

Un análisis de cointegración con datos de panel entre exportaciones, densidad demográfica, crecimiento económico y emisiones de CO₂

A cointegration analysis with panel data between exports, population density, economic growth and CO₂ emissions

Jéssica Guamán¹ | Wilfrido Torres-Ontaneda²

¹Carrera de Economía, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

²Centro de Investigación Social y Económica CISE
Carrera de Economía, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

Correspondencia

Jessica Armijos, Carrera de Economía, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
Email: jessica.armijos@unl.edu.ec

Agradecimientos

Club de Investigación de Economía (CIE)

Fecha de recepción

Julio 2021

Fecha de aceptación

Diciembre 2021

Dirección

Bloque 100. Ciudad Universitaria Guillermo Falconí. Código Postal: 110150, Loja, Ecuador

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es analizar la relación de cointegración entre exportaciones, crecimiento económico y densidad demográfica con emisiones de CO₂ a nivel mundial y por grupos de países. Utilizando datos de panel en 90 países para el periodo 1961-2015. Esta investigación se sustenta con la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (1955) y evidencia empírica. Utilizando pruebas de cointegración y causalidad para datos en panel los resultados indican que existe equilibrio a largo y a corto plazo entre las variables a nivel mundial y por grupos de países. La fuerza del vector de cointegración en las variables es fuerte, y principalmente la densidad poblacional es contundente en todos los grupos de países. No se encontró existencia de causalidad ni a nivel mundial ni por grupos de países. Las políticas económicas estarían dirigidas a la estabilización poblacional, políticas comerciales y sobretodo políticas ambientales estrictas. Cada gobierno debe aplicar las políticas eficientemente, implementando la tecnología actualizada, potenciando a cada país económicamente y logre disminuir la contaminación ambiental.

Palabras clave: Exportaciones, Densidad Demográfica, Crecimiento económico, Emisiones de CO₂, Datos de panel.

Códigos JEL: E23. H23. Q53.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the cointegration relationship between exports, economic growth and population density with CO₂ emissions globally and by country groups. Using panel data in 90 countries for the period 1961-2015. This research is supported by the Kuznets Environmental Curve (1955) hypothesis and empirical evidence. Using cointegration and causality tests for panel data the results indicate that there is long-run and short-run equilibrium between variables at the global level and by country groups. The strength of the cointegrating vector in the variables is strong, and mainly population density is strong in all country groups. No causality was found either at the world level or by country group. Economic policies would be aimed at population stabilization, trade policies and, above all, strict environmental policies. Each government should apply the policies efficiently, implementing updated technology, empowering each country economically and managing to reduce environmental pollution.

Keywords: Exports. Population density. Economic growth. CO₂ emissions. Dashboard data.

JEL codes: E23. H23. Q53.

1 | INTRODUCCIÓN

Las Directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire, ofrecen una evaluación de los efectos sanitarios derivados de la contaminación del aire, así como de los niveles de contaminación perjudiciales para la salud. Según estimaciones de la OMS (2016) la contaminación atmosférica de todo el mundo provoca cada año 4,20 millones de defunciones prematuras. El 91 % de esas defunciones se producen en países de bajos y medianos ingresos, registrando las mayores tasas de morbilidad en las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental. La aplicación de políticas ambientales estrictas, eficientes y viables en cada país permitiría reducir importantes fuentes de contaminación del aire a corto y largo plazo. El enfoque de desarrollo sustentable concentra una abundante trayectoria de planteamientos y consensos internacionales, principalmente a la necesidad de lograr desarrollos que integren positivamente los objetivos económicos, sociales y ambientales en todos los países del mundo. La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud y el desarrollo económico de las diferentes sociedades, mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire, los países pueden reducir la carga de morbilidad, aumentar el crecimiento económico y las exportaciones, a través de métodos sustentables y amigables con el medio ambiente, utilizando nuevas tecnologías y garantizando la seguridad ambiental.

Para explicar el modelo de la presente investigación, se consideran los planteamiento de Ohlan (2015) y Rahman (2017) quienes estudiaron variables similares al de la presente investigación. Para ratificar el modelo se utiliza tanto evidencia empírica como teórica, dividiendo al modelo en tres relaciones. La primera relación entre las exportaciones y emisiones de CO₂, manifiesta que el efecto del libre comercio sobre la contaminación no es incuestionable, porque cada país tiene acceso al mercado internacional; aumentando la competencia y eficiencia, entonces, los países importan tecnologías limpias para reducir las emisiones de CO₂. Sin embargo, un aumento en el comercio internacional agotaría los recursos naturales, aumentando las emisiones de CO₂ y degradaría la calidad ambiental. En este contexto, Helpman (1998) reveló la necesidad de una teoría comercial orientada a la tecnología y enfatizada en la dinámica para comprender los desarrollos en el comercio internacional.

La segunda relación basada en la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (CAK) donde la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂ (proxy para la calidad ambiental) es una curva no lineal en forma de U invertida. En la etapa temprana del desarrollo, el crecimiento y las emisiones de CO₂ mantienen una tendencia de crecimiento y después de un cierto nivel de desarrollo, cuando una economía madura y tiene la capacidad de utilizar tecnologías eficientes en CO₂, la contaminación disminuye con el aumento del crecimiento económico. En la tercera relación entre densidad demográfica y emisiones de CO₂, Engelman (1994) mostró cómo un acuerdo internacional estabilizaría los niveles atmosféricos de CO₂. Igualmente, Constant et al. (2014) mostraron un impacto en la productividad, asociado a la innovación tecnológica, crecimiento de la población y una disminución de la productividad.

El objetivo de esta investigación es analizar la relación de cointegración entre exportaciones, crecimiento económico y densidad demográfica con emisiones de CO₂, tanto a nivel mundial como por grupos de países en el periodo 1961-2015. La investigación comprende datos para 90 países en el periodo de estudio, permitiendo estructurar un panel perfectamente equilibrado. La hipótesis es que existe relación de cointegración entre exportaciones, crecimiento económico y densidad demográfica con emisiones de CO₂ a nivel mundial y por grupos de países en el periodo 1961-2015. Esta hipótesis se verificará aplicando modelos y técnicas econométricas de datos de panel. Previamente a la estimación y aplicación de técnicas econométricas, con el propósito de reducir la heterogeneidad

por ingresos, se agrupó a los países de la siguiente manera: Países de Ingresos Extremadamente Altos (PIEA), Países de Ingresos Altos (PIA), Países de Ingresos Medio Altos (PIMA), Países de Ingresos Medio Bajos (PIMB), Países de Ingresos bajos (PIB) y Países de Ingresos Extremadamente Bajos (PIEB). Esta clasificación permite plantear implicaciones políticas para cada grupo de países de acuerdo a los resultados obtenidos.

En cuanto a la metodología, primero, valoramos un modelo de GLS para estimar tanto la dirección como la fuerza de la correlación entre las variables. Seguidamente, verificamos que el modelo no presentaba el problema de raíz unitaria mediante las pruebas cointegración como: Dickey y Fuller (1981), Phillips y Perron (1988), Levine, Breitung (2000), Lin y Chu (2002) y Im, Pesaran y Shin (2003). Para determinar la presencia de vectores de equilibrio a largo se aplicó la técnica de cointegración de Pedroni (1999); y para el corto plazo, los modelos de corrección de errores de Westerlund (2007). Además de la determinación de la fuerza del vector de cointegración mediante la aplicación de los modelos DOLS y PDOLS de Pedroni (2001). Finalmente, se aplica el test de causalidad tipo Granger (1988) propuesto por Dumitrescu y Hurlin (2012). Los resultados indicaron la existencia de equilibrio a largo y a corto plazo entre las variables a nivel mundial y por grupos de países. La fuerza del vector de cointegración en todas las variables del modelo es fuerte, sin embargo, la variable de densidad poblacional es contundente en todos los grupos de países. Finalmente, no se encontró existencia de causalidad entre variables.

La principal contribución de la presente investigación está determinada por cuatro aspectos. Primero, la determinación del modelo econométrico haciendo uso de dos bases empíricas y una teoría de emisiones de CO₂. Segundo, el proceso para establecer la clasificación de los países por grupos, según el nivel de ingresos per cápita y a nivel global. Tercero, la metodología empleada para determinar la relación de cointegración entre variables, utilizando datos de panel para 90 países al rededor del mundo y para el periodo de 1961-2105. Y cuarto, se profundiza y amplía la evidencia para la relación entre densidad demográfica y emisiones de CO₂. Por tanto, esta investigación puede considerarse un aporte para futuras investigaciones, al no existir amplia evidencia empírica que aborde este tema. Los resultados obtenidos, pueden ser útiles para la aplicación de políticas económicas. Las políticas económicas que cada gobierno debería aplicar estarían dirigidas a la estabilización poblacional, políticas comerciales y para disminuir las emisiones de CO₂, políticas ambientales estrictas. Estas políticas resultarían eficientes al implementar la tecnología para potenciar económica y ambientalmente a cada país.

El resto de esta investigación tiene la siguiente estructura. La segunda sección muestra una revisión de investigaciones previas relacionadas con el tema. La tercera sección, presenta los datos y planteamiento de la estrategia econométrica. La cuarta sección indica la discusión de los resultados encontrados con la teoría y la evidencia empírica. La quinta sección contiene las conclusiones e implicaciones de política.

2 | REVISIÓN DE LITERATURA PREVIA

Las elevadas emisiones de CO₂ han sido las responsables de la contaminación ambiental. Se pronostica la intensificación de los impactos en los próximos años, constituyendo riesgos para la humanidad y el desarrollo económico. La sociedad debe tomar medidas para adaptarse a estos impactos y para reducir las emisiones de gases. En este sentido, existen investigaciones que estudian el impacto de diversas variables sobre las emisiones de CO₂ como: Ohlan (2015) y Rahman (2017) quienes utilizaron variables similares a las

de la presente investigación, donde Ohlan (2015) indicó la existencia de una relación a largo plazo entre emisiones de CO₂ y factores socioeconómicos. Por otra parte, Rahman (2017) determinó que el uso de energía, exportaciones y densidad de población afectan adversamente la calidad ambiental a largo plazo. Entonces, se dividió en tres grupos la evidencia empírica.

2.1 | 2.1 Relación entre exportaciones y emisiones de CO₂

El efecto del libre comercio sobre la contaminación es cuestionable, porque cada país tiene acceso al mercado internacional; aumentando la competencia y eficiencia. Entonces, los países importan tecnologías limpias para reducir las emisiones de CO₂. Sin embargo, un aumento en el comercio internacional agotaría los recursos naturales, aumentando emisiones de CO₂ y degradaría la calidad ambiental. En este contexto, Helpman (1998) manifestó la necesidad de una teoría comercial orientada a la tecnología y enfatizada en el comercio internacional. Existen varios estudios para Asia, por ser un área con mayor producción, comercio y contaminación. En ese sentido, Mongelli et al. (2006) manifiestan que los países en desarrollo pueden convertirse en un refugio para la producción de productos básicos no ecológicos. Además, Wu et al., (2016) mostraron que China fue un exportador de emisiones de CO₂. Adicionalmente, autores como: Arce et al. (2016), Liu et al. (2017), Liu et al. (2016), Tang et al. (2017), Tian y Lin (2017) y Zhu et al. (2018) aplicaron un análisis de entrada y salida.

Por otra parte, Al-Mulali y Sheau-Ting (2014) revelaron una relación positiva entre variables comerciales, consumo de energía y emisiones de CO₂; cuando la participación del comercio en el PIB es significativa y en países de alto nivel de desarrollo. En América Latina, Zaman y Abd-el Moemen (2017) confirmaron una relación a largo plazo. Igualmente, Richter y Schiersch (2017) sugieren una relación positiva entre la exportación y la productividad de CO₂. Y Machado (2000) evaluó la energía y el carbono en el comercio exterior no energético. Además, Solilová y Nerudová (2014) debaten sobre el Sistema de Comercio de Emisiones (Emissions Trading System -ETS) de la Unión Europea (UE), su desarrollo e impacto en el CO₂.

Zhao et al. (2016) manifiestan que cambios en las estructuras industriales y comerciales para equilibrar las ganancias económicas y las pérdidas ambientales. Los autores, Ali et al. (2017); Yu y Chen (2017) y Gilbert y Sovacool (2017) proponen el estudio de las actividades de industrias responsables de las emisiones de CO₂. Además, Andersson (2018) mostró que la liberalización del comercio, instituciones ambientales débiles, política cambiaria y derechos legales y de propiedad afectan a las emisiones. En contraste, Xu, Li y Huang (2017) señalan que la estructura financiera de China y la UE y los datos de emisiones de CO₂ muestran cierta correlación negativa. Mutascu (2018) revela que no hay un comovimiento entre la apertura comercial y las emisiones de gases; la inexistencia de reglas ambientales; y la interacción entre el comercio y las emisiones de CO₂ está impulsada por el ciclo económico.

Este grupo incluye una relación entre exportaciones, PIB y emisiones de CO₂. En este contexto, la aplicación de pruebas de límites a la cointegración y causalidad de Granger en investigaciones de Ali et al. (2017), Halicioğlu (2009) y Hossain (2011). Además, Inglesi-Lotz y Dogan (2018) confirmaron una relación a largo plazo entre variables. Por otro lado, Zilio (2012), Farhani et al. (2014), Olale et al. (2018) confirman la hipótesis de la CAK. Otros trabajos aplicaron diversos métodos para verificar la existencia de CAK dentro de los cuales están Shahbaz et al. (2012), Kasman y Duman (2015). Asimismo, Tiwari et al. (2013) ratificaron la cointegración a largo plazo entre PIB, apertura comercial y emisiones de CO₂.

2.2 | 2.2 Relación entre crecimiento económico y emisiones de CO₂

Esta relación se sustenta con la hipótesis de la CAK, donde la relación entre el crecimiento económico o Producto Interno Bruto (PIB) y las emisiones de CO₂ es una curva no lineal en forma de U invertida. Implicando que al inicio del desarrollo, el PIB y las emisiones de CO₂ tienden a ser crecientes, y después de un cierto nivel, cuando una economía madura y tiene la capacidad de utilizar tecnologías eficientes en carbono, las emisiones de CO₂ disminuyen con el aumento del PIB. Esta hipótesis ha sido estudiada desde la década de 1990, aún se sigue tomando en consideración para estudios actuales como Narayan y Narayan (2010) quienes determinaron que la emisión de CO₂ ha disminuido con un aumento en los ingresos. Apergis (2016), Kais y Sami (2016), Atasoy (2017), Jardon et al. (2017), Talbi (2017) y Ozcan (2013) confirmaron la existencia de CAK. Por su parte, Al Mamuny (2014) sugieren que la transformación de diferentes economías hacia una economía de servicios ha producido aumento contaminación en países de altos ingresos.

Además, Alvarado et al. (2018) encontraron existencia de relación en forma de U en los países de ingresos medios altos y bajos. Catalán (2014) mostró curva en forma de N, indicando que la disminución de emisiones de CO₂ por un mayor PIB es transitorias. Por su lado, Mercan y Karakaya (2015), Zakarya et al. (2015), Bekhet et al. (2017), Cherni y Jouini (2017), Cai et al. (2018); Alshehry y Belloumi (2015), Ozturk (2017) determinaron cointegración y causalidad de acuerdo a cada país y periodo de estudio. Asimismo, Dogan y Aslan (2017) prueban una relación a largo plazo entre las variables. Para Kang et al. (2016) la urbanización y la combustión de carbón son los factores principales en el aumento de las emisiones de CO₂. Para Ito (2017) los incentivos a la producción deben enfocarse en el uso de tecnologías ambientales para limitar el daño de la contaminación.

En contraste, para Azam (2016); Xu (2018), Robalino-López, Mena-Nieto, García-Ramos y Golpe (2015) la CAK no es válida. CAK. Por su parte, Zoundi (2017) encontró que las emisiones de CO₂ aumentan con el ingreso y Rashid Gill, Viswanathan y Hassan (2017) concluyeron que el crecimiento de CAK requiere demasiados recursos y tiene un enorme costo ambiental. Por su parte, Akalpler y Shingil (2017) y Saidi y Hammami (2015) estimaron que las emisiones de CO₂ tienen un impacto negativo en el PIB. Por su lado, Marjanović, Milovančević y Mladenović (2016) demuestran que Extreme Learning Machine se puede utilizar de manera efectiva en las aplicaciones de pronóstico del PIB. Por su parte, Kahouli (2017) confirma la existencia de efectos de retroalimentación entre variables. Finalmente, Heidari, Turan Katircioğlu y Saeidpour (2015) mostraron que el consumo de energía conduce a un aumento de CO₂.

2.3 | 2.3 Relación entre densidad demográfica y emisiones de CO₂

Esta relación no cuenta con abundante evidencia empírica. Sin embargo, mencionamos estudios relacionados como Engelman (1994) mostrando cómo un acuerdo internacional puede diseñarse para estabilizar los niveles atmosféricos de CO₂ en base a los principios de igualdad de acceso a la atmósfera y cómo la dinámica de la población y el consumo. Posteriormente, Engelman (1998) ilustra el impacto de las políticas de población en los esfuerzos mundiales para frenar el cambio climático. Finalmente, Constant, Nourry y Seegmuller (2014) mostraron un impacto en la productividad, asociado con una innovación tecnológica.

Este grupo incluye una relación entre el PIB, densidad demográfica y emisiones de CO₂. Existen investigaciones que probaron la CAK mediante diferentes técnicas econométricas como: Apergis y Ozturk (2015) y Wang et al. (2015). Finalmente, Hanif y Gago de

Santos (2017) proporcionan evidencia que el PIB en economías en desarrollo ha tenido un impacto en la degradación ambiental. Además, controlar el tamaño de la población podría minimizar la posibilidad de un impacto adverso para el ambiente. En contraste para Begum et al. (2015), Lin et al. (2016) la teoría CAK no es válida. Finalmente, Alam et al. (2016) demostraron que la relación entre emisiones de CO₂ y el crecimiento de la población fue estadísticamente significativa para India y Brasil.

Entonces, se sugiere que cada gobierno proponga y aplique políticas sustentables, principalmente políticas de control poblacional, considerando sus recursos. Si la población supera la cantidad de recursos que disponen, entonces, los recursos serán escasos para satisfacer las necesidades de una abundante población. Implicando que el gobierno se encargue de solventar y apaciguar las necesidades insatisfechas y carencias de la población mediante deuda, subsidios, importaciones, etc. Por tanto, un crecimiento económico amigable con el medio ambiente y sustentable, direccionado al comercio y exportaciones eficientes, para llegar a un desarrollo económico y principalmente un crecimiento poblacional adecuado, impulsado por el gobierno, evitaría problemas económicos, sociales, ambientales y políticos en el futuro de cada país.

Para terminar, el establecimiento del modelo econométrico de la presente investigación se relaciona dos teorías empíricas que re-

lacionan las exportaciones, densidad demográfica con emisiones de CO₂ respectivamente y una base teórica como la hipótesis de la CAK. Existe una variedad de estudios que muestran diferentes resultados sobre las tres relaciones entre las variables. Sin embargo, existe escasa información acerca de la relación densidad demográfica y emisiones de CO₂. Asimismo, información de otras investigaciones que relacionen las cuatro variables en una misma relación es insuficiente, siendo estas variables indispensables para determinar y sugerir políticas económicas enfocadas en disminuir las emisiones de CO₂ a nivel global para alcanzar un desarrollo sustentable y amigable con el medio ambiente.

3 | DATOS Y METODOLOGÍA

3.1 | Datos

La presente investigación fue elaborada utilizando la base de datos del World Development Indicator (WDI) del Banco Mundial (BM) para 90 países. Las variables aplicadas son de panel durante el periodo 1961-2015. La Tabla 1 resume las variables utilizadas en el presente modelo.

Tabla 1. Descripción de Variables

Variable	Descripción	Unidad de medida
<i>Dependiente</i>		
CO ₂	Emisiones de CO ₂	Kilotoneladas (Kt)
<i>Independiente</i>		
Exportaciones	Exportaciones de bienes y servicios	US \$ constantes de 2010
PIB	PIB a precios de mercado	US \$ constantes de 2010
PIB ²	PIB a precios de mercado al cuadrado	Captura la forma cuadrática del EKC
Densidad demográfica	Densidad de población	Personas por Km ² de área de tierra

La Figura 1 muestra la correlación de las variables utilizadas en el presente modelo econométrico a nivel global. En la parte superior la relación entre el PIB y CO₂ a la izquierda y la relación PIB² y CO₂ a la derecha. Las dos figuras son positivas y presentan una tendencia ascendente, es decir, mientras aumenta el PIB también aumentan las emisiones de CO₂ perjudicando al medio ambiente, debido a que previo o durante el proceso de producción ya sea por las técnicas o herramientas que aplique cada país las emisiones de CO₂ se hacen presente. Sin embargo en la parte derecha existe una pequeña tendencia negativa. En la parte inferior de la figura podemos observar dos relaciones, en la parte inferior izquierda la relación entre exportaciones y emisiones de CO₂, donde a mayor exportaciones mayor es la cantidad de emisiones de CO₂, debido a la utilización de diferentes métodos, técnicas de producción, además de los diversos medios de transporte para trasladar la producción de los países, generando un aumento en los niveles de contaminación a nivel mundial.

Finalmente, en la parte inferior derecha de la Figura 1, tenemos una relación entre la densidad demográfica y las emisiones de CO₂, donde presenta una forma de U invertida, es decir, va aumentando tanto la densidad demográfica como las emisiones de CO₂ hasta un punto en el que se igualan las dos variables, y a partir de este punto la densidad demográfica sigue aumentando mientras que las emisiones de CO₂ van disminuyendo, esto se explica porque los seres humanos emitimos CO₂ con solo respirar y además somos los prin-

cipales entes de contaminación al crear máquinas que emiten CO₂, aunque, por las diferentes amenazas de destrucción ambiental, se han ejecutado diversas campañas y se han difundido prácticas de conservación del medioambiente.

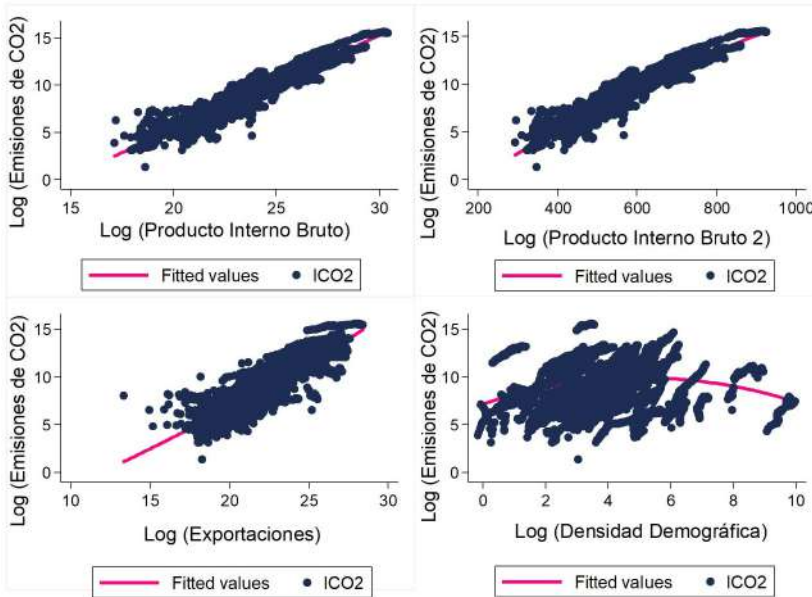


Figura 1. Correlación entre CO2 y variables utilizadas en el modelo econométrico.

La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos de los logaritmos de las variables del modelo, la media (Mean), desviación estándar (Des. Est.), valores mínimos (Min) y máximos (Max), y el número de observaciones en el tiempo y entre países. Considerando la Des.

Est de cada variable, existió más variación entre los países que dentro de los países. En lo referente a las observaciones, se afirma que los parámetros se generalizan en el tiempo y entre países.

Tabla 2. Estadísticos Descriptivos

Variable	Mean	Des. Est	Min.	Max.	Observaciones
Overall		2,40	1,29	15,57	N= 4949
Log CO2	Between	9,44	2,29	5,01	15,36 n= 90
	Within		0,74	4,58	12,84 T-bar= 54,99
Overall		2,25	13,35	28,42	N= 4950
Log EX	Between	22,84	2,03	18,95	27,01 n= 90
	Within		0,99	16,62	26,30 T-bar= 55
Overall		2,31	17,13	30,44	N= 4950
Log PIB	Between	24,26	2,21	19,81	29,73 n= 90
	Within		0,71	19,77	27,47 T-bar= 55
Overall		1,62	-0,15	9,98	N= 4950
Log POB	Between	3,88	1,60	0,62	9,61 n= 90
	Within		0,32	2,69	4,79 T-bar= 55

La metodología de ésta investigación se compone de la aplicación de varios test que verifican que las variables son estacionarias. Primero, la prueba de raíz unitaria de Dickey y Fuller (1981). Segundo, la aplicación de la prueba de raíz unitaria de Phillips-Perron (1988). Tercero, el test de Levin, Lin y Chu (2002). Cuarto, el test de Im, Pesaran y Shin (2003) y quinto el test de Breitung. Finalmente, la aplicación del test de cointegración de Pedroni (1999).

3.2 | Metodología

En el planeamiento del modelo y análisis de la presente investigación, resulta necesario aclarar que al no encontrar una teoría exacta que relacionara las variables del presente modelo y para plantear la función correspondiente, se trabajó con una combinación de rela-

ciones tanto empíricas como teóricas. Para las relaciones empíricas, primero se menciona la relación exportaciones y emisiones de CO₂, aunque en términos del comercio Rahman (2017) manifestó que el efecto neto del libre comercio de las contaminaciones es concluyente, porque cada país tiene un acceso fácil al mercado internacional; esto aumenta la competencia y la eficiencia del país y como resultado, los países pueden importar tecnologías más limpias para reducir las emisiones de CO₂. Por otro lado, un aumento en el comercio internacional agotaría los recursos naturales, lo que aumentaría las emisiones de CO₂ y degradaría la calidad ambiental.

La segunda relación empírica es escasa, sin embargo, el impacto en el aumento de la densidad poblacional en la calidad ambiental resulta evidente. Finalmente la relación con base teórica es sustentada con la hipótesis de Kuznets (1955) estableciendo que la relación entre el PIB y las emisiones de CO₂ es una curva en forma de U invertida, implicando que primero el PIB y las emisiones de CO₂ son crecientes, y después de un cierto nivel cuando una economía prospera y utiliza tecnologías eficientes, las emisiones de CO₂ disminuyen con el aumento del PIB. Entonces, la hipótesis de CAK se puede representar de la siguiente manera:

$$\log(CO_{2i,t}) = Y_0 + Y_1 \log(PIB_{i,t}) + Y_2 \log(PIB_{i,t}^2) + \Theta_i, t \quad (1)$$

Donde $\log(CO_{2i,t})$ es logaritmo de emisiones de CO₂ en Kilotoneladas, $\log(PIB_{i,t})$ es el logaritmo del PIB, y $\log(PIB_{i,t}^2)$ es el logaritmo del PIB al cuadrado. El subíndice it , indica el valor del país i en el período t , donde $i = 1, \dots, 90$ y $t = 1961, \dots, 2015$; Θ_i, t indica el error estocástico. Los parámetros cumplen las dos condiciones y son evidencia de la validez del CAK.

El método econométrico a nivel mundial planteado para evaluar la fuerza del vector de cointegración entre las variables de este modelo, está compuesta por cinco etapas. Primero, estimamos un modelo de regresión básico de datos de panel, este modelo básico permite verificar el grado de asociación y la dirección de la relación entre las variables a nivel mundial y por grupos de países. La ecuación (2) determina la relación entre las variables:

$$\log(CO_{2i,t}) = (\gamma_0 + \delta_0) + \gamma_1 \log(EX_{i,t}) + \gamma_2 \log(PIB_{i,t}) + \gamma_3 \log(PIB_{i,t}^2) + \gamma_4 \log(POB_{i,t}) + \theta_{i,t} \quad (2)$$

En la ecuación (2) $\log(CO_{2i,t})$ es la variable dependiente que representa el logaritmo de las emisiones de CO₂; y las variables independientes son: $\log(EX_{i,t})$ el logaritmo de exportaciones de bienes y servicios; $\log(PIB_{i,t})$ el logaritmo de PIB; $\log(PIB_{i,t}^2)$ el logaritmo del PIB al cuadrado y $\log(POB_{i,t})$ logaritmo de densidad de población; mientras que, los parámetros $\gamma_0 + \delta_0$ capturan la variabilidad en tiempo y sección transversal; $\gamma_1 \log(EX_{i,t})$ es el logaritmo de las exportaciones del país $i = 1, \dots, 90$ del período $t = 1961, \dots, 2015$; $\gamma_2 \log(PIB_{i,t})$ es el PIB del país $i = 1, \dots, 90$ del período $t = 1961, \dots, 2015$; $\gamma_3 \log(PIB_{i,t}^2)$ es la densidad poblacional del país $i = 1, \dots, 90$ del período $t = 1961, \dots, 2015$; $\gamma_4 \log(POB_{i,t})$ es el término de error estocástico.

La prueba de Hausman (1978) se utilizó para elegir entre un modelo de efectos fijos o aleatorios. El modelo planteado en la Ecuación (2) tiene dos problemas estructurales. La prueba de Wooldridge (2002) sugiere la presencia de autocorrelación y la prueba del multiplicador de Lagrange de Breusch-Pagan, muestra presencia de heterocedasticidad. Para corregir el sesgo en los estimadores por la autocorrelación y la heterocedasticidad, utilizamos el modelo GLS como

los trabajos de Begum, Sohag, Abdullah y Jaafar (2015); y Hanif y Gago de Santos (2017). Las series temporales tienen un componente tendencial que hace imposible medir eficientemente la relación entre ellas. Para garantizar que la serie no tenga el problema de la raíz unitaria, utilizamos las pruebas de: Dickey y Fuller Augmented (1981), Phillips y Perron (1988), Levine, Lin y Chu (2002), Im, Pesaran y Shin (2003), y Breitung (2002) que podemos estimar a partir de:

$$y_t = \alpha_0 + \lambda y_{t-1} + \alpha_1 t + \sum_{j=2}^p \beta_j y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Donde y_t es la serie que contiene al menos una raíz unitaria; α_0 es la intersección y α_1 captura el efecto de tendencia del tiempo t ; ε_t es el error gaussiano, y p representa la longitud del desfase. En la Ecuación (3), cuando el parámetro es significativo, se puede concluir que al menos uno de los paneles tiene una raíz unitaria. Al aplicar cinco pruebas diferentes asegura que las series utilizadas en las estimaciones no tienen el problema de la raíz de la unidad. La segunda etapa, determina el equilibrio a corto y largo plazo entre variables, utilizando la prueba de cointegración de Pedroni (1999). El equilibrio a largo plazo se determina con base en la siguiente ecuación:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n-1} \beta_{ij} X_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{n-1} \omega_{ij} y_{i,t-j} + \pi_i ECT_{t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

Donde $y_{i,t}$ representa la variable dependiente del país i en el período t . Los parámetros α_i y β_{ij} son los parámetros a estimar, y el término ECT_{t-1} es el vector de cointegración de equilibrio a largo plazo. Finalmente, $\varepsilon_{i,t}$ es el término de error aleatorio estacionario con media cero y j es la longitud del desfase y se determina con el criterio de información de Akaike (1974). El equilibrio a corto plazo se determina con la prueba de Westerlund (2007) en base a:

$$y_{i,t} = \delta_i d_t + \alpha_i (y_{i,t-1} - \beta_i X_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_{ij} y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} y_{ij} X_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

Donde $t = 1, \dots, T$ los períodos de tiempo y en $i = 1, \dots, N$ los países. El término d_t es el componente determinista. Confiamos en la suposición de que el vector k -dimensional de $X_{i,t}$ es aleatorio e independiente de $\varepsilon_{i,t}$, por lo que se supone que estos errores son independientes a través de i y t . La hipótesis nula sugiere que no hay cointegración a corto plazo. La prueba de cointegración de Pedroni (1999) se ha utilizado para verificar la relación entre variables socio-económicas y emisiones de CO₂ en diferentes períodos y países (Al-Mulali y Sheau-Ting, 2014; Kasman y Duman, 2015; Zoundi, 2017; Inglesi-Lotz y Dogan, 2018). Sin embargo, la prueba de cointegración a corto y largo plazo solo indica la existencia o no de un vector que se relaciona con las variables en cuestión. Entonces, en la próxima etapa estimamos la fuerza del vector de cointegración utilizando el enfoque de Pedroni (2001). Esta estrategia permite evaluar la fuerza del vector de equilibrio entre emisiones de CO₂ y las otras variables de la presente investigación. Concretamente, la fortaleza de la relación entre las variables en cada país se estimó utilizando un modelo DOLS (Apergis y Ozturk, 2015; Begum et al., 2015; Shahbaz et al., 2015; Apergis, 2016; Dogan y Aslan, 2017; Personal et al., 2017; Rahman, 2017; Zoundi, 2017, Inglesi-Lotz y Dogan, 2018.) y para los grupos de países a través de PDOLS. La siguiente ecuación plantea la relación entre las dos variables:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \delta_i X_{i,t} + \sum_{j=-p}^p \rho_{ij} \Delta X_{i,t-j} + \mu_{i,t} \quad (6)$$

Dónde $y_{i,t}$ están las emisiones de gases contaminantes, $i = 1, 2, \dots, 160$ países, $t = 1, 2, \dots, T$ es el tiempo, $p = 1, 2, \dots, P$ es el número de rezagos en la regresión DOLS, mientras que δ_i mide el cambio en las emisiones de CO2 cuando cambia las inversiones y $\gamma_{i,t}$ mide el cambio en las emisiones de CO2 cuando cambia el desarrollo financiero. El estimador PDOLS se promedia a lo largo de la dimensión entre los grupos (Neal, 2014), y la hipótesis nula establece que $\beta_i = \beta_0$. Finalmente, en la cuarta etapa usamos la prueba formalizada por Dumitrescu y Hurlin (2012) para determinar la existencia y la dirección de causalidad entre las tres variables usando la siguiente expresión:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^k y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^k x_{i,t-k} + \mu_{i,t} \quad (7)$$

En la ecuación (7), suponemos que $\beta_i = \beta_i^{(1)}, \dots, \beta_i^{(k)}$, y que el término α_i se fija en la dimensión de tiempo. El parámetro autorregresivo γ_i^k , el coeficiente de regresión β_i^k y varía entre las secciones transversales. La hipótesis nula plantea que no hay relación causal para ninguna de las secciones transversales del panel $H_0: \beta_i = 0$.

4 | DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La Tabla 3 reporta los resultados de la estimación de exportaciones, PIB, densidad demográfica y emisiones de CO2 nivel mundial y por grupos de países. Los países están clasificados según su nivel de ingresos. En el modelo se aplicaron pruebas para detectar y corregir la correlación serial, heterocedasticidad y determinar efectos fijos o aleatorios. Para determinar los efectos del modelo a nivel global y por grupos de países, se aplicó la prueba de Hausman (1978).

Tabla 3. Relación entre exportaciones, PIB, densidad demográfica y emisiones de CO2

	GLOBAL	PIEA	PIA	PIMA	PIMB	PIB	PIEB
Log EX	0,01 (0,67)	-0,36*** (3,37)	-0,06* (-2,46)	0,05* (1,24)	0,02 (1,57)	-0,02 (-0,82)	0,04 (1,76)
Log PIB	-0,92*** (-8,64)	31,83*** (6,50)	-2,40*** (-16,82)	-2,76*** (-10,94)	-0,36 (-1,43)	0,55 (1,44)	-1,29*** (-4,05)
Log PIB ²	0,04*** (17,25)	-0,61*** (-6,38)	0,06*** (20,36)	0,07*** (13,70)	0,03*** (4,99)	0,01 (1,56)	0,05*** (7,02)
Log POB	-0,01 (-0,76)	-0,04 (-1,66)	-0,11*** (-4,23)	-0,23*** (-5,49)	0,10*** (4,00)	-0,09* (-2,54)	0,26*** (6,51)
Constante	9,56*** (7,24)	-415,9*** (-6,44)	32,06*** (16,83)	32,21*** (11,23)	2,64 (0,83)	-1019* (-2,22)	10,34** (2,71)
Prueba de Hausman (valor-p)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00
Prueba de correlación serial (valor-p)	0,94	0,70	0,98	0,92	0,92	0,93	0,91
Efectos fijos (tiempo)	No	No	No	No	No	No	No
Efectos fijos (países)	No	No	No	No	No	No	No
Observaciones	4950	110	1100	495	1210	1045	990

Todos los paneles a excepción de PIA, presentaron Efectos Fijos. Entre la evidencia empírica varias investigaciones aplicaron la prueba de Hausman (1978) como Wang et al. (2015); Alvarado et al. (2018). Además, los resultados indican una fuerte relación y significancia estadística. Posteriormente, se aplicó la prueba de Wooldridge (2002) y de Wald para detectar la correlación y heterocedasticidad respectivamente. Además, no fue necesario incluir efectos del tiempo ni efectos de países para corregir la correlación y la heterocedasticidad. Por otro lado, la CAK solo se cumple en PIEA. La Tabla 4 muestra los resultados de la prueba de raíz unitaria entre las variables del modelo a nivel global y por grupos de país. Las variables están expresadas en logaritmos y los resultados expresados sin efectos del tiempo y con efectos del tiempo. Para verificar la estacionariedad de las variables utilizadas en el modelo, se aplicaron cinco

pruebas independientes. Estas pruebas se dividen en paramétricas Levine et al. (2002), Im et al. (2003) y Breitung (2002); y pruebas no paramétricas: Fisher de Dickey y Fuller Augmented (1981), Phillips y Perron (1988).

Los resultados de estas pruebas permitieron aseverar un alto grado de consistencia y corrobora que las primeras diferencias en las series no tienen problema de raíz unitaria en las variables, excepto densidad poblacional, debido a que la población crece a un ritmo lento y depende de otras variables. En general, los resultados sugieren que las series son estacionarias y presentan un orden de integración I(0) al 1% de significancia, a excepción de densidad demográfica cuyas series son no estacionarias. Adicionalmente, se utilizó el Criterio de Información de Akaike (1974) para determinar la duración del retraso, es decir, la longitud de los rezagos.

Tabla 4. Pruebas de raíz unitaria en la primera diferencia

Grupos Variable	Sin efectos del tiempo					Con efectos del tiempo					
	LL	UB	IPS	ADF	PP	LL	UB	IPS	ADF	PP	
GLOBAL	EX	-47,98*	-10,84*	-49,67*	-25,84*	-50,33*	-48,21*	-8,83*	-52,15*	-26,51*	-51,08*
	PIB	-36,11*	-10,14*	-37,47*	-20,38*	-39,61*	-38,15*	-9,81*	-39,59*	-21,57*	-40,11*
	POB	0,03	6,88	-0,14	0,94	-1,94*	-8,17*	-4,46*	-9,80*	-10,00*	-3,39*
	CO2	-46,47*	-8,89*	-51,92*	-25,43*	-59,48*	-54,91*	-10,74*	-60,44*	-27,15*	-61,75*
PIEA	EX	-0,37	-1,55	-4,36*	-3,26*	-7,53*	9,18	-2,87*	-2,13*	-1,46	-7,38*
	PIB	-5,70*	-2,71*	-4,90*	-4,54*	-5,21*	-3,87*	-3,75*	-3,77*	-3,23*	-3,94*
	POB	0,80	-0,91	0,004	0,31	-0,46	-0,60	-0,63	-2,71*	-1,61	-2,82*
	CO2	-12,64*	-3,53*	-11,42*	-4,32*	-10,14*	-15,38*	-3,09*	-13,84*	-5,47*	-11,32*
PIA	EX	-18,15*	-6,10*	-18,90*	-9,69*	-21,63*	-10,39*	-5,41*	-14,05*	-6,59*	-19,94*
	PIB	-14,86*	-3,60*	-14,19*	-9,20*	-17,06*	-20,42*	-4,98*	-19,79*	-11,22*	-19,78*
	POB	3,91	1,70	-4,01*	-1,98*	-5,27*	-5,76*	-5,38*	-10,39*	-5,05*	-10,71*
	CO2	-19,25*	-4,66*	-21,68*	-10,19*	-27,29*	-32,50*	-9,39*	-33,88*	-13,51*	-30,80*
PIMA	EX	-20,19*	-2,20*	-19,72*	-9,78*	-16,38*	-18,40*	-1,15	-18,18*	-11,99*	-17,18*
	PIB	-10,32*	-2,18*	-12,28*	-7,75*	-11,53*	-16,09*	-0,98	-17,02*	-15,28*	-14,55*
	POB	-1,12	2,27	-0,48	0,22	-0,43	-2,32*	-1,36	-2,40*	-0,06	-0,56
	CO2	-10,50*	-1,75*	-16,66*	-8,48*	-19,64*	-17,84*	-1,82*	-22,35*	-7,43*	-20,77*
PIMB	EX	-22,09*	-5,64*	-24,23*	-12,43*	-24,17*	-21,80*	-3,84*	-25,85*	-13,41*	-27,12*
	PIB	-18,55*	-5,48*	-18,87*	-9,67*	-18,83*	-19,90*	-6,53*	-20,78*	-11,02*	-19,06*
	POB	-2,18*	5,80	0,50	0,56	-0,26	-3,48*	-5,18*	-6,25*	-4,09*	-2,11*
	CO2	-20,85*	-5,78*	-21,20*	-11,87*	-28,82*	-26,84*	-7,98*	-26,52*	-12,97*	-28,99*
PIB	EX	-23,10*	-3,98	-23,28*	-13,73*	-23,73*	-27,18*	-3,77*	-25,99*	-13,38*	-23,85*
	PIB	-14,45*	-5,20*	-14,41*	-7,63*	-17,47*	-17,15*	-5,39*	-17,23*	-8,08*	-18,22*
	POB	1,88	2,73	3,93	2,63	0,97	-4,03*	-2,14*	-2,78*	-3,94*	1,48
	CO2	-24,93*	-3,87*	-28,62*	-14,27*	-29,34*	-28,53*	-6,59*	-33,77*	-14,70*	-30,80*
PIEB	EX	-25,78*	-7,19*	-25,05*	-11,72*	-24,56*	-25,81*	-7,47*	-26,37*	-12,85*	-25,54*
	PIB	-21,29*	-7,11*	-22,88*	-10,34*	-21,92*	-18,90*	-6,90*	-21,07*	-9,97*	-21,07*
	POB	1,32	1,55	-0,36	0,61	0,98	2,79	0,03	-1,47	0,004	0,27
	CO2	-23,66*	-3,79*	-24,84*	-10,88*	-24,94*	-23,46*	-3,42*	-27,31*	-13,49*	-25,52*

Nota: *significancia al 1%.

La Tabla 5 reporta los resultados de la prueba de cointegración de Pedroni, misma que permite probar la relación de cointegración en paneles. Para ello, calcula siete estadísticos de prueba bajo la hipótesis nula de no cointegración. Estas estadísticas de prueba son: panel-v, panel-rho, panel PP, panel ADF, panel-p, grupo-PP y grupo-ADF. El primero es no paramétrico y se fundamenta en la relación de varianzas. En la prueba de cointegración de paneles heterogéneos de Pedroni (1999) se muestra la existencia de una relación de equilibrio a nivel global entre las series.

Los estadísticos revelan un resultado coherente, es decir, las series se mueven juntas y simultáneamente en el tiempo y en la

sección transversal. A nivel global y en los grupos de países todos los estadísticos dentro y entre las dimensiones de los paneles son estadísticamente significativos. Únicamente el estadístico panel-v difiere a los resultados de los otros seis estadísticos que indican existencia de cointegración. Sin embargo, en todos los grupos de países se evidencia la existencia de equilibrio a largo plazo entre variables. Cuando los resultados son controversiales, las estadísticas del ADF podrían ser el punto de referencia. En base a esto y utilizando el panel y el grupo ADF, podemos concluir que se rechaza la hipótesis nula de no cointegración, es decir, existe una relación de cointegración a largo plazo entre las variables.

Tabla 5. Resultados del test de cointegración de Pedroni

	GLOBAL	PIEA	PIA	PIMA	PIMB	PIB	PIEB
<i>Dentro de las estadísticas de prueba de dimensión</i>							
Estadístico Panel v	3,85*	0,38	1,41	1,73	1,54	2,95*	1,59
Estadístico Panel rho	-43,32***	-7,44**	-21,01***	-15,19**	-20,16***	-20,74***	-17,13**
Estadístico Panel PP	-70,51***	-18,03***	-34,05***	-24,84***	-31,45***	-36,86***	-26,14***
Estadístico Panel ADF	-50,56***	-3,54*	-25,75***	-18,44***	-25,87***	-25,27***	-19,98***
<i>Entre las estadísticas de prueba de dimensión</i>							
Estadístico Panel p	-40,6***	-6,98*	-19,7***	-14,16**	-18,51***	-19,8***	-15,71**
Estadístico Grupo PP	-79,25***	-19,77***	-37,46***	-27,13***	-34,05***	-42,2***	-28,52***
Estadístico Grupo ADF	-48,11***	-3,56*	-24,89***	-12,61**	-27,44***	-24,4***	-19,35***

Los resultados obtenidos se refutan con las siguientes investigaciones: Apergis (2016), Apergis y Ozturk (2015), Farhani et al. (2014), Jardon et al. (2017), Kasman y Duman (2015), Narayan y Narayan (2010), Ozcan (2013), Rahman (2017), Atasoy (2017), Zakarya et al. (2015), Zaman y Abd-el Moemen (2017), Zoundi (2017). En contraste Ozturk (2017) concluyó que su modelo no tiene una relación de cointegración entre las variables. Entonces, los resultados muestran la relevancia y el poder de las pruebas de cointegración en el panel en comparación con las pruebas de series de tiempo. Y la existencia de una relación a largo plazo, implica que las variables se muevan conjunta y simultáneamente porque existe un vector que las equilibra a lo largo del tiempo. Es posible que los cambios en la cantidad de emisiones de CO2 presenten variaciones por variaciones en el resto de variables.

La Tabla 6 presenta los resultados del modelo de error vectorial de los datos del panel propuesto por Westerlund (2007). La prueba de Westerlund (2007) proporciona cuatro alternativas, Gt, Ga, Pt y Pa. La prueba utiliza un modelo de corrección de errores para analizar la existencia o ausencia de cointegración para cada país o grupo de países. El rechazo de la hipótesis nula de Ga y Gt implica la existencia de cointegración en al menos una de las secciones transversales, ya que estas dos estadísticas usan el proceso promediado

ponderado individual y la estadística t individual, respectivamente. Por el contrario, Pa y Pt usan un proceso de agrupamiento sobre la sección transversal y la hipótesis nula de rechazo implica la existencia de cointegración entre variables en el panel. Esta prueba se basa en que las series no son estacionarias. Las pruebas previas evidenciaron que el modelo no presenta el problema de raíz unitaria, y fue posible estimar la prueba de cointegración de Westerlund (2007), por tanto, el número de rezagos es uno.

Los resultados permiten aceptar la hipótesis alternativa de cointegración entre las series, es decir, la existencia de un equilibrio a corto plazo de las variables a nivel global y en todos los grupos de países, porque las estadísticas son significativas al 0,1%, es decir, todas las variables están cointegradas a corto plazo. Implicando que variaciones en las variables dependientes ocasionan cambios en las emisiones de CO2. En sentido, las investigaciones de Al Mamun et al. (2014), Kasman y Duman (2015), Mercan y Karakaya (2015), Ozcan (2013), Atasoy (2017), Xu (2018) y Zoundi (2017) reportan una relación de equilibrio a corto plazo, utilizando la misma prueba. Por el contrario, Jardon et al. (2017) no rechaza la hipótesis nula de no cointegración para todas las estadísticas, concluyendo que no existe una relación de equilibrio a corto plazo entre las variables.

Tabla 6. Resultados de VECM de Westerlund

	CO2-EX				CO2-PIB				CO2-POB			
	Estad.	Valor	Valor-Z	Valor-P	Estad.	Valor	Valor-Z	Valor-P	Estad.	Valor	Valor-Z	Valor-P
GLOBAL	Gt	-6,12	-44,43	0,00	Gt	-6,45	-48,30	0,00	Gt	-6,34	-47,09	0,00
	Ga	-56,04	-62,95	0,00	Ga	-60,35	-69,10	0,00	Ga	-54,55	-60,83	0,00
	Pt	-62,56	-49,52	0,00	Pt	-64,82	-52,16	0,00	Pt	-62,10	-48,99	0,00
	Pa	62,42	-84,91	0,00	Pa	-64,32	-87,94	0,00	Pa	-59,24	-79,87	0,00
PIEA	Gt	-8,00	-9,94	0,00	Gt	-7,35	-8,79	0,00	Gt	-7,48	-9,02	0,00
	Ga	-78,18	-14,09	0,00	Ga	-68,44	-12,02	0,00	Ga	-71,60	-12,69	0,00
	Pt	-10,24	-8,45	0,00	Pt	-10,09	-8,27	0,00	Pt	-10,03	-8,20	0,00
	Pa	-77,47	-16,22	0,00	Pa	-69,27	-14,28	0,00	Pa	-70,89	-14,66	0,00
PIA	Gt	-5,85	-19,46	0,00	Gt	-6,21	-21,44	0,00	Gt	-5,95	-20,03	0,00
	Ga	-52,54	-27,32	0,00	Ga	-56,08	-29,70	0,00	Ga	-50,20	-25,75	0,00
	Pt	-28,30	-21,96	0,00	Pt	-34,85	-29,58	0,00	Pt	-28,10	-21,73	0,00
	Pa	-57,06	-36,02	0,00	Pa	-66,94	-43,41	0,00	Pa	-56,37	-35,50	0,00
PIMA	Gt	-6,95	-17,18	0,00	Gt	-7,50	-19,23	0,00	Gt	-7,77	-20,21	0,00
	Ga	-68,49	-25,52	0,00	Ga	-76,80	-29,27	0,00	Ga	-71,69	-26,97	0,00
	Pt	-24,30	-20,92	0,00	Pt	-26,36	-23,32	0,00	Pt	-25,60	-22,43	0,00
	Pa	-73,15	-32,24	0,00	Pa	-84,21	-37,80	0,00	Pa	-76,82	-34,08	0,00
PIMB	Gt	-5,80	-20,13	0,00	Gt	-6,31	-23,12	0,00	Gt	-6,05	-21,59	0,00
	Ga	-52,92	-28,92	0,00	Ga	-58,66	-32,97	0,00	Ga	-49,82	-26,74	0,00
	Pt	-26,61	-19,45	0,00	Pt	-25,17	-17,77	0,00	Pt	-23,87	-16,03	0,00
	Pa	-58,49	-38,89	0,00	Pa	-48,89	-31,36	0,00	Pa	-44,42	-27,85	0,00
PIB	Gt	-6,54	-22,70	0,00	Gt	-6,75	-23,85	0,00	Gt	-6,68	-23,49	0,00
	Ga	-61,55	-32,54	0,00	Ga	-66,19	-35,58	0,00	Ga	-59,68	-31,31	0,00
	Pt	-28,93	-22,97	0,00	Pt	-30,42	-24,71	0,00	Pt	-29,74	-23,92	0,00
	Pa	-59,87	-37,15	0,00	Pa	-65,17	-41,02	0,00	Pa	-59,02	-36,54	0,00
PIEB	Gt	-5,73	-17,81	0,00	Gt	-5,92	-18,83	0,00	Gt	-5,93	-18,89	0,00
	Ga	-49,24	-23,82	0,00	Ga	-51,87	-25,49	0,00	Ga	-49,28	-23,84	0,00
	Pt	-27,96	-22,13	0,00	Pt	-27,87	-22,02	0,00	Pt	-28,01	-22,18	0,00
	Pa	-63,56	-38,79	0,00	Pa	-64,56	-39,49	0,00	Pa	-63,61	-38,82	0,00

Los resultados de la prueba de cointegración de Pedroni y Westerlund tienen limitaciones; solo muestra la existencia de un vector de cointegración pero no informa sobre la fuerza del vector o el efecto individual en cada país. Por tanto, la Tabla 7 muestra los resultados encontrados al aplicar el modelo DOLS que considera la integración de orden mixto de integración de variables respectivas en el marco cointegrado en los datos. Este estimador resolvió dos limitaciones: un posible problema de endogeneidad y un pequeño sesgo de muestra. Estimamos la fortaleza del vector de cointegración de Pedroni (2001) formalizado en la Ecuación 6. Primero, informamos los estimadores obtenidos por DOLS para los países individualmente con efectos de tiempo fijo (WT) y sin efecto de tiempo (WOT). Los países que tienen un coeficiente positivo entre las variables y si el coeficiente tiende o es mayor que 1, la fuerza del vector de cointegración es contundente. Los resultados reflejan que en PIEA (Noruega y Suiza); PIA (Guam); PIMA (Antigua y Barbuda, Chile, Portugal, Trinidad y Tobago); PIMB (Botswana, Colombia y Costa Rica); PIB (Camerún, Congo, Rep., Indonesia, Mauritania, Sri Lanka y Zambia) y PIEB (Benín, Burkina Faso y Congo, Dem. Rep). Tienen un vector de cointegración mayor a 1 para PIB y POB. Adicionalmente, en PIA (Suecia), PIMA (Gabón) y PIB (Nicaragua) son los únicos países que presentan un vector de cointegración superiora uno en las tres variables. Finalmente, en la mayor parte de países en la variable POB tienen un orden de cointegración superior a 1. Entonces, la densidad poblacional es determinante para el nivel de emisiones

de CO2 en todos los países.

Tabla 8. Resultados del modelo PDOLS por grupos de países

Grupos	Con tiempo dummy			Sin tiempo dummy		
		Estadístico t			Estadístico t	
GLOBAL	EX	-0,04	0,58	0,01	2,90*	
	PIB	0,84	11,56**	1,25	16,7**	
	POB	1,03	3,84*	2,1	6,38*	
PIEA	EX	-0,78	-3,00*	0,09	0,92	
	PIB	2,12*	3,14*	1,65	2,19*	
	POB	5,93*	2,67*	5,88*	2,88*	
PIA	EX	0,03	0,65	0,21	4,22*	
	PIB	0,44	3,58*	1,11	10,56**	
	POB	1,04	2,93*	0,78	2,64*	
PIMA	EX	0,13	0,49	0,33	2,00*	
	PIB	1,14	5,94*	1,06	5,15*	
	POB	-0,53	-0,43	-1,38	1,68	
PIMB	EX	0,14	3,68*	-0,09	0,91	
	PIB	0,51	3,95*	1,47	11,63**	
	POB	0,81	0,30	0,77	4,27*	
PIB	EX	-0,03	0,57	0,03	0,67	
	PIB	1,26	6,10*	0,78	4,37*	
	POB	0,91	1,41	0,67	3,13*	
PIEB	EX	-0,26	0,21	-0,26	-1,38	
	PIB	-0,19	-0,44	1,67	4,50*	
	POB	2,61*	2,60*	8,03**	1,40	

Nota: *, **, *** indican rechazo de la hipótesis nula en el nivel de 5%, 10% y 1% respectivamente para $H_0 : \beta_j = 1$

La prueba de Pedroni (2001) estima la fuerza del vector de cointegración por grupos de países. La Tabla 8 trata de asegurar la consistencia de los parámetros obtenidos, estimamos un modelo con tiempo ficticio y otro sin tiempo. Los resultados obtenidos determinan que en la gran mayoría de grupos de países el vector es estadísticamente significativo, aunque EX es la variable que no presenta mucha significancia. En PIEA la significancia de las tres variables en las emisiones de CO2 es significativa y positiva, solo en EX es negativa, entonces, estos países tienen mayores posibilidades para reducir las emisiones de CO2. Mientras que en PIB la única variable que resulta ser estadísticamente significativa y positiva es la variable PIB, es decir, en países con ingresos bajos la reducción de

las emisiones de CO2 están condicionadas por el crecimiento económico. Y en PIEB la variable que resulta estadísticamente significativa pero negativa es POB, en otras palabras, en los países con ingresos extremadamente bajos, la densidad de la población es una variable determinante para una mejor calidad ambiental, pero estos países reducirían las emisiones de CO2 al aplicar políticas de estabilización de la población prudente de acuerdo a cada país. Por otro lado, los resultados sin tiempo ficticio, a nivel GLOBAL y PIA todas las variables son estadísticamente significativas y positivas. Además, la fuerza del vector de cointegración varía de acuerdo al grupo de países.

Tabla 9. Resultados de el test de causalidad basado en Dumitrescu y Hurlin

Dirección causal	Grupo	W-bar	Z-bar	Valor-p
EX → CO₂	GLOBAL	1,44	2,92	2,46
	PIEA	1,59	0,59	0,51
	PIA	1,93	2,93	2,60
	PIMA	0,73	-0,58	-0,62
	PIMB	1,21	0,70	0,52
	PIB	1,81	2,49	2,20
	PIEB	1,11	0,33	0,19
EX ← CO₂	GLOBAL	2,90	12,73	11,59
	PIEA	2,29	1,29	1,16
	PIA	3,41	7,61	6,95
	PIMA	0,75	-0,52	-0,57
	PIMB	5,86	16,13	14,87
	PIB	1,61	1,87	1,62
	PIEB	1,22	0,65	0,49
PIB → CO₂	GLOBAL	1,55	3,66	3,14
	PIEA	0,06	-0,94	-0,91
	PIA	2,20	3,79	3,40
	PIMA	1,61	1,29	1,11
	PIMB	0,87	-0,42	-0,52
	PIB	1,25	0,78	0,60
	PIEB	2,09	3,26	2,91
PIB ← CO₂	GLOBAL	2,72	11,53	10,46
	PIEA	2,79	1,79	1,63
	PIA	3,60	8,22	7,52
	PIMA	3,59	5,49	5,03
	PIMB	2,79	5,95	5,40
	PIB	2,71	5,28	4,79
	PIEB	1,21	0,63	0,47
POB → CO₂	GLOBAL	1,26	1,74	1,36
	PIEA	1,40	0,40	0,33
	PIA	2,30	4,12	3,71
	PIMA	0,69	-0,64	-0,68
	PIMB	1,13	0,44	0,28
	PIB	1,19	0,59	0,43
	PIEB	0,59	-1,23	-1,26
POB ← CO₂	GLOBAL	2,15	7,72	6,92
	PIEA	2,68	1,68	1,52
	PIA	1,77	2,43	2,14
	PIMA	1,66	1,40	1,22
	PIMB	3,76	9,16	8,39
	PIB	1,81	2,51	2,21
	PIEB	1,15	0,45	0,30

5 | CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA

Esta investigación analiza la relación de cointegración entre exportaciones, crecimiento económico y densidad demográfica con emisiones de CO₂ a nivel mundial y por grupos de países. Utilizando datos de panel del BM en 90 países para el periodo 1961-2015. Esta investigación se sustenta con la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (1955) y evidencia empírica. Aplicando modelos econométricos de panel como: un modelo de GLS; pruebas de raíz unitaria: Dickey y Fuller (1981), Phillips y Perron (1988), Levine, Breitung (2000), Lin y Chu (2002) y Im et al. (2003); cointegración de Pedroni (1999); se aplicó la prueba de cointegración de Pedroni (1999) y el modelo de corrección de errores de Westerlund (2007) para encontrar la relación de equilibrio a largo y corto plazo respectivamente; y para identificar causalidad se utilizó la prueba de causalidad propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012). Además, estimamos la fuerza del vector de cointegración para cada país individualmente con el modelo DOLS y para los grupos de países se aplicó un modelo PDOLS. Los resultados indican que existe equilibrio a largo y a corto plazo entre las variables a nivel mundial y por grupos de países. La fuerza del vector de cointegración en las variables es fuerte, y principalmente la densidad poblacional es contundente en todos los países, sin embargo, en no se encontró existencia de causalidad. Además, en cuanto a la CAK se cumple únicamente para PIEA. La principal limitación de esta investigación reside en que existen diversas variables que intervienen en las emisiones de CO₂ y el grupo de países que se estime; y no están considerados en esta investigación. Como posible investigación a futuro se sugiere una estimación para economías latinas y para economías desarrolladas.

Las posibles implicaciones de política que los diferentes gobiernos de cada país deberían aplicar estarían dirigidas a la estabilización poblacional prudente como lo menciona Ohlan, R (2015) que ayudaría a reducir las emisiones de CO₂. La densidad de la población es una variable relevante en la mayoría de países en forma individual y por grupos de países. Además, el gobierno también debería aplicar políticas comerciales y de mercado eficientes como mencionan Shahbaz et al. (2012) mismas que se reflejen en mejoras en las exportaciones y en el crecimiento económico. Priorizando el propósito de disminuir las emisiones de CO₂, se deberían aplicar políticas ambientales estrictas en todos los países, éstas políticas serían totalmente eficientes si se implementa la tecnología como lo señalan Olale et al. (2018), Tian y Lin (2017) como un recurso valioso para potenciar la producción en todos los sectores económicos; aumentar las exportaciones como resultado del aumento de la producción, abriendo un abanico de nuevos mercados y mercancías a comercializar; estabilizar la población, debido a que los seres humanos somos entes contaminantes, productivos, consumidores, entre otros características.

Por tanto, la participación activa del gobierno con gasto público eficiente e inversiones en tecnología limpia, podría ser crucial para evitar problemas económicos, políticos, sociales y ambientales insostenibles y costosos, entonces, se podrían aplicar acciones gubernamentales. Por tanto, la incidencia en la economía y en el estado del medio ambiente; podría disminuir la contaminación ambiental siendo el propósito fundamental a nivel mundial porque en el medio ambiente encontramos todos los recursos para producir, satisfacer necesidades, y sobre todo vivir. Entonces, la conservamos el medio ambiente y el control de las tasas de contaminación ambiental, aumentaría el bienestar y desarrollo económico sustentable y sostenible. Las implicaciones de política de la presente investigación coinciden con Engelman, R. (1994), Helpman, E. (1998), Lin et al. (2016), Halicioglu, F. (2009), Zaman y Abdel Moemen, (2017), Hanif y Gago-de-Santos (2017), entre otros.

Referencias bibliográficas

- [1] Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.
- [2] Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identifications. *IEEE transactions on Automatic Control*, 19, 716-723.
- [3] Alam, M. M., Murad, M. W., Noman, A. H. M., Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466-479.
- [4] Al Mamun, M., Sohag, K., Mia, M. A. H., Uddin, G. S., Ozturk, I. (2014). Regional differences in the dynamic linkage between CO₂ emissions, sectoral output and economic growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 1-11.
- [5] Al-Malali, 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.
- [6] Ali, W., Abdullah, A., Azam, M. (2017). Re-visiting the environmental Kuznets curve hypothesis for Malaysia: Fresh evidence from ARDL bounds testing approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 990-1000.
- [7] Ali, Y., Ciaschini, M., Socci, C., Pretaroli, R., Severini, F. (2017). An analysis of CO₂ emissions in Italy through the Macro Multiplier (MM) approach. *Journal of Cleaner Production*, 149, 238-250.
- [8] Akalpler, E., Shingil, M. E. (2017). Statistical reasoning the link between energy demand, CO₂ emissions and growth: Evidence from China. *Procedia Computer Science*, 120, 182-188.
- [9] Alvarado, R., Ponce, P., Criollo, A., Córdova, K., Khan, M. K. (2018). Environmental degradation and real per capita output: New evidence at the global level grouping countries by income levels. *Journal of Cleaner Production*, 189, 13-20.
- [10] Alshehry, A. S., Belloumi, M. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 237-247.

- [11] Andersson, F. N. (2018). International trade and carbon emissions: The role of Chinese institutional and policy reforms. *Journal of environmental management*, 205, 29-39.
- [12] Apergis, N., Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16-22.
- [13] Apergis, N. (2016). Environmental Kuznets curves: New evidence on both panel and country-level CO2 emissions. *Energy Economics*, 54, 263-271.
- [14] Arce, G., López, L. A., Guan, D. (2016). Carbon emissions embodied in international trade: The post-China era. *Applied energy*, 184, 1063-1072.
- [15] Atasoy, B. S. (2017). Testing the environmental Kuznets curve hypothesis across the US: Evidence from panel mean group estimators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 731-747.
- [16] Azam, M. (2016). Does environmental degradation shackle economic growth? A panel data investigation on 11 Asian countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 175-182.
- [17] Begum, R. A., Sohag, K., Abdullah, S. M. S., Jaafar, M. (2015). CO2 emissions, energy consumption, economic and population growth in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 594-601.
- [18] Bekhet, H. A., Matar, A., Yasmin, T. (2017). CO2 emissions, energy consumption, economic growth, and financial development in GCC countries: Dynamic simultaneous equation models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 117-132.
- [19] Cai, Y., Sam, C. Y., Chang, T. (2018). Nexus between clean energy consumption, economic growth and CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 182, 1001-1011.
- [20] Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, 19-37.
- [21] Cherni, A., Jouini, S. E. (2017). An ARDL approach to the CO2 emissions, renewable energy and economic growth nexus: Tunisian evidence. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(48), 29056-29066.
- [22] Constant, K., Nourry, C., Seegmuller, T. (2014). Population growth in polluting industrialization. *Resource and Energy Economics*, 36(1), 229-247.
- [23] Dickey, D. A., Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.
- [24] Dogan, E., Aslan, A. (2017). Exploring the relationship among CO2 emissions, real GDP, energy consumption and tourism in the EU and candidate countries: Evidence from panel models robust to heterogeneity and cross-sectional dependence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 239-245.
- [25] Engelman, R. (1994). Stabilizing the atmosphere: population consumption and greenhouse gases.
- [26] Engelman, R. (1998). Profiles in carbon: an update on population consumption and carbon dioxide emissions.
- [27] Engle, R. F., Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- [28] Farhani, S., Mrizak, S., Chaibi, A., Rault, C. (2014). The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis. *Energy Policy*, 71, 189-198.
- [29] Gilbert, A. Q., Sovacool, B. K. (2017). US liquefied natural gas (LNG) exports: Boom or bust for the global climate?. *Energy*, 141, 1671-1680.
- [30] Gill, A. R., Viswanathan, K. K., Hassan, S. (2017). The environmental Kuznets curve (EKC) and the environmental problem of the day. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [31] Granger, C. W. (1988). Causality, cointegration, and control. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 551-559.
- [32] Haifeng, X. U., Yang, L. I., HUANG, H. (2017). Spatial Research on the Effect of Financial Structure on CO2 Emission. *Energy Procedia*, 118, 179-183.
- [33] Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.
- [34] Hanif, I., Gago-de-Santos, P. (2017). The importance of population control and macroeconomic stability to reducing environmental degradation: An empirical test of the environmental Kuznets curve for developing countries. *Environmental Development*, 23, 1-9.
- [35] Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1251-1271.

- [36] Heidari, H., Katircioğlu, S. T., Saeidpour, L. (2015). Economic growth, CO2 emissions, and energy consumption in the five ASEAN countries. *International Journal of Electrical Power Energy Systems*, 64, 785-791.
- [37] Helpman, E. (1998). Explaining the structure of foreign trade: Where do we stand?. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 134(4), 573-589.
- [38] Hossain, M. S. (2011). Panel estimation for CO2 emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*, 39(11), 6991-6999.
- [39] Inglesi-Lotz, R., Dogan, E. (2018). The role of renewable versus non-renewable energy to the level of CO2 emissions a panel analysis of sub-Saharan Africa's 10 electricity generators. *Renewable Energy*, 123, 36-43.
- [40] Ito, K. (2017). CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries. *International Economics*, 151, 1-6.
- [41] Jardón, A., Kuik, O., Tol, R. S. (2017). Economic growth and carbon dioxide emissions: An analysis of Latin America and the Caribbean. *Atmósfera*, 30(2), 87-100.
- [42] Kahouli, B. (2017). The Causality Link between Energy Electricity Consumption, CO2 emissions, RD Stocks and Economic Growth in Mediterranean Countries (MCs). *Energy*.
- [43] Kais, S., Sami, H. (2016). An econometric study of the impact of economic growth and energy use on carbon emissions: panel data evidence from fifty eight countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1101-1110.
- [44] Kang, Y. Q., Zhao, T., Yang, Y. Y. (2016). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions in China: A spatial panel data approach. *Ecological indicators*, 63, 231-239.
- [45] Kasman, A., Duman, Y. S. (2015). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: a panel data analysis. *Economic Modelling*, 44, 97-103.
- [46] Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- [47] Lin, B., Omoju, O. E., Nwakeze, N. M., Okonkwo, J. U., Megbowon, E. T. (2016). Is the environmental Kuznets curve hypothesis a sound basis for environmental policy in Africa?. *Journal of Cleaner Production*, 133, 712-724.
- [48] Liu, Y., Meng, B., Hubacek, K., Xue, J., Feng, K., Gao, Y. (2016). 'Made in China': A reevaluation of embodied CO2 emissions in Chinese exports using firm heterogeneity information. *Applied energy*, 184, 1106-1113.
- [49] Liu, Y., Chen, S., Chen, B., Yang, W. (2017). Analysis of CO2 emissions embodied in China's bilateral trade: a non-competitive import input-output approach. *Journal of Cleaner Production*, 163, S410-S419.
- [50] Machado, G. V. (2000, August). Energy use, CO2 emissions and foreign trade: an IO approach applied to the Brazilian case. In *Thirteenth international conference on input-output techniques*, Macerata, Italy (pp. 21-25).
- [51] Marjanović, V., Milovančević, M., Mladenović, I. (2016). Prediction of GDP growth rate based on carbon dioxide (CO2) emissions. *Journal of CO2 Utilization*, 16, 212-217.
- [52] Mercan, M., Karakaya, E. (2015). Energy consumption, economic growth and carbon emission: Dynamic panel cointegration analysis for selected OECD countries. *Procedia Economics and Finance*, 23, 587-592.
- [53] Mongelli, I., Tassielli, G., Notarnicola, B. (2006). Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: an input-output approach to the Italian case. *Energy policy*, 34(1), 88-100.
- [54] Mutascu, M. (2018). A time-frequency analysis of trade openness and CO 2 emissions in France. *Energy Policy*, 115, 443-455.
- [55] Narayan, P. K., Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: panel data evidence from developing countries. *Energy policy*, 38(1), 661-666.
- [56] Ohlan, R. (2015). The impact of population density, energy consumption, economic growth and trade openness on CO2 emissions in India. *Natural Hazards*, 79(2), 1409-1428.
- [57] Olale, E., Ochuodho, T. O., Lantz, V., El Armali, J. (2018). The environmental Kuznets curve model for greenhouse gas emissions in Canada. *Journal of Cleaner Production*, 184, 859-868.
- [58] Organización Mundial de la Salud (2018). Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de la Salud: Calidad del aire y salud.
- [59] Ozcan, B. (2013). The nexus between carbon emissions, energy consumption and economic growth in Middle East countries: a panel data analysis. *Energy Policy*, 62, 1138-1147.

- [60] Ozturk, I. (2017). Measuring the impact of alternative and nuclear energy consumption, carbon dioxide emissions and oil rents on specific growth factors in the panel of Latin American countries. *Progress in Nuclear Energy*, 100, 71-81.
- [61] Pesaran, M. H., Shin, Y., Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- [62] Rahman, M. M. (2017). Do population density, economic growth, energy use and exports adversely affect environmental quality in Asian populous countries?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 506-514.
- [63] Richter, P. M., Schiersch, A. (2017). CO2 emission intensity and exporting: Evidence from firm-level data. *European Economic Review*, 98, 373-391.
- [64] Robalino-López, A., Mena-Nieto, Á., García-Ramos, J. E., Golpe, A. A. (2015). Studying the relationship between economic growth, CO2 emissions, and the environmental Kuznets curve in Venezuela (1980-2025). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 602-614
- [65] Saidi, K., Hammami, S. (2015). The impact of energy consumption and CO2 emissions on economic growth: Fresh evidence from dynamic simultaneous-equations models. *Sustainable Cities and Society*, 14, 178-186
- [66] Shahbaz, M., Lean, H. H., Shabbir, M. S. (2012). Environmental Kuznets curve hypothesis in Pakistan: cointegration and Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2947-2953.
- [67] Solilová, V., Nerudová, D. (2014). Overall approach of the EU in the question of emissions: EU emissions trading system and CO2 taxation. *Procedia Economics and Finance*, 12, 616-625.
- [68] Talbi, B. (2017). CO2 emissions reduction in road transport sector in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 232-238.
- [69] 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.
- [70] Tian, P., Lin, B. (2017). Promoting green productivity growth for China's industrial exports: Evidence from a hybrid input-output model. *Energy Policy*, 111, 394-402.
- [71] Tiwari, A. K., Shahbaz, M., Hye, Q. M. A. (2013). The environmental Kuznets curve and the role of coal consumption in India: cointegration and causality analysis in an open economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 519-527.
- [72] Wang, S. X., Fu, Y. B., Zhang, Z. G. (2015). Population growth and the environmental Kuznets curve. *China Economic Review*, 36, 146-165.
- [73] World Bank (2018). *World Development Indicators*. Washington D.C. Available on <https://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>.
- [74] Wu, R., Geng, Y., Dong, H., Fujita, T., Tian, X. (2016). Changes of CO2 emissions embodied in China-Japan trade: drivers and implications. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4151-4158.
- [75] Xu, T. (2018). Investigating Environmental Kuznets Curve in China-Aggregation bias and policy implications. *Energy Policy*, 114, 315-322.
- [76] Yu, Y., Chen, F. (2017). Research on carbon emissions embodied in trade between China and South Korea. *Atmospheric Pollution Research*, 8(1), 56-63.
- [77] Zakarya, G. Y., Mostefa, B. E. L. M. O. K. A. D. D. E. M., Abbes, S. M., Seghir, G. M. (2015). Factors affecting CO2 emissions in the BRICS countries: a panel data analysis. *Procedia Economics and Finance*, 26, 114-125.
- [78] Zaman, K., Abd-el Moemen, M. (2017). The influence of electricity production, permanent cropland, high technology exports, and health expenditures on air pollution in Latin America and the Caribbean Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1004-1010.
- [79] Zhao, H., Zhang, Q., Huo, H., Lin, J., Liu, Z., Wang, H., ... He, K. (2016). Environment-economy tradeoff for Beijing-Tianjin-Hebei's exports. *Applied energy*, 184, 926-935.
- [80] Zhu, Y., Shi, Y., Wu, J., Wu, L., Xiong, W. (2018). Exploring the Characteristics of CO2 Emissions Embodied in International Trade and the Fair Share of Responsibility. *Ecological Economics*, 146, 574-587.
- [81] Zilio, M. I. (2012). Curva de Kuznets ambiental: La validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos de economía*, 35(97), 43-54.
- [82] Zoundi, Z. (2017). CO2 emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1067-1075.