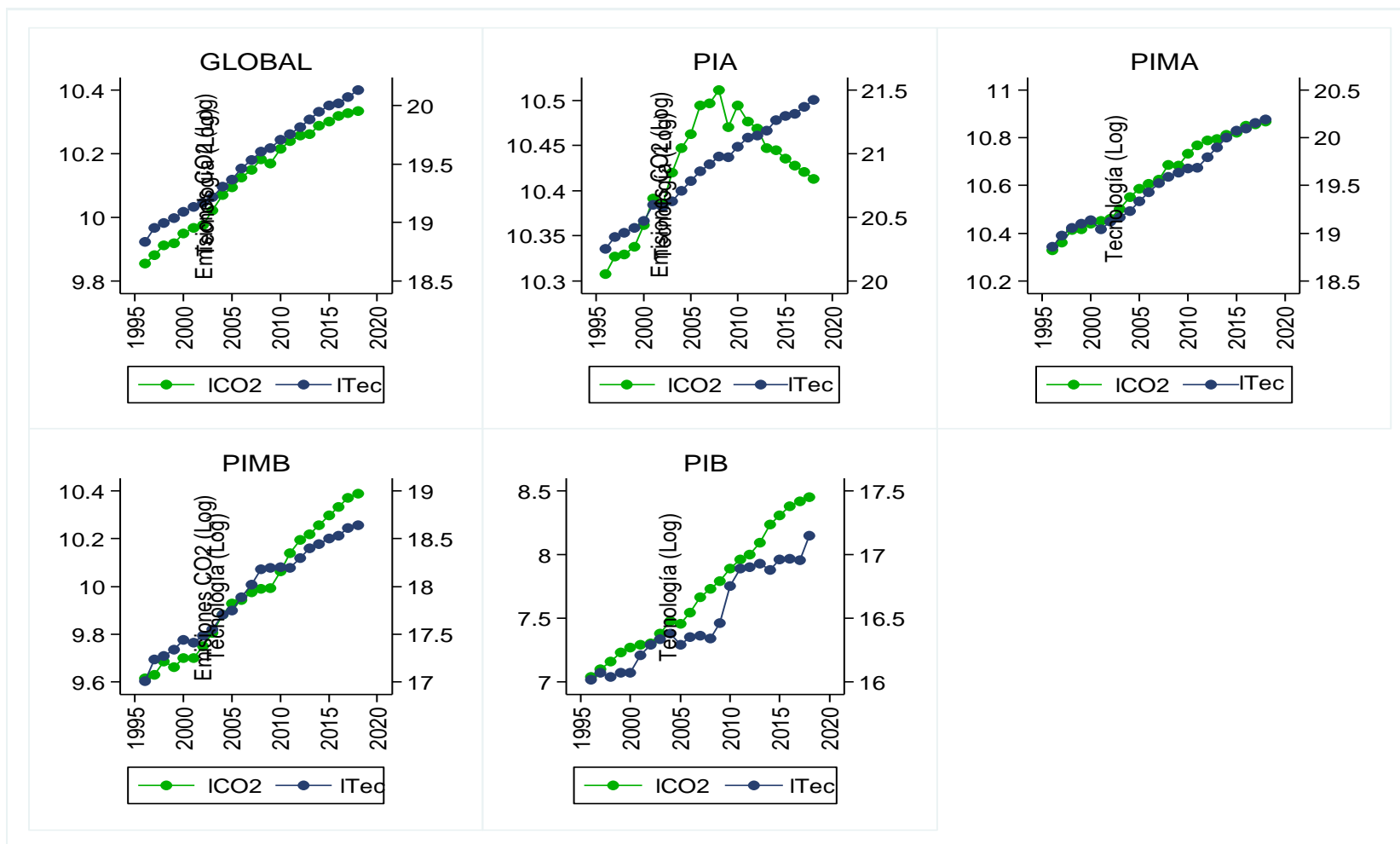
Por tanto, la contaminación ambiental presenta un patrón creciente hasta 2008 dado que, las empresas no eran responsables con la naturaleza. Sin embargo, en 2009 se observa una drástica reducción de las emisiones de CO₂, atribuido principalmente a la crisis financiera de 2009, donde Estados Unidos fue uno de los países más afectados por este fenómeno económico, que provocó una caída significativa en la producción de las empresas y en el consumo de las familias. No obstante, a partir de 2010 la contaminación ambiental tiende a descender significativamente, este comportamiento se explica por la adopción de tecnologías y a la rigidez en leyes ambientales. Analizando el comportamiento de los PIMA, se visualiza que la tecnología presenta un crecimiento sostenido a lo largo del periodo analizado, puesto que, la innovación es un factor clave para alcanzar el crecimiento económico.

Mientras que, la contaminación ambiental ha presentado una tendencia ascendente, mismo que se explica por la expansión de la producción, además, las empresas siempre buscan maximizar sus beneficios sacrificando la sostenibilidad ambiental. Asimismo, en el contexto de los PIMB se

observa una relación ascendente de la tecnología en el periodo estudiado. Sin duda alguna, este factor es esencial en todos los grupos de países independientemente de su nivel de ingreso, puesto que les permite agilizar procesos de producción. En el mismo sentido, la contaminación ambiental presenta un constante crecimiento desde 1996- 2018, dado que, las tecnologías que adoptan no contribuyen plenamente a la reducción de las emisiones de CO₂. Por consiguiente, la tecnología en los PIB ostenta un patrón ascendente con bastante fluctuación, explicado principalmente por sus ingresos de recursos naturales, a medida que obtienen mayores ingresos, tienen mayor capacidad para invertir en tecnología. Sin embargo, las emisiones de CO₂ desde 1996 – 2018 muestran una tendencia creciente, dado que, su economía depende netamente de los recursos naturales, siendo la principal fuente de contaminación.

Figura 3.

Evolución de la contaminación ambiental y tecnología a nivel global y por grupo de países



Nota. A partir del Banco Mundial (2020)

2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Establecer la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS).

De acuerdo a la prueba de Hausman (1978) se determinó que el modelo sin variables de control debe estimar a través de efectos fijos a nivel global y por grupo de países clasificados de acuerdo a su nivel de ingreso (ver Anexos 2- 6). Asimismo, en base a las pruebas Breusch-Pagan (1979) y Wooldridge (2002) se detectó problemas de heterocedasticidad y autocorrelación en todos los niveles de países. (ver Anexos 7–16). Es importante mencionar que a través del modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados se corrige los problemas de heterocedasticidad y autocorrelación detectados anteriormente, por tanto, se garantiza estimadores consistentes e insesgados.

En la Tabla 6 se evidencia, primero la relación básica entre contaminación ambiental y tecnología a nivel global y por grupo de países, cabe resaltar que se elevó al cuadrado la tecnología a nivel global, PIA, PIMB y PIB, dado que a través de la relación funcional se evidenció una forma cóncava. Con la finalidad de verificar el cumplimiento de la curva de Kuznets, según Robledo et al. (2013) la tecnología debe tener signo positivo y la tecnología elevada al cuadrado debe presentar efectos negativos. Es así que, la ITec2 ostenta un impacto positivo en todos los niveles de ingreso, variando de 0,019% hasta 0,037%, siendo más notorio en los PIA, dado que, en este grupo de países implementan de tecnologías especializadas, sin embargo, no contribuyen a la sostenibilidad ambiental.

Por tanto, se rechaza el cumplimiento de la relación tipo Kuznets, dado que, los países tienen como principal objetivo lograr crecimiento económico sacrificando la conservación ambiental, además, a través del uso de tecnologías se duplica la producción y, por tanto, el consumo, que posteriormente son desechados al medio ambiente. Mientras que, a corto plazo, se aprecia que la tecnología presenta un efecto negativo estadísticamente significativo a nivel global, PIA, PIMB y PIB, es decir, a corto plazo permite reducir la contaminación ambiental, puesto que, al inicio de la transición de las técnicas tradicionales hacia maquinarias especializadas tiene un impacto positivo para el medio ambiente, sin embargo, a largo plazo se convierte en una consecuencia para el medio ambiente.

En el escenario que se agrega variables de control, a través de la prueba de Hausman (1979) se establece estimar a través de efectos fijos (ver Anexos 17- 21). De igual forma, en base a las pruebas de Breusch-Pagan (1979) y Wooldridge (2002) se detectó problemas de heterocedasticidad y autocorrelación en todos los niveles de países. (ver Anexos 22- 31). Por tanto, la tecnología presenta el mismo comportamiento en todos los niveles de países. Las exportaciones presentan un efecto positivo estadísticamente significativo en todos los niveles que oscila entre 0,12% - 0,44%, este resultado se atribuye a que un país que aumenta su relación comercial, por ende, incrementa su producción y la actividad productiva genera mayores niveles de contaminación, además, requiere de mayor cantidad de materia prima que en ocasiones es proveniente de fuentes naturales.

Asimismo, la renta de recursos naturales es un factor positivo sobre la contaminación en todos los grupos, sin embargo, es más notorio en los PIB, con 0,09%, estos países tienen dedicada su economía netamente a la extracción de productos primarios, deforestando el medio ambiente,

agotan los recursos naturales, puesto que, estos países al no ser industrializados es la única forma de obtener ingresos. De igual forma, la urbanización presenta un impacto positivo estadísticamente significativo a nivel global y PIMB, dado que, la concentración masiva de personas provoca un aumento considerable en el consumo, por ende, se requiere de mayor producción que posteriormente es vertida en la naturaleza, mientras que, en los PIA y PIMA el efecto es negativo de 0,01% ya que, los países desarrollados tienen eficiencia energética y medios de transporte más limpios, favoreciendo a la sostenibilidad ambiental.

Tabla 6.*Resultados de la regresión GLS*

	<i>Sin variables de control</i>					<i>Con variables de control</i>				
	<i>Global</i>	<i>PIA</i>	<i>PIMA</i>	<i>PIMB</i>	<i>PIB</i>	<i>Global</i>	<i>PIA</i>	<i>PIMA</i>	<i>PIMB</i>	<i>PIB</i>
ITec2	0,029*** (17,14)	0,037*** (13,91)		0,019*** (3,62)	0,035*** (7,51)	0,020*** (12,32)	0,031*** (11,40)		0,013** (2,67)	0,046*** (10,00)
ITec	-0,841*** (-12,91)	-1,196*** (-11,45)	0,172*** (5,87)	-0,507* (-2,50)	-0,992*** (-6,16)	-0,551*** (-9,22)	-0,991*** (-9,39)	0,177*** (6,04)	-0,234 (-1,22)	-1,281*** (-8,03)
IX						0,170*** (12,72)	0,315*** (11,25)	0,436*** (10,30)	0,117*** (5,51)	0,089*** (4,74)
IIED						0,002 (1,30)	0,002 (1,01)	-0,001 (-1,06)	0,001 (0,08)	0,002 (1,85)
IRn						0,036*** (9,54)	0,018*** (5,45)	0,042** (3,03)	0,058*** (5,65)	0,088*** (7,13)
Urb						0,009*** (7,15)	-0,011*** (-4,84)	-0,014** (-2,92)	0,014*** (3,97)	-0,003 (-0,93)
Constant	15,235*** (24,73)	19,191*** (18,75)	4,868*** (9,79)	13,406*** (6,94)	16,165*** (11,80)	7,606*** (11,32)	9,903*** (7,28)	-5,737*** (-7,16)	5,370** (2,81)	13,851*** (9,35)
Hausman test	0,000	0,000	0,027	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Autocorrelación serial	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Efectos fijos (años)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Efectos fijos (países)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Observaciones	2806	1242	276	736	552	2806	1242	276	736	552
N-grupos	122	54	12	32	24	122	54	12	32	24
Chi2	1536,6	563,9	34,46	181,6	202,2	3571,3	2230,8	296,4	788,2	792,0

Nota. t estadísticos en paréntesis * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Estimar la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante regresiones cuantílicas.

Para dar cumplimiento al tercer objetivo, se estima previamente la prueba CD de Pesaran (2004, 2015) para verificar la dependencia entre las secciones transversales, en la Tabla 7 se aprecia resultados, donde, se rechaza la hipótesis nula de independencia transversal en todas las variables del modelo con un nivel de significancia del 1% y 5%. Por tanto, se confirma que son espacialmente dependientes entre sí.

Tabla 7.

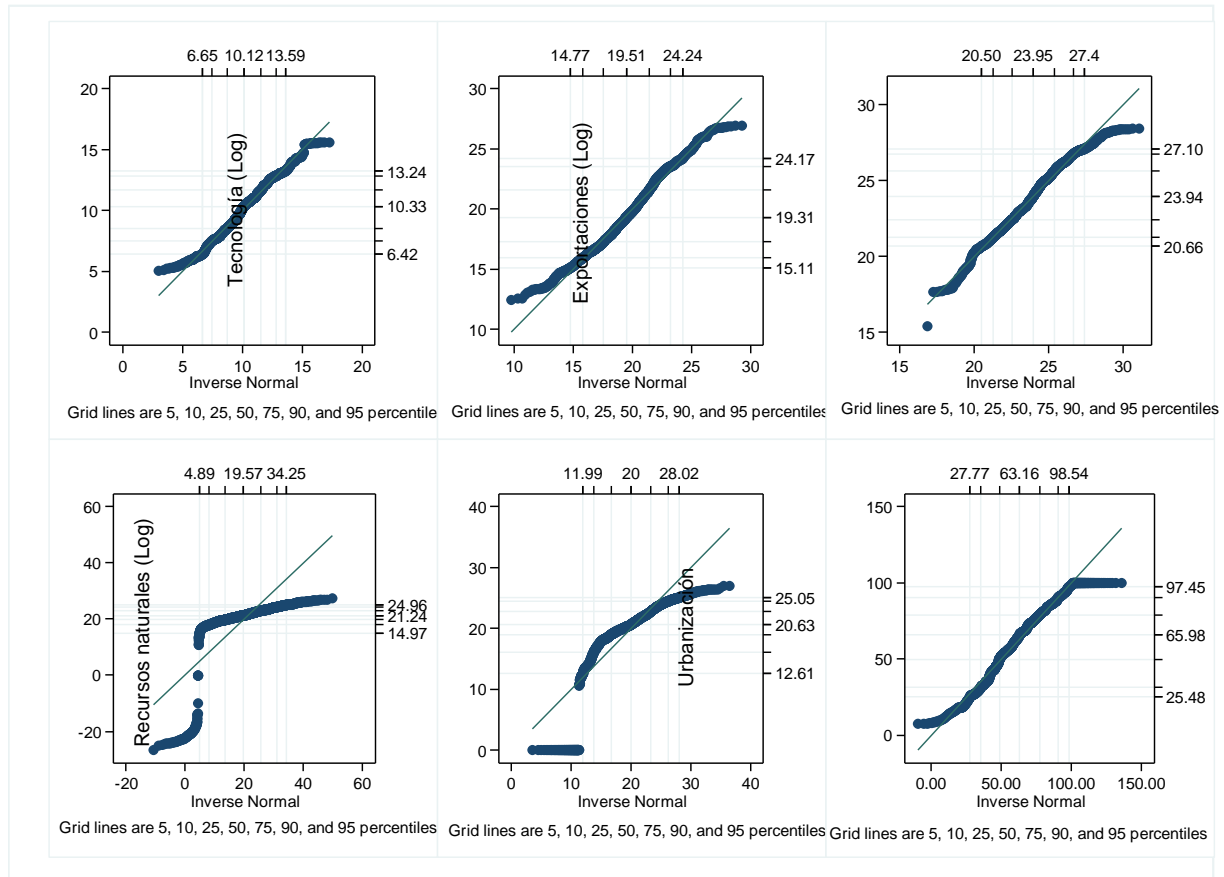
Prueba de dependencia en las secciones transversales

<i>Variables</i>	<i>CD-test (2004)</i>		<i>CD-test (Pesaran 2015)</i>	
	<i>Estadístico</i>	<i>p-valor</i>	<i>Estadístico</i>	<i>p-valor</i>
ICO2	75,776***	0,000	411,721***	0,000
ITec2	224,283***	0,000	410,888**	0,000
ITec	223,741***	0,000	411,727***	0,000
IX	313,982***	0,000	411,908***	0,000
IIED	37,026***	0,000	344,940***	0,000
IRn	201,147***	0,000	385,538***	0,000
IUrb	211,053***	0,000	411,093***	0,000

En la Figura 4 se reporta los gráficos por cuantiles de las variables estimadas en el modelo, donde se observa que todas las variables presentan una tendencia en forma de U invertida, es decir, que en los cuantiles inferiores se aprecia un aumento de las emisiones de CO₂, mientras que, a medida que suben los cuantiles, provocan una disminución de la contaminación ambiental.

Figura 4.

Cuantiles de los parámetros del modelo



Nota. A partir del Banco Mundial (2020)

En la Tabla 8 se presentan los resultados de regresiones cuantílicas de Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) respectivamente, teniendo en cuenta que la pendiente no es uniforme en toda la distribución. Es así que, a nivel global de acuerdo a las estimaciones de Canay (2011) se verifica el cumplimiento de la curva Kuznets del segundo al octavo cuantil, donde presenta un efecto negativo estadísticamente significativo sobre la contaminación ambiental entre 0,003% - 0,016%. Mientras que, en la regresión de Powell (2016) se cumple la relación tipo Kuznets únicamente en los cuantiles inferiores, es decir que, a medida que aumenta la tecnología en el corto plazo incrementa la contaminación.

Sin embargo, alcanzan un punto de inflexión que permite reducir la degradación. No obstante, en las estimaciones de Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) se evidencia el cumplimiento de la curva de Kuznets en los cuantiles inferiores y en el 0,8. Es importante mencionar que, estos resultados son contrarios a los del modelo GLS, puesto que, se captura el efecto de forma más exacta para cada cuantil. En el caso de las exportaciones presentan un efecto positivo estadísticamente significativo en todos los cuantiles de Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), dado que, mayor número de exportaciones requiere un volumen considerable de materia prima, que una vez consumidos son desechados al medio ambiente.

De igual forma, en los tres estimadores, la IED en los cuantiles inferiores presenta un impacto positivo estadísticamente significativo, puesto que, las transnacionales que trasladan sus actividades de producción dejan contaminando esa zona, por ende, no son afectados los países de origen. No obstante, en los cuantiles superiores ocurre lo contrario, la IED aminora la degradación ambiental, por la misma razón porque los países más desarrollados simplemente buscan países con leyes ambientales menos rígidas que no sancionen su modo de producir y únicamente llevan las utilidades.

Igualmente, la renta de recursos naturales influye positivamente en el aumento de la contaminación ambiental en todos los niveles estimados, dado que, a medida que se obtenga mayores ingresos provenientes de fuentes naturales, se está sacrificando la calidad ambiental, mismos que puede llegar hasta el agotamiento. En contraparte, la urbanización es un factor que incide en la reducción de las emisiones de CO₂ en las tres regresiones, dado que, se fomenta en países desarrollados el

uso de tecnologías más sofisticadas, medios de transporte más limpios y consumo de energía sustentable.

Tabla 8.

Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores a nivel global

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
<i>122 countries (Canay 2011)</i>									
ITec2	-0,021 (-1,49)	-0,016*** (-4,41)	-0,008** (-2,69)	-0,007** (-3,19)	-0,006** (-2,62)	-0,004 (-1,90)	-0,004** (-2,87)	-0,006* (-2,36)	-0,003 (-0,93)
ITec	0,832 (1,65)	0,620*** (4,81)	0,376** (3,22)	0,346*** (4,03)	0,358*** (3,75)	0,318*** (3,80)	0,405*** (7,23)	0,546*** (5,28)	0,434*** (3,73)
IX	0,667*** (11,65)	0,697*** (31,11)	0,685*** (35,15)	0,681*** (29,90)	0,632*** (27,39)	0,595*** (27,68)	0,464*** (20,50)	0,414*** (14,46)	0,342*** (17,49)
IIED	-0,004 (-0,68)	0,002 (0,92)	0,006*** (5,53)	0,008*** (5,47)	0,009* (2,21)	0,003 (0,67)	-0,000 (-0,02)	-0,001 (-0,38)	-0,007*** (-10,86)
IRn	0,068** (2,75)	0,110*** (17,44)	0,117*** (26,01)	0,115*** (23,46)	0,106*** (15,64)	0,104*** (39,60)	0,108*** (41,71)	0,107*** (23,74)	0,108*** (17,92)
Urb	-0,005 (-1,45)	-0,003* (-2,26)	-0,001 (-1,32)	-0,002* (-1,97)	-0,002 (-1,75)	-0,004*** (-4,11)	-0,006*** (-5,34)	-0,013*** (-8,64)	-0,014*** (-16,71)
Constant	-15,912*** (-3,37)	-15,310*** (-12,70)	-13,085*** (-11,93)	-12,682*** (-14,92)	-11,544*** (-12,43)	-10,273*** (-12,59)	-8,551*** (-16,29)	-8,516*** (-8,16)	-5,452*** (-4,51)
Observations	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806
<i>122 countries (Powell (2016)</i>									
ITec2	-0,019*** (-3,51)	-0,015*** (-3,97)	-0,005 (-0,93)	0,003 (0,46)	-0,009** (-3,28)	-0,007 (-1,44)	0,002 (0,40)	-0,007 (-1,25)	-0,001 (-0,41)
ITec	0,791*** (9,94)	0,798** (2,73)	0,299 (0,96)	-0,091 (-0,20)	0,308 (1,81)	0,625 (1,69)	0,167 (0,79)	0,604** (2,65)	0,370*** (4,22)
IX	0,663*** (69,91)	0,708*** (29,27)	0,677*** (18,63)	0,613*** (7,41)	0,618*** (24,62)	0,608*** (18,12)	0,441*** (17,38)	0,411*** (10,90)	0,336*** (34,01)
IIED	-0,003*** (-4,56)	0,001 (1,42)	0,006*** (4,45)	0,008*** (8,76)	0,008*** (4,11)	0,003 (1,41)	-0,001 (-0,71)	-0,003* (-2,15)	-0,007*** (-17,04)
IRn	0,069*** (42,40)	0,113*** (56,86)	0,117*** (27,91)	0,122*** (16,50)	0,110*** (19,17)	0,101*** (28,14)	0,114*** (22,35)	0,107*** (19,10)	0,107*** (58,07)
Urb	-0,005*** (-14,13)	-0,003*** (-4,19)	-0,001 (-0,70)	0,000 (0,00)	-0,002** (-2,59)	-0,004*** (-9,74)	-0,005*** (-8,61)	-0,012*** (-16,08)	-0,014*** (-44,39)
Constant	-15,501*** (-17,88)	-17,198*** (-5,50)	-12,203*** (-3,54)	-7,289 (-1,27)	-10,881*** (-5,61)	-13,486** (-3,28)	-5,868* (-2,46)	-9,010** (-3,22)	-4,671*** (-4,65)
Observations	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806
<i>122 countries Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020)</i>									
ITec2	-0,021** (-3,11)	-0,016** (-3,21)	-0,009* (-2,49)	-0,007** (-2,78)	-0,006** (-2,59)	-0,004 (-1,69)	-0,004 (-1,78)	-0,006** (-3,04)	-0,003 (-0,95)
ITec	0,832*** (3,31)	0,620*** (3,50)	0,376** (3,00)	0,346*** (3,53)	0,358*** (3,69)	0,318** (3,26)	0,405*** (4,37)	0,546*** (6,52)	0,434*** (3,74)
IX	0,667*** (15,29)	0,697*** (20,79)	0,685*** (22,79)	0,681*** (23,57)	0,632*** (19,51)	0,595*** (16,99)	0,464*** (11,94)	0,414*** (10,35)	0,342*** (15,99)
IIED	-0,004 (-1,48)	0,002 (0,79)	0,006** (2,74)	0,008*** (3,36)	0,009** (2,81)	0,003 (0,74)	-0,001 (-0,01)	-0,001 (-0,31)	-0,001* (-2,28)
IRn	0,068*** (5,57)	0,110*** (8,87)	0,117*** (10,93)	0,115*** (11,55)	0,106*** (18,12)	0,104*** (20,07)	0,108*** (22,19)	0,107*** (21,44)	0,108*** (28,11)
Urb	-0,005* (-1,45)	-0,003* (-2,26)	-0,002 (-1,32)	-0,002 (-1,97)	-0,002 (-1,75)	-0,004** (-4,11)	-0,006*** (-5,34)	-0,013*** (-8,64)	-0,014*** (-16,71)

	(-2,46)	(-2,07)	(-1,16)	(-1,85)	(-1,63)	(-2,89)	(-4,39)	(-9,29)	(-8,92)
Constant	-15,915***	-15,312***	-13,081***	-12,687***	-11,546***	-10,278***	-8,551***	-8,516***	-5,452***
	(-6,57)	(-8,96)	(-11,20)	(-13,48)	(-11,53)	(-10,44)	(-9,47)	(-9,04)	(-4,42)
Observations	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806

Nota, t estadísticos en paréntesis * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

En la Tabla 9, siguiendo con los resultados, se evidencia en los PIA de acuerdo a Powell (2016) el cumplimiento de la relación tipo Kuznets únicamente en el cuantil 0,1, es decir que, en el cuantil inferior alcanzan un punto de inflexión que permite reducir la degradación, mientras que, a partir del cuantil 0,2 no se cumple la hipótesis. En cambio, en la regresión de Canay (2011) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) se rechaza el cumplimiento de la relación tipo Kuznets, dado que, se evidencia que a largo plazo la tecnología aumenta la contaminación, sin embargo, en el corto plazo aporta a una reducción significativa de las emisiones de CO₂.

Desde otro punto de vista, en los tres estimadores las exportaciones presentan un efecto positivo estadísticamente significativo en todos los cuantiles, que varía desde 0,38% a 0,57%, se atribuye este resultado a la magnitud de desechos que se generan a partir de la producción masiva. De igual forma, la IED ostenta un aumento de las emisiones de CO₂ en los cuantiles inferiores, puesto que, la producción en los países que se establecen genera contaminación, sin embargo, los cuantiles superiores se evidencia una reducción de la contaminación, atribuido a la transferencia de tecnologías hacia dichos lugares que se trasladan.

En el mismo sentido, la renta de recursos naturales es determinante positivo estadísticamente significativo en todos los cuantiles de Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), provocando un aumento de la contaminación ambiental. Mientras que, la urbanización incide en la reducción de contaminación en todos los cuantiles, dado que, este grupo de países es más adelantado frente a otros, en temas tecnológicos y sistemas sostenibles que conducen a reducir los impactos negativos para el medio ambiente.

Tabla 9.

Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores PIA

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
<i>PIA (Canay 2011)</i>									
ITec2	-0,006 (-0,70)	0,009 (1,71)	0,017*** (3,90)	0,023*** (7,27)	0,022*** (7,11)	0,027*** (7,31)	0,029*** (9,77)	0,026*** (8,21)	0,021*** (7,32)
ITec	0,513 (1,48)	-0,220 (-0,95)	-0,449* (-2,50)	-0,703*** (-5,29)	-0,698*** (-5,19)	-0,938*** (-5,85)	-1,051*** (-8,16)	-0,898*** (-6,58)	-0,696*** (-6,24)
IX	0,376*** (4,06)	0,534*** (13,97)	0,453*** (11,26)	0,440*** (11,90)	0,490*** (12,52)	0,523*** (14,82)	0,554*** (13,72)	0,542*** (14,39)	0,568*** (20,44)
IIED	-0,001 (-0,19)	0,003 (1,74)	0,004* (2,08)	0,005*** (3,63)	0,007** (3,05)	0,006 (1,52)	0,003 (0,08)	-0,003 (-0,78)	-0,006* (-2,30)
IRn	0,039 (1,31)	0,058*** (10,69)	0,082*** (14,80)	0,087*** (15,90)	0,096*** (21,08)	0,110*** (19,59)	0,113*** (17,43)	0,102*** (17,49)	0,096*** (23,54)
Urb	-0,021*** (-4,89)	-0,016*** (-6,67)	-0,008*** (-4,29)	-0,006*** (-3,40)	-0,004* (-2,15)	-0,004 (-1,60)	-0,004 (-1,75)	-0,005* (-2,42)	-0,013*** (-9,48)
Constant	-7,113* (-2,09)	-3,202 (-1,62)	-0,240 (-0,13)	2,579 (1,81)	1,553 (1,24)	3,353* (2,10)	4,324** (3,18)	3,476* (2,42)	1,957 (1,35)
Observations	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242
<i>PIA (Powell 2016)</i>									
ITec2	-0,005*** (-3,57)	0,012* (2,23)	0,014 (1,35)	0,021** (2,70)	0,027** (3,22)	0,036*** (3,34)	0,024*** (3,59)	0,029*** (6,30)	0,020*** (22,54)
ITec	0,473*** (8,82)	-0,329 (-1,57)	-0,363 (-0,91)	-0,604* (-2,06)	-0,878** (-2,74)	-1,328** (-2,88)	-0,843** (-2,92)	-1,028*** (-5,45)	-0,672*** (-17,07)
IX	0,381*** (45,08)	0,546*** (29,00)	0,471*** (9,60)	0,453*** (10,86)	0,475*** (9,83)	0,499*** (13,36)	0,567*** (16,42)	0,531*** (14,95)	0,560*** (63,56)
IIED	-0,001 (-1,51)	0,003* (2,54)	0,005*** (4,26)	0,006*** (7,47)	0,005*** (5,21)	0,004** (3,19)	0,001 (0,42)	-0,004** (-2,98)	-0,006*** (-7,17)
IRn	0,039*** (16,78)	0,060*** (12,65)	0,083*** (13,79)	0,088*** (32,44)	0,100*** (12,90)	0,120*** (10,31)	0,106*** (16,57)	0,105*** (34,65)	0,096*** (80,96)
Urb	-0,020*** (-47,88)	-0,015*** (-10,85)	-0,008*** (-10,86)	-0,006*** (-9,62)	-0,004*** (-4,58)	-0,003** (-2,92)	-0,003*** (-3,70)	-0,005*** (-9,37)	-0,013*** (-35,72)
Constant	-6,826*** (-11,99)	-2,351 (-1,02)	-1,370 (-0,28)	1,352 (0,36)	3,661 (0,92)	7,860 (1,47)	1,862 (0,54)	5,046* (2,01)	1,843*** (4,69)
Observations	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242
<i>PIA Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020)</i>									
ITec2	-0,006 (-0,63)	0,009 (1,12)	0,017*** (3,64)	0,023*** (4,81)	0,022*** (4,68)	0,027*** (6,33)	0,029*** (6,93)	0,026*** (6,47)	0,021*** (5,62)
ITec	0,513 (1,37)	-0,220 (-0,65)	-0,449* (-2,47)	-0,703*** (-3,57)	-0,698*** (-3,53)	-0,938*** (-4,93)	-1,051*** (-5,53)	-0,898*** (-5,08)	-0,696*** (-4,49)
IX	0,376*** (7,11)	0,534*** (10,98)	0,453*** (10,43)	0,440*** (9,95)	0,490*** (10,80)	0,523*** (10,66)	0,554*** (10,10)	0,542*** (9,39)	0,568*** (8,88)
IIED	-0,001 (-0,35)	0,003 (1,15)	0,004 (1,79)	0,005 (1,94)	0,007* (2,45)	0,005 (1,66)	0,001 (0,08)	-0,003 (-0,66)	-0,006 (-1,67)
IRn	0,039*** (3,32)	0,058*** (4,67)	0,082*** (8,86)	0,087*** (10,98)	0,096*** (12,58)	0,110*** (14,92)	0,113*** (16,15)	0,102*** (16,25)	0,096*** (14,28)
Urb	-0,021*** (-7,91)	-0,016*** (-6,08)	-0,008*** (-4,11)	-0,006** (-2,79)	-0,004 (-1,85)	-0,003 (-1,62)	-0,004 (-1,88)	-0,005* (-2,42)	-0,013*** (-5,29)
Constant	-7,113* (-2,15)	-3,202 (-0,99)	-0,240 (-0,12)	2,579 (1,21)	1,553 (0,73)	3,353 (1,67)	4,324* (2,10)	3,476 (1,61)	1,957 (0,85)
Observations	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242	1242

Nota, t estadísticos en paréntesis * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

Por consiguiente, en la Tabla 10 se presentan los resultados de los PIMA, donde no se considera la tecnología elevada al cuadrado, por tanto, se descarta el cumplimiento de la relación tipo Kuznets en la regresión de Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), puesto que, la tecnología presenta un efecto positivo estadísticamente significativo en todos los cuantiles oscilando entre 0,06% a 0,18%, este grupo de países no posee el ingreso suficiente para invertir en tecnologías verdes e incluso su economía en gran medida se basa en extracción de commodities.

De igual forma, en los tres estimadores, las exportaciones son generadoras de contaminación en todos los cuantiles estimados, por el aumento de producción y desechos que se originan. La IED en las estimaciones de Canay (2011); Powell (2016) y 3 y en Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) presenta una reducción estadísticamente significativa de las emisiones de CO₂ en los cuantiles inferiores, este resultado se debe principalmente al uso masivo de tecnologías que son usadas en el país de procedencia por las economías más desarrolladas, de tal forma que, les permite ser más eficientes y amigables con el medio ambiente.

Mientras que, la renta de recursos naturales en Canay (2011) y Powell (2016) es un factor estadísticamente significativo que incide en la contaminación ambiental a lo largo de la distribución. Sin embargo, en la estimación de Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) la renta de recursos naturales no es un determinante significativo. Además, la urbanización aumenta la contaminación por la expansión de espacios verdes para la construcción, consumo de energía y de productos, esto es evidente en las estimaciones de Canay (2011) y Powell (2016) en los cuantiles 0,1; 0,2; 0,6; 0,7 y 0,8 y en Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) se aprecia en los cuantiles 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,8 y 0,9.

Tabla 10.

Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores PIMA

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
<i>PIMA (Canay 2011)</i>									
ITec	-0,011 (-0,26)	-0,009 (-0,25)	0,002 (0,05)	0,035 (1,05)	0,066*** (3,57)	0,095*** (5,02)	0,150*** (3,73)	0,181** (2,98)	0,157** (2,77)
IX	0,686*** (9,36)	0,829*** (15,46)	0,876*** (19,19)	0,852*** (27,59)	0,816*** (37,13)	0,786*** (27,81)	0,740*** (18,69)	0,732*** (10,73)	0,818*** (10,62)
IIED	-0,003 (-0,17)	-0,012*** (-5,31)	-0,012*** (-6,14)	-0,009*** (-6,22)	-0,005*** (-3,88)	-0,003 (-1,72)	-0,001 (-0,63)	0,003 (0,54)	0,003 (0,31)
IRn	0,189** (3,12)	0,096** (2,63)	0,034 (0,94)	0,054* (2,42)	0,060*** (6,44)	0,057*** (3,52)	0,042 (1,50)	0,031 (0,67)	0,027 (0,63)
Urb	0,011** (2,82)	0,008** (2,80)	0,002 (0,94)	0,003 (1,95)	0,005** (2,86)	0,005** (2,61)	0,007* (2,45)	0,005 (1,40)	0,002 (0,28)
Constant	-11,302*** (-20,65)	-12,049*** (-30,74)	-11,677*** (-23,35)	-12,081*** (-24,88)	-11,952*** (-26,70)	-11,664*** (-23,38)	-11,293*** (-20,31)	-11,291*** (-14,63)	-12,298*** (-11,99)
Observations	276	276	276	276	276	276	276	276	276
<i>PIMA (Powell 2016)</i>									
ITec	-0,008 (-0,41)	0,021 (0,52)	0,016 (0,60)	0,041 (1,91)	0,060* (2,58)	0,108*** (4,02)	0,139*** (10,31)	0,144*** (3,83)	0,139*** (21,40)
IX	0,785*** (4,89)	0,749*** (8,82)	0,815*** (12,12)	0,812*** (11,49)	0,831*** (8,94)	0,619** (2,80)	0,690*** (10,85)	0,814*** (8,81)	0,844*** (36,81)
IIED	0,006 (1,07)	-0,004 (-0,43)	-0,009* (-2,43)	-0,007 (-1,90)	-0,007 (-1,91)	0,009 (0,49)	0,001 (0,37)	-0,003 (-0,67)	0,001 (0,05)
IRn	0,181*** (5,20)	0,072* (2,12)	0,022 (0,97)	0,035 (1,41)	0,057*** (3,57)	0,023 (0,58)	0,040* (2,21)	0,061** (2,74)	0,029*** (5,85)
Urb	0,012*** (6,92)	0,006* (2,53)	0,003 (1,89)	0,003 (1,80)	0,005 (1,83)	0,005** (2,63)	0,007*** (3,65)	0,005** (2,89)	0,002 (1,94)
Constant	-13,483*** (-4,84)	-10,450*** (-6,32)	-10,448*** (-7,52)	-10,975*** (-6,66)	-12,072*** (-6,17)	-7,860 (-1,62)	-10,036*** (-6,45)	-12,861*** (-7,77)	-12,529*** (-31,91)
Observations	276	276	276	276	276	276	276	276	276
<i>PIMA Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020)</i>									
ITec	-0,0110 (-0,21)	-0,00940 (-0,21)	0,00211 (0,05)	0,0354 (0,76)	0,0662 (1,42)	0,0945* (2,13)	0,150*** (4,01)	0,181*** (5,39)	0,157*** (3,71)
IX	0,686*** (5,81)	0,829*** (11,85)	0,876*** (17,41)	0,852*** (15,98)	0,816*** (15,23)	0,786*** (15,34)	0,740*** (16,08)	0,732*** (17,20)	0,818*** (16,23)
IIED	-0,00293 (-0,35)	-0,0121* (-2,50)	-0,0123* (-2,54)	-0,00885 (-1,68)	-0,00540 (-0,98)	-0,00344 (-0,63)	-0,000930 (-0,19)	0,00238 (0,54)	0,00314 (0,82)
IRn	0,189 (1,49)	0,0963 (1,56)	0,0336 (1,00)	0,0542 (1,60)	0,0601 (1,76)	0,0570 (1,72)	0,0423 (1,41)	0,0310 (1,12)	0,0270 (0,93)
Urb	0,0113 (1,66)	0,00738 (1,82)	0,00236 (0,77)	0,00348 (1,11)	0,00492 (1,54)	0,00460 (1,45)	0,00663* (2,09)	0,00547 (1,76)	0,00184 (0,50)
Constant	-11,30*** (-13,74)	-12,04*** (-14,91)	-11,67*** (-15,07)	-12,08*** (-16,88)	-11,95*** (-17,13)	-11,66*** (-17,37)	-11,29*** (-17,89)	-11,29*** (-18,94)	-12,29*** (-18,98)
Observations	276	276	276	276	276	276	276	276	276

Nota, t estadísticos en paréntesis * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

En la Tabla 11 se reportan los resultados de los PIMB, donde se comprueba el cumplimiento de la relación tipo Kuznets en Canay (2011) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) desde el cuantil 0,1-0,7, mientras que, en las estimaciones de Powell (2016) se evidencia en los cuantiles

0,1; 0,2; 0,3; 0,6 y 0,9, este comportamiento se produce a medida que incrementa la tecnología, la contaminación ambiental se reduce entre 0,02% a 0,13%. Este resultado se lo atribuye a que, en este grupo de países la industrialización no es tan concentrada, por ende, no producen a gran escala, se dedican en mayor medida a la extracción de materias primas, por ende, si se adquieren tecnologías para este tipo de actividad probablemente aminoren el impacto ambiental considerablemente.

Las exportaciones en los tres estimadores, Canay (2011); Powell (2016) y en Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) ostentan un efecto positivo estadísticamente significativo en todos los cuantiles estimados que varía desde 0,02% - 0,13%, dado que, mayor volumen de exportaciones requiere de mayor materia prima, existe mayor consumo y, por ende, más desechos. Cabe resaltar que, los países más contaminantes son aquellos que exportan mientras que, los importadores tienen menor impacto ambiental.

Por otro lado, la IED de acuerdo a los estimadores de Canay (2011); Powell (2016) y en Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) presenta una reducción de la contaminación estadísticamente significativo a lo largo de la distribución cuantil, este comportamiento se debe probablemente a las políticas y regulaciones medioambientales que prohíben que las empresas extranjeras contaminen el lugar de procedencia, por ende, deben hacer uso de técnicas sostenibles por tanto, deben adoptar tecnologías verdes.

Especialmente en este grupo de países, la renta de recursos naturales probablemente sea una de las mayores causantes de la contaminación, puesto que, estas economías son dedicadas en mayor medida a la extracción de los recursos que la naturaleza provee, evidenciando en los tres estimadores que a partir del cuantil 0,2 produce un aumento de la contaminación que oscila entre

0,06% a 0,18%, por ende, deberían cambiar o sofisticar su matriz productiva para frenar el deterioro ambiental y evitar el agotamiento total de los recursos naturales para futuras generaciones. En el caso de la urbanización, se evidencia que en los cuantiles inferiores aumenta la degradación ambiental, mientras que, en los cuantiles superiores se ostenta un efecto negativo estadísticamente significativo que permite reducir la contaminación ambiental.

Tabla 11.
Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores PIMB

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
<i>PIMB (Canay 2011)</i>									
ITec2	-0,052 (-1,64)	-0,134*** (-5,78)	-0,052* (-1,99)	-0,027** (-2,82)	-0,029*** (-5,93)	-0,034*** (-5,69)	-0,022* (-2,40)	0,003 (0,46)	0,003 (0,76)
ITec	1,740 (1,43)	5,216*** (6,07)	2,307* (2,36)	1,337*** (3,43)	1,420*** (7,04)	1,657*** (6,98)	1,256*** (3,47)	0,216 (0,73)	0,228 (1,31)
IX	0,800** (3,23)	0,692*** (3,49)	0,531*** (9,90)	0,521*** (6,20)	0,431*** (7,52)	0,341*** (7,00)	0,244*** (22,82)	0,365*** (5,79)	0,319*** (9,59)
IIED	-0,039 (-0,77)	-0,016*** (-4,76)	-0,009 (-0,63)	-0,007* (-2,43)	-0,005 (-1,93)	-0,005 (-0,88)	-0,011* (-2,24)	-0,009*** (-3,60)	-0,006*** (-3,72)
IRn	-0,046 (-1,69)	0,059 (0,71)	0,085*** (7,64)	0,094* (2,32)	0,126*** (5,43)	0,154*** (10,12)	0,172*** (11,69)	0,109*** (3,70)	0,110*** (12,23)
Urb	0,049* (2,48)	0,012* (2,15)	-0,002 (-0,45)	-0,004 (-1,58)	-0,009*** (-3,54)	-0,015*** (-7,79)	-0,017*** (-9,51)	-0,014*** (-6,37)	-0,018*** (-21,48)
Constant	-25,771 (-1,71)	-58,643*** (-6,99)	-28,885** (-3,12)	-18,962*** (-5,06)	-18,144*** (-9,23)	-18,750*** (-8,14)	-13,028*** (-3,78)	-4,029 (-1,36)	-2,709 (-1,76)
Observations	736	736	736	736	736	736	736	736	736
<i>PIMB (Powell 2016)</i>									
ITec2	-0,052*** (-26,53)	-0,133*** (-21,82)	-0,050*** (-9,85)	-0,023 (-1,55)	-0,013 (-0,53)	-0,025* (-2,46)	-0,013 (-1,26)	0,003 (0,35)	0,005*** (3,70)
ITec	1,749*** (22,53)	5,174*** (23,47)	2,221*** (11,38)	1,169 (1,86)	0,804 (0,84)	1,332** (3,29)	0,892* (2,21)	0,248 (0,82)	0,176*** (3,52)
IX	0,763*** (49,00)	0,698*** (25,54)	0,546*** (10,85)	0,515*** (7,35)	0,415*** (7,26)	0,340*** (11,44)	0,279*** (6,15)	0,344*** (9,09)	0,311*** (42,16)
IIED	-0,036*** (-20,71)	-0,016*** (-21,91)	-0,008*** (-6,25)	-0,007*** (-4,10)	-0,006*** (-3,72)	-0,004* (-2,15)	-0,009*** (-3,54)	-0,008*** (-8,90)	-0,007*** (-18,09)
IRn	-0,034*** (-5,39)	0,058*** (6,17)	0,081*** (4,56)	0,099** (3,21)	0,130*** (4,89)	0,160*** (10,41)	0,152*** (5,78)	0,117*** (7,56)	0,111*** (60,62)
Urb	0,050*** (61,97)	0,012*** (9,98)	-0,001 (-0,04)	-0,004 (-1,92)	-0,008** (-3,26)	-0,014*** (-15,36)	-0,017*** (-14,11)	-0,014*** (-13,57)	-0,018*** (-42,03)
Constant	-25,456*** (-31,42)	-58,391*** (-25,21)	-28,286*** (-13,64)	-17,274** (-3,11)	-11,951 (-1,27)	-15,725*** (-4,00)	-9,865* (-2,53)	-4,072 (-1,22)	-2,066*** (-3,96)
Observations	736	736	736	736	736	736	736	736	736
<i>PIMB Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020)</i>									
ITec2	-0,052** (-2,71)	-0,134*** (-13,01)	-0,052*** (-3,48)	-0,027* (-2,53)	-0,029** (-2,92)	-0,034*** (-3,67)	-0,022* (-2,21)	0,003 (0,38)	0,003 (0,49)
ITec	1,740* (1,43)	5,216*** (6,07)	2,307*** (2,36)	1,337** (3,43)	1,420*** (7,04)	1,657*** (6,98)	1,256** (3,47)	0,216 (0,73)	0,228 (1,31)

	(2,25)	(12,29)	(3,95)	(2,97)	(3,50)	(4,44)	(3,17)	(0,63)	(0,92)
IX	0,800***	0,692***	0,531***	0,521***	0,431***	0,341***	0,244**	0,365***	0,319***
	(5,54)	(4,35)	(4,09)	(4,36)	(4,07)	(3,65)	(2,74)	(6,15)	(6,06)
IIED	-0,039***	-0,016***	-0,009*	-0,007	-0,0054	-0,005	-0,012*	-0,009	-0,006
	(-7,17)	(-4,12)	(-2,19)	(-1,94)	(-1,58)	(-1,35)	(-2,28)	(-1,81)	(-1,64)
IRn	-0,046*	0,059	0,085	0,094	0,126*	0,154***	0,172***	0,109***	0,110***
	(-2,12)	(0,79)	(1,33)	(1,64)	(2,45)	(3,37)	(4,00)	(7,50)	(11,86)
Urb	0,049***	0,012*	-0,002	-0,005	-0,009*	-0,015***	-0,017***	-0,014***	-0,018***
	(4,82)	(2,02)	(-0,45)	(-1,11)	(-2,56)	(-5,02)	(-6,62)	(-5,19)	(-6,97)
Constant	-25,773**	-58,642***	-28,885***	-18,962***	-18,147***	-18,756***	-13,020***	-4,029	-2,709
	(-3,16)	(-13,13)	(-5,06)	(-4,89)	(-5,15)	(-5,63)	(-3,56)	(-1,22)	(-1,04)
Observations	736	736	736	736	736	736	736	736	736

Nota, t estadísticos en paréntesis * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

Por último, en la Tabla 12 se muestra los resultados de los PIB, donde se rechaza el cumplimiento de la relación de U invertida tipo Kuznets en Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), puesto que, estas economías aun no alcanzan desarrollarse, por tanto, el uso de tecnologías es bajo e incluso nulo, por los altos costos que se incurre para dotarse de las mismas, sin embargo, a corto plazo se aprecia una reducción notoria de la contaminación ambiental de hasta 1,60%.

No obstante, las exportaciones exhiben un efecto positivo estadísticamente significativo en los tres estimadores en toda la distribución cuantil, teniendo en cuenta que, exportan en gran dimensión materias primas, provocando el agotamiento de recursos propios de la naturaleza. Por otro lado, la IED presenta una reducción de la contaminación estadísticamente significativa, que van desde 0,004% a 0,01%, puesto que, estos países básicamente producen mediante técnicas tradicionales, mientras que, las grandes empresas que se establecen en estas zonas implantan nuevas tecnologías, que en el corto plazo reducen la contaminación ambiental.

Del mismo modo, la renta de recursos naturales en los tres estimadores presenta efecto positivo estadísticamente significativo de hasta 0,11% en las emisiones de CO₂, por las razones antes mencionadas, la fuente de ingresos está basado en su mayoría en la extracción de materias primas.

Igualmente, la urbanización es un factor positivo estadísticamente significativo de la degradación ambiental en los cuantiles superiores, es decir que a medida que tienen mayor estatus económico, generan mayor nivel de contaminación.

Tabla 12.
Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores PIMB

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
PIB (Canay 2011)									
ITec2	0,039*** (11,06)	0,044*** (12,13)	0,044*** (23,00)	0,040*** (13,04)	0,030*** (8,76)	0,020*** (6,92)	0,016*** (5,58)	0,013*** (6,56)	0,007 (1,30)
ITec	-1,167*** (-8,31)	-1,316*** (-9,23)	-1,291*** (-19,07)	-1,094*** (-8,68)	-0,623*** (-4,44)	-0,213* (-1,99)	-0,0472 (-0,48)	0,0880 (1,27)	0,338 (1,65)
IX	0,700*** (16,54)	0,624*** (15,87)	0,561*** (15,69)	0,475*** (8,34)	0,292*** (4,31)	0,165*** (3,41)	0,152*** (4,41)	0,141** (3,24)	0,0352 (0,61)
IIED	-0,015* (-2,44)	-0,009** (-2,66)	-0,009** (-2,72)	-0,006 (-1,81)	-0,002 (-0,51)	-0,002 (-0,29)	-0,001 (-0,08)	0,002 (1,33)	0,006** (2,83)
IRn	0,018*** (3,44)	0,034*** (7,36)	0,048*** (8,77)	0,063*** (8,05)	0,083*** (8,34)	0,099*** (14,04)	0,108*** (8,55)	0,097*** (5,58)	0,112*** (12,53)
Urb	0,005* (2,33)	0,005*** (3,36)	0,007*** (4,63)	0,006** (2,87)	0,004 (1,73)	0,002 (1,06)	0,003 (1,53)	0,007*** (3,69)	0,013*** (5,97)
Constant	0,981 (0,61)	3,735** (2,72)	4,558*** (6,19)	4,135*** (4,56)	2,990* (2,56)	1,510 (1,28)	0,176 (0,16)	-0,741 (-0,96)	-1,300 (-0,72)
Observations	552	552	552	552	552	552	552	552	552
PIB (Powell 2016)									
ITec2	0,039*** (16,79)	0,047*** (18,49)	0,054** (3,05)	0,043*** (7,47)	0,017 (1,18)	0,015 (1,80)	0,032* (2,13)	0,018*** (6,67)	0,014** (3,17)
ITec	-1,136*** (-14,50)	-1,441*** (-14,60)	-1,600** (-2,93)	-1,181*** (-6,20)	-0,154 (-0,31)	-0,026 (-0,09)	-0,615 (-1,17)	-0,083 (-0,91)	0,074 (0,46)
IX	0,702*** (81,16)	0,614*** (41,22)	0,449* (2,24)	0,449*** (14,99)	0,303*** (6,25)	0,192*** (5,00)	0,137*** (7,05)	0,129*** (10,71)	0,033*** (4,16)
IIED	-0,014*** (-6,27)	-0,012*** (-11,54)	-0,009*** (-3,82)	-0,006** (-3,17)	-0,003 (-1,49)	-0,002 (-0,94)	-0,003 (-1,52)	0,001 (0,62)	0,004*** (3,50)
IRn	0,017*** (13,09)	0,033*** (15,54)	0,055*** (3,62)	0,063*** (19,08)	0,084*** (19,87)	0,099*** (46,36)	0,107*** (64,09)	0,101*** (15,63)	0,114*** (52,53)
Urb	0,004*** (7,51)	0,006*** (8,11)	0,009 (1,73)	0,007*** (3,67)	0,001 (0,12)	0,002 (1,01)	0,005** (2,72)	0,008*** (9,03)	0,012*** (15,04)
Constant	0,670 (0,85)	5,086*** (5,29)	9,073 (1,13)	5,311** (2,63)	-1,255 (-0,25)	-0,644 (-0,20)	5,455 (1,11)	0,928 (1,07)	1,194 (0,86)
Observations	552	552	552	552	552	552	552	552	552
PIB Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020)									
ITec2	0,039*** (7,62)	0,044*** (10,95)	0,044*** (10,66)	0,039*** (9,15)	0,029*** (5,92)	0,020*** (4,26)	0,016*** (3,66)	0,013** (2,93)	0,007 (1,90)
ITec	-1,167*** (-7,08)	-1,316*** (-9,86)	-1,291*** (-8,97)	-1,094*** (-6,59)	-0,623** (-3,04)	-0,213 (-1,22)	-0,047 (-0,30)	0,088 (0,56)	0,338* (2,40)
IX	0,700*** (7,77)	0,624*** (7,78)	0,561*** (6,61)	0,475*** (4,92)	0,292** (2,78)	0,165*** (5,36)	0,152*** (6,01)	0,141*** (5,41)	0,035 (0,77)
IIED	-0,015*** (-3,76)	-0,009 (-1,93)	-0,009 (-1,80)	-0,006 (-1,12)	-0,002 (-0,32)	-0,002 (-0,30)	-0,001 (-0,08)	0,002 (0,35)	0,006 (0,99)

lRn	0,018 (1,93)	0,034*** (3,59)	0,048*** (4,59)	0,063*** (5,12)	0,083*** (6,25)	0,099*** (11,92)	0,108*** (13,88)	0,097*** (8,43)	0,112*** (9,70)
Urb	0,005** (2,65)	0,005** (2,66)	0,007** (3,16)	0,006** (2,62)	0,004 (1,65)	0,002 (0,84)	0,003 (1,30)	0,007* (2,50)	0,013*** (4,37)
Constant	0,981 (0,37)	3,735 (1,91)	4,558* (2,43)	4,135* (2,29)	2,990 (1,73)	1,510 (0,95)	0,176 (0,12)	-0,741 (-0,53)	-1,300 (-1,12)
Observations	552	552	552	552	552	552	552	552	552

Nota, t estadísticos en paréntesis * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

g. DISCUSIÓN

Por varios años se ha estudiado la relación entre la contaminación ambiental y el crecimiento económico, sin embargo, en esta investigación se busca dar otra perspectiva a través de la tecnología, dado que, se ha convertido en un factor que ha revolucionado la sociedad en todos los ámbitos, a continuación, se presenta la respectiva discusión de los resultados presentados en la sección anterior.

1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Analizar la correlación y evolución de la tecnología y contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Figura 2, se evidenció la forma funcional que presenta contaminación ambiental y tecnología a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso. En el caso que se estima para los 122 países, se aprecia una forma cóncava, es decir, que a inicios la tecnología aumenta la contaminación ambiental, sin embargo, a largo plazo contribuye a la reducción de emisiones de CO₂, verificando la curva de Kuznets, este resultado es semejante con, Ward (2017) y Mendiara et. al (2018) donde señalaron que la implementación de tecnologías reduce los costos de la contaminación ambiental aproximadamente en 25 - 40% y analizando en términos económicos disminuye hasta \$33 por cada tonelada de emisiones de CO₂. Además, Moreira & Pacca (2020) mencionaron que, las transferencias tecnológicas de países desarrollados a economías emergentes, acceso a la innovación conllevan a la reducción de la contaminación ambiental, lo cual ha sido evidente en los últimos años. Asimismo, ocurre en los PIA, se evidencia la forma con tendencia a descender, por tanto, se afirma la validez de la curva

tipo Kuznets, coincidiendo con el hallazgo de Song et al. (2020) quienes señalaron que los países más desarrollados, los avances tecnológicos son más eficientes en la mitigación de la degradación ambiental. Es por eso que, según Sano (2013) el gobierno debe incentivar a las empresas privadas a seguir invirtiendo en tecnologías sostenibles y mantener rigidez en las leyes ambientales.

Sin embargo, en el escenario de los PIMA, se visualiza una relación lineal, es decir, la tecnología aumenta simultáneamente con la contaminación ambiental, este resultado es semejante al de Wang et al. (2017) puesto que, mencionan que la ciencia y la tecnología provocan un impacto limitado en la mitigación de emisiones de CO₂, si no, el factor más importante es el comportamiento de la sociedad, es decir la responsabilidad frente a la conservación ambiental. Adicionalmente, Huesemann (2001) señaló que la tecnología presenta débil efecto sobre la reducción de emisiones de CO₂, dado que, todas las empresas sacrifican el lado ambiental a costa de beneficios económicos.

En los PIMB la relación presenta una forma semicóncava, por ende, a largo plazo, la tecnología contribuye a la reducción de emisiones de CO₂, puesto que, al ser países dedicados al sector primario, la inversión en tecnología genera un impacto positivo al medio ambiente, puesto que, se abandona las técnicas tradicionales, es por eso que, Song et al. (2020) señaló la importancia de los gobiernos de invertir en tecnologías o la creación de leyes rígidas de detengan el daño ambiental. De forma contraria, en los PIMB se aprecia una forma cóncava hacia arriba, es decir, aun no alcanzan el punto de inflexión que permita reducir las emisiones de CO₂.

Por tanto, en el período analizado se rechaza el cumplimiento de la curva de Kuznets, este resultado es análogo con Fei & Lin (2017) y Chen (2019) quienes determinaron que, la eficiencia de las tecnologías va a depender de cada región por el ámbito geográfico, climático y económico.

Además, Wang et al. (2020c) estimaron la curva de Kuznets, donde consideraron que cuando los países alcanzan un umbral tienden a disminuir la contaminación, no obstante, puede ser que al inicio la tecnología aumente las emisiones y a largo plazo se visualicen efectos alentadores para el medio ambiente.

Posteriormente, en relación a los resultados de la Figura 3, se evidencia que a nivel global las emisiones de CO₂ y tecnología han ido aumentando a lo largo del período analizado, asimismo, según el Banco Mundial (2017) China, Estados Unidos, Unión Europea, India y Rusia son los países más contaminantes a nivel global representando el 30%, 15%, 9%, 7% y 5% respectivamente, mientras que, según el Banco Mundial (2020), a nivel global Suiza, Suecia, Estados Unidos, Países Bajos y Reino Unido son los países con mayor innovación, donde representa aproximadamente el 4,3% de su renta nacional.

En contraparte, los PIA muestran una tendencia descendente de la contaminación ambiental, sin embargo, la Universidad Autónoma de Barcelona (2020) afirma que el progresivo aumento del consumo de los recursos naturales y de las emisiones de CO₂ generan mayor crecimiento económico, por ende, no es compatible con la conservación del medio ambiente. En cuanto a la tecnología se visualiza un crecimiento sostenido a lo largo del tiempo, probablemente sea un determinante de la reducción de la contaminación ambiental. Es así que, según Wang & Zhu (2020) señalaron que la innovación en la energía renovable es más factible que usar tecnologías en la energía fósil, para reducir las emisiones de CO₂.

Siguiendo con los PIMA, se aprecia una tendencia ascendente de las emisiones de CO₂ y tecnología, es por ello que, la ONU (2019) señala que los países generan crecimiento económico sacrificando la sostenibilidad ambiental, es decir han hecho un uso inadecuado de los recursos

naturales, para lo cual sugiere que se debería destinar el 2% del Producto Nacional Bruto (PNB) a la conservación del medio ambiente con la finalidad de obtener un mayor crecimiento económico sostenible. De forma, similar, en los PIMB, se evidencia que, existe una estrecha relación entre tecnología y emisiones de CO₂, dado que, aumentan simultáneamente.

Este resultado es contradictorio con el estudio de Tao et al. (2019) mencionaron que, si un país tiene como desafío reducir las emisiones de CO₂ para 2030, debe apuntar a la ejecución de tecnologías que faciliten obtener costos negativos de la contaminación. Los efectos de la tecnología a corto plazo pueden tener efectos negativos, por tal motivo, se requiere una constante innovación de las tecnologías para obtener reducción. Mientras que, el comportamiento de la tecnología en los PIB ha presentado fluctuaciones, sin embargo, a los últimos años se aprecia una recuperación, no obstante, en este grupo de países la contaminación ambiental muestra un constante crecimiento.

Llegando a la misma conclusión de Wang et al.(2020b) que los países en desarrollo deben elaborar políticas de conservación, con la finalidad de que, los países desarrollados no afecten el medio ambiente. Bajo el mismo punto de vista Wang & Wang (2018) consideraban que todos los países deberían reforzar las capacidades tecnológicas, lo cual contribuye al crecimiento económico y sobre todo a la protección ambiental.

2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Establecer la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS).

A continuación, se contrastará los resultados obtenidos en la sección anterior con estudios similares. Primero, analizando los resultados de la relación básica entre contaminación ambiental y tecnología, se encuentra que, la tecnología elevada al cuadrado, a nivel global, PIA, PIMB y PIB presenta un efecto positivo estadísticamente significativo, por tanto, no se cumple la hipótesis de Kuznets, nuestros hallazgos son similares al de Wang et al.(2012); Kwon (2017) y Samargandi (2017) quienes atribuyen que la tecnología es insignificante para reducir las emisiones de CO₂, siendo el sector industrial y servicios los generadores de mayor contaminación, no obstante, el sector agrícola es menos contaminador.

Mientras que, a corto plazo la tecnología reduce la contaminación a nivel global, PIA, PIMB y PIB, tal como encontró Hang & Yuan-Sheng (2011) que los efectos de la tecnología a corto plazo pueden tener efectos negativos, por tal motivo, se requiere una constante innovación de las tecnologías para obtener reducción de la contaminación. También, Shahzad et al. (2020) señalaron que una economía que tiene diversificación de productos va a ser más sofisticada, lo que conlleva a emitir CO₂ en menor medida; sugiere políticas innovadoras con el fin de lograr una producción limpia. Únicamente en los PIMA se aprecia un aumento producido por la tecnología estadísticamente significativo.

Por consiguiente, cuando se añade variables de control, se percibe el mismo comportamiento en el caso de la tecnología. Asimismo, las exportaciones evidencian un efecto positivo en las emisiones de CO₂ a nivel global y por grupo de países, dado que generan mayores desechos al medio ambiente, en la misma dirección, Shao et al. (2020); Hdom & Fuinhas, (2020) y Song et al. (2020) afirmaron que, cuando un país es exportador, aumenta su producción, crean una relación lineal con las emisiones de CO₂. En el mismo sentido, Wu et al. (2020) en su estudio para China manifestaban

que, su economía se debe enfocar en las exportaciones de servicios, puesto que, no provocan en gran magnitud emisiones de CO₂, en cambio, las actividades del sector textil se deberían reducir, ya que son más contaminantes.

De igual forma, la renta de recursos naturales es un determinante positivo estadísticamente significativo del incremento del deterioro ambiental a nivel global y por grupo de países, puesto que, al explotar la tierra tienden a destruir fuentes naturales, coincidiendo con Hussain et al. (2020) quienes hallaron que los recursos naturales se agotan en 1%, las emisiones de CO₂ aumentan en 0,012 a 0,0295%, en nuestro caso aumenta la contaminación entre 0,02% a 0,09%, siendo cifras más alarmantes para los 122 países analizados. Asimismo, Baloch et al. (2019) y Badeeb et al. (2020) aseguraron que el uso excesivo de los recursos naturales, impulsado por la agricultura, deforestación y la minería, afectan negativamente al medio ambiente.

No obstante, la urbanización a nivel global y PIMB presenta un aumento de la contaminación ambiental, mientras que, en los PIA y PIMA conlleva a la reducción de emisiones de CO₂, por tanto los resultados de PIA y PIMA refutan con los resultados de Ali (2019) y Salahuddin et al. (2019) quienes señalaron que, la urbanización genera contaminación ambiental a corto y largo plazo, por tal motivo, es necesario el uso masivo de transporte público urbano con la finalidad de reducir las emisiones de CO₂ que causan los vehículos particulares. Por otro lado, En los países de ingresos bajos el crecimiento económico y la urbanización generan pequeño efecto en la contaminación ambiental (Lin et al., 2017).

3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Estimar la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante regresiones cuantílicas.

De acuerdo a los resultados expuestos de las regresiones de los tres estimadores, a nivel global a través del estimador Canay (2011) se verifica el cumplimiento de la relación tipo Kuznets a partir del segundo cuantil, mientras que, en Powell (2016) se cumple únicamente en los cuantiles inferiores y en Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) se evidencia el cumplimiento de la curva de Kuznets en los cuantiles inferiores y en octavo cuantil. En contraste, Kwon (2017) halló que la tecnología es un factor insignificante para mitigar la contaminación ambiental, puesto que, en el sector industrial y de servicios se generan enormes cantidades de emisiones de CO₂, mientras que, el sector agrícola es menos ofensivo.

Además, Hang & Yuan-Sheng (2011) consideraron que efectos de la tecnología a corto plazo pueden ser negativos, por tal motivo, se requiere una constante innovación de las tecnologías para obtener reducción de la contaminación. Por otro lado, las exportaciones presentan un efecto positivo estadísticamente significativo sobre la contaminación ambiental en los tres estimadores en toda la distribución cuantil, generado por la masiva producción que se realiza para la comercialización internacional, nuestro hallazgo es semejante con el estudio de Hdom & Fuinhas, (2020) quienes mencionaron que mayores niveles de exportaciones se traducen directamente en altos niveles de emisiones de CO₂.

Por tanto, Wu et al. (2020) en su estudio para China manifestaban que, su economía se debe enfocar en las exportaciones de servicios, puesto que, no provocan en gran magnitud emisiones de CO₂, en cambio, las actividades del sector textil se deberían reducir, ya que son más contaminantes. En la misma dirección, la IED es un factor positivo estadísticamente significativo que incide en el incremento del deterioro ambiental, puesto que, las empresas contaminan en las zonas de destino que instauran sus actividades productivas, en contraparte, Zhang & Zhou (2016) y Sung et al. (2018) en sus investigaciones para China y Nigeria, encontraron que la IED incide positivamente en la calidad ambiental al traer tecnologías y experiencia, puesto que, se absorben estos beneficios por las estrictas políticas ecológicas establecidas.

Sin embargo, es semejante con Xie et al. (2020) quienes indicaron que existe una relación positiva entre Inversión Extranjera Directa (IED) y emisiones de CO₂, dado que, los inversores buscan paraísos de la contaminación para establecer sus actividades económicas, es decir, la captación de IED no es ambientalmente sostenible. Por otro lado, la renta de recursos naturales presenta un efecto positivo estadísticamente significativo en todos los cuantiles en las regresiones de Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), bajo el mismo análisis, Khan et al. (2020) señalaron que los países dependientes de la renta de los recursos naturales influyen negativamente en la conservación ambiental, por ende, recomiendan la conservación de los recursos naturales para alcanzar crecimiento económico, calidad ambiental e impulsar el turismo.

Además, Hussain et al. (2020) afirmaron que cuando los recursos naturales se agotan en 1%, las emisiones de CO₂ aumentan en 0,012 a 0,0295%. En el caso de la urbanización muestra un efecto negativo estadísticamente significativo sobre las emisiones de CO₂, mientras que, Liu & Bae

(2018) demostraron que un aumento de 1% en la urbanización provoca en la misma cuantía emisiones de CO₂. También, Dong et al. (2019) expusieron que existe una relación de doble umbral entre la urbanización, crecimiento económico y emisiones de CO₂. Es así que, Bai et al. (2019) manifestaron que es necesario un desarrollo de la urbanización con políticas verdes para organizar el incremento de la población en las zonas céntricas, dado que, el crecimiento de la población influye en el cambio climático.

Por consiguiente, en los PIA de acuerdo a las estimaciones de Canay (2011) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) se incumple la hipótesis de Kuznets, mientras que, en la regresión de Powell (2016) se aprecia el cumplimiento curvo de Kuznets únicamente en el primer cuantil, coincidiendo este resultado con Son et al. (2020) quienes señalaron que, en los países más desarrollados, los avances tecnológicos actúan eficientemente en la reducción de la contaminación ambiental. En consecuencia, Shahzad et al. (2020) señalaron que una economía que tiene diversificación de productos va a ser más sofisticada, lo que conlleva a emitir CO₂ en menor medida; sugiere políticas innovadoras con el fin de lograr una producción limpia.

Al igual que al grupo anterior, las exportaciones son un factor positivo estadísticamente significativo en todos los cuantiles estimados que varían de 0,38% a 0,57%, realmente presentan una alta influencia en el deterioro ambiental, tal como señala Zhang et al. (2020) donde mencionaron que, las exportaciones e importaciones influyen en el aumento de las emisiones de CO₂ a corto y largo plazo, puesto que, se traducen en consumo. Bajo el mismo punto de vista, Jalles & Ge (2020) aludían que los países que son exportadores netamente de materias primas son considerados los mayores emisores de CO₂.

Mientras que, el comportamiento de la IED presenta efectos distintos dependiendo de los cuantiles, es así que, en los cuantiles inferiores se ostenta un incremento de la contaminación ambiental, mientras que, en los cuantiles superiores se evidencia una reducción de la contaminación, atribuido a la transferencia de tecnologías hacia dichos lugares que se trasladan. Por tanto, Zubair et al. (2020) encontraron que la IED incide positivamente en la calidad ambiental al traer tecnologías y experiencia, absorbe estos beneficios por las estrictas políticas ecológicas establecidas. En contra parte, Mahalik et al. (2020) en su estudio para India mostraron que la IED, las remesas y el crecimiento económico son los factores causantes de la mala calidad del aire.

No obstante, la renta de recursos naturales muestra un impacto similar en las estimaciones de Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020) presentando un efecto positivo estadísticamente significativo sobre la contaminación ambiental, mientras que, Badeeb et al. (2020) aseguraron que el uso excesivo de los recursos naturales, impulsado por la agricultura, deforestación y la minería, afectan negativamente al medio ambiente. Por tanto, este estudio, no coincide para los PIA, dado que, estos países no se dedican a actividades primarias. Además, Khan et al. (2020) apuntaban que, los países dependientes de la renta de los recursos naturales influyen en la contaminación, por ende, recomiendan la conservación de los recursos naturales para alcanzar crecimiento económico sostenible.

Por otro lado, urbanización incide en la reducción de contaminación en todos los cuantiles, en contraste, Salahuddin et al. (2019) señalaron que, la urbanización genera contaminación ambiental a corto y largo plazo, por tal motivo, es necesario el uso masivo de transporte público urbano con la finalidad de reducir las emisiones de CO₂ que causan los vehículos particulares, sin embargo, nuestro hallazgo refuta con Salahuddin et al. (2019), dado que, este grupo de países es intensivo

en infraestructura tecnológica generando menor degradación ambiental. De tal forma que, Kang et al. (2019) encontraron que cuando existe eficiencia energética e innovación se obtiene calidad en la urbanización.

Posteriormente, en los PIMA se verifica el incumplimiento de la curva de Kuznets, dado que, mayores niveles de tecnología influyen negativamente en la conservación ambiental, tanto en Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020). En este sentido, Park (2017); Fei & Lin (2017) y Chen (2019) determinaron que, la eficiencia de las tecnologías va a depender de cada región por el ámbito geográfico, climático y económico, probablemente sean las principales razones de obtener dichos resultados para este grupo de países. Por tanto, Tao et al. (2019) recomienda que, si un país tiene como desafío reducir las emisiones de CO₂ para 2030, debe apuntar a la ejecución de tecnologías que faciliten obtener costos negativos de la contaminación.

De igual forma, las exportaciones son causantes estadísticamente significativas de la degradación ambiental, para lo cual, Su et al. (2013) y Wu et al. (2020) en su estudio para China manifestaron que, se deben enfocar en las exportaciones de servicios, puesto que, no provocan en gran magnitud emisiones de CO₂, por ende, las actividades del sector textil se deberían reducir, ya que, son más contaminantes. Asimismo, Al-mulali & Sheau-Ting (2014) indicaron que cuando un país es exportador, aumenta su producción, crean una relación lineal con las emisiones de CO₂, por ende, se debe promover la transición de exportaciones verdes para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En cambio, la IED en este grupo de países es un determinante estadísticamente significativo de la reducción de la contaminación ambiental, en Canay (2011); Powell (2016) y en Chernozhukov,

Fernández-Val & Melly (2020) en los cuantiles inferiores. En consecuencia, Shahbaz et al. (2019) consideraban que a mediano plazo la IED es beneficiosa para la transferencia de tecnologías. No obstante, Waqih et al. (2019) y Xie et al. (2020) señalaron que existe una relación positiva entre IED y emisiones de CO₂, dado que, los inversores buscan paraísos de la contaminación para establecer sus actividades económicas y, por ende, contaminan en la zona de procedencia. Por otro lado, la renta de recursos naturales en la mayoría de cuantiles de los tres estimadores presenta un efecto lineal estadísticamente significativo, es decir, a mayor renta de recursos naturales, se obtiene mayores tasas de contaminación.

Es por ello que, de acuerdo a los resultados que obtuvo Khan et al. (2020) recomienda que se busque otras alternativas para generar ingresos, con la finalidad de evitar explotar los recursos naturales. Así también, Hussain et al. (2020) afirmaron que cuando los recursos naturales se agotan en 1%, las emisiones de CO₂ aumentan en 0,012 a 0,029%. Otro factor determinante de las emisiones de CO₂ es la urbanización, tal como se evidencia en los resultados de los tres estimadores. Nuestro resultado coincide con Dong et al. (2017) quien señaló que existe una relación de doble umbral entre urbanización, crecimiento económico y contaminación ambiental. Además, Chen et al. (2019) indicaron que, las emisiones de CO₂ generadas por la urbanización se producen por la demanda de energía, industria y construcción.

Analizando el comportamiento de los PIMB, se afirma la validez de la curva de Kuznets en las regresiones de Canay (2011); Powell (2016) y en Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), coincidiendo con el estudio de Huang et al. (2020) y Moreira & Pacca (2020) donde mencionaron que, las transferencias tecnológicas de países desarrollados a economías emergentes, acceso a la innovación conllevan a la reducción de la contaminación ambiental. Adicionalmente, Wang &

Wang (2018) consideraban que todos los países deberían reforzar las capacidades tecnológicas, lo cual contribuye al crecimiento económico y sobre todo a la protección ambiental. Del mismo modo, las exportaciones en los tres estimadores se constata una relación positiva con las emisiones de CO₂.

En la misma dirección, Michieka et al. (2013) demostraron una causalidad desde las exportaciones hacia las emisiones de CO₂ y consumo de carbón hacia las exportaciones. Por tanto, según Su et al. (2020) de acuerdo a su estudio en China, hallaron que las exportaciones de servicios provocan en menor magnitud contaminación ambiental. No obstante, la IED evidencia una reducción estadísticamente significativa de la degradación ambiental, refutando con el resultado de Xie et al. (2020) quien señaló que los países menos desarrollados son considerados como paraísos fiscales de contaminación, instaurando sus actividades productivas en dichas zonas, provocando que los niveles de CO₂ incrementen. De acuerdo, a los resultados encontrados de Mahalik et al. (2020) señalaron que, la IED, remesas y el crecimiento económico son causantes de la mala calidad del aire.

Por consiguiente, como bien se conoce, los PIMB dependen en gran medida de los recursos naturales, por tanto, generan una subida en las emisiones de CO₂ que varía entre 0,06% a 0,18%. Nuestro resultado es semejante con la investigación de Baloch et al. (2019) aseguraron que el uso excesivo de los recursos naturales, impulsado por la agricultura, deforestación y la minería, afectan negativamente al medio ambiente. La explotación de los recursos naturales de unos países ayuda a la conservación ambiental de otros países, puesto que, los países que no extraen recursos naturales, importan y los perjudicados son las economías exportadoras de las commodities (Badeeb et al., 2020)

En relación a los resultados de los PIB, se rechaza el cumplimiento de la curva de Kuznets en Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), dado que, la tecnología a largo plazo aumenta la contaminación ambiental, mientras que, en el corto plazo contribuye a una reducción significativa. Por tanto, no concuerda con las conclusiones de, Wang et al. (2020a) consideran que, cuando los países alcanzan un umbral tienden a disminuir la contaminación, no obstante, puede ser que al inicio la tecnología aumente las emisiones. Según, Manzolini et al. (2020) y De la Peña (2020) afirmaron que la implementación de tecnologías (sistemas de transporte eléctricos) reducen los costos de emisiones de CO₂ hasta en un 25 - 40%.

De igual forma, las exportaciones exponen un efecto positivo estadísticamente significativo sobre las emisiones de CO₂ en todos los cuantiles estimados, puesto que, este grupo de países no innova, mismos que poseen tecnologías obsoletas, por tanto, su modo de producción influye en la contaminación. En efecto, Richter & Schiersch (2017) indicaron que cuando un país es exportador, aumenta su producción, crean una relación lineal con las emisiones de CO₂, por ende, se debe promover la transición de exportaciones verdes para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además, Zhang et al. (2020) señalaron que las exportaciones e importaciones influyen positivamente en el aumento de las emisiones de CO₂ a corto y largo plazo, puesto que, se traducen en consumo que es desechado directamente al medio ambiente.

No obstante, la IED presenta una reducción de la contaminación ambiental estadísticamente significativa, puesto que, los países inversores facilitan la difusión de nuevas tecnologías, generando un impacto alentador para la conservación ambiental, coincidiendo con, Pazienza, (2015) quien encontró que, para los países de la OCDE, la IED en el sector de la agricultura ejerce impactos alentadores en la conservación ambiental. Sin embargo, Omri & Tarek (2020)

manifestaron que para conseguir una reducción de las emisiones de CO₂, debe haber una conexión entre IED, innovación y una buena gobernanza política e institucional. Este grupo de países al ser poco desarrollados, su economía se debe principalmente a la extracción de recursos naturales generando mayores cantidades de emisiones de CO₂, tal como se evidenció en la sección anterior.

Este hallazgo es análogo con el estudio de Badeeb et al. (2020) quien confirmó que la extracción de recursos naturales, principalmente a través de la agricultura, deforestación y minería afectan considerablemente al medio ambiente. También, la urbanización es la causante de altos niveles de contaminación en este grupo de países, concuerda con Mahmood et al. (2020) y Rasool et al. (2020) donde manifestaron que la urbanización provoca mayor contaminación ambiental, debido al mayor consumo y expansión de la tierra, sugieren elaborar políticas urbanas medioambientales con mayor rigurosidad. No obstante, Lin et al. (2017) mencionaron que, en los países de ingresos bajos el crecimiento económico y la urbanización generan pequeño efecto en la contaminación ambiental.

h. CONCLUSIONES

A través del desarrollo del presente estudio se obtuvo las siguientes conclusiones:

La investigación mediante la aplicación de los modelos GLS y regresiones cuantílicas de Canay (2011); Powell (2016) y Chernozhukov, Fernández-Val & Melly (2020), evaluó el impacto de la tecnología en la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso clasificados de acuerdo al Método Atlas del Banco Mundial (2020) en el período 1996 – 2018. Por tanto, la correlación entre la tecnología y contaminación ambiental, mediante la forma funcional nos permitió evidenciar que, a nivel global, PIA, PIMB y PIB presentaron una relación cóncava, para lo cual era necesario elevar al cuadrado la tecnología de estos grupos con la finalidad de capturar efecto decreciente sobre la contaminación ambiental. Mientras que, en los PIMA se apreció una relación lineal, para lo cual no fue necesario elevar al cuadrado la tecnología, por tanto, en este grupo no se cumple la curva de Kuznets.

A través de los resultados del modelo GLS, se rechazó la hipótesis planteada de que a medida que aumenta la tecnología, se reduce la contaminación ambiental, puesto que, en todos los grupos de países, la tecnología presentó un aumento de la contaminación, siendo más evidente en los PIB cuando se agregó variables de control, dado que, todas las empresas no están en la capacidad de adoptar tecnologías, existiendo una gran brecha tecnológica. Asimismo, las exportaciones y la renta de los recursos naturales mostraron un incremento de la degradación ambiental en todos los grupos de países, explicado principalmente por los desechos que se generan de dichas actividades productivas. Mientras que, la urbanización presentó una relación positiva a nivel global y PIMB, dado que, no utilizan sistemas de energía y transporte limpios. Además, una relación negativa en los PIA, por la relación directa con avances tecnológicos.

Por consiguiente, mediante regresiones cuantílicas se verificó el cumplimiento de la curva de Kuznets a nivel global, PIA y PIMB, donde se evidenció una distribución heterogénea en los cuantiles, además, es importante resaltar que, en los PIA y PIB la tecnología en el corto plazo contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂ considerablemente de hasta 1,60%, puesto que, la transición de una técnica tradicional hacia nuevas innovaciones es de gran ayuda para el medio ambiente. De igual forma, las exportaciones y la renta de recursos naturales mostraron efectos positivos sobre la contaminación ambiental en toda la distribución cuantil en todos los grupos de países. Mientras que, la IED mostró un impacto heterogéneo a nivel global, PIMA, PIMB y PIB, es decir, a lo largo de los cuantiles se evidenció que genera efectos positivos y negativos, apreciando este comportamiento por las normativas que cada país posee para hacer frente a la contaminación ambiental. En cambio, en los PIA presentó escasa significancia estadística.

Asimismo, en la urbanización se apreció resultados diferentes a lo largo de la distribución de los cuantiles, dado que hay economías que usan nuevos métodos para la expansión de tierra que son destinados para la construcción, uso masivo de transporte amigable con el medio ambiente. Es importante, mencionar que la presente investigación pretende contribuir a la creación de nueva evidencia empírica, a través de la aplicación de una nueva metodología que garantiza estimadores eficientes e insesgados. Además, las variables de control usadas en este modelo, no han sido estimadas en su conjunto.

i. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones formuladas en la sección anterior, es importante considerar las siguientes recomendaciones:

Los gobiernos deben incentivar la adopción de nuevas tecnologías con la finalidad de contribuir a la conservación del medio ambiente, e incluso facilitar la rápida difusión de tecnologías a las empresas que poseen baja capacidad financiera, de tal modo, que no se sacrifique el medio ambiente. Para lo cual es necesario, implementar leyes ambientales rígidas como, por ejemplo, impuestos a las fundas plásticas, exoneración de impuesto a vehículos híbridos y consumo de energías renovables, de tal forma que eviten el incremento de la contaminación ambiental. Además, es idóneo exentar a empresas que basen su producción en sistemas sostenibles incentivando a tener responsabilidad social.

Adicionalmente, los gobiernos deben impulsar la comercialización de productos que sean amigables con el medio ambiente, de tal modo, que los países exportadores e importadores valoren la procedencia de cada bien o servicio en función del daño ambiental que causan. De esta forma, se reduciría el consumo de la producción de empresas que no son responsables socialmente. En efecto, la urbanización juega un papel importante en el cuidado del medio ambiente, a través del control y organización de las grandes ciudades, promoviendo el uso de transporte compartido, que aminore considerablemente las emisiones de CO₂ y el uso de energía renovable.

Por otro lado, es necesario que las autoridades gubernamentales creen políticas restrictivas de IED, en cuanto al establecimiento de empresas extranjeras que mediante sus actividades productivas contaminen el medio ambiente, a través de cuantiosas multas que comprometan gran parte de sus

utilidades al pago de las externalidades negativas. Asimismo, las economías netamente extractivistas de materias primas, que en mayoría son los PIMB y PIB, cambien su matriz productiva para evitar el agotamiento de los recursos naturales, permitiendo acelerar el desarrollo de dichos países.

En base a la evidencia empírica encontrada, es necesaria la concientización ambiental en la población, se considera al comportamiento humano como una de las principales determinantes de la contaminación ambiental, de tal modo, que se impulse la economía circular con la finalidad de alargar la vida útil de los bienes, evitando que sean desechados directamente en el medio ambiente.

En este sentido, es importante mencionar que, el presente estudio tuvo ciertas limitaciones en el acceso a información de todos los países a nivel mundial, es por eso que, se enfocó únicamente en 122 secciones transversales. Del mismo modo, las variables empleadas en el modelo no poseían datos para un periodo más amplio, limitándose entre 1996 - 2018. Además, se pretendía incluir más variables de control al modelo para darle robustez, pero, la falta de disponibilidad permitió trabajar únicamente con cuatro variables. En efecto, futuras líneas de investigación podrían orientarse hacia el análisis por regiones, con la finalidad de determinar su impacto. En consecuencia, sería interesante incluir el crédito financiero, para evaluar su contribución hacia la adopción de tecnologías verdes.

j. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M., Zhao, Z. Y., & Li, H. (2019). Revealing stylized empirical interactions among construction sector, urbanization, energy consumption, economic growth and CO2 emissions in China. *Science of the Total Environment*, 657, 1085-1098.
- Albulescu, C. T., Tiwari, A. K., Yoon, S. M., & Kang, S. H. (2019). FDI, income, and environmental pollution in Latin America: Replication and extension using panel quantiles regression analysis. *Energy Economics*, 84, 104504.
- Ali, R., Bakhsh, K., & Yasin, M. A. (2019). Impact of urbanization on CO2 emissions in emerging economy: evidence from Pakistan. *Sustainable Cities and Society*, 48, 101553.
- Al-mulali, U., & Sheau-Ting, L. (2014). Econometric analysis of trade, exports, imports, energy consumption and CO2 emission in six regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 484-498.
- Arrow, K. 1962. The economic implications of learning by doing, *The Review of Economic Studies*, 29(3),155-173.
- Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2017). *Hacia un planeta sin contaminación*. Nairobi.
- Badeeb, R. A., Lean, H. H., & Shahbaz, M. (2020). ¿Are too many natural resources to blame for the shape of the Environmental Kuznets Curve in resource-based economies? *Resources Policy*, 68, 101694.
- Bai, Y., Deng, X., Gibson, J., Zhao, Z., & Xu, H. (2019). How does urbanization affect residential CO2 emissions? An analysis on urban agglomerations of China. *Journal of cleaner production*, 209, 876-885.
- Baloch, M. A., Mahmood, N., & Zhang, J. W. (2019). Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO2 emissions in BRICS countries. *Science of the Total Environment*, 678, 632-638.
- Banco Mundial. (19 de junio de 2017). Los países más contaminantes del mundo. Obtenido de <https://es.weforum.org/agenda/2017/06/los-paises-mas-contaminantes-del-mundo>
- Bekhet, H. A., & Othman, N. S. (2017). Impact of urbanization growth on Malaysia CO2 emissions: Evidence from the dynamic relationship. *Journal of cleaner production*, 154, 374-388.
- Bordogna, R. (2000). Technology & learning driven general social economic growth dynamic. *IFAC Proceedings*, 33(12), 201-204.

- Breusch, T. S., y Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239.
- Canay, I. A., (2011). A simple approach to quantile regression for panel data. *Econom. J.* 14 (3), 368-386.
- Class, E., & Lindh, T. (2000). Growth cycles with technology shifts and externalities. *Economic Modelling*. 17, 139- 170.
- Coase, R. (1960). The problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics* 3,1-44.
- Cui, Y., Zhang, W., Wang, J., Wang, C., & Streets, D. G. (2020). How does urbanization affect CO2 emissions of central heating systems in China? An assessment of natural gas transition policy based on nighttime light data. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123188.
- Chamberlin, T. (1896). An Attempt to Frame a Working Hypothesis of the Causes of Glacial periods on an Atmospheric basis. *Journal of Geology*, 545-584.
- Chandran, V. G. R., & Tang, C. F. (2013). The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO2 emissions in ASEAN-5 economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 445-453.
- Chen, L., Caro, F., Corbett, C. J., & Ding, X. (2019). Estimating the environmental and economic impacts of widespread adoption of potential technology solutions to reduce water use and pollution: Application to China's textile industry. *Environmental Impact Assessment Review*, 79, 106293.
- Chen, W., Wang, Y., Luo, X., Zhao, M., & Wang, B. (2019). Exploring the spatial effect of urbanization on multi-sectoral CO2 emissions in China. *Atmospheric Pollution Research*, 10(5), 1610-1620.
- Chernozhukov, V., I. Fernández-Val, and B. Melly. (2020). Fast algorithms for the quantile regression process. Working paper.
- De la Peña, A. G., Davendralingam, N., Raz, A. K., DeLaurentis, D., Shaver, G., Sujan, V., & Jain, N. (2020). Projecting adoption of truck powertrain technologies and CO2 emissions in line-haul networks. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 84, 102354.
- Dhrifi, A., Jaziri, R., & Alnahdi, S. (2020). Does foreign direct investment and environmental degradation matter for poverty? Evidence from developing countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 13-21.

- Dong, F., Wang, Y., Su, B., Hua, Y., & Zhang, Y. (2019). The process of peak CO2 emissions in developed economies: A perspective of industrialization and urbanization. *Resources, Conservation and Recycling*, *141*, 61-75.
- Essandoh, OK, Islam, M. and Kakinaka, M. (2020). Linking international trade and foreign direct investment with CO2 emissions: ¿differences between developed and developing countries? *Total, Environmental Science*, *712*, 136437.
- Fan, J. L., Liang, Q. M., Wang, Q., Zhang, X., & Wei, Y. M. (2015). Will export rebate policy be effective for CO2 emissions reduction in China? A CEEPA-based analysis. *Journal of Cleaner Production*, *103*, 120-129.
- Fei, R., & Lin, B. (2017). Technology gap and CO2 emission reduction potential by technical efficiency measures: A meta-frontier modeling for the Chinese agricultural sector. *Ecological Indicators*, *73*, 653-661.
- Geraci, M., & Bottai, M. (2007). Quantile regression for longitudinal data using the asymmetric Laplace distribution. *Biostatistics* *8* (1), 140 – 154.
- Goldhar y Jelinek (1985). Economías de la variedad basadas en la nueva tecnología. Harvard Desto Bussiness Review.
- Grossman, G. & Krueger, A. (1991). Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement. National Bureau of Economic Research, Cambridge, working paper 3914.
- Hang, G., & Yuan-Sheng, J. (2011). The relationship between CO2 emissions, economic scale, technology, income and population in China. *Procedia Environmental Sciences*, *11*(1), 1183-1188.
- Hanif, I., Raza, S. M. F., Gago-de-Santos, P., & Abbas, Q. (2019). Fossil fuels, foreign direct investment, and economic growth have triggered CO2 emissions in emerging Asian economies: some empirical evidence. *Energy*, *171*, 493-501.
- Hasanov, F. J., Liddle, B., & Mikayilov, J. I. (2018). The impact of international trade on CO2 emissions in oil exporting countries: Territory vs consumption emissions accounting. *Energy Economics*, *74*, 343-350.
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometric: Journal of the Econometric Society*, 1251-1271.
- Hdom, H. A., & Fuinhas, J. A. (2020). Energy production and trade openness: Assessing economic growth, CO2 emissions and the applicability of the cointegration analysis. *Energy Strategy Reviews*, *30*, 100488

- Huang, R., Chen, G., Lv, G., Malik, A., Shi, X., & Xie, X. (2020). The effect of technology spillover on CO2 emissions embodied in China-Australia trade. *Energy Policy*, *144*, 111544.
- Huesemann, M. H. (2001). ¿Can pollution problems be effectively solved by environmental science and technology? An analysis of critical limitations. *Ecological Economics*, *37*(2), 271-287.
- Hussain, J., Khan, A., & Zhou, K. (2020). The impact of natural resource depletion on energy use and CO2 emission in Belt & Road Initiative countries: A cross-country analysis. *Energy*, 117409.
- Jalles, J. T., & Ge, J. (2020). Emissions and economic development in commodity exporting countries. *Energy Economics*, *85*, 104572.
- Jevons, S. (1865). *The Coal Question: an enquiry concerning the progress of the Nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*.
- Jiang, L., Zhang, W., Cui, Y., Xu, Y., Wang, C., Yu, J., ... & Lin, B. (2019). Effects of urbanization on airport CO2 emissions: A geographically weighted approach using nighttime light data in China. *Resources, Conservation and Recycling*, *150*, 104454.
- Jin, H., Chen, S., & Lu, Y. (2019). Impact of urbanization on CO2 emissions and energy consumption structure: a panel data analysis for Chinese prefecture-level cities. *Structural Change and Economic Dynamics*, *49*, 107-119.
- Kang, Y., Wang, Y., Li, X., Chen, W., Zhao, M., & Li, W. (2019). Analyzing the impact of urbanization quality on CO2 emissions: What can geographically weighted regression tell us? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *104*, 127-136.
- Koenker, R., & Bassett Jr, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 33-50.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, *45*(1), 1-28.
- Kwon, D. S., Cho, J. H., & Sohn, S. Y. (2017). Comparison of technology efficiency for CO2 emissions reduction among European countries based on DEA with decomposed factors. *Journal of Cleaner Production*, *151*, 109-120.
- Lin, S., Wang, S., Marinova, D., Zhao, D., & Hong, J. (2017). Impacts of urbanization and real economic development on CO2 emissions in non-high-income countries: Empirical research based on the extended STIRPAT model. *Journal of cleaner production*, *166*, 952-966.
- Liu, X., & Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. *Journal of cleaner production*, *172*, 178-186.

- Luján, J. L. y Moreno, L. (1996). El cambio tecnológico en las Ciencias Sociales. El estado de la cuestión. *Revista Española de investigaciones Sociológicas REIS*, vol. 74, pp. 127-161.
- Mahalik, K., Villanthenkodath A., Mallick, H., Gupta, M. (2020). Assessing the effectiveness of total foreign aid and foreign energy aid inflows on environmental quality in India. *Energy Policy*, 112015
- Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y., & Furqan, M. (2020). Industrialization, urbanization and CO2 emissions in Saudi Arabia: Asymmetry analysis. *Energy Reports*, 6, 1553-1560.
- Malthus, Thomas Roberth. (1983). *Primer ensayo sobre la población*. Sarpe, colección Los grandes pensadores. España
- Malumfashi, A., Loganathan, N., Golam., A., Mardani, A. & Kamyab, H. (2020). Re-examining the environmental kuznets curve hypothesis in the economic community of West African states: A panel quantile regression approach. *Journal of Cleaner Production*, 124247
- Manzolini, G., Giuffrida, A., Cobden, P. D., van Dijk, H. A. J., Ruggeri, F., & Consonni, F. (2020). Techno-economic assessment of SEWGS technology when applied to integrated steel-plant for CO2 emission mitigation. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 94, 102935.
- Marshall, A. (1890). *Principles of Economics*. Vol. 1, London: Macmillan.
- Mendiara, T., García-Labiano, F., Abad, A., Gayán, P., de Diego, L. F., Izquierdo, M. T., & Adánez, J. (2018). Negative CO2 emissions through the use of biofuels in chemical looping technology: a review. *Applied Energy*, 232, 657-684.
- Michieka, N. M., Fletcher, J., & Burnett, W. (2013). An empirical analysis of the role of China's exports on CO2 emissions. *Applied Energy*, 104, 258-267.
- Mitchell, G. R. (1999). Global technology policies for economic growth. *Technological Forecasting and Social Change*, 60(3), 205-214.
- Moreira, J. R., & Pacca, S. A. (2020). The climate change mitigation potential of sugarcane-based technologies for automobiles; CO2 negative emissions in sight. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102454.
- Nasir, M. A., Huynh, T. L. D., & Tram, H. T. X. (2019). Role of financial development, economic growth & foreign direct investment in driving climate change: A case of emerging ASEAN. *Journal of environmental management*, 242, 131-141
- Omri, A., & Tarek, B. H. (2020). Foreign investment and air pollution: Do good governance and technological innovation matter? *Environmental Research*, 109469.

- Organización de las Naciones Unidas. (13 de marzo de 2019). La degradación del medio ambiente provocará millones de muertes prematuras. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452781>
- Organización Mundial de la Salud. (8 de mayo de 2018). Contaminación del aire de interiores y salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (9 de junio de 2016). En 2060, la contaminación atmosférica causará de 6 a 9 millones de muertes prematuras al año y tendrá un costo de 1% del PIB – OCDE. Obtenido de <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/en-2060-la-contaminacion-atmosferica-causara-de-6-a-9-millones-de-muertes-prematuras-al-ao-y-tendra-un-costo-de-1-del-pibocde.htm>
- Panayotou, T. (1993): “Empirical test and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development”, Working Paper, n. 238, Technology and Environment Programme, International Labour Office, Geneva
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36(1), 685-693.
- Park, C., Xing, R., Hanaoka, T., Kanamori, Y., & Masui, T. (2017). Impact of energy efficient technologies on residential CO2 emissions: a comparison of Korea and China. *Energy Procedia*, 111, 689-698.
- Pazienza, P. (2015). The relationship between CO2 and Foreign Direct Investment in the agriculture and fishing sector of OECD countries: Evidence and policy considerations. *Intelektinė ekonomika*, 9(1), 55-66.
- Pigou, A. (1920). *The Economics of Welfare*. Londres, Macmillan.
- Porter, M. (1980): Toward a dynamic theory of strategy. *Strategic Management Journal*, 12.
- Powell, D. (2016). Quantile regression with nonadditive fixed effects. *Quantile Treatment Effects*, 1-28.
- Qiyong, X. U., & Jiaojia, G. E. (2011). Reduction of CO2 emission using bioreactor technology for waste management in China. *Energy Procedia*, 5, 1026-1031.
- Rasool, Y., Wang, Z., Zhang, B., Ahmed, Z., & Wang, B. (2020). Dynamic linkage among industrialisation, urbanisation, and CO2 emissions in APEC realms: Evidence based on DSUR estimation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 382-389.

- Ren, S., Yuan, B., Ma, X., & Chen, X. (2014). International trade, FDI (foreign direct investment) and embodied CO2 emissions: A case study of China's industrial sectors. *China Economic Review*, 28, 123-134.
- Ricardo, D. (1817). *Principles of political economy and taxation*. fce. Mexico.
- Richter, P. M., & Schiersch, A. (2017). CO2 emission intensity and exporting: Evidence from firm-level data. *European Economic Review*, 98, 373-391.
- Romer, P. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*. 1990a, 98, 5.
- Salahuddin, M., Alam, K., Ozturk, I., & Sohag, K. (2018). The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO2 emissions in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2002-2010.
- Salahuddin, M., Gow, J., Ali, M. I., Hossain, M. R., Al-Azami, K. S., Akbar, D., & Gedikli, A. (2019). Urbanization-globalization-CO2 emissions nexus revisited: empirical evidence from South Africa. *Heliyon*, 5(6), e01974.
- Samargandi, N. (2017). Sector value addition, technology and CO2 emissions in Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 868-877.
- Samuelson, P. (1955). Diagrammatic Exposition of a Theory of Public Expenditure. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 37, No. 4, 350-56.
- Sano, F., Akimoto, K., Wada, K., & Nagashima, M. (2013). Analysis of CCS diffusion for CO2 emission reduction considering technology diffusion barriers in the real world. *Energy Procedia*, 37, 7582-7589.
- Schumpeter, J. (19963). *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press.
- Shahbaz, M., Balsalobre-Lorente, D., & Sinha, A. (2019). Foreign direct Investment-CO2 emissions nexus in Middle East and North African countries: Importance of biomass energy consumption. *Journal of cleaner production*, 217, 603-614.
- Shahzad, U., Ferraz, D., Dogan, B., Aparecida, D. (2020). Export product diversification and CO2 emissions: Contextual evidences from developing and developed economies. *Journal of Cleaner Production*, 276,124146
- Shao, W., Li, F., Cao, X., Tang, Z., Bai, Y., & Yang, S. (2020). Reducing export-driven CO2 and PM emissions in China's provinces: A structural decomposition and coordinated effects analysis. *Journal of Cleaner Production*, 274, 123101.
- Simioni, D. (2003). Contaminación atmosférica. *CEPAL*

- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Q.J. Economy* 70,65-94.
- Song, M., Wang, S., Tang, Y., y Du, Z (2020). Export trade, embodied carbon emissions, and environmental pollution: An empirical analysis of China's high-and new-technology industries. *Journal of Environmental Management*, 276, 111371.
- Spengler, J., & Sexton, K. (1983). Indoor Air Pollution: A Public Health Perspective. *Science*, 221(4605), 9-17. Retrieved November 22, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/1691425>
- Su, B., Ang, B. W., & Low, M. (2013). Input–output analysis of CO2 emissions embodied in trade and the driving forces: processing and normal exports. *Ecological Economics*, 88, 119-125.
- 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.
- Tang, X., Jin, Y., Wang, X., Wang, J., & McLellan, B. C. (2017). Will China’s trade restructuring reduce CO2 emissions embodied in international exports? *Journal of Cleaner Production*, 161, 1094-1103.
- Tao, Y., Wen, Z., Xu, L., Zhang, X., Tan, Q., Li, H., & Evans, S. (2019). Technology options: ¿Can Chinese power industry reach the CO2 emission peak before 2030? *Resources, Conservation and Recycling*, 147, 85-94.
- Tiba, S., & Belaid, F. (2020). The pollution concern in the era of globalization: ¿Do the contribution of foreign direct investment and trade openness matter? *Energy Economics*, 92, 104966.
- Vallas Martí,J. (2011). La contaminación y la Salud. Centro de Análisis y Programas Sanitarios.
- Wang, B., & Wang, Z. (2018). Imported technology and CO2 emission in China: Collecting evidence through bound testing and VECM approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 4204-4214.
- Wang, J. W., Liao, H., Tang, B. J., Ke, R. Y., & Wei, Y. M. (2017). Is the CO2 emissions reduction from scale change, structural change or technology change? Evidence from non-metallic sector of 11 major economies in 1995–2009. *Journal of cleaner production*, 148, 148-157.
- Wang, L., Chang, H. L., Rizvi, S. K. A., & Sari, A. (2020a). ¿Are eco-innovation and export diversification mutually exclusive to control carbon emissions in G-7 countries? *Journal of Environmental Management*, 270, 110829.
- Wang, S., He, Y., & Song, M. (2020b). Global value chains, technological progress, and environmental pollution: Inequality towards developing countries. *Journal of Environmental Management*, 277, 110999.

- Wang, Z., & Zhu, Y. (2020c). ¿Do energy technology innovations contribute to CO2 emissions abatement? A spatial perspective. *Science of The Total Environment*, 138574.
- Wang, Z., Yang, Z., Zhang, Y., & Yin, J. (2012). Energy technology patents–CO2 emissions nexus: an empirical analysis from China. *Energy Policy*, 42, 248-260.
- 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*, 243, 472-480.
- Ward, H., Radebach, A., Vierhaus, I., Fügenschuh, A., & Steckel, J. C. (2017). Reducing global CO2 emissions with the technologies we have. *Resource and Energy Economics*, 49, 201-217.
- Wooldridge, J.M., (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Wu, R., Dai, H., Geng, Y., Xie, Y., & Tian, X. (2019). Impacts of export restructuring on national economy and CO2 emissions: A general equilibrium analysis for China. *Applied Energy*, 248, 64-78.
- Xie, Q., Wang, X., & Cong, X. (2020). How does foreign direct investment affect CO2 emissions in emerging countries? New findings from a nonlinear panel analysis. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119422.
- Yii, K. J., & Geetha, C. (2017). The nexus between technology innovation and CO2 emissions in Malaysia: evidence from granger causality test. *Energy Procedia*, 105, 3118-3124.
- Zhang, C., & Zhou, X. (2016). Does foreign direct investment lead to lower CO2 emissions? Evidence from a regional analysis in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 943-951.
- Zhang, H., Wang, Y., Zhu, X., & Guo, Y. (2020). The impact of energy trade patterns on CO2 emissions: An emergy and network analysis. *Energy Economics*, 92, 104948.
- Zubair, A. O., Samad, A. R. A., & Dankumo, A. M. (2020). Does gross domestic income, trade integration, FDI inflows, GDP, and capital reduces CO2 emissions? An empirical evidence from Nigeria. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100009.

k. ANEXOS

1. Anexo 1



Universidad Nacional De Loja

Facultad Jurídica, Social Y Administrativa

Carrera De Economía

TEMA:

¿SE CUMPLE LA CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL
APLICANDO TECNOLOGÍA?: EVIDENCIA
EMPÍRICA PARA 122 PAÍSES AGRUPADOS DE
ACUERDO A SU NIVEL DE INGRESO, UTILIZANDO
REGRESIONES CUANTÍLICAS, PERÍODO 1996-2018

Autor:

Yomara Karolina Ruiz Reyes

LOJA – ECUADOR

1. TEMA

¿Se cumple la Curva de Kuznets Ambiental aplicando tecnología?: evidencia empírica para 122 países agrupados de acuerdo a su nivel de ingreso, utilizando regresiones cuantílicas, período 1996-2018

2. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental se ha convertido en un problema relevante para el desenvolvimiento de las actividades económicas de una sociedad. Es evidente que, el ser humano se enfrenta diariamente a necesidades ilimitadas, sin embargo, los recursos que se disponen son escasos para hacer frente a esas necesidades. En este sentido, según el Banco Mundial (2017) China, Estados Unidos, Unión Europea, India y Rusia son los países más contaminantes a nivel global representando el 30%, 15%, 9%, 7% y 5% respectivamente. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) considera que el 92% de la población mundial habita en lugares con mala calidad de aire, provocando enfermedades. Es así que, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2016) señala que para 2060 se podrían causar de 6 a 9 millones de muertes prematuras, de las cuales el 90% de muertes se ubican en países de ingresos medios y bajos, lo que equivale aproximadamente a \$2,6 billones al año, es decir alrededor del 1% del PIB mundial.

Además, para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible se debe reducir las emisiones entre 7,6% cada año entre 2030 y 2050 (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2019). Sin embargo, la aparición del coronavirus (COVID-19) ha provocado una serie de consecuencias económicas y sociales. Pero el medio ambiente ha sido el único beneficiado de este fenómeno,

puesto que, las medidas restrictivas que se han adoptado para aminorar el brote de dicho virus, como las cuarentenas, limitación del desplazamiento vehicular e incluso menor producción industrial ha contribuido sustancialmente a la reducción de la contaminación. Según *National Geographic* (2020) China disminuyó hasta en un 25% las emisiones de CO₂, mientras que en Italia un 10%. No obstante, la ONU (2020) considera que, es probable que una vez que se termine la pandemia, las emisiones contaminantes aumenten drásticamente como sucedió al finalizar la crisis financiera de 2008, por ende, se debe apuntar a la adopción de tecnologías verdes que contribuyan a la sostenibilidad ambiental,

Es así que, esta investigación utiliza la hipótesis de Kuznets (1955), que señala la relación existente entre el crecimiento económico y contaminación ambiental, considerando que presentan una relación en forma de U invertida, Sin embargo, se modifica esta relación aplicando la tecnología reemplazando al crecimiento económico, por ende, mayores niveles de innovación se traducen en menor contaminación ambiental, una vez que alcancen el nivel de inflexión. Así pues, Qiyong y Jioaju (2011); Ward (2017), Mendiara et al. (2018); Manzolini et al. (2020); De la Peña (2020), obtienen en sus resultados que la implementación de tecnologías reduce los costos de emisiones de CO₂ hasta en un 25 – 40%, en términos económicos hasta \$33 por cada tonelada de emisiones de CO₂. Asimismo, Huang et al.(2020); Moreira y Pacca (2020) mencionan que, las transferencias tecnológicas de países desarrollados a economías emergentes, conllevan a la reducción de emisiones de CO₂

Por consiguiente, la investigación de este problema se realizó con la finalidad de evaluar el impacto de la tecnología en la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso en el período 1996 – 2018, utilizando un modelo

de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS) y regresiones cuantílicas. De ahí que, se planteó las siguientes hipótesis: 1) La tecnología y la contaminación ambiental presentan una tendencia positiva para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018; 2) La tecnología reduce la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018. Y 3) El efecto de la tecnología sobre la contaminación ambiental es heterogéneo en toda la distribución de los cuantiles a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.

Por otra parte, los datos fueron obtenidos del *World Development Indicators* (WDI) del Banco Mundial (2020) y de *Human Development Data* (2020). Por consiguiente, se ha considerado como variable dependiente a las emisiones de CO₂ que representa la contaminación ambiental, la tecnología como variable independiente y como variables de control; IED, exportaciones, renta de recursos naturales, capital humano y urbanización. Este trabajo abarca 122 países a nivel mundial por disponibilidad de información, los mismos que están clasificados de acuerdo al método Atlas propuesto por el Banco Mundial (2020) en Países de Ingresos Altos (PIA), Países de Ingresos Medios Altos (PIMA), Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB) y Países de Ingreso Bajos (PIB).

En consecuencia, para poder obtener resultados consistentes se planteó los siguientes objetivos;

1) Analizar la correlación y evolución de la tecnología y contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018; 2) Establecer la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel

de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS). Y 3) Estimar la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante regresiones cuantílicas.

Formalmente, la presente investigación está estructurada de la siguiente manera posterior a la introducción. 3) Planteamiento del problema; 4) Alcance del problema; 5) Evaluación del problema; 6) Preguntas de investigación; 7) Justificación, la cual consta de tres apartados, justificación académica, justificación económica y justificación social; 8) Objetivos, los mismos que están detallados en general y específicos. Además, se presenta las hipótesis; 9) Marco teórico, que está subdividido en antecedentes, fundamentación teórica y evidencia empírica; 10) Datos y metodología; 11) Resultados esperados en base a los objetivos previamente planteados; 12) Cronograma y 13) Referencias bibliográficas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años ha incrementado la preocupación por la sostenibilidad del medio ambiente, puesto que, a partir de 1990 hasta la actualidad la contaminación ha subido en 61,62%. Según el Banco Mundial (2018), la contaminación estanca el crecimiento económico y tiende a aumentar la pobreza y desigualdad, debido a que, la población que tiene menos recursos no está en capacidad de protegerse de los efectos negativos que trae consigo las emisiones de CO₂. Del mismo modo, la OMS (2018), considera que el 92% de la población mundial habita en lugares con mala calidad de aire, provocando infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, derrames cerebrales y cáncer de pulmón. De hecho, afecta en mayor medida a niños, mujeres y personas mayores de 65 años, ocasionando aproximadamente 3 millones de defunciones al año, de las

cuales el 90% de muertes se ubican en países de ingresos medios y bajos, dado que, son más vulnerables a las alteraciones del clima y por los sistemas de salud débiles e infraestructura deficiente.

En este sentido, se debe mencionar que el uso sostenible de los recursos naturales que proporciona el medio ambiente es crucial para el crecimiento económico, especialmente para los países que son netamente dependientes de la renta de dichos recursos. Sin embargo, alrededor del 60 y 70% de los ecosistemas a nivel global se están degradando a mayor velocidad de lo que se recuperan, provocando pérdidas económicas de hasta 800 mil millones anualmente. (Banco Mundial, 2019). Asimismo, la Universidad Autónoma de Barcelona (2020) afirma que el progresivo aumento del consumo de los recursos naturales y de las emisiones de CO₂ generan mayor crecimiento económico, por ende, no es compatible con la conservación del medio ambiente, por tal razón considera que aún hay tiempo para tomar alternativas que no comprometan el medio ambiente, considerando que los principales factores que provocan contaminación son, la industrialización y la urbanización, esta última a partir de 2007 más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas, mientras que, para 2030 se estima que aumentarán en 60%, lo que generará una alza significativa en los niveles de contaminación. Los principales países que generan mayor número de emisiones de CO₂ son, China, Estados Unidos y la Unión Europea.

4. ALCANCE DEL PROBLEMA

La presente investigación se desarrollará con información obtenida del *World Development Indicators* del Banco Mundial (2020) para 122 países a nivel global, los mismos que serán segmentados de acuerdo a su nivel de ingreso delimitado en el período 1996 – 2018, para lo cual se usará técnicas econométricas de regresión cuantílica. Sin embargo, por falta de disponibilidad

de datos se utiliza este número de secciones transversales y temporales. Además, este estudio se enfocará a nivel mundial, puesto que actualmente todas las economías están enfrentadas la difícil situación de contaminación ambiental, indiferentemente de su nivel de desarrollo e ingresos.

5. EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente a nivel global se está evidenciando las severas consecuencias de la contaminación ambiental, provocados por las grandes cantidades de emisiones de CO₂. Según el Banco Mundial (2018), desde 1992 el comercio se ha triplicado, por ende, esto se traduce en un incremento del consumo, lo cual requiere de una mayor producción, luego de su uso son desechados al medio ambiente. Además, la urbanización está creciendo aceleradamente en los países en desarrollo, siendo otro de los principales causantes. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020), señala que el cambio climático impide lograr la seguridad alimentaria, disminuir la pobreza y alcanzar el desarrollo sostenible, siendo la agricultura, silvicultura, ganadería y pesca los generadores de la quinta parte de emisiones de CO₂ a nivel mundial. Asimismo, se considera como el cuarto factor más significativo como causante de las muertes prematuras, provocando pérdida de bienestar e ingresos (Banco Mundial, 2019). Sin duda alguna, los gobiernos en su totalidad se han enfocado en establecer políticas que generen crecimiento económico sacrificando la sostenibilidad ambiental, es decir han hecho un uso inadecuado de los recursos naturales, es por ello que la ONU (2019) sugiere que se debería destinar el 2% del Producto Interno Bruto (PIB) a la conservación del medio ambiente con la finalidad de obtener un mayor crecimiento económico sostenible. Por ende, es necesario cambiar la forma de producir y consumir, implementando una economía circular, reduciendo hasta el 99% de desechos de los sectores industriales y emisiones de efecto invernadero.

6. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrollará en función de las siguientes preguntas directrices:

1. ¿Cuál es la evolución y correlación de la tecnología y la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018?
2. ¿Cuál es la relación entre la tecnología, contaminación ambiental y variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante un modelo Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS)?
3. ¿Cuál es el efecto entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control en la distribución de cuantiles para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018 mediante regresiones cuantílicas?

7. JUSTIFICACIÓN

I. Justificación académica

La Universidad Nacional de Loja forma profesionales con la capacidad de desenvolverse en el ámbito laboral, además crea un vínculo con la sociedad con el objetivo de solucionar problemáticas. Como estudiante de la carrera de Economía el presente tema de investigación “¿Se cumple la Curva de Kuznets Ambiental aplicando tecnología?: evidencia empírica para 122 países agrupados de acuerdo a su nivel de ingreso, utilizando regresiones cuantílicas, período 1996 – 2018” tiene como finalidad aportar una nueva evidencia empírica para la formulación de políticas económicas que mejoren el bienestar de las personas. Asimismo, es un requisito previo a la

obtención del título de Economista, aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo del tiempo de estudio.

II. Justificación económica

Es importante determinar el costo que se debe pagar por el crecimiento económico es la afectación a los recursos naturales, pues todas las economías tienen metas de alcanzar el punto óptimo de crecimiento, sin embargo, esto puede perjudicar gravemente a la sostenibilidad del medio ambiente, puesto que, las futuras generaciones enfrentarán las malas acciones de la actualidad. En 2013 el número de defunciones relacionados con la degradación ambiental representaron aproximadamente \$25.000 millones en pérdidas de ingresos laborales, mientras que, solo en Asia Oriental y el Pacífico representa el 0,83% del PIB (Banco Mundial, 2016). Por ende, sino se emprenden acciones a tiempo, según la OCDE (2016) para 2060 se podrían causar de 6 a 9 millones de muertes prematuras, lo que equivale aproximadamente a \$2,6 billones al año, es decir alrededor del 1% del PIB mundial, siendo más evidente en China, Rusia, India y Corea. De igual forma, la Organización de los Estados Iboamericanos (2020) resalta que durante varios años la producción e inversión han presentado resultados positivos, sin embargo, los indicadores ambientales cada vez ostentan valores negativos. La actual crisis financiera y económica puede ser una advertencia para cambiar las acciones negativas en contra del medio ambiente y puede ser una oportunidad para impulsar el desarrollo sostenible. En este sentido el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2020) considera que una de las principales soluciones es la transferencia acelerada de tecnologías, aumento de eficiencia energética, financiación de proyectos y comportamiento de los consumidores que impulsen un crecimiento sustentable, para obtener una mejor calidad del aire, salud y productividad agrícola. Por tal razón, la presente investigación analizará el impacto que genera el

gasto en las tecnologías en la reducción de la contaminación a través de un análisis econométrico y descriptivo, con la finalidad de elaborar políticas que vayan en función de la mejora de la calidad de vida de las personas en cada una de las regiones.

III. Justificación social

Desde cualquier punto de vista la contaminación ambiental trae consigo efectos negativos, es por eso que, ha llegado a posicionarse como el principal causante de muertes en el mundo, por la inadecuada calidad de aire, provocando una serie de enfermedades, es por eso que, la ONU (2020) recomienda que cada año se reduzca las emisiones de CO₂ a nivel global hasta un 7,6% cada año entre 2030 y 2050 para frenar el aumento de enfermedades y extinción de especies en amenaza. Por tal razón, los países desarrollados deben reducir la contaminación a mayor velocidad que los países en desarrollo, adoptando tecnologías más limpias a un ritmo más acelerado, puesto que, los costos de atención médica subirá en 2030 alrededor de \$176 mil millones en comparación a los \$21 mil millones en el 2015, es decir, se multiplicará ocho veces. Tuck (2016) considera que la degradación ambiental amenaza el bienestar humano, provoca daños en el capital natural y físico, además estanca el crecimiento económico. Por tal motivo, en los Objetivos de Desarrollo Sostenible se han planteado tres puntos relacionados con la conservación ambiental, fijándose metas que se deben alcanzar hasta 2030, sin embargo, evaluando los avances de cada país se estima que no se cumplirá con lo establecido. De esta manera, los formuladores de políticas pueden tomar como referencia los resultados de esta investigación para la toma de decisiones que encaminen al bienestar de la población.

8. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el impacto de la tecnología en la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso en el período 1996 – 2018, utilizando regresiones cuantílicas.

Objetivos específicos

1. Analizar la correlación y evolución de la tecnología y contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.
2. Establecer la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS).
3. Estimar la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante regresiones cuantílicas.

Hipótesis de investigación

1. La tecnología y la contaminación ambiental presentan una tendencia positiva para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.
2. La tecnología reduce la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.

3. El efecto de la tecnología sobre la contaminación ambiental es heterogéneo en toda la distribución de los cuantiles a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.

9. MARCO TEÓRICO

a. Antecedentes

La contaminación ambiental es un fenómeno que durante varias décadas ha tenido repercusiones negativas en la población mundial. De hecho, altera el equilibrio de los sistemas, en general las personas y animales están expuestos a sustancias tóxicas que pueden darse durante procesos de producción, medicamentos, alimentos, insecticidas, pesticidas, entre otros cuando son desechados al medio ambiente (Celis et al.2007). Sin embargo, Spengler y Sexton (1983), señalan que la contaminación estaba presente en los techos de las cuevas prehistóricas, dado que había partículas de hollín, generado por las fogatas que hacían los seres humanos, además consideran que la fundición de metales contribuía a la contaminación. Posteriormente, con la llegada de los españoles y el descubrimiento de América, conjuntamente con la explotación de oro y demás recursos naturales dieron inicio a un claro problema ambiental.

Consecutivamente, en 1760 con la Revolución Industrial se refleja varios problemas ambientales, puesto que, para la producción se introduce maquinas a base de combustibles fósiles y de recursos minerales de la tierra, dejando residuos que afectan masivamente el medio ambiente. Más adelante, en 1950 se crean las agro industrias, en las cuales, se implementan productos químicos como insecticidas y pesticidas para obtener productos en mayor cantidad. No obstante, Vargas (2005) señala que los países industrializados tienen un 20% de incidencia en enfermedades

medioambientales. Las enfermedades respiratorias, el asma y las alergias están asociadas con la contaminación del aire. Por otra parte, el agua de consumo puede transmitir numerosas enfermedades producidas por agentes microbiológicos y químicos.

Cabe señalar que, Simioni (2003) menciona que el medio ambiente ha sido por mucho tiempo un aspecto importante de la economía y la sociedad. En la sociología, se considera que el ambiente es un medio activo del cambio social, que tiene un peso importante en las prácticas y en la estructura social. En la economía, se trata de integrar los factores ambientales al mercado a través de los precios y la valorización. Además, Vallas (2011) reflexiona que hoy son utilizadas unas 100.000 sustancias químicas y entre ellas unas 4.000 y 8.000 están bajo sospecha de toxicidad. Asimismo, se calcula que hasta el 45% de los alimentos que consumimos presentan residuos tóxicos.

Con la actual revolución energética, movilización y producción en torno al clima supone un cambio radical, a través del abaratamiento de la energía procedente de fuentes renovables como la energía eólica y solar. Es así que, los primeros países que sustituyan los combustibles fósiles serán los que obtengan mayores beneficios económicos y ambientales. Asimismo, estos países disfrutarán de unas redes de transporte más ágiles, de mayor calidad y redes de suministro eléctrico más flexibles. Es por ello que, lo prioritario es buscar la forma de facilitar la intensificación y acelerar las tendencias de producciones sostenibles que permitan proteger el medio ambiente, luchar contra el cambio climático y frenar la contaminación (Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [ANUMAPNUMA], 2017).

b. Fundamentación teórica

La investigación está fundamentada por Kuznets (1955), donde mide la relación existente entre el crecimiento económico y desigualdad, postula que estas variables presentan una relación en forma de U invertida, es decir, al inicio los ingresos provocan una mayor desigualdad, sin embargo, alcanzan un punto de inflexión, generando una disminución de la desigualdad, asociada a un crecimiento económico más alto. Es así que, con el pasar de los años, se han ido abriendo nuevas líneas de investigación, donde asocian el crecimiento económico con la contaminación ambiental, considerada como la Curva de Kuznets Ambiental, no obstante, en el presente trabajo, se pretende medir la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, es decir, si una mayor cantidad de tecnología conduce a menores niveles de contaminación.

c. Evidencia empírica

Sin duda alguna, la contaminación ambiental es uno de los principales desafíos que enfrenta la sociedad, por tal motivo, es necesario tomar acciones que mitiguen este daño ambiental, social y económico. La evidencia empírica se encuentra dividida en cinco secciones, cada apartado analiza la relación con las variables del modelo. Primero, estudios que relacionan la contaminación ambiental con la tecnología. Según Qiyong y Jiaoju (2011); Ward (2017); Mendiara et., al (2018); Manzolini et al. (2020); De la Peña (2020) afirmaron que la implementación de tecnologías (cambio de gas de agua mejorado por sorción; sistemas de transporte eléctricos, etc.) reducen los costos de emisiones de CO₂ hasta en un 25 - 40%, en términos económicos hasta \$33 por cada tonelada de emisiones de CO₂. Asimismo, Wang et al. (2017); Huang et al. (2020); Moreira y Pacca (2020) mencionaron que, las transferencias tecnológicas de países desarrollados a economías emergentes, acceso a la innovación conllevan a la reducción de la contaminación ambiental. Sin embargo, las

empresas privadas no se sienten incentivadas a invertir en innovación, puesto que, aumentan sus costos de producción. Es por eso que, el Gobierno debe asegurar la difusión de tecnologías o una mayor rigurosidad en las leyes ambientales (Sano, 2013). No obstante, Huesemann (2001) señaló que la ciencia y tecnología tienen un impacto limitado en la reducción de la degradación ambiental, sino más está en el comportamiento de la sociedad. En los países desarrollados los avances tecnológicos son más eficientes en la mitigación ambiental con respecto a los países en desarrollo (Song et al.2020). Por otro lado, Wang et al.(2020c) estimaron la curva de Kuznets, donde consideraron que cuando los países alcanzan un umbral tienden a disminuir la contaminación, no obstante, puede ser que al inicio la tecnología aumente las emisiones.

Yii y Geetha (2017); Wang y Zhu (2020) señalaron que la innovación en la energía renovable es más factible que usar tecnologías en la energía fósil, para reducir las emisiones de CO₂. Además, es necesario estrictas regulaciones para frenar dicho problema. De este modo, según el estudio de Tao et al. (2019) si un país tiene como desafío reducir las emisiones de CO₂ para 2030, debe apuntar a la ejecución de tecnologías que faciliten obtener costos negativos de la contaminación. Los efectos de la tecnología a corto plazo pueden tener efectos negativos, por tal motivo, se requiere una constante innovación de las tecnologías para obtener reducción de la contaminación (Hang y Yuan-Sheng, 2011). Sin embargo, Park (2017); Fei y Lin (2017); Chen (2019) determinaron que, la eficiencia de las tecnologías va a depender de cada región por el ámbito geográfico, climático y económico. Wang y Wang (2018) consideraban que todos los países deberían reforzar las capacidades tecnológicas, lo cual contribuye al crecimiento económico y sobre todo a la protección ambiental. Por otra parte, Wang et al. (2012); Kwon (2017); Samargandi (2017) hallaron que la tecnología es insignificante para reducir las emisiones de CO₂, siendo el sector industrial y servicios los generadores de mayor contaminación, mientras que, el sector agrícola es

menos contaminador. Pero, a pesar de esto los países en desarrollo deben elaborar políticas de conservación, con la finalidad de que, los países desarrollados no afecten el medio ambiente (Wang et al.2020b).

En segundo lugar, un factor que incide en las emisiones de CO₂ están las exportaciones, según L. Wang et al. (2020a); Shahzad et al. (2020) señalaron que una economía que tiene diversificación de productos va a ser más sofisticada, lo que conlleva a emitir CO₂ en menor medida; sugiere políticas innovadoras con el fin de lograr una producción limpia. Es así que, Jalles y Ge (2020) aludían que los países que son exportadores netamente de materias primas son considerados los mayores emisores de CO₂. Su et al. (2013); Wu et al. (2020) en su estudio para China manifestaban que, su economía se debe enfocar en las exportaciones de servicios, puesto que, no provocan en gran magnitud emisiones de CO₂, en cambio, las actividades del sector textil se deberían reducir, ya que son más contaminantes. Asimismo, Al-mulali y Sheau-Ting (2014); Richter y Schiersch (2017); Shao et al. (2020); Hdom y Fuinhas, (2020); Song et al. (2020) indicaron que cuando un país es exportador, aumenta su producción, crean una relación lineal con las emisiones de CO₂, por ende, se debe promover la transición de exportaciones verdes para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Del mismo modo, Tang et al. (2017); Hasanov et al. (2018); Zhang et al. (2020) señalaron que las exportaciones e importaciones influyen en las emisiones de CO₂ a corto y largo plazo, puesto que, se traducen en consumo. Sin embargo, las importaciones generan menos efectos negativos en comparación de las exportaciones. En cambio, si se comprime las exportaciones, se podría reducir la contaminación, pero afecta al PIB y empleo (Fan et al.2015). Además, Michieka et al. (2013) demostraron una causalidad desde las exportaciones hacia las emisiones de CO₂ y consumo de carbón hacia las exportaciones.

Tercero, Ren et al. (2014); Salahuddin et al. (2018); Nasir et al. (2019); Waqih et al. (2019); Xie et al. (2020) indicaron que existe una relación positiva entre Inversión Extranjera Directa (IED) y emisiones de CO₂, dado que, los inversores buscan paraísos de la contaminación para establecer sus actividades económicas, es decir, la captación de IED no es ambientalmente sostenible. Al igual, Mahalik et al. (2020) en su estudio para India mostraron que la IED, las remesas y el crecimiento económico son los factores causantes de la mala calidad del aire. Hanif et al. (2019); Essandoh et al. (2020) señalaron que esto tiene mayor impacto en los países en desarrollo. Del mismo modo, existe causalidad unidireccional con dirección de IED a emisiones de CO₂, sin embargo, consideraban que a mediano plazo la IED es beneficiosa para la transferencia de tecnologías (Shahbaz et al.2019). Mientras que, Pao y Tsai (2011); Chandran y Tang (2013); Tiba y Belaid (2020) hallaron una causalidad bidireccional entre IED y emisiones de CO₂. En contraparte, Zhang y Zhou (2016); Sung et al. (2018); Zubair et al. (2020) en sus investigaciones para China y Nigeria, encontraron que la IED incide positivamente en la calidad ambiental al traer tecnologías y experiencia, absorbe estos beneficios por las estrictas políticas ecológicas establecidas. De la misma forma, Omri y Tarek (2020) manifestaron que para conseguir una reducción de las emisiones de CO₂, debe haber una conexión entre IED, innovación y una buena gobernanza política e institucional. En el caso de América Latina, la IED causa aumento de la degradación ambiental, sin embargo, la presencia de actividades extranjeras ha contribuido a reducir la pobreza (Dhrifi et al. 2020). En cambio, Pazienza, (2015) encontró que, para los países de la OCDE, la IED en el sector de la agricultura ejerce impactos alentadores en la conservación ambiental.

Cuarto, Mahmood et al. (2020); Rasool et al. (2020) manifestaron que la urbanización provoca mayor contaminación ambiental, debido al mayor consumo y expansión de la tierra, sugieren

elaborar políticas urbanas medioambientales con mayor rigurosidad. Del mismo modo, Cui et al. (2020) mediante un estudio de los sistemas de calefacción determinaron que las zonas urbanas son las que generan mayores cantidades de CO₂. En el mismo sentido, Ali (2019) Salahuddin et al. (2019) señalaron que, la urbanización genera contaminación ambiental a corto y largo plazo, por tal motivo, es necesario el uso masivo de transporte público urbano con la finalidad de reducir las emisiones de CO₂ que causan los vehículos particulares. Los principales factores que inciden en la mala calidad del aire son; urbanización, IED, producción terciaria, transporte aéreo y de ferrocarril (Jiang et al.2020). Al igual, Bekhet y Othman (2017); Ahmad et al. (2019); Chen et al. (2019) indicaron que, las emisiones de CO₂ generadas por la urbanización se producen principalmente por la demanda de energía, industria y construcción. Bai et al. (2019) manifestaron que es necesario un desarrollo de la urbanización con políticas verdes para organizar el incremento de la población en las zonas céntricas, dado que, el crecimiento de la población influye significativamente en el cambio climático. De esta manera, Liu y Bae (2018) demostraron que un aumento de 1% en la urbanización provoca en la misma cuantía emisiones de CO₂. En cambio, Kang et al. (2019) encontraron que cuando existe eficiencia energética e innovación se obtiene calidad en la urbanización. Es ahí, donde se puede lograr una reducción de CO₂, sin embargo, hay diferencias geográficas. Por otro lado, Dong et al. (2019) expusieron que existe una relación de doble umbral entre la urbanización, crecimiento económico y emisiones de CO₂. En los países de ingresos bajos el crecimiento económico y la urbanización generan pequeño efecto en la contaminación ambiental (Lin et al. (2017).

Quinto, según Yao et al. (2020) la acumulación de capital humano conduce a mejorar la calidad del medio ambiente, un año adicional de educación terciaria genera una reducción de emisiones de CO₂ entre 50,1% a 65,8%. De ahí radica la importancia de invertir en el sector de la educación,

puesto que, contribuye a un rápido crecimiento económico y disminución el cambio climático. De la misma forma, Hao et al. (2020) señalaron que, el capital humano es necesario para aumentar la conciencia ambiental y sobre todo permite obtener capacidades y habilidades para el manejo de tecnologías verdes. Pata y Caglar (2020) en su investigación para China, consideraron que, el capital humano juega un papel clave en la disminución de la huella ecológica, su efecto es notorio a largo plazo. Del mismo modo, Ahmed et al. (2020) encontraron una relación unidireccional desde el capital humano hacia la contaminación ambiental, presentando una relación negativa, es decir, los altos niveles de educación contribuyen a la calidad del ambiente. Por otro lado, existen estudios que relacionan la renta de los recursos naturales con las emisiones de CO₂. Khan et al. (2020) apuntaban que, los países dependientes de la renta de los recursos naturales influyen negativamente en la conservación ambiental, por ende, recomiendan la conservación de los recursos naturales para alcanzar crecimiento económico, calidad ambiental e impulsar el turismo. Asimismo, Baloch et al. (2019) y Badeeb et al. (2020) aseguraron que el uso excesivo de los recursos naturales, impulsado por la agricultura, deforestación y la minería, afectan negativamente al medio ambiente. Cabe mencionar que, la explotación de los recursos naturales de unos países ayuda a la conservación del medio ambiente de otros países, puesto que, los países que no extraen recursos naturales, simplemente importan y los perjudicados son las economías exportadoras de las commodities. Mientras que, Hussain et al. (2020) afirmaron que cuando los recursos naturales se agotan en 1%, las emisiones de CO₂ aumentan en 0,012 a 0,0295%.

10. DATOS Y METODOLOGÍA

10.1. Datos

Los datos obtenidos para el desarrollo de la presente investigación se han extraído del *World Development Indicators (WDI)* del Banco Mundial (2020) y de *Human Development Data* (2020). Por consiguiente, se ha considerado como variable dependiente a las emisiones de CO₂ que representa la contaminación ambiental, la tecnología como variable independiente y como variables de control; IED, exportaciones, renta de recursos naturales, capital humano y urbanización. Este trabajo abarca 122 países a nivel mundial por disponibilidad de información, los mismos que están clasificados de acuerdo al método Atlas propuesto por el Banco Mundial (2020) en Países de Ingresos Altos (PIA), Países de Ingresos Medios Altos (PIMA), Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB) y Países de Ingreso Bajos (PIB), comprendidos en el período 1996 – 2018. La Tabla 1 muestra la descripción de las variables empleadas en el modelo.

Tabla 1

Descripción de las variables

<i>Variable</i>		<i>Medida</i>	<i>Descripción</i>	<i>Fuente</i>
Dependiente	Emisiones de CO ₂ $lCO2_{it}$	Log	Proviene de la quema de fósiles, fabricación de cemento, consumo de combustibles sólido, líquidos, gaseosos y quema de gas.	Banco Mundial
Independiente	Tecnología Tec_{it}	Log	Abarca la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.	Banco Mundial
Control	Exportaciones X_{it}	Log	Representa el valor de todos los bienes y servicios prestados al resto del mundo.	Banco Mundial

Inversión Extranjera Directa Ied_{it}	Log	Entrada neta de inversiones para tener el control de la empresa que funciona en el país que no es del inversionista.	Banco Mundial
Urbanización Urb_{it}	% Total	Cantidad de personas que viven en el área urbana.	Banco Mundial
Renta de recursos naturales Rn_{it}	Log	Suma de la renta del petróleo, gas natural, carbón, mineral y forestal.	Banco Mundial
Capital humano Ch_{it}	Índice	Medido de 0 a 1, valores cercanos a 1 mayor nivel de educación.	Human Development Data

La Tabla 2, abarca los estadísticos descriptivos de las variables empleadas en el modelo, donde se evidencia los valores de la media, la desviación estándar, valores mínimos, máximos y el número de observaciones. Es así que, la desviación estándar a nivel global presenta mayor variabilidad en todas las variables empleadas. Además, se presenta que el promedio de la contaminación ambiental a nivel mundial es de 10,12 y de la tecnología se sitúa en 19,51. Se estima un panel estrictamente balanceado en tiempo y espacio con un total de 2.806 observaciones, 122 secciones transversales y 23 datos temporales. Por otro lado, en la matriz de correlación el (*) representa la significancia al 5%, donde mide grado de relación entre dichas variables, las cuales deben ser menor a 0,8 con la finalidad de descartar problemas de multicolinealidad.

Tabla 2.

Estadísticos descriptivos y matriz de correlación de variables

	$lCO2_{it}$	$lTec_{it}$	lX_{it}	$lIed_{it}$	lRn_{it}	Urb_{it}	Ch_{it}
Mean	10,12	19,51	23,95	19,57	20,00	63,16	0,72
Desv. Est. (General)	2,11	2,88	2,10	8,92	4,87	21,51	0,15
Desv. Est. (Entre)	2,10	2,82	2,05	3,46	4,71	21,42	0,15

Desv. Est. (Dentro)	0,28	0,61	0,49	8,23	1,33	2,74	0,04
Min (General)	5,04	12,44	15,38	-26,65	0	7,41	0,24
Min (Entre)	5,61	13,56	18,71	8,81	0	9,99	0,34
Min (Dentro)	8,80	15,01	14,85	-30,39	7,98	49,86	0,59
Max (General)	15,57	26,95	28,42	27,32	27,00	100	0,95
Max. (Entre)	15,50	26,66	28,10	26,24	25,91	100	0,93
Max (Dentro)	11,32	22,17	28,16	33,48	30,83	77,09	0,82
N	2806	2806	2806	2806	2806	2806	2806
n	122	122	122	122	122	122	122
T	23	23	23	23	23	23	23
$lCO2_{it}$	1						
	-						
$lTec_{it}$	0,71*	1					
	(0,000)	-					
lX_{it}	0,75*	0,69*	1				
	(0,000)	(0,000)	-				
$lled_{it}$	0,12*	0,17*	0,15*	1			
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	-			
lRn_{it}	0,50*	0,35*	0,42*	0,07*	1		
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,011)	-		
Urb_{it}	0,28*	0,47*	0,51*	0,10*	-0,14*	1	
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,000)	-	
Ch_{it}	0,42*	0,63*	0,68*	0,06	-0,01	0,77*	1
	(0,000)	(0,000)	(0,000)	(0,0562)	(1,000)	(0,000)	-

10.2. Metodología

Con el fin de evaluar el impacto de la tecnología en la contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso en el período 1996 – 2018, y

dar respuesta a ¿Cuál es el efecto entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control? a partir de la hipótesis de que la tecnología reduce la contaminación ambiental. La estrategia econométrica de esta investigación está dividida en dos etapas. Primero, se aplica la prueba de Hausman (1978) con la finalidad de elegir efectos fijos (FE) o efectos aleatorios (RE). Es así que después de explorar dicha prueba se constató que es necesario aplicar un modelo de efectos fijos en todos los niveles de países. Además, se emplea la prueba de Lagrange Multiplicador de Breusch-Pagan (1979) y Wooldridge (2002) para determinar la posible presencia de problemas de heterocedasticidad y autocorrelación respectivamente. Por consiguiente, con el fin de asegurar robustez al modelo y obtener estimadores consistentes e insesgados se estima un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS), tal como se puede evidenciar en la Ecuación 1.

$$lCO2_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 lTec_{it} + \alpha_2 Z_{it} + \varepsilon_{it} + v_{it} \quad (1)$$

Donde, $lCO2_{it}$ representa a la variable dependiente de las emisiones de CO2, $lTec_{it}$ como variable independiente la tecnología y Z_{it} recoge las variables de control incluidas en el modelo; exportaciones, IED, renta de recursos naturales, urbanización y capital humano. Mientras que, ε_{it} es el termino de error y v_{it} representa efectos fijos en el país $i= 1, \dots, 122$ en el tiempo $t= 1996, \dots, 2018$.

Posterior a la verificación de inestabilidad en los parámetros, siguiendo a Albuлесcu et al.(2019); Malumfashi et al.(2020) se procede a utilizar regresiones cuantílicas propuestas por Koenker and Bassett (1978), dado que, se diferencian de las regresiones tradicionales, puesto que, permiten obtener flexibilidad en la pendiente y determinan la existencia de efectos heterogéneos en la muestra, pues de esta manera, se pretende capturar el efecto para cada cuantil y se evita problemas

de sesgo de especificación, este modelo fue desarrollado por Powel (2016). Para formalizar el análisis se visualiza la Ecuación 2

$$Q_{Y_{it}} = Q_i | x_{it} + z_{it} = (\alpha_0 + \beta_0) + \alpha_1 lTec_{it} + \alpha_2 Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

11. RESULTADOS ESPERADOS

Con el desarrollo de la presente investigación se espera los siguientes resultados:

11.1. Objetivo específico 1

Analizar la correlación y evolución de la tecnología y contaminación ambiental para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018.

A través de las gráficas de correlación se espera una relación en forma de U invertida, es decir a medida que la tecnología aumenta, la desigualdad también lo hace hasta alcanzar un punto de inflexión, de tal manera que la cantidad optima de tecnología empieza a contribuir positivamente en la calidad del medio ambiente. Asimismo, mediante gráficas de evolución se pretende visualizar una tendencia positiva en la tecnología, siendo más notorio para los PIA, mientras que se espera una relación descendente de la contaminación ambiental en todos los grupos de países.

11.2. Objetivo específico 2

Establecer la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS).

Mediante el modelo GLS, se espera que, la tecnología presente una relación negativa estadísticamente significativa a nivel global y para los PIA, mientras que, para los PIMB y PIB, probablemente la inversión en tecnología no es capaz de reducir la contaminación ambiental. De la misma forma, las exportaciones se considera que serán un determinante clave en el aumento de las emisiones de CO₂, puesto que, una economía que tenga altas tasas de exportaciones, tendrá una gran producción a gran escala que generará efectos nocivos para el ambiente, especialmente en los países más desarrollados. En el mismo sentido, la IED provocará un incremento estadísticamente significativo sobre la mala calidad del aire en mayor proporción en los PIMB y PIB, dado que, las grandes multinacionales se trasladan a países con menos regulaciones y mano de obra barata, por ende, las afectaciones al medio ambiente son ocasionadas en las zonas que destinan sus inversiones y no en sus lugares de origen. Además, se espera que las economías que son netamente dedicadas a la extracción de los recursos naturales son los mayores generadores de contaminación, es decir los PIB, donde la industrialización es escasa y sus ingresos depende de la venta de bienes primarios. De manera similar, se espera que la urbanización sea la causa de la intensificación de las emisiones de CO₂, dado que se amplían espacios para la construcción de viviendas, provoca mayor consumo de energía. No obstante, el capital humano se pretende que ostente una relación negativa con la contaminación ambiental, dado que mayores niveles de educación se traducen en concientización sobre la sostenibilidad e incluso tiene relación con el manejo de tecnologías verdes que aportan a la reducción de este problema social y económico.

11.3.Objetivo específico 3

Estimar la relación entre la tecnología y la contaminación ambiental, incluyendo variables de control para los 122 países a nivel global y por grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso, en el período 1996 – 2018, mediante regresiones cuantílicas.

Una vez estimadas las regresiones cuantílicas se espera que la tecnología tenga un impacto negativo en las emisiones de CO₂ entre los cuantiles, siendo más predominante en los cuantiles 0,1 y 0,2. En efecto se espera que presente resultados similares a los del modelo GLS, con la diferencia que se captura los efectos en una distribución heterogénea, evitando problemas de especificación y por ende, nos permitirá formular políticas más adecuadas para cada grupo de países de acuerdo a su nivel de ingreso.

12.CRONOGRAMA

Año	2021																			
Mes	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto			
Actividades	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tema, Introducción	■																			
Planteamiento del problema, formulación del problema	■																			
Alcance del problema, evaluación del problema		■																		
Preguntas directrices, justificación		■																		
Objetivos			■																	
Marco Teórico				■	■	■														
Datos y metodología						■	■	■												
Resultados esperados										■										
Presentación del borrador de tesis											■									
Revisión del informe escrito de borrador de tesis											■	■								
Aprobación del informe escrito de borrador de tesis por parte de director de tesis												■								
Aprobación de informe escrito por parte del tribunal													■	■	■	■	■	■	■	■

13. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

13.1.Presupuesto

Para el desarrollo de la presente investigación, el autor incurrirá en los siguientes datos, tal como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3.

Presupuesto de la investigación

<i>Descripción</i>	<i>Precio Unitario (\$)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Total (\$)</i>
Resmas de papel	3.,75	3	11,25
Impresiones (B/N)	0,05	400	20,00
Impresiones (color)	0,15	200	30,00
Flash memory	10	1	10
Internet (mes)	20	5	100
Imprevistos	40,00	1	40,00
Total			211,25

13.2.Financiamiento

La investigación será desarrollada a través del 100% de recursos propios.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M., Zhao, Z. Y., & Li, H. (2019). Revealing stylized empirical interactions among construction sector, urbanization, energy consumption, economic growth and CO2 emissions in China. *Science of the Total Environment*, 657, 1085-1098.
- Ahmed, Z., Zafar, M. W., & Ali, S. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: An empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102064.
- Albulescu, C. T., Tiwari, A. K., Yoon, S. M., & Kang, S. H. (2019). FDI, income, and environmental pollution in Latin America: Replication and extension using panel quantiles regression analysis. *Energy Economics*, 84, 104504.

- Ali, R., Bakhsh, K., & Yasin, M. A. (2019). Impact of urbanization on CO2 emissions in emerging economy: evidence from Pakistan. *Sustainable Cities and Society*, 48, 101553.
- Al-mulali, U., & Sheau-Ting, L. (2014). Econometric analysis of trade, exports, imports, energy consumption and CO2 emission in six regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 484-498.
- Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2017). *Hacia un planeta sin contaminación*. Nairobi.
- Badeeb, R. A., Lean, H. H., & Shahbaz, M. (2020). Are too many natural resources to blame for the shape of the Environmental Kuznets Curve in resource-based economies?. *Resources Policy*, 68, 101694.
- Bai, Y., Deng, X., Gibson, J., Zhao, Z., & Xu, H. (2019). How does urbanization affect residential CO2 emissions? An analysis on urban agglomerations of China. *Journal of cleaner production*, 209, 876-885.
- Baloch, M. A., Mahmood, N., & Zhang, J. W. (2019). Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO2 emissions in BRICS countries. *Science of the Total Environment*, 678, 632-638.
- Banco Mundial. (19 de junio de 2017). Los países más contaminantes del mundo. Obtenido de <https://es.weforum.org/agenda/2017/06/los-paises-mas-contaminantes-del-mundo>
- Banco Mundial. (30 de septiembre de 2019). Medio Ambiente. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/overview>
- Banco Mundial. (5 de abril de 2018). Reducir la contaminación. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/brief/pollution#:~:text=El%20Grupo%20Banco%20Mundial%20trabaja,sana%20y%20mejores%20oportunidades%20econ%C3%B3micas>.
- Banco Mundial. (8 de septiembre de 2016). La contaminación atmosférica le cuesta USD 225 mil millones a la economía mundial. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2016/09/08/air-pollution-deaths-cost-global-economy-225-billion>
- Bekhet, H. A., & Othman, N. S. (2017). Impact of urbanization growth on Malaysia CO2 emissions: Evidence from the dynamic relationship. *Journal of cleaner production*, 154, 374-388.

- Breusch, T. S., y Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239.
- Chandran, V. G. R., & Tang, C. F. (2013). The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO2 emissions in ASEAN-5 economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 445-453.
- Chen, L., Caro, F., Corbett, C. J., & Ding, X. (2019). Estimating the environmental and economic impacts of widespread adoption of potential technology solutions to reduce water use and pollution: Application to China's textile industry. *Environmental Impact Assessment Review*, 79, 106293.
- Chen, W., Wang, Y., Luo, X., Zhao, M., & Wang, B. (2019). Exploring the spatial effect of urbanization on multi-sectoral CO2 emissions in China. *Atmospheric Pollution Research*, 10(5), 1610-1620.
- Cui, Y., Zhang, W., Wang, J., Wang, C., & Streets, D. G. (2020). How does urbanization affect CO2 emissions of central heating systems in China? An assessment of natural gas transition policy based on nighttime light data. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123188.
- De la Peña, A. G., Davendralingam, N., Raz, A. K., DeLaurentis, D., Shaver, G., Sujana, V., & Jain, N. (2020). Projecting adoption of truck powertrain technologies and CO2 emissions in line-haul networks. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 84, 102354.
- Dhrifi, A., Jaziri, R., & Alnahdi, S. (2020). Does foreign direct investment and environmental degradation matter for poverty? Evidence from developing countries. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 13-21.
- Dong, F., Wang, Y., Su, B., Hua, Y., & Zhang, Y. (2019). The process of peak CO2 emissions in developed economies: A perspective of industrialization and urbanization. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 61-75.
- Essandoh, OK, Islam, M. and Kakinaka, M. (2020). Linking international trade and foreign direct investment with CO2 emissions: ¿differences between developed and developing countries? *Total Environmental Science*, 712, 136437.
- Fan, J. L., Liang, Q. M., Wang, Q., Zhang, X., & Wei, Y. M. (2015). Will export rebate policy be effective for CO2 emissions reduction in China? A CEEPA-based analysis. *Journal of Cleaner Production*, 103, 120-129.

- Fei, R., & Lin, B. (2017). Technology gap and CO2 emission reduction potential by technical efficiency measures: A meta-frontier modeling for the Chinese agricultural sector. *Ecological Indicators*, 73, 653-661.
- Hang, G., & Yuan-Sheng, J. (2011). The relationship between CO2 emissions, economic scale, technology, income and population in China. *Procedia Environmental Sciences*, 11(1), 1183-1188.
- Hanif, I., Raza, S. M. F., Gago-de-Santos, P., & Abbas, Q. (2019). Fossil fuels, foreign direct investment, and economic growth have triggered CO2 emissions in emerging Asian economies: some empirical evidence. *Energy*, 171, 493-501.
- Hao, L., Umar, M., Khan, Z. & Ali, W. (2020). Green growth and low carbon 117misi3n in G7 countries: How critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is?. *Science of The Total Environment*, 752,141-853.
- Hasanov, F. J., Liddle, B., & Mikayilov, J. I. (2018). The impact of international trade on CO2 emissions in oil exporting countries: Territory vs consumption emissions accounting. *Energy Economics*, 74, 343-350.
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1251-1271.
- Hdom, H. A., & Fuinhas, J. A. (2020). Energy production and trade openness: Assessing economic growth, CO2 emissions and the applicability of the cointegration analysis. *Energy Strategy Reviews*, 30, 100488
- Huang, R., Chen, G., Lv, G., Malik, A., Shi, X., & Xie, X. (2020). The effect of technology spillover on CO2 emissions embodied in China-Australia trade. *Energy Policy*, 144, 111544.
- Huesemann, M. H. (2001). Can pollution problems be effectively solved by environmental science and technology? An analysis of critical limitations. *Ecological Economics*, 37(2), 271-287.
- Hussain, J., Khan, A., & Zhou, K. (2020). The impact of natural resource depletion on energy use and CO2 emission in Belt & Road Initiative countries: A cross-country analysis. *Energy*, 117409.
- Jalles, J. T., & Ge, J. (2020). Emissions and economic development in commodity exporting countries. *Energy Economics*, 85, 104572.

- Jiang, L., Zhang, W., Cui, Y., Xu, Y., Wang, C., Yu, J., ... & Lin, B. (2019). Effects of urbanization on airport CO2 emissions: A geographically weighted approach using nighttime light data in China. *Resources, Conservation and Recycling*, *150*, 104454.
- Jin, H., Chen, S., & Lu, Y. (2019). Impact of urbanization on CO2 emissions and energy consumption structure: a panel data analysis for Chinese prefecture-level cities. *Structural Change and Economic Dynamics*, *49*, 107-119.
- Kang, Y., Wang, Y., Li, X., Chen, W., Zhao, M., & Li, W. (2019). Analyzing the impact of urbanization quality on CO2 emissions: What can geographically weighted regression tell us?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *104*, 127-136.
- Khan, A., Chenggang, Y., Hussain, J., Bano, S. and Nawaz, A. (2020). Natural resources, tourism development and the energy-growth-CO2 emissions nexus: an analysis of simultaneity models of the BRI countries. *Resource Policy*, *68*, 101751.
- Koenker, R., & Bassett Jr, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 33-50.
- Kuznets, Simon, (1955), "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, No. 45, pp. 1-28
- Kwon, D. S., Cho, J. H., & Sohn, S. Y. (2017). Comparison of technology efficiency for CO2 emissions reduction among European countries based on DEA with decomposed factors. *Journal of Cleaner Production*, *151*, 109-120.
- Ladonde. (1974). Desarrollo del modelo holístico de Laframboise. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus10316.pdf>
- Lin, S., Wang, S., Marinova, D., Zhao, D., & Hong, J. (2017). Impacts of urbanization and real economic development on CO2 emissions in non-high income countries: Empirical research based on the extended STIRPAT model. *Journal of cleaner production*, *166*, 952-966.
- Liu, X., & Bae, J. (2018). Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. *Journal of cleaner production*, *172*, 178-186.
- Mahalik, K., Villanthenkodath A., Mallick, H., Gupta, M. (2020). Assessing the effectiveness of total foreign aid and foreign energy aid inflows on environmental quality in India. *Energy Policy*, *112015*

- Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y., & Furqan, M. (2020). Industrialization, urbanization and CO2 emissions in Saudi Arabia: Asymmetry analysis. *Energy Reports*, 6, 1553-1560.
- Malumfashi, A., Loganathan, N., Golam., A., Mardani, A. & Kamyab, H. (2020). Re-examining the environmental kuznets curve hypothesis in the economic community of West African states: A panel quantile regression approach. *Journal of Cleaner Production*, 124247
- Manzolini, G., Giuffrida, A., Cobden, P. D., van Dijk, H. A. J., Ruggeri, F., & Consonni, F. (2020). Techno-economic assessment of SEWGS technology when applied to integrated steel-plant for CO2 emission mitigation. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 94, 102935.
- Marcos, F.V. (2005). La contaminación ambiental como factor determinante. *Revista Española de Salud Pública*, 117-227
- Mendiara, T., García-Labiano, F., Abad, A., Gayán, P., de Diego, L. F., Izquierdo, M. T., & Adánez, J. (2018). Negative CO2 emissions through the use of biofuels in chemical looping technology: a review. *Applied Energy*, 232, 657-684.
- Michieka, N. M., Fletcher, J., & Burnett, W. (2013). An empirical analysis of the role of China's exports on CO2 emissions. *Applied Energy*, 104, 258-267.
- Moreira, J. R., & Pacca, S. A. (2020). The climate change mitigation potential of sugarcane based technologies for automobiles; CO2 negative emissions in sight. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102454.
- Nasir, M. A., Huynh, T. L. D., & Tram, H. T. X. (2019). Role of financial development, economic growth & foreign direct investment in driving climate change: A case of emerging ASEAN. *Journal of environmental management*, 242, 131-141
- National Geographic. (18 de marzo de 2020). *El planeta el principal beneficiado por el coronavirus*. Obtenido de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/planeta-principal-beneficiado-por-coronavirus_15325
- Qiyong, X. U., & Jiaoju, G. E. (2011). Reduction of CO2 emission using bioreactor technology for waste management in China. *Energy Procedia*, 5, 1026-1031.
- Omri, A., & Tarek, B. H. (2020). Foreign investment and air pollution: Do good governance and technological innovation matter?. *Environmental Research*, 109469.

- Organización de los Estados Iberoamericanos. (20 de noviembre de 2020). Obtenido de <https://www.oei.es/historico/decada/accion.php?accion=3>
- Organización de las Naciones Unidas. (23 de marzo de 2020). La cuarentena por el coronavirus mejora la calidad del aire, pero no sustituye la acción climática. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2020/03/1471562>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (11 de noviembre de 2020). Cambio climático. Obtenido de <http://www.fao.org/climate-change/es/>
- Organización de las Naciones Unidas. (13 de marzo de 2019). La degradación del medio ambiente provocará millones de muertes prematuras. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452781>
- Organización de las Naciones Unidas. (20 de abril de 2020). Ciudadanos del mundo piden medidas sobre cambio climático y medio ambiente. Obtenido de <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/ciudadanos-del-mundo-piden-medidas-sobre-cambio-climatico-y-medio>
- Organización Mundial de la Salud. (8 de mayo de 2018). Contaminación del aire de interiores y salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (9 de junio de 2016). En 2060, la contaminación atmosférica causará de 6 a 9 millones de muertes prematuras al año y tendrá un costo de 1% del PIB – OCDE. Obtenido de <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/en-2060-la-contaminacion-atmosferica-causara-de-6-a-9-millones-de-muertes-prematuras-al-ao-y-tendra-un-costo-de-1-del-pibocde.htm>
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36(1), 685-693.
- Park, C., Xing, R., Hanaoka, T., Kanamori, Y., & Masui, T. (2017). Impact of energy efficient technologies on residential CO2 emissions: a comparison of Korea and China. *Energy Procedia*, 111, 689-698.
- Pata, K. & Caglar, E. (2020). Investigating the EKC hypothesis with renewable energy consumption, human capital, globalization and trade openness for China: Evidence from augmented ARDL approach with a structural break. *Energy*. (1192209)

- Pazienza, P. (2015). The relationship between CO2 and Foreign Direct Investment in the agriculture and fishing sector of OECD countries: Evidence and policy considerations. *Intelektinė ekonomika*, 9(1), 55-66.
- Pesaran, M. H. (2015). Testing weak cross-sectional dependence in large panels. *Econometric Reviews*, 34 (6-10), 1089-1117
- Powell, D. (2016). Quantile regression with nonadditive fixed effects. *Quantile Treatment Effects*, 1-28.
- Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas. (15 de noviembre de 2020). Centro y Red de Tecnología del Clima. Obtenido de <https://www.unep.org/explore-topics/climate-change/what-we-do/climate-technology-centre-and-network>
- Rasool, Y., Wang, Z., Zhang, B., Ahmed, Z., & Wang, B. (2020). Dynamic linkage among industrialisation, urbanisation, and CO2 emissions in APEC realms: Evidence based on DSUR estimation. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 382-389.
- Ren, S., Yuan, B., Ma, X., & Chen, X. (2014). International trade, FDI (foreign direct investment) and embodied CO2 emissions: A case study of Chinas industrial sectors. *China Economic Review*, 28, 123-134.
- Richter, P. M., & Schiersch, A. (2017). CO2 emission intensity and exporting: Evidence from firm-level data. *European Economic Review*, 98, 373-391.
- Ruth de Celis, A. B. (2007). La contaminación ambiental y nuestra salud. *Ciencia*, 15 - 21.
- Salahuddin, M., Alam, K., Ozturk, I., & Sohag, K. (2018). The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO2 emissions in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2002-2010.
- Salahuddin, M., Gow, J., Ali, M. I., Hossain, M. R., Al-Azami, K. S., Akbar, D., & Gedikli, A. (2019). Urbanization-globalization-CO2 emissions nexus revisited: empirical evidence from South Africa. *Heliyon*, 5(6), e01974.
- Samargandi, N. (2017). Sector value addition, technology and CO2 emissions in Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 868-877.
- Sano, F., Akimoto, K., Wada, K., & Nagashima, M. (2013). Analysis of CCS diffusion for CO2 emission reduction considering technology diffusion barriers in the real world. *Energy Procedia*, 37, 7582-7589.

- Shahbaz, M., Balsalobre-Lorente, D., & Sinha, A. (2019). Foreign direct Investment–CO2 emissions nexus in Middle East and North African countries: Importance of biomass energy consumption. *Journal of cleaner production*, 217, 603-614.
- Shahzad, U., Ferraz, D., Dogan, B., Aparecida, D. Export product diversification and CO2 emissions: Contextual evidences from developing and developed economies. *Journal of Cleaner Production*, 276,124146
- Shao, W., Li, F., Cao, X., Tang, Z., Bai, Y., & Yang, S. (2020). Reducing export-driven CO2 and PM emissions in China's provinces: A structural decomposition and coordinated effects analysis. *Journal of Cleaner Production*, 274, 123101.
- Simioni, D. (2003). Contaminación atmosférica. *CEPAL*.
- Song, M., Wang, S., Tang, Y., y Du, Z (2020). Export trade, embodied carbon emissions, and environmental pollution: An empirical analysis of China's high-and new-technology industries. *Journal of Environmental Management*, 276, 111371.
- Spengler, J., & Sexton, K. (1983). Indoor Air Pollution: A Public Health Perspective. *Science*, 221(4605), 9-17. Retrieved November 22, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/1691425>
- Su, B., Ang, B. W., & Low, M. (2013). Input–output analysis of CO2 emissions embodied in trade and the driving forces: processing and normal exports. *Ecological Economics*, 88, 119-125.
- 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.
- Tang, X., Jin, Y., Wang, X., Wang, J., & McLellan, B. C. (2017). Will China's trade restructuring reduce CO2 emissions embodied in international exports?. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1094-1103.
- Tao, Y., Wen, Z., Xu, L., Zhang, X., Tan, Q., Li, H., & Evans, S. (2019). Technology options: Can Chinese power industry reach the CO2 emission peak before 2030?. *Resources, Conservation and Recycling*, 147, 85-94.
- Tiba, S., & Belaid, F. (2020). The pollution concern in the era of globalization: Do the contribution of foreign direct investment and trade openness matter?. *Energy Economics*, 92, 104966.

- Tuck, L. (8 de septiembre de 2016). La contaminación atmosférica. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2016/09/08/air-pollution-deaths-cost-global-economy-225-billion>
- Universidad Autónoma de Barcelona. (15 de abril de 2020). Phys. Obtenido de <https://phys.org/news/2020-04-economic-growth-incompatible-biodiversity.html>
- Vallas Martí,J. (2011). La contaminación y la Salud. Centro de Análisis y Programas Sanitarios.
- Wang, B., & Wang, Z. (2018). Imported technology and CO2 emission in China: Collecting evidence through bound testing and VECM approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 4204-4214.
- Wang, J. W., Liao, H., Tang, B. J., Ke, R. Y., & Wei, Y. M. (2017). Is the CO2 emissions reduction from scale change, structural change or technology change? Evidence from non-metallic sector of 11 major economies in 1995–2009. *Journal of cleaner production*, 148, 148-157.
- Wang, L., Chang, H. L., Rizvi, S. K. A., & Sari, A. (2020a). ¿Are eco-innovation and export diversification mutually exclusive to control carbon emissions in G-7 countries? *Journal of Environmental Management*, 270, 110829.
- Wang, S., He, Y., & Song, M. (2020b). Global value chains, technological progress, and environmental pollution: Inequality towards developing countries. *Journal of Environmental Management*, 277, 110999.
- Wang, Z., & Zhu, Y. (2020c). ¿Do energy technology innovations contribute to CO2 emissions abatement? A spatial perspective. *Science of The Total Environment*, 138574.
- Wang, Z., Yang, Z., Zhang, Y., & Yin, J. (2012). Energy technology patents–CO2 emissions nexus: an empirical analysis from China. *Energy Policy*, 42, 248-260.
- 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*, 243, 472-480.
- Ward, H., Radebach, A., Vierhaus, I., Fügenschuh, A., & Steckel, J. C. (2017). Reducing global CO2 emissions with the technologies we have. *Resource and Energy Economics*, 49, 201-217.
- Wooldridge, J.M., (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press, Cambridge, MA.

- Wu, R., Dai, H., Geng, Y., Xie, Y., & Tian, X. (2019). Impacts of export restructuring on national economy and CO2 emissions: A general equilibrium analysis for China. *Applied Energy*, 248, 64-78.
- Xie, Q., Wang, X., & Cong, X. (2020). How does foreign direct investment affect CO2 emissions in emerging countries? New findings from a nonlinear panel analysis. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119422.
- Yao, Y., Ivanovski, K., Inekwe, J., & Smyth, R. (2020). Human capital and CO2 emissions in the long run. *Energy economics*, 91, 104907.
- Yii, K. J., & Geetha, C. (2017). The nexus between technology innovation and CO2 emissions in Malaysia: evidence from granger causality test. *Energy Procedia*, 105, 3118-3124.
- Zhang, C., & Zhou, X. (2016). Does foreign direct investment lead to lower CO2 emissions? Evidence from a regional analysis in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 943-951.
- Zhang, H., Wang, Y., Zhu, X., & Guo, Y. (2020). The impact of energy trade patterns on CO2 emissions: An emergy and network analysis. *Energy Economics*, 92, 104948.
- Zubair, A. O., Samad, A. R. A., & Dankumo, A. M. (2020). Does gross domestic income, trade integration, FDI inflows, GDP, and capital reduces CO2 emissions? An empirical evidence from Nigeria. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100009.

15. ANEXOS

Tabla 4.

Lista de países utilizados en la investigación

<i>Nivel de ingreso</i>	<i>Descripción</i>	<i>Países</i>
PIA	Países de ingresos altos	Australia, Austria, Belgic, Bermuda, Brunei Darussalam, Canada, Chile, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Greenland, Hong Kong SAR, Hungary, Iceland, Ireland, Israel, Italy, Japan, Korea, Kuwait, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Macao SAR, Malta, Mauritius, Netherlands, New Zealand, Norway, Oman, Panamá, Poland, Portugal, Qatar, Romania, Saudi Arabia, Seychelles,

		Singapore, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Trinidad and Tobago, United Arab Emirates, United Kingdom, United States y Uruguay
PIMA	Países de ingresos medios altos	Argentina, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia and Herzegovina, Botswana, Brazil, Bulgaria, China, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Georgia, Guatemala, Indonesia, Iran, Iraq, Jordan, Kazakhstan, Malaysia, México, Montenegro, North Macedonia, Paraguay, Perú, Russian Federation, Serbia, South Africa, Thailand, Turkey y Venezuela.
PIMB	Países de ingresos medios bajos	Algeria, Bolivia, Egypt, El Salvador, Honduras, India, Kyrgyz Republic, Lesotho, Moldova, Mongolia, Morocco, Myanmar, Nicaragua, Pakistan, Philippines, Senegal, Sri Lanka, Tanzania, Tunisia, Ukraine, Uzbekistan, Vietnam, West Bank and Gaza y Zambia
PIB	Países de ingresos bajos	Burkina Faso, Burundi, Congo, Ethiopia, Gambia, Madagascar, Mali, Mozambique, Sudan, Tajikistan, Togo y Uganda.

Tabla 5.
Estadísticas de multicolinealidad

<i>Variable</i>	<i>VIF</i>	<i>SQRT VIF</i>	<i>Tolerance</i>	<i>R-Squared</i>
<i>ICO2_{it}</i>	2,62	1,62	0,3822	0,6178
<i>ITec_{it}</i>	3,52	2,35	0,1812	0,8188
<i>IX_{it}</i>	4,54	2,75	0,1326	0,8674
<i>lled_{it}</i>	1,04	1,02	0,9647	0,0353
<i>lRn_{it}</i>	1,70	1,30	0,5888	0,4112
<i>Urb_{it}</i>	2,60	1,61	0,3845	0,6155
<i>Ch_{it}</i>	3,45	1,86	0,2899	0,7101

Media VIF 2,78

Tabla 6.
Prueba de dependencia en las secciones transversales

<i>Variables</i>	<i>CD-test (2004)</i>		<i>CD-test (Pesaran 2015)</i>	
	<i>Estadístico</i>	<i>p-valor</i>	<i>Estadístico</i>	<i>p-valor</i>
ICO2	75.77***	0.00	411.72***	0.00

ITec2	224.28***	0.00	410.89**	0.01
ITec	223.74***	0.00	411.73***	0.00
IX	313.98***	0.00	411.91***	0.00
IIED	37.03***	0.00	344.94***	0.00
IRn	201.15***	0.00	385.54***	0.00
IUrb	211.05***	0.00	411.09***	0.00
Ch	388.20***	0.00	411.53***	0.00

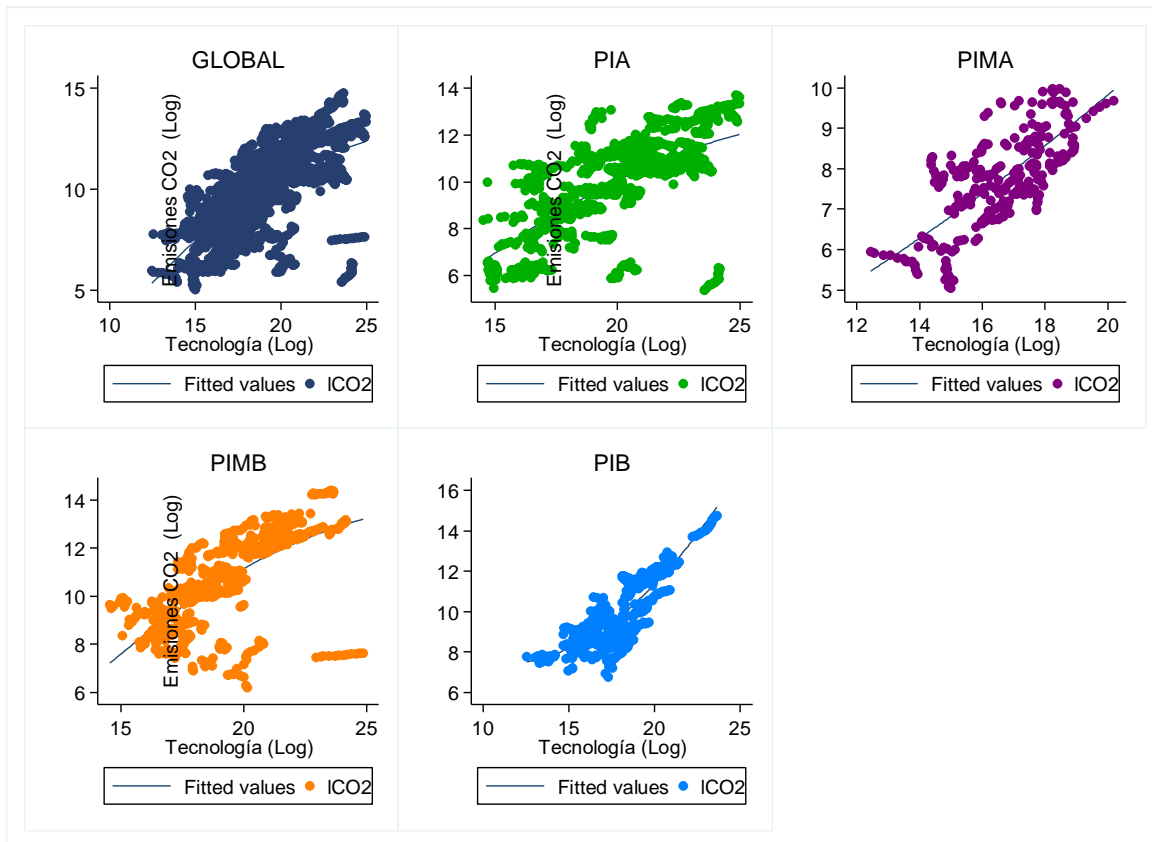


Figura 1. Correlación entre contaminación y tecnología por grupos de países, 1996- 2018

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2020)

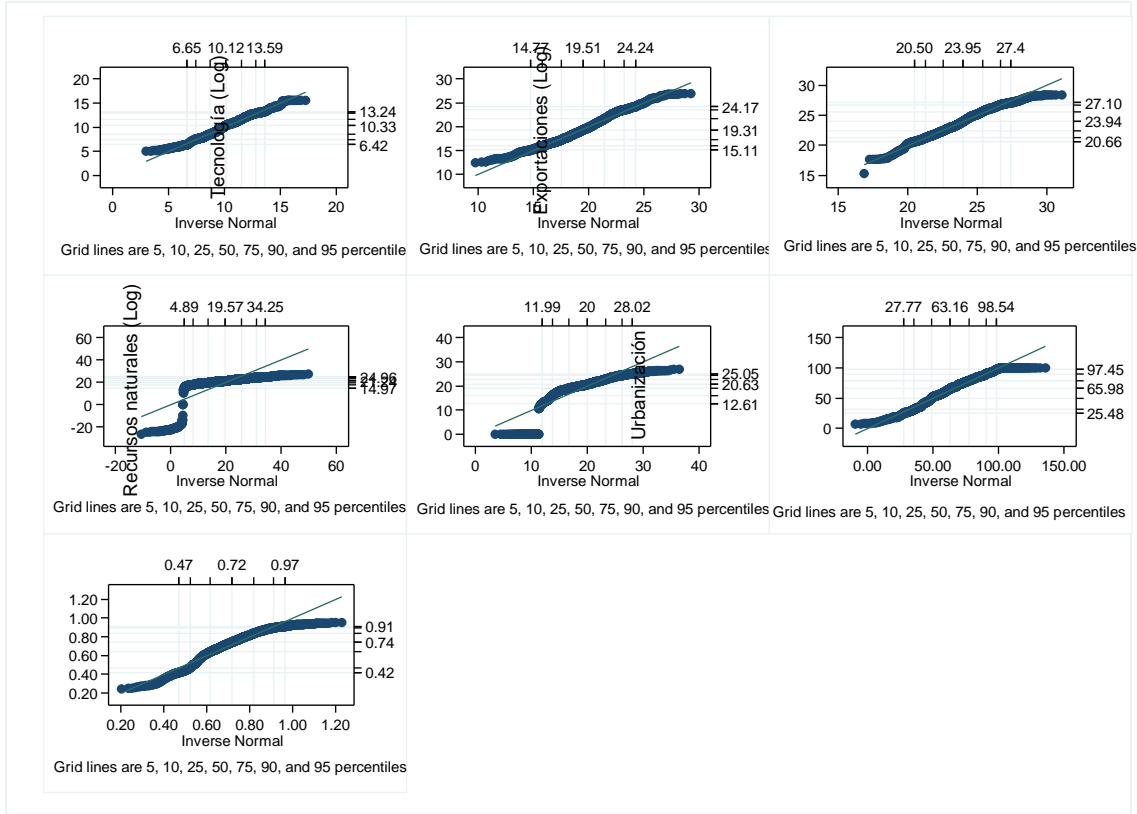


Figura 3. Cuantiles de los parámetros del modelo
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2020)

Anexo 2

Test de Hausman sin variables de control a nivel global

	---- Coefficients ----			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	-0,0001	0,0001	-0,0001	0,0002
ITec	0,2547	0,2335	0,2109	0,0081

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\text{chi2}(8) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 44,24$$

Prob>chi2 = 0,000

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

Anexo 3

Test de Hausman sin variables de control Países de Ingresos Altos (PIA)

	---- Coefficients ----			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	-0,0093	-0,0081	-0,0012	0,0003
ITec	0,5012	0,4640	0,3717	0,1029

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\text{chi2}(8) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 36,54$$

Prob>chi2 = 0,000

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

Anexo 4

Test de Hausman sin variables de control Países de Ingresos Medios Altos (PIMA)

	---- Coefficients ----			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec	0,3314	0,3479	-0,0165	0,0075

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\text{chi2}(8) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 0,0272$$

Prob>chi2 = 0,000

Dado que (Prob>Chi2 es 0,0000) es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se asume

las estimaciones de efectos fijos.

Anexo 5

Test de Hausman sin variables de control Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB)

	---- Coefficients ----			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	0,0002	-0,0000	0,0003	0,0002
ITec	0,2316	0,2447	-0,1300	0,0064

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\text{chi2}(8) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 9,12$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = \mathbf{0,010}$$

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

Anexo 6

Test de Hausman sin variables de control Países de Ingresos Bajos (PIB)

	---- Coefficients ----			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	0,0334	0,3549	-0,0021	0,0007
ITec	-0,8896	-0,9499	0,6028	0,0222

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

$$\text{chi2}(8) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 28,22$$

$$\text{Prob}>\text{chi2} = \mathbf{0,000}$$

Dado que $(\text{Prob} > \chi^2)$ es 0,0000) es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se asume las estimaciones de efectos fijos,

Anexo 7.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan sin variables de control a Nivel Global

$$\text{chibar2}(01) = 444,38$$

$$\text{Prob} > \text{chibar2} = 0,000$$

Anexo 8.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan sin variables de control Países de Ingresos

Altos (PIA)

$$\text{chibar2}(01) = 37780,25$$

$$\text{Prob} > \text{chibar2} = 0,000$$

Anexo 9.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan sin variables de control Países de Ingresos

Medios Altos (PIMA)

$$\text{chibar2}(01) = 788,65$$

$$\text{Prob} > \text{chibar2} = 0,000$$

Anexo 10.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan sin variables de control Países de Ingresos

Medios Bajos (PIMB)

$$\text{chibar2}(01) = 17125,29$$

$$\text{Prob} > \text{chibar2} = 0,000$$

Anexo 11.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan sin variables de control Países de Ingresos

Bajos (PIB)

$$\text{chibar2}(01) = 2480,59$$

$$\text{Prob} > \text{chibar2} = 0,000$$

Anexo 12.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge sin variables de control a Nivel Global

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 121) = 272,239$

Prob > F = 0,000

Anexo 13.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge sin variables de control Países de Ingresos Altos (PIA)

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 53) = 128,434$

Prob > F = 0,000

Anexo 14.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge sin variables de control Países de Ingresos Medios Altos (PIMA)

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 11) = 75,067$

Prob > F = 0,000

Anexo 15.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge sin variables de control Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB)

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 31) = 51,512$

Prob > F = 0,000

Anexo 16.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge sin variables de control Países de Ingresos Bajos (PIB)

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

F (1, 23) = 115,226

Prob > F = 0,000

Anexo 17.

Test de Hausman con variables de control a Nivel global

---- Coefficients ----

	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	-0,0129	-0,0113	-0,0016	0,0002
ITec	0,5632	0,5161	0,0471	0,0080
IX	0,1151	0,1234	-0,0083	0,0009
IIED	0,0012	0,0013	-0,0000	7,60e-06
IRn	0,0049	0,0086	-0,0037	0,0048
Urbl	0,0413	0,0368	0,0046	0,0006

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic chi2(8) =

$(b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 118,22$

Prob>chi2 = 0,000

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

Anexo 18.

Test de Hausman con variables de control Países de Ingresos Altos (PIA)

---- Coefficients ----

	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	-0,0109	-0,0095	-0,0014	0,0004
ITec	0,5436	0,5006	0,0430	0,0124
IX	0,0219	0,0305	-0,0086	0,0023
IIED	0,0011	0,0012	-0,0000	8,14e-06
IRn	0,0121	0,0137	-0,0016	0,0004
Urbl	0,0032	0,0006	0,0026	0,0009

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic $\chi^2(8) =$

$$(b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 57,40$$

Prob>chi2 = 0,000

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

Anexo 19.

Test de Hausman con variables de control Países de Ingresos Medios Altos (PIMA)

---- Coefficients ----

	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	0,0103	0,1357	-0,0324	0,0059
IX	0,2824	0,3742	-0,0092	0,0149
IIED	0,0021	0,0015	0,0006	0,0001
IRn	0,0566	0,0599	-0,0062	0,0023
Urbl	0,0805	0,5969	0,0208	0,0034

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic $\chi^2(8) =$

$$(b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 41,11$$

Prob>chi2 = 0,000

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

Anexo 20.

Test de Hausman con variables de control Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB)

---- Coefficients ----

	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b- V_B))
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	-0,0173	-0,0169	-0,0004	0,0003
ITec	0,0730	0,7188	0,0114	0,0099
IX	0,5367	0,0569	-0,0033	0,0009
IIED	-0,0016	-0,0016	-0,0000	0,0000
IRn	-0,0041	-0,0032	-0,0009	0,0002
Urbl	0,0409	0,0396	0,0012	0,0005

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic $\chi^2(8) =$

$$(b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 18,96$$

Prob>chi2 = 0,004

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

Anexo 21.

Test de Hausman con variables de control Países de Ingresos Bajos (PIB)

---- Coefficients ----

	(b)	(B)	(b-B)	$\sqrt{\text{diag}(V_b - V_B)}$
	FE	RE	Difference	S, E
ITec2	0,0208	0,0253	-0,0045	0,0007
ITec	0,5919	-0,7253	0,1334	0,0224
IX	0,1161	0,0125	-0,0090	0,0022
IIED	0,0016	0,0016	-0,0000	0,0000
IRn	0,0106	0,0429	-0,0323	0,0064
Urbl	0,0468	0,0332	0,0135	0,0022

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg

B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic $\chi^2(8) =$

$(b-B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b-B) = 63,87$

Prob>chi2 = 0,000

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

Anexo 22.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan con variables de control a nivel Global

$\text{chibar2}(01) = 50274,68$

Prob > $\text{chibar2} = 0,000$

Anexo 23.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan con variables de control Países de Ingresos Altos (PIA)

$\text{chibar2}(01) = 17040,84$

Prob > chibar2 = 0,000

Anexo 24.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan con variables de control Países de Ingresos Medios Altos (PIMA)

chibar2(01) = 99,13

Prob > chibar2 = 0,000

Anexo 25.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan con variables de control Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB)

chibar2(01) = 6031,54

Prob > chibar2 = 0,000

Anexo 26.

Prueba de heterocedasticidad de Breusch-Pagan con variables de control Países de Ingresos Bajos (PIB)

chibar2(01) = 19478,34

Prob > chibar2 = 0,000

Anexo 27.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge con variables de control a nivel Global

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

F (1, 121) = 287,351

Prob > F = 0,000

Anexo 28.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge con variables de control Países de Ingresos Altos (PIA)

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 53) = 124,926$

Prob > F = 0,000

Anexo 29.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge con variables de control Países de Ingresos Medios Altos (PIMA)

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 11) = 78,302$

Prob > F = 0,000

Anexo 30.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge con variables de control Países de Ingresos Medios Bajos (PIMB)

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 31) = 53,261$

Prob > F = 0,000

Anexo31.

Pruebas de autocorrelación de Wooldridge con variables de control Países de Ingresos Bajos (PIB)

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first order autocorrelation

$F(1, 23) = 86,139$

Prob > F = 0,000

ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA.....	ii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi

a.	TÍTULO.....	10
b.	RESUMEN	11
c.	INTRODUCCIÓN.....	13
d.	REVISIÓN DE LITERATURA	17
	1. ANTECEDENTES	17
	2. REVISIÓN DE LITERATURA	22
e.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
	1. MATERIALES	28
	1.1. Análisis de datos.....	28
	1.2. Clasificación de países por su nivel de ingreso (método atlas).....	31
	2. ESTRATÉGICA ECONÓMETRICA	33
	2.1. Objetivo específico 1	33
	2.2. Objetivo específico 2	34
	2.3. Objetivo específico 3	35
f.	RESULTADOS	36
	1. Objetivo específico 1	36
	2. Objetivo específico 2	42
	3. Objetivo específico 3	46
g.	DISCUSIÓN.....	59
	1. Obejtivo específico 1	59
	2. Obejtivo específico 2	62
	3. Obejtivo específico 3	65
h.	CONCLUSIONES.....	74
i.	RECOMENDACIONES	76
j.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
k.	ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cobertura geográfica de la investigación..... 8

Figura 2. Correlación de la contaminación ambiental y tecnología a nivel global y por grupo de países38

Figura 3. <i>Evolución de la contaminación ambiental y tecnología a nivel global y por grupo de países ..</i>	41
Figura 4. <i>Cuantiles de los parámetros del modelo.....</i>	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Descripción de las variables.....</i>	29
Tabla 2. <i>Estadísticos descriptivos y matriz de correlación de variables</i>	30
Tabla 3. <i>Estadísticas de multicolinealidad.....</i>	31
Tabla 4. <i>Clasificación de los países de acuerdo a su nivel de ingreso</i>	32
Tabla 5. <i>Distribución de los 122 países de la investigación según su nivel de ingreso</i>	32
Tabla 6. <i>Resultados de la regresión GLS</i>	45
Tabla 7. <i>Prueba de dependencia en las secciones transversales</i>	46
Tabla 8. <i>Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores a nivel global.....</i>	49
Tabla 9. <i>Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores PIA</i>	49
Tabla 10. <i>Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores PIMA</i>	49
Tabla 11. <i>Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores PIMB</i>	49
Tabla 12. <i>Regresiones cuantílicas en base a tres estimadores PIB</i>	49